

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE “ZOOTECNIA”**



**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIEMPOS DE  
CALENTAMIENTO DE LA MIEL DE ABEJA (*Apis  
mellifera*) PARA RETARDAR SU CRISTALIZACIÓN Y  
DETERMINAR LOS NIVELES DE HMF (*Hidroximetil  
furfural*), EN LA ASOCIACIÓN DE APICULTORES DEL  
SUR OCCIDENTE DE GUATEMALA”**

**NESTOR FERNANDO VELÁSQUEZ CIFUENTES**

**Licenciado en Zootecnia**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA DE “ZOOTECNIA”**



**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIEMPOS DE CALENTAMIENTO DE LA MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera*) PARA RETARDAR SU CRISTALIZACIÓN Y DETERMINAR LOS NIVELES DE HMF (*Hidroximetil furfural*), EN LA ASOCIACIÓN DE APICULTORES DEL SUR OCCIDENTE DE GUATEMALA”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD**

**POR**

**NESTOR FERNANDO VELÁSQUEZ CIFUENTES**

**Al conferírsele el Grado Académico de**

**Zootecnista**

**En el grado de Licenciado en Zootecnia**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO:</b>	<b>MSc. Carlos Enrique Saavedra Vélez.</b>
<b>SECRETARIA:</b>	<b>M.V. Blanca Josefina Zelaya de Romillo.</b>
<b>VOCAL I:</b>	<b>Lic. Sergio Amilcar Dávila Hidalgo.</b>
<b>VOCAL II:</b>	<b>MSc. Dennis Sigfried Guerra Centeno.</b>
<b>VOCAL III:</b>	<b>M.V. Carlos Alberto Sánchez Flamenco.</b>
<b>VOCAL IV:</b>	<b>Br. Javier Augusto Castro Vásquez.</b>
<b>VOCAL V:</b>	<b>Br. Juan René Cifuentes López</b>

**ASESORES**

**LIC. ZOOT. EDGAR AMÍLCAR GARCÍA PIMENTEL**

**LICDA. ZOOT. ASTRID JOHANA VALLADARES AREANO**

**LIC. ZOOT. HUGO SEBASTIÁN PEÑATE MOGUEL**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

**En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el Trabajo de Graduación Titulado:**

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIEMPOS DE CALENTAMIENTO DE LA MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera*) PARA RETARDAR SU CRISTALIZACIÓN Y DETERMINAR LOS NIVELES DE HMF (*Hidroximetil furfural*), EN LA ASOCIACIÓN DE APICULTORES DEL SUR OCCIDENTE DE GUATEMALA”**

**Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**Como requisito previo a optar al título profesional de:**

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

## **TESIS QUE DEDICO**

### **A DIOS:**

Por darme fuerza, sabiduría, alegrías, tristezas y por enseñarme lo bello de la vida a lo largo del mí camino en la carrera.

### **A MI MADRE**

Maura Lucrecia Cifuentes Alpírez (Q.E.P.D) por estar presente en mi corazón y pensamientos, por tenerme siempre en sus cuidados, por darme la oportunidad de vivir y porque sabía que yo sería un hombre especial en la familia.

### **A MI PADRE**

Mauricio Velásquez Vicente, por ser el hombre y amigo que admiro por su fuerza, coraje, por las ganas de vivir un nuevo día, por su apoyo, consejos, amor y cariño incondicional a ti papichi gracias por estar siempre conmigo.

### **A MI HERMANO**

Dr. Juan Pablo Velásquez C. por ser el ejemplo de éxito en la familia, por los cuidados y consejos en cada etapa de

mi vida, por su paciencia, cariño y amor,  
gracias hermano te amo.

## **A MI HERMANA**

Arq. Yendira Lucrecia Velásquez C. por ser la cabeza femenina de la familia, por el amor y cariño incondicional, por enseñarme lo bueno y malo a lo largo de mi formación académica y principalmente de mi vida, gracias mi beba eres una mujer de admirar, te amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por ser mí fuerza y mí apoyo espiritual de cada día.

### **A MIS FAMILIARES**

Por formar parte importante en el logro de este éxito.

### **A MIS ASESORES**

Lic. Edgar García Pimentel, Lic. Hugo Sebastián Peñate, Licda. Astrid Valladares por su valioso apoyo en el transcurso formación y finalización de la investigación.

### **A ADASOG**

Asociación de Apicultores del sur occidente de Guatemala por brindarme la oportunidad y confianza para llevar a cabo el estudio en sus instalaciones.

### **A MIS CATEDRÁTICOS**

Lic. Álvaro Díaz, Lic. Tono Hernández, Lic. Miguel Rodenas, Lic. Axel Godoy, Lic Isidro Miranda, Licda Karen Hernández, Lic. Gabriel Mendizábal, Lic. Roberto Ruano Viana, Lic. Enrique Corzantes, Lic. Giovanni Avendaño, Lic. Jorge Sinay.

## **A MIS AMIGOS**

Selvin Pineda, Byron Morales, Henry Pérez, Alejandro Motta, Judit Sunuc, Cindy Sánchez, Rafael Quintana, Pablo Cameros, Synthy Padilla, Christa Aguilar, Jorge Ricardo López, Ángel Alvarado, Javier Padilla, Rolando Padilla, Milton Navarro, Luis Ramos, Javier Mazariegos, Manolo Mazariegos, Hans Ardany, Antonio Morales, Elder López, Marina de Marroquín, Carlos Ríos, Lesly Díaz, Carlos Oseida, Julio Vásquez, Ilse Buenafe y a los que hicieron falta en el listado.

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II</b>	<b>HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>III.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	4
	3.1 General.....	4
	3.2 Específicos.....	4
<b>IV.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
	4.1 Definición de miel.....	5
	4.2 Características de la miel.....	5
	4.3 Cristalización.....	6
	4.3.1 Factores que facilitan el proceso natural de la cristali- zación de la miel.....	7
	4.3.2 Como se puede prolongar por más tiempo la miel líquida.....	8
	4.4 HMF ( <i>Hidroximetil furfural</i> ).....	9
<b>V.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	12
	5.1 Recursos humanos.....	12
	5.2 Recursos institucionales.....	12
	5.3 Recursos financieros.....	12
	5.4 Materiales.....	12
	5.5 Métodos.....	12
	5.5.1 Identificación y manejo de los envases de 750 ml.....	13
	5.5.2 Preparación de los materiales.....	14
	5.5.3 Calentamiento de la miel.....	14
	5.5.4 Almacenamiento de la miel.....	14
	5.5.5 Recopilación de la información e interpretación.....	16
	5.5.6 Determinación de HMF ( <i>Hidroximetil furfural</i> ) en la miel de abeja.....	16
	5.5.6.1 Reactivos y soluciones.....	16

	5.5.6.2 Equipo y cristalería.....	16
	5.5.6.3 Procedimiento.....	17
	5.5.7 Diseño estadístico utilizado.....	17
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>19</b>
	6.1 Envasado de la miel a temperatura ambiente 32°C.....	19
	6.2 Envasado de miel después de 1:00 hora de calentamiento a 55° centígrados.....	21
	6.3 Envasado de miel después de 1:30 horas de calentamiento a 55° centígrados.....	23
	6.4 Envasado de miel después de 2:00 horas de calentamiento a 55° centígrados.....	26
	6.5 Envasado de miel después de 2:30 horas de calentamiento a 55° centígrados.....	28
	6.6 Envasado de miel después de 3:00 horas de calentamiento a 55° centígrados.....	30
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>IX.</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>40</b>
	<b>SUMMARY.....</b>	<b>43</b>
<b>X.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### **Tabla 1**

Efecto del calentamiento de la miel sobre la invertasa y el HMF.....11

### **Tabla 2**

Temperatura y tiempos de calentamiento de la miel, utilizados para el presente estudio.....14

### **Tabla 3**

Síntesis del proceso de los diferentes tratamientos que se le dio a la miel, hasta la formación de los primeros cristales.....15

### **Tabla 4**

Resultados en los días en la formación de los cristales de glucosa y los análisis de HMF (*Hidroximetil furfural*) a inicio y final de la evaluación.....19

### **Tabla 5**

Correlación entre tiempo y calentamiento y niveles de HMF a los 6 meses de la investigación.....33

### **Tabla 6**

Correlación de tiempo de calentamiento y tiempo en la primera formación de cristales de glucosa.....35

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	
Composición bromatológica de la miel.....	5
<b>Cuadro 2</b>	
Hidratos de carbono (carbohidratos o azúcares) por cada 100 mg de miel.....	6
<b>Cuadro 3</b>	
Contenido de HMF en miel durante el procesamiento y embalaje.....	10
<b>Cuadro 4</b>	
Incremento en los niveles de HMF durante el procesamiento de la miel de abeja.....	31

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1</b>	
Niveles de HMF ( <i>Hidroximetil furfural</i> ) de miel a 32° (temperatura ambiente), al inicio y final del estudio.....	21
<b>Gráfica 2</b>	
Niveles de HMF ( <i>Hidroximetil furfural</i> ) de la miel al inicio y a los seis meses después del envasado.....	23
<b>Gráfica 3</b>	
Resultado de los niveles de HMF ( <i>Hidroximetil furfural</i> ) de la miel a 1:30 horas y 55 °C.....	25
<b>Gráfica 4</b>	
Niveles de HMF ( <i>Hidroximetil furfural</i> ) al someter la miel a 2:00 horas de calentamiento a 55 °C.....	27

<b>Gráfica 5</b>	
Niveles de HMF al someter la miel a 2:30 horas de calentamiento a 55 °C.....	29
<b>Gráfica 6</b>	
Niveles de HMF de la miel de abeja con 3 horas de calentamiento y a 55 °C.....	32
<b>Gráfica 7</b>	
Resultados de los análisis de Laboratorio de HMF ( <i>Hidroximetil furfural</i> ) en los tratamientos evaluados durante el proceso de experimentación.....	33
<b>Gráfica 8</b>	
Niveles de HMF ( <i>Hidroximetil furfural</i> ) de la miel según el tiempo de calentamiento.....	35
<b>Gráfica 9</b>	
Relación entre el tiempo de calentamiento y formación de cristales de glucosa.....	36

## I. INTRODUCCIÓN

El consumo de la miel a nivel mundial ha ido adquiriendo importancia debido a que constituye un producto natural más saludable que otros edulcorantes industriales.

Con la introducción de la abeja europea a Guatemala en el año de 1850, la apicultura pasó a ser una actividad económica importante.

De acuerdo a los resultados del último censo agropecuario en el año 2007, el área del suroccidente de Guatemala presenta un mayor número de colmenas siendo los departamentos con mayor número San Marcos con 8,711, Retalhuleu 7,754 y Quetzaltenango con 4,806.(8)

Así mismo datos de los años 2005 a 2008 de AGEXPORT (Asociación Gremial de Exportadores) y el MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación) indican que la producción de miel ha tenido un incremento del 20% en base a su producción total así también se ha mantenido en las exportaciones.

El promedio de miel exportada es de 1, 355,025.47 kg/año y los países a los que más se exportan son El Reino Unido, Alemania y Holanda. (8)

En Guatemala la población consumidora de miel tiende a descalificar la miel cristalizada, ya que se cree que ha sido adulterada con compuestos azucarados u otros elementos.

El proceso de cristalización de la miel es un fenómeno natural y es un indicador de pureza.

El proceso de cristalización de la miel se debe a la formación de cristales en una solución sobresaturada de azúcares ya que contiene una mayor cantidad de sólidos. Esta formación de cristales va a depender de varios factores como el contenido de glucosa, la temperatura de almacenamiento, el porcentaje de humedad, la presencia de núcleos de cristalización y el tiempo de almacenamiento. (2)

La Asociación de Apicultores del Sur Occidente de Guatemala (ADASOG), se dedica a la cosecha y comercialización de la miel envasada a granel, sin embargo, la miel que envasan tiene el problema que se cristaliza ya puesta en anaqueles, cuando se comercializa en la ciudad de Guatemala.

En la investigación se planteó una sola temperatura de calentamiento ya que según estudios realizados por Ramírez Cervantes, M.A; González Novelo; Sauri Duch, E. 2000, demostraron que a 55° C de calentamiento la miel mantiene la calidad óptima y se conservan sus propiedades nutritivas, con relación a los tiempos propuestos, estos se establecieron tomando como base los rangos que las empresas envasadoras utilizan, por lo que este estudio se planteó para encontrar una solución al problema de comercialización que tiene la asociación de apicultores en el mercado nacional.

## II. HIPÓTESIS

- Los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) en la miel de abeja estarán dentro de los parámetros normales acordados por el CODEX alimentario.
- A mayor tiempo de calentamiento habrá más retraso en el proceso de cristalización de la miel de abeja.

### III. OBJETIVOS

#### 3.1 General

- Generar información sobre técnicas que retarden la cristalización de la miel después de ser envasada.

#### 3.2 Específicos

- Determinar qué tiempo de calentamiento es el óptimo para prolongar el estado líquido de la miel luego de ser envasada, a través de la observación de la cristalización de los azúcares.
- Evaluar los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) en la miel a 55°C y diferentes tiempos (1:00, 1:30, 2:00, 2:30 y 3:00 horas).

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Definición de miel

Se entiende por miel la sustancia dulce natural producida por abejas *Apis mellifera* a partir del néctar de las plantas o de secreciones de partes vivas de estas o excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las mismas que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje. (12)

### 4.2 Características de la miel

La miel es una sustancia formada, principalmente, por azúcares (fructosa y glucosa) pero además es rica en minerales y vitaminas además de una mezcla compleja de otros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, pigmentos, cera y granos de polen.

En el siguiente cuadro se puede observar algunos de los elementos que posee la miel. (8)

**Cuadro No.1** Composición bromatológica de la miel.

COMPUESTO	PORCENTAJE (%)
Hidratos de carbono	75-80
Proteínas	Hasta 0.40
Sustancias Minerales	Hasta 1%: Potasio, calcio, sodio, magnesio, silicio, hierro, fósforo, etc.
Oligoelementos	Zinc, molibdeno, yodo, etc.
Vitaminas	B2, ác. Pantoténico, niacina, tiamina, B6, C, K, Ác. Fólico, biotina.
Calorías	3,3 cal/g
HMF	Máximo 80 mg/kg

Fuente: Orlando Valega 2005

En el cuadro 2 se observa un resumen de la cantidad que ocupan los azúcares más importantes en la composición de la miel.

**Cuadro No.2** Hidratos de carbono (carbohidratos o azúcares) por cada 100 gr de miel.

<b>COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD (gr.)</b>
Fructosa	40.4
Glucosa	39.9
Dextrina	3.4
Sacarosa	1.7

**Fuente:** Orlando Valega 2005.

Es importante saber que existen distintos tipos de miel de acuerdo a la flora de la cual proviene y las características agroecológicas de la procedencia de la miel.

La presencia de glucosa, que es un azúcar relativamente insoluble, determina ampliamente la tendencia de la miel a la cristalización, o la cantidad que permanecerá fluida en esta miel. La fructosa en cambio, es muy dulce e higroscópica, absorbiendo humedad desde el aire. (8)

### **4.3 Cristalización**

En general, en casi todas las mieles ocurre naturalmente un fenómeno que se denomina cristalización. Depende, entre otros factores, del porcentaje de azúcar presente, cuanto mayor es el porcentaje de glucosa más rápido cristaliza. (8)

La cristalización se puede visualizar como pequeños cristales o como miel

que se ha solidificado. En general, todas las mieles cristalizan con el tiempo. Son muy pocas las que no llegan a alcanzar dicho estado. (8)

La miel es una solución con alta concentración de azúcares simples, que contiene más materia disuelta de lo que puede continuar en solución.

No todas las mieles precipitan sus azúcares ni cristalizan en la misma proporción, su tendencia a la granulación depende directamente de ciertos parámetros de sensibilidad (o índices de cristalización) entre ellos la glucosa, la relación glucosa /agua, glucosa-agua/fructuosa, Fructosa/glucosa y la melesitosa (formado por la unión de una glucosa a la glucosa de la sacarosa).(6)

De modo específico, la miel suele cristalizarse, rápidamente cuando contiene más de 28 – 30% de glucosa, cuando la relación glucosa/agua es de 2:1 e incluso más glucosa-agua/fructuosa tiene un valor alto y el contenido de melesitosa es superior al 10%.

La glucosa pierde agua (glucosa monohidratada) y toma la forma de un cristal (cuerpo sólido) con una estructura ordenada y precisa. Los cristales forman una malla la cual inmoviliza otros componentes en forma suspendida. (6)

#### **4.3.1 Factores que facilitan el proceso natural de la cristalización de la miel**

La tendencia de la miel para cristalizarse depende fundamentalmente del contenido de glucosa y del nivel de humedad. La composición global de la miel, incluye otros azúcares aparte de la glucosa y otras 180 sustancias identificadas tales como minerales, ácidos y proteínas también influyen la cristalización.

La miel está compuesta fundamentalmente de azúcares, siendo uno de los principales la glucosa y la fructosa (en proporciones similares, generalmente), así como también de maltosa y sacarosa. Debido a que las concentraciones de azúcares altas, estos se precipitan fuera y sirven como núcleo para los cristales. Cuando la miel es calentada, los cristales de azúcar se disuelven a un estado líquido. (10)

Adicionalmente, la cristalización puede ser estimulada por cualquier partícula pequeña de polvo, polen, pedacitos de cera o propóleos, burbujas de aire, que están presentes en la miel. Estos factores están relacionados al tipo de miel, al manejo y procesamiento de ésta. Las condiciones de almacenamiento, tal como: temperatura, humedad relativa y tipo de envase, pueden también afectar la tendencia de la miel para cristalizarse. (10)

Los envases son un factor para la cristalización, ya que la miel es sensible a la humedad que hay en la atmósfera. Durante el almacenamiento en envases de polietileno (conocido comúnmente como plástico) pueden permitir escape de humedad, lo cual puede contribuir al proceso de cristalización.(10)

#### **4.3.2 Como prolongar por más tiempo la miel líquida**

Esponáneamente la cristalización es controlada fundamentalmente a través de un adecuado almacenaje, aplicación de temperatura y/o filtración. La mantención de la miel en una temperatura en el rango de 40-71°C durante el envasado permite bajas tasas de cristalización.

Suaves tratamientos de temperatura retrasan la cristalización al disolver los cristales y muy rápidos calentamientos a 60-71°C disuelven estos y expulsan el aire incorporado (el cual estimula la cristalización).

La filtración remueve las partículas que pueden actuar como núcleos, las cuales pueden iniciar el proceso de cristalización. Miel con una baja relación agua-glucosa probablemente va a permanecer líquida, evitando su cristalización. (10)

A temperaturas frías (bajo 10 °C) son ideales para prevenir la cristalización, a temperaturas moderadas (10-21°C) generalmente promueven la cristalización, a temperaturas muy altas (sobre los 27°C) previenen la cristalización. (10)

La miel procesada debe ser almacenada entre (18-24°C). La miel no procesada debe ser almacenada bajo 10°C. Un estudio mostró que esta puede ser preservada en un estado líquido si es almacenada a 0°C al menos 5 semanas, seguida por un almacenaje a 14°C. (10)

#### **4.4 HMF (*Hidroximetil furfural*)**

HMF resulta de la degradación de los azúcares simples (fructosa, glucosa, etc.), en particular la fructuosa. Este proceso se ve facilitado por el ambiente ácido y está influenciado por el tiempo y la temperatura de conservación de la miel. El contenido *Hidroximetil furfural* es un parámetro indicado para valorar la frescura de la miel. (13)

La presencia de HMF es un parámetro muy importante indicado para valorar la calidad de la miel y es un revelador de las degradaciones térmicas que sufrió el producto. (9)

En condiciones normales de almacenamiento el HMF prácticamente no aumenta en el primer año, pero se incrementa fuertemente a lo largo de dos años. (9)

El mercado internacional ha constatado que un máximo de 40 mg/kg es satisfactorio, sin embargo, en el caso de la miel procedente de países tropicales el contenido de HMF no deberá exceder de 80 mg/kg (4)

En el caso de la miel procedente de países tropicales el contenido de HMF no deberá exceder de 80 mg/kg (4)

Algunas federaciones europeas (Alemania, Bélgica, Italia, Austria, España) comercializan una porción de sus mieles como miel de calidad, la cual contiene un máximo de 15 mg HMF/kg miel.(5)

Según WHITE (1994), las prácticas que se desarrollan en el procesamiento de la miel, desde su extracción hasta su distribución en el aumento de los niveles de HMF, en el cuadro No. 3 Se observa estas tendencias en el aumento de HMF (13)

**Cuadro No. 3** Contenido de HMF en miel durante el procesamiento y embalaje

<b>PESO</b>	<b>HMF (mg/kg)</b>
Extracción de la miel	3.5
Después de derretir la miel	6.3
Después de 15 horas puesta en el recipiente	9.1
Inmediatamente luego de envasada	9.4
Embalado y almacenado 9 días	43.1
Después de un año de almacenaje	34.1
Incremento durante el proceso	9.5

**Fuente** Parada S.J.A. 2003

HOOPER (1976) estableció que el calentamiento de la miel a 52° C durante dos días deja todavía una notable cantidad de cristales, bastante pequeños para atravesar la tela de filtración, que luego van a permitir la rápida cristalización del

producto. Para eliminar este riesgo, hay que calentar de nuevo la miel, después de envasada en frascos, a 62° C en baño María, durante una hora. Este segundo calentamiento se debe efectuar con las tapas de los frascos bien enroscadas. No hay peligro alguno de explosión, ya que las tapas son a prueba de aire. De esta manera, la miel se conservará en estado fluido de seis a nueve meses, antes de empezar de nuevo a cristalizar.(8)

En un estudio sobre el efecto del calentamiento de la miel sobre el HMF e invertasa, se observó que la resistencia al calentamiento es distinta según el origen botánico (7)

**Tabla No. 1** Efecto del calentamiento de la miel sobre la invertasa y el HMF.

Temp (grados)	PINO		NARANJO		GIRASOL		ALGODÓN		AJEDREA	
	HMF	Invertasa	HMF	Invertasa	HMF	Invertasa	HMF	Invertasa	HMF	Invertasa
<b>Sin calentar</b>	1,20	200,30	2,25	23,85	26,80	93,00	9,70	104,10	8,78	70,64
<b>35</b>	1,95	179,30	3,45	18,90	29,20	90,10	9,90	96,50	10,78	65,64
<b>45</b>	2,25	174,50	3,75	12,70	32,60	72,50	11,40	74,20	13,17	53,56
<b>55</b>	4,80	121,30	4,35	10,80	39,00	28,90	16,50	32,40	23,95	20,66
<b>65</b>	12,40	10,65	19,00	3,50	87,60	2,55	52,70	4,0	48,20	6,35
<b>75</b>	43,40	4,90	63,30	0	226,35	0	173,4	0	191,35	1,11

Fuente Karabournioti.S

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Recursos humanos:**

Investigador, asesores y operarios de ADASOG.

### **5.2 Recursos institucionales:**

Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

### **5.3 Recursos financieros:**

Los recursos económicos fueron aportados por el investigador.

### **5.4 Materiales:**

- 34 litros de miel.
- Tanque de acero inoxidable.
- Des cristizador eléctrico.
- Paletas de madera.
- Hielera de duroport.
- Cronometro.
- 36 envases plásticos de 750 ml.
- Etiquetas de identificación.
- Lapiceros.
- Libreta de apuntes

### **5.5 Métodos**

La miel en estudio, se obtuvo del centro de acopio de los apiarios de (ADASOG) Asociación de Apicultores del Sur Occidente de Guatemala, ubicado en aldea Betania municipio de Coatepeque, departamento de Quetzaltenango, Guatemala, la temperatura máxima promedio anual entre los 33 y 34 C°, la tem-

peratura mínima promedio anual está entre los 24 y 25 °C, con una precipitación pluvial media anual de 2200 milímetros. (1)

La miel evaluada, fue sometida a una temperatura controlada de 55 °C, posteriormente se envasó e identificó cada una de las muestras, dichas muestras se observaron durante un período de 6 meses ya puestos en anaquel del laboratorio de Agroindustria de La Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Las fases importantes durante el proceso de evaluación fueron las siguientes:

1. Calentamiento y envasado.
2. Evaluación experimental.
3. Análisis y discusión de los resultados.

#### **5.5.1 Identificación y manejo de los envases de 750 ml:**

Se identificó 36 envases para la toma de las muestras, luego se etiquetó con la siguiente información: Lugar, fecha, hora y temperatura del envasado, así mismo los tiempos de calentamiento de cada uno de los tratamientos como se observa en el cuadro siguiente:

**Tabla No. 2** Temperatura y tiempos de calentamiento de la miel, utilizados para el presente estudio.

<b>Tratamiento</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo (horas)</b>
1	Temperatura ambiente 32°C	0:00
2	55 °C	1:00
3	55 °C	1:30
4	55 °C	2:00
5	55 °C	2:30
6	55 °C	3:00

Fuente: Elaboración propia

### **5.5.2 Preparación de los materiales:**

Se prepararon los materiales que se utilizaron para el envasado de la miel, se hizo la limpieza del calentador eléctrico, los 36 envases plásticos de 750 ml y el depósito de acero inoxidable para iniciar el proceso.

### **5.5.3 Calentamiento de la miel:**

Para el calentamiento de la miel se utilizó el calentador eléctrico (Dana Api Therm 1500 W), controlado por un termostato que mantiene la temperatura deseada.

La temperatura estudiada fue de 55 °C, se inició tomando el tiempo de calentamiento del primer tratamiento y así sucesivamente hasta el último tratamiento según el cuadro No. 5 (1:00, 1:30, 2:00, 2:30 y 3:00 hrs).

Para el proceso de envasado, se obtuvieron 27,000 ml de miel directamente del tanque de acero inoxidable, la cual fue sometida a una temperatura de 55 °C, cada tratamiento conformado por 6 botellas, más el tratamiento que se envasó a temperatura ambiente, para totalizar 36 botellas de 750 ml de miel.

#### 5.5.4 Almacenamiento de la miel envasada:

La miel envasada, fue trasladada en hielera para no alterar las muestras a la ciudad de Guatemala, específicamente al laboratorio de Agroindustria de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, los envases de miel fueron puestos en anaquel y distribuida cada una de las muestras en su respectivo tratamiento. Los tratamientos fueron observados durante un período de 6 meses, en el cuadro 6 se pueden observar los tratamientos que fueron evaluados, la fecha que fue puesta la miel en anaquel y la fecha en la cual se presentó el inicio de la formación de cristales de glucosa.

**Tabla No. 3** Síntesis del proceso de los diferentes tratamientos que se le dio a la miel, hasta la formación de los primeros cristales.

Tratamiento	Temperatura	Tiempo Horas	Fecha de almacenamiento	Fecha en la formación de cristales
1	33°C	0:00	9-03-2012	12/04/2012
2	55 °C	1:00	9-03-2012	10/05/2012
3	55 °C	1:30	9-03-2012	04/06/2012
4	55 °C	2:00	9-03-2012	22/06/2012
5	55 °C	2:30	9-03-2012	23/07/2012
6	55 °C	3:00	9-03-2012	15/08/2012

Fuente: Elaboración propia

### **5.5.5 Recopilación de la información e interpretación:**

La recopilación de la información, se realizó por medio de la observación de los 36 envases con miel, los cuales se volteaban uno a uno cada 3 días para observar si había formación de cristales de glucosa en la base del recipiente, tomando los datos del porcentaje de formación de cristales, por medio de un envase marcado de 0 a 100%.

### **5.5.6 Determinación de *Hidroximetil furfural* (HMF) en miel de abeja**

#### **5.5.6.1 Reactivos y soluciones:**

- Solución Carrenz 1:15 gramos de hexacianoferrato de potasio en 100 ml. de agua desmineralizada.
- Solución Carrenz 2:30 gramos de acetato de zinc en 100 ml. de agua desmineralizada.
- Solución de bisulfito de sodio 0.2 gramos en 100 ml de agua desmineralizada.

#### **5.5.6.2 Equipo y cristalería:**

- Balanza analítica.
- Balón volumétrico de 50 ml.
- Pipetas serológicas de 1 ml.
- Pipetas volumétricas de 5ml.
- Papel filtro whatman 91 o equivalente.
- Tubos de ensayo de 100 x 15 mm.
- Agitador tipo Vortex.
- Espectrofotómetro ultravioleta.

### 5.5.6.3 Procedimiento

- Pesar 5 gramos de muestra. (masa muestra)
- Con ayuda de 25 mililitros de agua desmineralizada, disolver.
- Trasvasar cuantitativamente a un balón de 50 ml.
- Agregar 0.5 ml de solución Carrenz 1 y 0.5 ml de solución Carrenz 2 y aforar con agua desmineralizada.
- Agitar. Filtrar a través de Whatman 91.
- Tomar 5 mililitros de solución del balón y colocar en un tubo de ensayo. Hacer esto dos veces (2 tubos por muestra).
- Al primer tubo agregar 5 ml de agua desmineralizada (muestra).
- Al segundo tubo agregar 5ml de solución de bisulfito de sodio al 0.2% (referencia).
- Tomar la absorbancia de la muestra a 284 y 336 nanómetros.
- Con la referencia ajustar el valor del porcentaje transmitancia a 100% o 0 de absorbancia.
- En caso se utilice alguna dilución adicional tomarla en cuenta para el cálculo.

### 5.5.7 Diseño estadístico utilizado.

Para el análisis estadístico del estudio, en la evaluación de los tiempos de calentamiento y los niveles de HMF, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, según la formula siguiente:

**Fórmula:**

$$r = \frac{N E x y - (E x)(E y)}{\sqrt{(N E x^2 - (E x)^2)(N E y^2 - (E y)^2)}}$$

**Dónde:**

**r** = Coeficiente de correlación

**N** = Número total de pares X y Y

**x** = Puntaje crudo en la variable X

**y** = Puntaje crudo en la variable Y

**E** = Sumatoria

**Fuente:** Jack Levin,S 1979.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla No. 4** Resultados en los días en la formación de los cristales de glucosa y los análisis de HMF (*Hidroximetil furfural*) a inicio y final de la evaluación.

Temperatura de calentamiento	Tiempo de calentamiento	Tiempo de almacenamiento	Tiempo e la primera formación de los cristales de glucosa	Resultados de HMF	
				1er análisis (30 días).	2do análisis (160 días).
32 °C	0 horas	6 meses	33 días	0.12 mg HMF/Kg	1.40 mg HMF/Kg
55 °C	1 hora	6 meses	61 días	0.15 mg HMF/Kg	1.60 mg HMF/Kg
55 °C	1:30 horas	6 meses	86 días	0.19 mg HMF/Kg	2.20 mg HMF/Kg
55 °C	2:00 horas	6 meses	104 días	0.63 mg HMF/Kg	2.30 mg HMF/Kg
55 °C	2:30 horas	6 meses	135 días	0.69 mg HMF/Kg	2.40 mg HMF/Kg
55 °C	3:00 horas	6 meses	158 días	0.71 mg HMF/Kg	2.50 mg HMF/Kg

### 6.1 Envasado de la miel a temperatura ambiente 32 °C

Para el estudio se utilizó el tratamiento 1 como testigo, únicamente se tomaron los valores iniciales de humedad el cual fue de 19% y la temperatura ambiente de 32°C, luego se llevó a cabo el envasado de miel.

Para este tratamiento, se observó que a partir del envasado, el inicio del proceso de formación de cristales ocurrió en los primeros 30 días, lo que indica que al no someter la miel a un calentamiento previo al envasado, a los pocos días empieza la formación de cristales de glucosa.

La cristalización de la miel es un fenómeno natural cuya velocidad varía dependiendo de factores como el contenido de agua, la composición en azúcares y la temperatura de conservación. Cuando la cristalización es lenta el tamaño de los cristales es mayor. (White 1975 citado por Zandamela Mungói, E. 2008)

La granulación se ve favorecida por la existencia de núcleos de cristalización que actúan aglutinando a su alrededor las moléculas de azúcar; los más frecuentes son los micro cristales de glucosa de diferente tamaño, granos de polen, partículas de cera, polvo y burbujas de aire, la mayoría de ellos están presentes en todas las mieles. (Siddiqui 1970 – Serra1986 citado por Zandamela Mungói, E. 2008)

Se realizó la prueba de HMF, para poder cuantificar los niveles que contenía la miel del tratamiento.

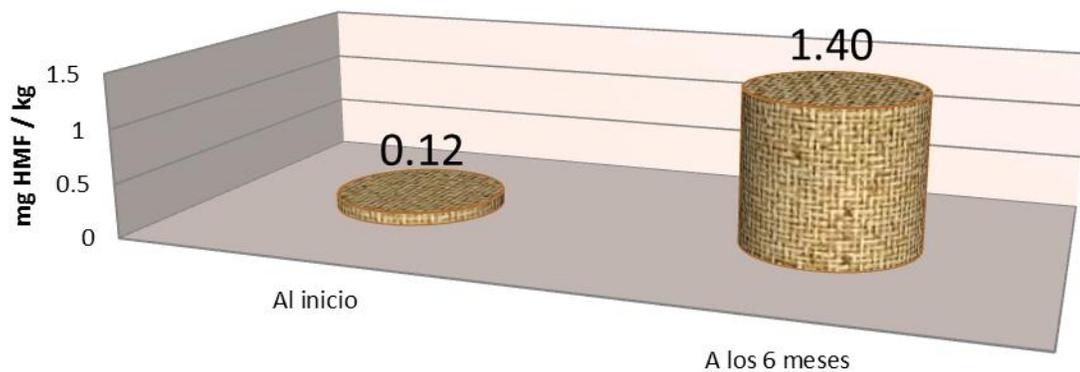
La miel envasada a temperatura ambiente fue sujeta a los análisis de HMF, en la cual en el primer análisis de laboratorio se obtuvo un valor de 0.12 mg HMF/ kg, posteriormente se realizó un segundo análisis en el cual se observó un resultado de 1.40 mg HMF/kg, ambos indican que la miel obtuvo un incremento mínimo durante los 6 meses que duró el estudio de 1.28 mg HMF/kg, por lo tanto son valores aceptados dentro de los parámetros que establece el mercado internacional, siendo su límite de 40 mg HMF/kg. (Bogdanov, S ; Lüllmann. C. s.f. 2001)

Así mismo se observó que la tasa de formación de HMF está relacionada directamente con la humedad y el contenido inicial en la miel. (Shade et.,1958 citado por Zandamela Mungói, E. 2008)

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. (Moguel Ordoñez, Y; Echazarreta Gonzalezb. C; Mora Escobedo, R. 2005)

**Gráfica No. 1** Niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) de la miel a 32 °C (temperatura ambiente), al inicio y final del estudio.



**Fuente:** Elaboracion propia

## **6.2. Envasado de miel después de 1:00 hora de calentamiento a 55° centígrados**

Para el tratamiento 2, la miel se mantuvo a una temperatura constante de 55°C por medio de un calentador eléctrico, luego de haberla llevado a la temperatura indicada, se calentó durante una hora.

Se observó en el fondo de los envases la primera formación de cristales a los 62 días luego del envasado, lo cual indica que la miel al ser sometida a un determinado tiempo de calentamiento y a una temperatura constante retrasa la

formación de cristales además permanece en un mayor tiempo en estado líquido, comparado con la miel que no sufrió ningún cambio calórico.

El tiempo de calentamiento y una temperatura controlada durante el procesamiento de la miel, da como resultado la disminución de la viscosidad de la miel, disuelve las partículas cristalizadas gruesas y además destruye las levaduras. (SKOWRO-NEK et al., 1994 citado por Ramírez Cervantes M.A; Gonzáles Novelo; Sauri Duch, E. 2000).

Al tratamiento con una hora de calentamiento y a una temperatura de 55 °C, se le realizaron las pruebas de HMF (*Hidroximetil furfural*), estas indicaron que el primer resultado del análisis de laboratorio dio un contenido inicial de 0.15 mg HMF/ kg, este resultado indica que la miel sujeta a calentamiento tuvo un pequeño incremento de HMF comparado con el tratamiento anterior, posteriormente a los 6 meses de observación de la miel envasada se realizó el segundo análisis de HMF el cual tuvo un incremento de 1.60 mg HMF / kg, este se debe a que el tratamiento fue sometido a un mayor período de calentamiento, lo cual hizo que la miel sufriera cambios físicos y químicos en su estructura.

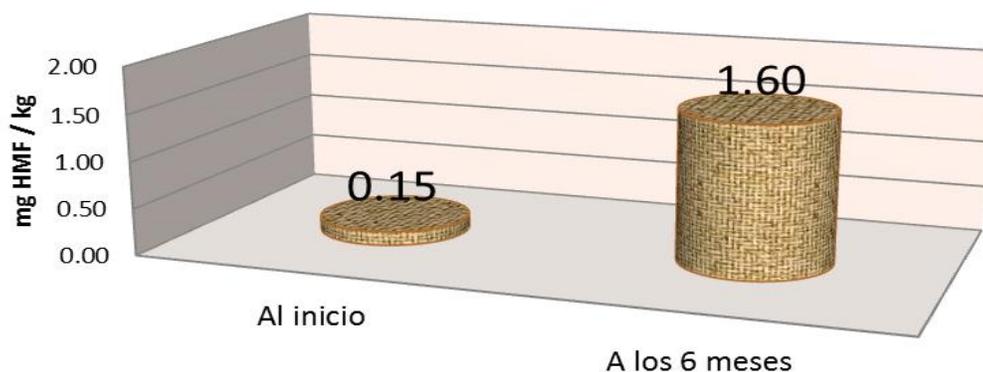
Estudios realizados indican que el proceso de calentamiento en la miel como el mal manejo de envasado, transporte y almacenamiento, puede producir pequeños incrementos en su contenido de HMF. (WHITE, 1980 citado por Ramírez Cervantes M.A; Gonzáles Novelo; Sauri Duch, E. 2000)

La humedad y acidez de la miel son factores que afectan la velocidad de formación de HMF; se ha determinado que dicha velocidad de formación se correlaciona directamente con el contenido de humedad y con el contenido inicial de HMF. (Pozas 2000 citado por Soto Vargas, C (2008).

En la gráfica 2 se observan los resultados del contenido de HMF, los cuales son satisfactorios, ya que se mantiene niveles bajos, teniendo un incremento del mismo durante el estudio de 1.45 mg HMF/kg, por lo tanto de acuerdo a las normas del CODEX ALIMENTARIUS son valores que se encuentran dentro los parámetros normales establecidos.

Así también los valores expresados son aceptados dentro de los parámetros que establece el mercado nacional, siendo su límite 40 mg HMF/kg.

**Gráfica No. 2** Niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) de la miel al inicio y a los seis meses después del envasado.



**Fuente:** Elaboracion propia

### **6.3 Envasado de miel después de 1:30 horas de calentamiento y a 55° centígrados**

Para este tratamiento, la miel fue sometida a 30 minutos más de calentamiento y a una temperatura constante de 55 grados centígrados.

En el proceso de evaluación, se observó que la primera formación de cristales de glucosa ocurrió a los 88 días posterior al envasado, esto indica que al someter la miel a un período prolongado de calentamiento se retarda la formación de cristales de glucosa, ya que comparándolo con el tratamiento anterior existe una diferencia de 26 días en la formación de cristales.

Algunos estudios realizados demuestran que para mantener la calidad óptima de la miel el principal parámetro a controlar es la temperatura, ya que a 55 °C se conservan las propiedades nutritivas de la miel. (SKOWRO-NEK et al., 1994 citado por Ramírez Cervantes, M.A; González Novelo; Sauri Duch, E. 2000)

Estudios realizados en el Nordeste argentino sobre el contenido de HMF, indican que es un aldehído formado a partir de la degradación de productos azucarados, en particular por deshidratación de la fructosa; siendo considerado uno de los parámetros a tener en cuenta para un eficiente control de calidad, en la miel (Ibarz et al., 1989 citado por Ramírez Cervantes, M.A; González Novelo; Sauri Duch, E (2000).

Los resultados de HMF del análisis del laboratorio fueron de 0.19 mg HMF/kg al inicio del estudio y de 2.20 mg HMF/kg a los seis meses, teniendo un incremento durante el período de evaluación de 2.01 mg HMF

De acuerdo a los datos del tratamiento anterior, se observa un incremento de 2.01 mg HMF, debido a que la miel estuvo sujeta a 30 minutos más de calentamiento, sufriendo cambios en su estructura, sin embargo, la miel conserva su calidad.

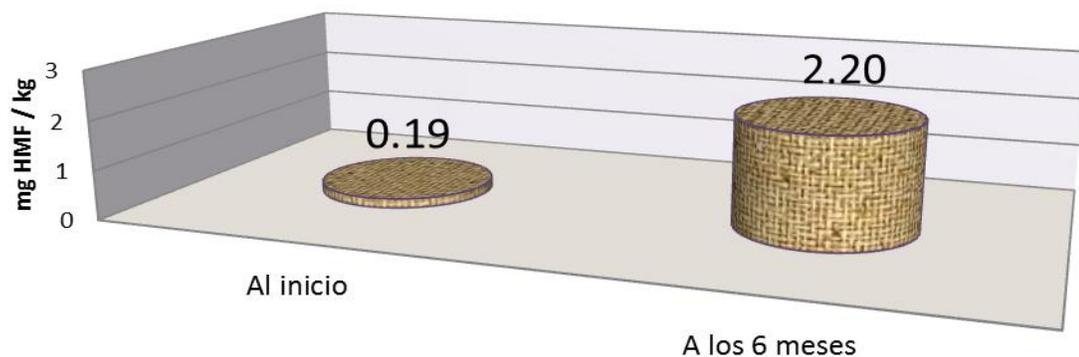
De acuerdo a un estudio realizado en Argentina, encontraron un valor promedio de HMF de 3.5 mg HMF /kg en miel envasada en la provincia de Buenos

Aires Argentina, tiene una aproximación a los obtenidos en este tratamiento que es de 2.20 mg HMF/kg. (Malacalza et al. (2005) citado por Soto Vargas, C. 2008).

Otro estudio realizado en Mérida Yucatan, México, reporta aumento de concentraciones alrededor de 2.74 Mg HMF/ con respecto al calentamiento a la que fueron sometidas las muestras de miel evaluadas.

Esto coincide con esta investigación ya que a 1:30 horas de calentamiento y 55°C de temperatura los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) se mantuvieron en 2.20 mg HMF/kg.

**Gráfica No. 3** Resultados de los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) de la miel a 1:30 horas y 55 °C de temperatura.



Fuente: Elaboracion propia

#### 6.4 Envasado de miel después de 2:00 horas de calentamiento y a 55° centígrados

Durante el estudio se observó que a 106 días posteriores al envasado, se formaron los primeros cristales en la base de las botellas, los cristales de glucosa se formaron a los 18 días después que el tratamiento anterior.

Al observar los datos, en relación a la formación de cristales, de este tratamiento con el anterior, se deduce que al agregar treinta minutos más de calentamiento se retarda la formación de cristales.

Este resultado es interesante, porque la miel tratada a 55 °C, durante dos horas de calentamiento, se conserva en el anaquel durante más de 3 meses, tiempo prudente para venderla.

La formación de cristales de azúcar en la miel, corrientemente denominado granulación, consiste en la separación de la glucosa en forma sólida, generalmente se considera que cuando la glucosa cristalizada de una solución acuosa, como lo es la miel, aproximadamente diez partes de ella en peso se combinan químicamente con una parte de agua, conociéndose dicha combinación como glucosa hidratada. Root (1976) citado por Parada Silva, J. 2003.

El HMF (*Hidroximetil furfural*) aparece en forma espontánea y natural en la miel debido al pH ácido, agua y a la composición rica en monosacáridos (fructosa y glucosa), estos compuestos hacen que se incremente su concentración en el transcurrir del tiempo, así también, el componente que más influye en la velocidad de formación del HMF es el aumento en la temperatura. Subovsky; Martha J; Sosa López, A; Castillo, A. 2002.

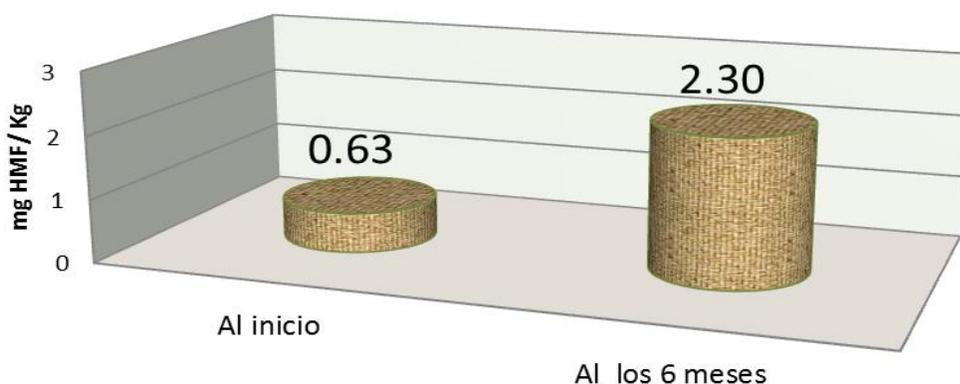
Los incrementos de HMF no son drásticos porque aun con dos horas de calentamiento el *Hidroximetil furfural*, se mantiene dentro de los parámetros normales.

Los resultados de HMF en las pruebas de laboratorio, se presentan en la gráfica 4, el resultado del primer análisis que se le realizó al tratamiento de 2 horas de calentamiento y a 55 °C, dio 0.63 mg HMF/ kg observándose un incremento del HMF comparado con el tratamiento anterior, este incremento se

basa al tiempo prolongado de calentamiento al cual fue sujeto este tratamiento, el segundo análisis del laboratorio indica que a los 180 días se incrementaron los niveles de HMF en 2.30 mg HMF/kg, comparando ambos resultados del análisis de HMF, se puede observar un aumento de 1.67 mg HMF/kg.

Está demostrado que a temperatura ambiente el contenido de HMF aumenta espontáneamente con el transcurso del tiempo, con un incremento aparente medio mensual de 1,7 mg HMF/kg de miel y que la magnitud de dicho aumento varía notablemente según ocurra en zonas frías o cálidas. (Fusero et al., (1992) citado por Soto Vargas, C (2008).

**Gráfica No. 4** Niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) de la miel calentada durante dos horas a 55°C.



**Fuente:** Elaboracion propia

## 6.5 Envasado de miel después de 2:30 horas de calentamiento y a 55° centígrados

Durante la investigación, se observó la formación de cristales en la base de las botellas de este tratamiento a los 137 días.

La miel no se cristalizó durante cuatro meses, lo que es un tiempo suficiente para permanecer en anaquel, ya que la miel envasada que distribuía ADASOG, en los supermercados de la capital se cristalizaba entre los 15 y 20 días puesta en anaquel, por lo que les quitaron la oportunidad de venta.

No todas las mieles precipitan sus azúcares ni cristalizan en la misma proporción, su tendencia a la granulación depende directamente de ciertos parámetros de sensibilidad (o índices de cristalización) entre ellos la glucosa, la relación glucosa /agua, glucosa-agua/fructosa, fructosa/glucosa y la melesitosa, formado por la unión de una glucosa a la glucosa de la sacarosa. (Zandamela Mungói, E. 2008 )

Como se observa en la gráfica 5, el primer análisis que se le realizó dio como resultado 0.69 mg HMF/kg, existió un incremento de HMF comparado con el tratamiento anterior, esto debido al tiempo de calentamiento al cual estuvo expuesta la miel, se observó en el segundo análisis de laboratorio un incremento de 2.40 mg HMF/ kg, hubo un aumento de 1.71 mg HMF/Kg, por el tiempo de calentamiento y permanencia en que la miel estuvo en anaquel.

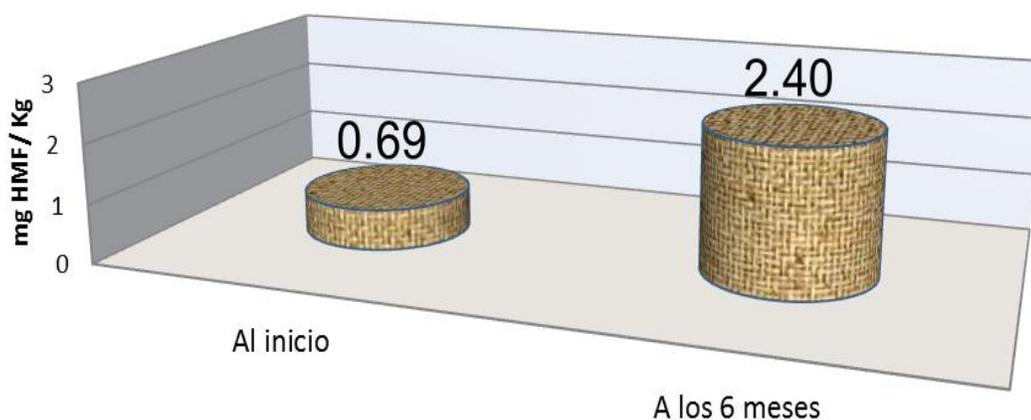
El contenido de HMF va aumentando espontáneamente con el transcurso del tiempo a temperatura ambiente, observándose una notable diferencia del incremento según procedan de zonas frías o cálidas, siendo éstas últimas, según estudios en mieles españolas, las que presentan valores superiores. (Bosch y Serra 1986 citado por Zandamela Mungói, E. 2008)

Además se ha evidenciado, durante el almacenamiento, un menor incremento de HMF en mieles naturales que en comerciales, circunstancia que se

atribuye a un pH más alto de aquellas. (Huidobro y Simal 1985 citado por Zandamela Mungói, E. 2008)

La miel sometida a 2:30 horas de calentamiento a 55 °C, no sube demasiado los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) situación que favorece su comercialización, por lo tanto este resultado es significativo, porque la miel envasada, empieza a cristalizarse a los 4 meses y 15 días, tiempo en el cual los supermercados se reabastecen de nuevos lotes de miel en la ciudad de Guatemala.

**Gráfica No. 5** Niveles de HMF al someter la miel a 2:30 horas de calentamiento a 55 °C.



**Fuente:** Elaboración propia

## 6.6 Envasado de miel después de 3:00 horas de calentamiento y a 55° centígrados

La miel fue sometida a un mayor tiempo de calentamiento que los tratamientos anteriores, pudiendo observar la primera formación de cristales en la base de las botellas a los 160 días luego de haberse envasado; en relación a la

formación de cristales respecto al tratamiento anterior, la miel se cristalizó a los 23 días después, en relación al tratamiento anterior.

Para retrasar la cristalización en las mieles, se toman medidas tales como la pasteurización y el filtrado a presión. Con la primera se disuelven los cristales presentes en la miel y se evita la fermentación al eliminar los hongos presentes, aunque el calentamiento excesivo altera aroma y sabor de la miel.

(White 1975 citado por Zandamela Mungói, E. 2008)

Mediante el filtrado a presión se eliminan los núcleos de cristalización como los cristales de glucosa, las burbujas de aire y los granos de polen, además de adquirir la miel un tono más claro y brillante. (Hanna. et al., 1991 citado por Zandamela Mungói, E. 2008). Así también la miel puede conservarse en su estado natural durante más de cinco meses, tiempo suficiente para hacer efectiva su comercialización.

Los resultados del laboratorio en las pruebas de HMF en la miel, se obtuvo un 0.71 mg HMF /Kg en el primer análisis, observando un incremento de HMF comparado con los tratamientos anteriores debido al tiempo de calentamiento al cual fue sometida la miel, en el análisis del laboratorio realizado al final del estudio se detectó un aumento de 2.50 mg HMF/ kg, este incremento en los niveles de HMF al igual que los anteriores tratamientos se debe básicamente al tiempo de calentamiento al que fue sometida y el tiempo que duró en anaquel.

Las prácticas que se desarrolla en el procesamiento de la miel, desde su extracción hasta su distribución, cooperan en el aumento de los niveles de HMF, en el Cuadro No. 8 se observan las tendencias en el aumento de HMF según. (White (1994) citado por Parada Silva, J. (2003)

**Cuadro No. 4** Incremento en los niveles de HMF durante el procesamiento de la miel de abeja.

Proceso	HMF (Mg/ Kg)
Extracción de la miel	3.5
Después de derretir la miel	6.3
Después de 15 horas puesta en recipiente	9.1
Inmediatamente luego de envasar	9.4
Embalado y almacenado 9 días	13
Después de un año de almacenaje	34.1
Incremento durante el proceso	9.5

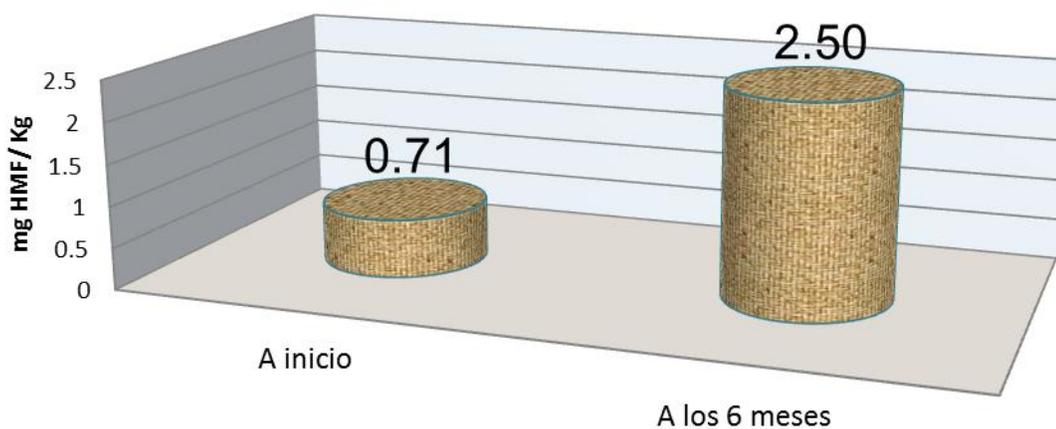
Fuente: White (1994)

Al momento de pasteurizar la miel se debe tener en consideración el tipo de miel que se utiliza, ya que el incremento del HMF varía de acuerdo a los orígenes de las mieles, teniendo en cuenta este factor así serán las condiciones del tratamiento térmico, en la cual se deberá tener en cuenta, que los niveles de HMF no suban más de 5 mg HMH /kg, haciendo que el calentamiento como el enfriamiento sean lo más rápido posible. (González 1990 citado por Parada Silva,J. (2003)

Los datos expresados del análisis de laboratorio en la prueba de HMF, en relación a los tratamientos anteriores como de este tratamiento de acuerdo a las normas del CODEX, la miel se encuentran dentro de los parámetros establecidos, siendo inferior a 40 mg HMF/ kg .(CODEX STAN 12-1981. 2001)

De acuerdo a la gráfica 6, el contenido de HMF al inicio y al final del estudio se observa un incremento durante el proceso de evaluación de 1.79 mg HMF/ kg.

**Gráfica No. 6** Niveles de HMF de la miel de abeja con 3 horas de calentamiento y 55 °C.

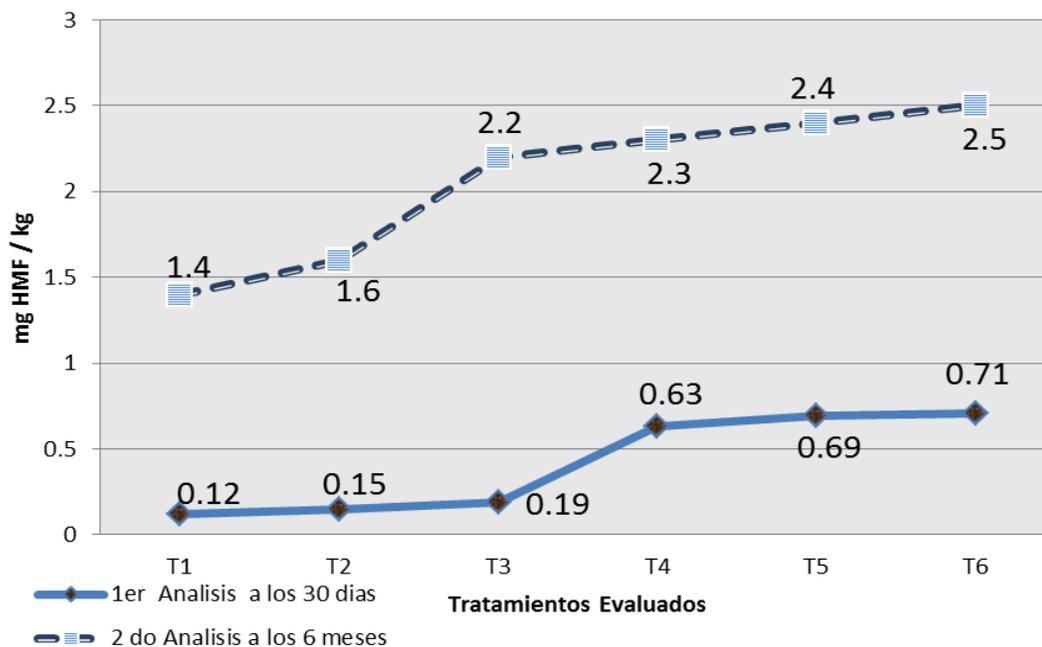


**Fuente:** Elaboracion propia

Los resultados de las pruebas de HMF se observan en la gráfica 7, los niveles que se presentan en el primer análisis son valores relativamente bajos, comparándolo con el parámetro establecido por el código alimentario lo cual tiene un máximo de 40 mg HMF/ kg, se observa que el tratamiento que mayor cantidad de miligramos de HMF tiene es la miel que fue sometida a 3 horas de calentamiento y a una temperatura constante de 55 C°, posteriormente haciendo una comparación del tratamiento 1 con el tratamiento 6, se puede observar un incremento de 2.38 mg HMF/ kg durante los 6 meses de evaluación.

Se observa en la gráfica 7, la influencia que tiene la temperatura en el incremento de los niveles de HMF de cada uno de los tratamientos evaluados, al igual que la tendencia en el aumento del contenido de HMF durante los 180 días que duró el estudio.

**Gráfica No. 7** Resultado de los análisis de laboratorio de HMF (*Hidroximetil furfural*) en los tratamientos evaluados durante el proceso de experimentación.



Fuente: Elaboracion propia

**Tabla No. 5** Correlación entre tiempo de calentamiento y niveles de HMF a los 6 meses de la investigación.

Tratamiento	Factor X Tiempo de calentamiento a 55°C	Factor Y Niveles de HMF
T 1	0:00 horas	1.40 mg HMF/Kg
T 2	1:00 hora	1.60 mg HMF/Kg
T 3	1:30 horas	2.20 mg HMF/Kg
T 4	2:00 horas	2.30 mg HMF/Kg
T 5	2:30 horas	2.40 mg HMF/Kg
T 6	3:00 horas	2.50 mg HMF/Kg

Fuente: Elaboracion propia

Coeficiente de correlación **0.84**

Al comparar las variable “x” tiempo de calentamiento y la variable “y” niveles de HMF, con un 95% de confiabilidad se tiene un grado de asociación de las variables de 0.84 siendo está una correlación positiva moderada de acuerdo a los rangos de clasificación del coeficiente de correlación de Pearson que van desde:

1 = Correlación positiva perfecta.

0 = Ninguna correlación.

-1= Correlación Negativa.

Respecto al grado de asociación, mientras más cerca este de +1 o -1 en una u otra dirección mayor es la fuerza de correlación.

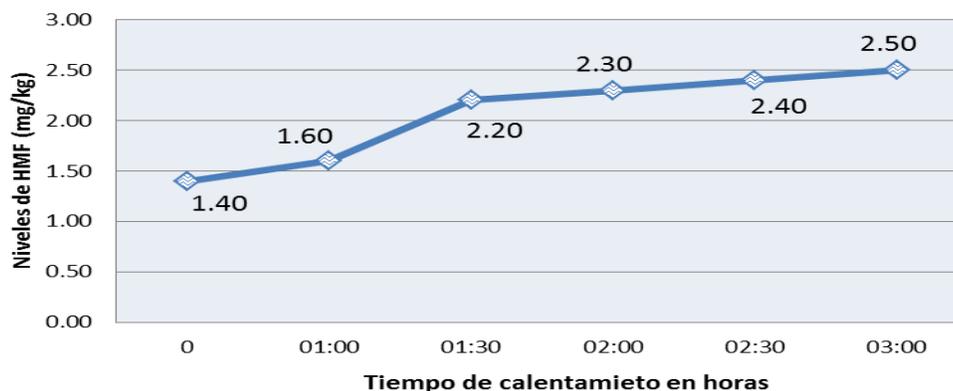
Se comprobó que tanto la variable “X” como la variable “Y” tiene un grado de asociación de 0.84, esto nos indica que a medida que se incrementa el tiempo de calentamiento de la miel y a una temperatura constante de 55 °C, aumentan gradualmente los niveles de HMF, de tal forma que al prolongar durante más tiempo el calentamiento de la misma los valores de HMF relativamente incrementarán, recordemos que la presencia de HMF en la miel es un factor determinante, la cual fue expuesta a un cambio de temperatura controlada, en el caso de la evaluación.

En la gráfica 8, se puede observar el comportamiento de la línea, lo cual indica que tiene una tendencia lineal en forma ascendente, esto debido a las variables evaluadas siendo estas el tiempo de calentamiento y los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*), ya que al incrementar los tiempos de calentamiento en la miel se ven modificados los niveles de HMF, lo cual a mayor tiempo de calentamiento los niveles de HMF tienden a incrementar.

Así también se observa que la miel sometida a tres horas de calentamiento, no supera los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*), encontrándose dentro de los

valores normales del código alimentario, siendo en nuestro caso el más alto de 2.50 mg de HMF/ kg.

**Gráfica No. 8** Niveles de HMF de la miel según el tiempo de calentamiento.



Fuente: Elaboracion propia

**Tabla No. 6** Correlación de tiempo de calentamiento y tiempo en la primera formación de cristales de glucosa

Tratamiento	Factor X Tiempo de calentamiento a 55°C	Factor Y Tiempo de formación de cristales de glucosa
T 1	0:00 horas	33 días
T 2	1:00 hora	61 días
T 3	1:30 horas	86 días
T 4	2:00 horas	104 días
T 5	2:30 horas	135 días
T 6	3:00 horas	158 días

Coeficiente de correlación **0.98**

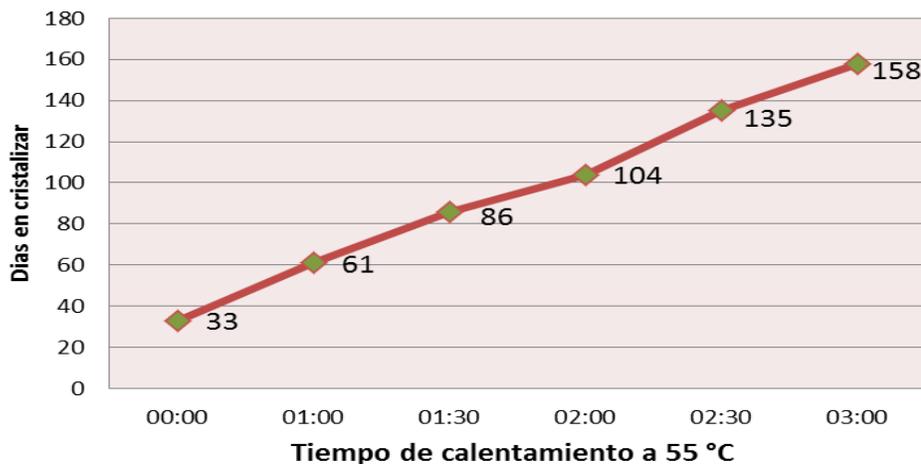
Con un 95% de confiabilidad en la evaluación, de las variables tiempo de calentamiento como tiempo de formación de los primeros cristales de glucosa en

el fondo de los envases se encuentran en un grado de asociación de 0.98, siendo esta una correlación positiva fuerte de acuerdo a los valores del coeficiente de correlación de Pearson.

Se observa en el cuadro anterior que a mayor tiempo de calentamiento, aumenta el número de días para que la miel cristalice, por lo tanto existe una alta relación dentro de las variables evaluadas.

En la siguiente gráfica se observa la relación que tiene el tiempo de calentamiento de la miel con la primera formación de cristales glucosa, a mayor tiempo de calentamiento y a una temperatura constante de 55°C se alarga el proceso natural en la formación de los cristales de glucosa.

**Gráfica No. 9** Relación entre el tiempo de calentamiento y formación de cristales de glucosa.



**Fuente:** Elaboración propia

## VII. CONCLUSIONES

1. A medida que se prolongó el tiempo de calentamiento de la miel, se retardo el proceso de cristalización de la glucosa, por lo que se acepta la hipótesis propuesta.
2. Durante el tiempo que duro la investigación, los niveles de HMF (*Hidroxi-metil furfural*) se mantuvieron en los niveles aceptables por el CODEX ALIMENTARIUS, por lo cual se acepta la hipótesis.
3. A dos horas con treinta minutos de calentamiento de la miel y a 55 °C, la glucosa se cristalizó a los 137 días después del envasado, tiempo suficiente para que la miel sea comercializada.
4. A medida que aumenta el tiempo de calentamiento de la miel, se retarda el proceso de cristalización y van aumentando gradualmente los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*).

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Calentar la miel a 2:30 horas y a una temperatura de 55° Centígrados ya que se mantiene los niveles normales de HMF (*Hidroximetil furfural*) en los rangos aceptados por el CODEX Alimentarius.
2. Establecer pruebas de calentamiento durante un período superior a los evaluados para determinar el máximo de calentamiento que soporta la miel, manteniendo los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) dentro de los parámetros normales del CODEX Alimentarius y contenido nutricional de la miel.
3. Realizar más estudios de investigación relacionados al procesamiento de la miel de abeja así también, estudios donde se evalúen los costos de energía eléctrica durante el proceso de calentamiento de la miel.

## IX. RESUMEN

Velásquez Cifuentes. N.F. 2013. Evaluación de diferentes tiempos de calentamiento de la miel de abeja (*Apis mellifera*) para retardar su cristalización y determinar los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*), en la asociación de apicultores del sur occidente de Guatemala. 61 pág.

**Palabras claves:** HMF (*Hidroximetil furfural*), cristalización, temperatura, calentamiento, miel.

El trabajo se basó en la evaluación de la miel de abeja y su calentamiento a diferentes tiempos de calentamiento con el objetivo de generar información sobre diferentes técnicas que retarden el proceso natural de la miel después de ser envasada, además determinar los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) a una temperatura constante de 55°C con diferentes tiempos de calentamiento, observando que tiempo es el óptimo para retardar la formación de cristales de glucosa.

La cristalización de la miel es un fenómeno natural cuya velocidad varía dependiendo de factores como el contenido de agua, la composición en azúcares y la temperatura de conservación, la granulación es favorecida por la existencia de núcleos de cristalización que actúan aglutinando a su alrededor las moléculas de azúcar; los más frecuentes son los micro cristales de glucosa de diferente tamaño, granos de polen, partículas de cera, polvo y burbujas de aire, la mayoría de ellos están presentes en todas las mieles.

Se ha demostrado que para mantener la calidad óptima de la miel el principal parámetro a controlar es la temperatura, ya que un tiempo de calentamiento y una temperatura controlada durante el procesamiento de la miel, da como resultado la disminución de la viscosidad de la miel, disuelve las

partículas cristalizadas gruesas, retarda la formación de cristales de glucosa y además destruye las levaduras.

Sin embargo, el calentamiento como el cambio de temperatura, la humedad y acidez en la miel, el mal manejo de envasado, transporte y almacenamiento, son factores que afectan la velocidad de formación de HMF (*Hidroximetil furfural*) en la miel, el contenido de HMF (*Hidroximetil furfural*) va aumentando espontáneamente con el transcurso del tiempo, así también se observó una notable diferencia en el incremento de HMF en las mieles que fueron sujetas a un prolongado tiempo de calentamiento.

Los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) del estudio, se encontraron dentro de los parámetros normales del código alimentario, encontrándose los resultados de los seis tratamiento debajo de 40 mg mHFM/ kg.

Para el estudio, estadísticamente se utilizó el diseño coeficiente de correlación de Pearson, en la que al correlacionarse las variables tiempo de calentamiento con la variable niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*), con un noventa y cinco por ciento de confiabilidad, se obtiene un grado de asociación de las variables de 0.84 siendo está una correlación positiva moderada, lo que indica que a medida que se incrementa el tiempo de calentamiento de la miel y a una temperatura constante de 55°C, se incrementan gradualmente los niveles de HMF.

Para la correlación de las variables tiempo de calentamiento y tiempo en la primera formación de cristales de glucosa, igualmente con un noventa y cinco por ciento de confiabilidad, se obtiene un grado de asociación de las variables de 0.98 siendo está una correlación positiva fuerte de acuerdo a los valores del coeficiente de Pearson, esto nos indica que a medida que se incrementa el tiempo de calentamiento en la miel, la formación de cristales de glucosa se retarda, por lo tanto se mantiene por más días las miel en estado líquido.

En las condiciones en las que fue realizado el presente estudio, indican que a medida que se prolonga el tiempo de calentamiento de la miel se retarda el proceso de formación de cristales de glucosa y ocurre un aumento no significativo de HMF, observando los valores de los tratamientos evaluados dentro de los parámetros aceptables por el código alimentario.

Así también al calentar la miel a 2:30 horas y a una temperatura de 55° Centígrados se mantienen los niveles de HMF (*Hidroximetil furfural*) dentro de los rangos aceptados por el CODEX y los cristales de glucosa empiezan a formarse a los 137 días después del envasado, tiempo suficiente para que la miel sea comercializada.

En base a nuestros resultados se propone, realizar pruebas de calentamiento superiores a los evaluados para determinar el máximo de calentamiento que soporta la miel manteniendo su contenido nutricional y los niveles de HMF dentro de los parámetros del CODEX, así también realizar estudios donde se evalúen los costos de energía eléctrica durante el procesamiento de la miel para obtener un punto de equilibrio dentro de las variables periodo de calentamiento y el costo de energía eléctrica.

## SUMMARY

Velásquez Cifuentes. N. F. 2013. Evaluation of different heating times of the honey bee (*Apis mellifera*) to retard their crystallization and determine levels of HMF (*Hidroximetil furfural*), in the association of beekeepers of the south-west of Guatemala. 61page.

key words: HMF (*Hydroxymethyl furfural*), crystallization, temperature, heating, honey.

The work is based on the evaluation of the honey bee and its warming at different times of global warming with the objective of generating information about different techniques that retard the natural process of the honey after being bottled in addition determine levels of HMF (*Hydroxymethyl furfural*) at a constant temperature of 55 °C with different warm-up times, noting that it is the optimal time to retard the formation of crystals of glucose.

The crystallization of honey is a natural phenomenon whose speed varies depending on factors such as water content, the composition in sugars and the storage temperature, the granulation is favored by the existence of cores of crystallization that act to unite around the sugar molecules; the most frequent are the micro-crystals of glucose of different size, pollen grains, wax particles, dust and air bubbles, the majority of them are present in all honeys

It has been shown that in order to maintain optimal quality of honey the main parameter to control the temperature, as a warm-up time and a controlled temperature during processing of the honey, gives as a result a reduction in viscosity of the honey, dissolves the coarse particles crystallized, it slows down the formation of crystals of glucose and also destroys the yeast.

However the warming as the change in temperature, moisture and acidity in the honey, the mishandling of packing, transportation and storage, are factors that

affect the speed of formation of HMF (*Hydroxymethyl furfural*) in honey, the HMF content (*Hydroxymethyl furfural*) grows spontaneously in the course of time, so it was also noted a marked difference in the increase of HMF in honey that were subject to long warm-up time.

Levels of HMF (*Hydroxymethyl furfural*) of the study were within the normal parameters of the food code, while the results of the six treatments below 40 mg mHFM/ kg.

For the study, statistically, it is design used the Pearson correlation coefficient, in which the variables correlate the warm-up time with the variable levels of HMF (*Hydroxymethyl furfural*), with a ninety-five percent of reliability, gets a degree of association between the variables of 0.84 this being a moderate positive correlation, what indicates that as you increase the warm-up time for the honeymoon, and a constant temperature of 55 °C, gradually increase the levels of HMF.

For the correlation of variables warm-up time and time in the first formation of crystals of glucose, also with a ninety-five percent of reliability, you get a degree of association between the variables of 0.98 and this is a positive correlation strong according to the values of the Pearson's coefficient, this tells us that as you increase the warm-up time for the honeymoon, the formation of crystals of glucose is delayed, therefore is maintained by more days the honey in the liquid state.

In the conditions under which it was conducted the present study, indicate that a measure that extends the warm-up time for the honeymoon will delay the process of formation of crystals of glucose and is a non-significant increase of HMF, noting the values of the treatments evaluated within acceptable parameters by the food code.

And also to the heat the honey to 2:30 hours and at a temperature of 55° Celsius is maintain the levels of HMF (*Hydroxymethyl furfural*) within the range of

accepted by Codex and the crystals begin to form glucose to the 137 days after packaging, sufficient time for the honey, it is marketed.

On the basis of our results, it is proposed to test higher heating to the evaluated to determine the maximum heating that supports the honey while maintaining its nutritional content and levels of HMF within the parameters of the CODEX, and also to carry out studies to evaluate the cost of electricity during the processing of the honey in order to obtain a point of balance within the variables warm-up period and the cost of electricity.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado Rodas, CR. 2007. Instituto de nivel básico y diversificado con orientación ocupacional de la aldea las Palmas, Municipio de Coatepeque. Tesis Arq. Guatemala, GT, USAC/FA. 25p.
2. Antonio Zozaya, R.(s.f). Manual de buenas prácticas de producción de miel el proceso de cristalización de la miel (en línea). Consultado 20 ago.2011. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20apcolas/Attachments/1/mbpp.pdf>
3. Bogdanov, S ; Lüllmann. C. s,f. Calidad de la miel de abeja y estándares de control, comisión internacional de la miel (en línea). Consultado 10 sep. 2011. Disponible en [http://www.beekeeping.com/apiacta/hmf\\_sp.htm](http://www.beekeeping.com/apiacta/hmf_sp.htm)
4. CODEX normas para la miel 2013 (en línea). Consultado 24 sep. 2011. Disponible en <http://www.codexalimentarius.org/search-results/?cx=018170620143701104933%3Airesgmxec&cof=FORID%3A11&q=miel|&siteurl=http%3A%2F%2Fwww.codexalimentarius.org%2F&sa.x=0&sa.y=0>
5. Generalidades de la miel, s,f. (en línea). Consultado 13 oct. 2011. Disponible en <http://www.apinetla.com.ar/ar/mercados/norma%20colombiana.PDF>
6. Jack Levin.S.1979. Fundamento de estadística en la investigación social. México. Editorial Harla. 2da edición.P.305
7. Karabournioti, S. 2010. Efecto del calentamiento en el HMF y la invertasa de la miel de abeja (en línea). Consultado 23 jul. 2011. Disponible en <http://www.cuencarural.com/granja/apicultura/67178-efecto-delcalentamiento--en-el-hmf-y-la-invertasa-de-la-miel/>.

8. Manejo y distribución de la miel en Guatemala. 2007 (en línea). Consultado 24 sep. 2011. Disponible en <http://fyedeproyectos.files.wordpress.com/2008/09/ejemploestudiomercadomiel.pdf>
9. Marchelli, M; García Suarez. O. 2010. Caracterización de la miel de abejas. Manual de prerrequisitos y guía HACCP para el procesamiento de la miel de abeja. p. 54.
10. Mongói Zandamela, E. 2008. Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique (en línea). Consultado 24 ene. 2011. Disponible en <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5701/emfzm1de1.pdf;jsessionid=B55CA09F35660CA2577749B4747A6676.tdx2?sequence=1>.
11. Moguel Ordoñez, Y; Echazarreta Gonzalez, C; Mora Escobedo, 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 (en línea). Consultado 10 mar. 2013. Disponible en <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200510202266.pdf>.
12. National Honey Board. sf. Cristalización de la miel (en línea). Consultado 13 oct. 2011. Disponible en <http://www.beekeeping.cl/news.php?newsid=100>.
13. Ramírez Cervantes, MA; González Novelo SA; Sauri Duch, E. 2000. Efecto del tratamiento térmico temporal de la miel sobre la variación de su calidad durante el almacenamiento (en línea). Consultado 10 mar. 2013. Disponible en [http://www.Apimondia.com/apiacta/articles/cervantes\\_es.htm](http://www.Apimondia.com/apiacta/articles/cervantes_es.htm).

14. Soto Vargas, C. 2008. Estudio de mieles monoflorales a través de análisis palinológico, físico, químico y sensorial (en línea). Consultado 10 mar. 2013. Disponible en [http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008\\_fas718e/doc/fas718e.pdf](http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008_fas718e/doc/fas718e.pdf).
15. Subovsky, M; Sosa López, A; Castillo, A. 2002. Evaluación del contenido de *Hidroximetil furfural* en mieles envasadas del NEA (Nordeste de Argentina) (en línea). Consultado 10 mar. 2013. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/05-Agrarias/A-031.pdf>
16. Parada Silva. JA. 2003. Desarrollo de una mezcla de “miel crema” de abeja *Apis mellifera* con avellana chilena (*Gevuina avellana mol*) para consumo humano (en línea). Consultado 22 nov. 2011. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fap222d/pdf/fap222d.pdf>
17. Valega, O. 2005. Frescuras y adulteraciones de la miel (en línea). Consultado 24 sep. 2011. Disponible en [http://www.beekeeping.com/articulos/frescura\\_adulteraciones\\_miel.pdf](http://www.beekeeping.com/articulos/frescura_adulteraciones_miel.pdf)
18. Zandamela Mungói, E. 2008. Caracterización Físico-Química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique (en línea). Consultado 10 mar. 2010. Disponible en <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5701/emfzm1de1.pdf;jsessionid=B55CA09F35660CA2577749B4747A6676.tdx2?sequence=1>

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIEMPOS DE CALENTAMIENTO  
DE LA MIEL DE ABJEA (*Apis mellifera*) PARA RETARDAR SU  
CRISTALIZACIÓN Y DETERMINAR LOS NIVELES DE HMF  
(*Hidroximetil furfural*), EN LA ASOCIACIÓN DE APICULTORES  
DEL SUR OCCIDENTE DE GUATEMALA”**

f. \_\_\_\_\_

Nestor Fernando Velásquez Cifuentes

f. \_\_\_\_\_

Lic. Zoot. Edgar Amílcar García Pimentel

Asesor Principal.

f. \_\_\_\_\_

Lic. Zoot. Astrid Johana  
Valladares Areano

f. \_\_\_\_\_

Lic. Zoot. Hugo Sebastián  
Peñate Moguel

**IMPRIMASE:**

f. \_\_\_\_\_

MSc. Carlos Enrique Saavedra Vélez

DECANO