

**Efecto de la humedad de la miel y
temperatura de descristalizado en la calidad
de la miel procesada**

Andrea Michelle López Rosa

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Octubre, 2014

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de la humedad de la miel y temperatura de descristalizado en la calidad de la miel procesada

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Andrea Michelle López Rosa

Zamorano, Honduras

Octubre, 2014

Efecto de la humedad de la miel y temperatura de descristalizado en la calidad de la miel procesada

Presentado por:

Andrea Michelle López Rosa

Aprobado:

Blanca Carolina Valladares, M.Sc.
Asesora Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Juan Ruano, D.Sc.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto de la humedad de la miel y temperatura de descristalizado en la calidad de la miel procesada

Andrea Michelle López Rosa

Resumen: La vida anaquel de la miel está definida por cambios sensoriales de color y cristalización. Para retener la aparición de cristales es necesario dar tratamientos térmicos que pueden oscurecer la miel. La humedad de cosecha también puede afectar el color y la cristalización de la miel pero puede perderse durante el tratamiento térmico. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios físico-químicos y sensoriales de la miel de abeja por efecto de la humedad de cosecha y la temperatura de descristalizado. Se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial 2×3 , donde los factores fueron la humedad de cosecha de la miel (17% y 21%) y la temperatura de descristalizado de la miel (0, 45 – 55 °C y 55 – 60 °C), se realizaron evaluaciones sensoriales utilizando pruebas de aceptación (apariencia, color, dulzura, acidez, sabor y aceptación general), análisis físicos (color y viscosidad) y análisis químicos (pH, humedad y A_w). Se encontró que la humedad de la miel afectó los resultados de análisis químico, como también los atributos sensoriales de apariencia y color. La temperatura de descristalizado tuvo efecto en los resultados de la evaluación sensorial de color, dulzura, apariencia, sabor y los parámetros físico-químicos de la miel.

Palabras clave: Actividad de agua, pH, viscosidad.

Abstract: The shelf life of honey is defined by sensory changes of color and crystallization. To retain the appearance of crystals is necessary to apply heat treatments that can darken the honey. Crop moisture can affect the color and honey but crystallization may be lost during the heat treatment. The aim of this study was to evaluate the physicochemical and sensory changes of honey effect of harvest moisture and temperature decrystallized. A completely randomized design was used with factorial arrangement 2×3 , where the factors were moisture harvesting honey (17% and 21%) and temperature decrystallized honey (0, 45 – 55 °C y 55 – 60 °C), sensory evaluations were performed using acceptance testing (appearance, color, sweetness, acidity, flavor and general acceptance), physical analysis (color, viscosity) and chemical analysis (pH, humidity and A_w). Found that affection honey moisture results of chemical analysis, as well as the sensory attributes of appearance and color. Decrystallized temperature had an effect on the results of sensory evaluation of color, sweetness, appearance, flavor and physical-chemical parameters of honey.

Keywords: pH, viscosity, water activity

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y METODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4 CONCLUSIONES	16
5 RECOMENDACIONES	18
6 LITERATURA CITADA.....	19
7 ANEXOS	22

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de tratamiento	4
2. Resultados análisis sensorial: apariencia	5
3. Resultados análisis sensorial: color	6
4. Resultados análisis sensorial: dulzura	7
5. Resultados análisis sensorial: acidez.....	8
6. Resultados análisis sensorial: sabor	9
7. Resultados análisis sensorial: aceptación general.....	10
8. Cuadro de probabilidades para atributos de evaluación sensorial.....	10
9. Cuadro de correlaciones entre atributos sensoriales.....	11
10. Resultados análisis químico: humedad.....	12
11. Resultados análisis químico: pH.....	13
12. Resultados análisis químico: Aw	14
13. Resultados análisis físico: viscosidad.....	15
14. Resultados análisis físico: color.....	16
15. Cuadro de probabilidades de análisis físico-químicos.....	17
Anexos	Página
1. Resultado ANDEVA correlaciones entre análisis físico-químicos y sensoriales	23
2. Hoja de evaluación sensorial.....	24
3. Cuadro de correlaciones entre análisis físico-químicos.....	25

1. INTRODUCCIÓN

La transformación de néctar a miel se produce debido a cambios físicos y químicos, los primeros consisten en el proceso de evaporación, en el cual, el néctar pierde hasta una tercera parte de su contenido de humedad durante el almacenamiento en la colmena. Los cambios químicos consisten en la acción de enzimas que las obreras adicionan al néctar y dichas enzimas desdoblan azúcares compuestas a simples (Hernández *et al.* 2007).

La humedad es un indicador de madurez en la miel (Corbella *et al.* 2002). Enzimas agregadas en el néctar por las abejas realizan el proceso de maduración que consiste en la conversión de azúcares compuestos a simple así mismo de la eliminación de humedad. Este último es influenciado por la temperatura interna del panal y la aireación provocada por el aleteo constante de las abejas, permitiendo que la miel alcance el porcentaje de humedad adecuada, es decir menor a 20% (CODEX 1981). La miel madura (humedad menor al 20%) es sellada u operculada por la población de las abejas indicando que la miel está lista para ser cosechada (Bradbear 2005).

En la actualidad hay dos parámetros que son fundamentales para establecer la calidad de la miel en el mercado, son la humedad y el contenido de hidroximetilfurfural (Valderrama 1999). Por lo general, el contenido de humedad de la miel cosechada, en países con clima cálido es inferior a 18%. Sin embargo, en algunos países la miel cosechada tiene más de 20% de humedad debido a las condiciones climáticas o de cosecha, pero las mieles con un contenido de humedad alto podrían fermentar.

La duración de la fase líquida en la miel también depende de diversos factores externos e intrínsecos, la baja temperatura de almacenamiento, es un factor importante que afecta a la cristalización de la miel de abeja. Para alargar la vida anaquel de la miel se somete a un proceso de des cristalizado que consiste en un calentamiento bajo control en el cual la miel pasa por un baño María a 42 °C por una hora. (Díaz y Cid 2002). La combinación de tiempo y temperatura en el proceso de des cristalizado son factores influyentes en las características físico-químicas de la miel. La temperatura juega un papel importante en el proceso de pérdida y retención de agua que inducen cambios en actividad de agua (A_w), degradación de azúcares y aumento de hidroximetilfurfural (HMF) (Salamanca Grosso *et al.* 2001). El HMF es un aldehído que se forma por la descomposición de la fructosa y glucosa por almacenamiento prolongado o por la exposición a altas temperaturas de la miel. Es así como el contenido de HMF es un indicador de frescura de la miel. (Chernetsova 2012).

Generalmente se aplican temperaturas de 30 – 45 °C durante la descristalización para obtener miel líquida; este tratamiento destruye alrededor del 30% de la invertasa y el 25% de la diastasa; no invierte la sacarosa pero puede alterar sensiblemente el color y las tasas de HMF (Gil 2010).

El calentamiento de la miel a temperatura mayor de 50 °C, puede acelerar algunas reacciones químicas que disminuye la calidad de la miel durante el procesamiento y almacenamiento, lo cual podría relacionarse con la acción catalítica de los principales ácidos sobre los azúcares presentes, produciendo un aumento indeseable en el contenido de algunos componentes, como el HMF (Crane 1985).

Los principales factores de calidad que se utilizan para evaluar la miel son sus características sensoriales (olor, color y sabor), humedad, cenizas, acidez entre otros (Valega 2001). Estos factores se ven afectados al procesar la miel con altas temperaturas (Aguas *et al.* 2010)

Este estudio brindó a la planta apícola de Zamorano así como a diferentes procesadores de miel, información acerca de las diferentes temperaturas de procesamiento y humedades de la miel para asegurar la calidad del producto. Es por esto que se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de la humedad de la miel en las características físico-químico y sensorial de la miel procesada.
- Evaluar el efecto de la temperatura de descristalizado en características físico-químico y sensorial de la miel procesada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. El estudio se realizó en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), en el laboratorio de análisis sensorial y el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), todos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana en el departamento de Francisco Morazán, a 30 km de Tegucigalpa, Honduras.

Para realizar los análisis se tomaron seis muestras de miel con una humedad de $17\% \pm 0.2$, y seis muestras de miel con una humedad de $21\% \pm 0.2$. Para el descristalizado, se trataron las muestras por un tiempo de 35 minutos a un rango de temperatura de $45\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a $55\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$, dejando el control sin tratamiento térmico. Durante el proceso de descristalizado se midió la temperatura de la miel con un termómetro digital, una vez alcanzada la temperatura deseada se contaron los 35 minutos manteniendo la temperatura dentro del rango según la muestra.

Análisis actividad de agua. Se realizó la medición de humedad basándose en el método de la AOAC 978.18 se utilizó el AquaLab 3TE 0102875, reportando la medición de 0 a 1 equivalente a la humedad relativa de equilibrio que va de 0 a 100% de humedad relativa.

Análisis color. Se evaluó el color de cada unidad experimental utilizando el Colorflex hunter L a b. El valor L^* representa luminosidad donde 100 es el blanco y 0 es negro. El valor a^* representa la intensidad de los colores rojo en valores positivos y verde en valores negativos. El valor b determina la intensidad de amarillo en valores negativos y azul en valores positivos, el 0 es neutro. (ASTM D6290)

Análisis de humedad. Se determinó la humedad de cada muestra de miel con el refractómetro PCE-4852 de la Planta Apícola. Para ello se colocó una muestra de miel en el lente del refractómetro, entre cada muestra se realizó la limpieza del lente de este asegurando no dejar agua para evitar la alteración de los resultados.

Análisis de pH. Para medir el pH de las muestras de miel, se utilizó el potenciómetro HM Digital modelo pH-200.

Análisis de viscosidad. La viscosidad de cada muestra de miel, se midió utilizando el Reómetro de Brookfield DV-III Ultra V6.1 LV, con un spindle LV 64, basándose en el método oficial de la ASTM D2983. Entre cada muestra se hizo la limpieza del spindle con agua destilada y se procedió a secar el spindle para no alterar la muestra.

Análisis sensorial. Se realizaron tres sesiones para los análisis sensoriales con pruebas de aceptación. Se trabajó con 25 panelistas no entrenados en cada sesión quienes evaluaron atributos de: apariencia, color, acidez, dulzura, sabor y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de 1 a 9; siendo 1 me disgusta extremado y 9 me gusta extremado. Con los datos de la prueba de aceptación se realizó un análisis ANDEVA para determinar los dos mejores tratamientos y la preferencia entre estos.

Diseño Experimental. El diseño experimental fue un diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial 2×3 ; donde uno de los factores fue la humedad de la miel y el segundo factor fue la temperatura de descristalizado. Se obtuvieron seis tratamientos y tres repeticiones para un total de 18 unidades experimentales.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

Humedad de la miel	Temperatura de descristalizado (°C)		ST ^ε
	45 - 50	55 - 60	
17±0.2	T1	T2	T5 [§]
21±0.2	T3	T4	T6

[§]T = Tratamiento

^εST= Sin tratamiento térmico

Análisis Estadístico. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico "Statistical Analysis System" (SAS® versión 9.1.3). Para evaluar la interacción de los factores se realizó una separación de medias con LSMeans y Duncan para evaluar la separación de medias entre tratamientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis sensorial apariencia. El cuadro 2 muestra que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), siendo la miel de 17% de humedad y temperatura de 45 – 50 °C, el tratamiento con la menor valoración. De acuerdo a los panelistas los tratamientos, excepto el de 17% de humedad y descristalizados, tuvieron una valoración de “me gusta moderado”. Se demostró en este estudio que los dos factores, humedad de cosecha y la temperatura de descristalizado, influyeron de igual manera sobre la valoración de la apariencia. ($P < 0.05$), encontrando que prefieren las mieles con mayor humedad y descristalizadas. Mediante un análisis de correlación se determinó que este atributo tuvo una relación alta positiva con el atributo de color (0.75, $P < 0.05$) (Cuadro 8). La apariencia de la miel depende de múltiples factores de los cuales el color es de los más importantes.

Cuadro 2. Resultado análisis sensorial: apariencia.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	Media \pm D.E. ^β
17	45 – 50	5.58 \pm 1.80 ^b
17	55 – 60	6.32 \pm 1.78 ^a
17	ST ^ε	6.85 \pm 1.57 ^a
21	45 – 50	6.74 \pm 1.69 ^a
21	55 – 60	6.89 \pm 1.52 ^a
21	ST	6.68 \pm 1.57 ^a
C.V. [¶]		23.28%

^{a-b} Medidas seguidas con la diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

^βD.E.= Desviación estándar.

[¶]C.V.= Coeficiente de variación.

^εST= Sin tratamiento térmico.

Generalmente las mieles de mayor humedad son más claras (Estrada 2013), pero estas al pasar por un proceso térmico pudieron perder más humedad y lograr una concentración de azúcares que pudieron caramelizarse, produciendo más HMF agregando así pigmentaciones oscuras que causaran el cambio en el color. La visión, es el primer sentido que interviene en la evaluación de la miel, captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia. El origen botánico de la miel imprime un color particular, pero el calentamiento de la miel lo modifica (Gallez 2006).

Análisis sensorial color. El cuadro 3, muestra que no se encontraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre tratamientos en la evaluación sensorial de color. Sin embargo de acuerdo a la escala utilizada los tratamientos que tienen una humedad de 17% testigo y el tratamiento de 17% tratado a 45 – 50 °C, obtuvieron una menor valoración. Mientras que los demás tratamientos fueron evaluados como me gusta moderadamente por los panelistas.

En este análisis los dos factores en estudio, influyeron en la evaluación sensorial del color de la miel ($P<0.05$) y en general los panelistas prefieren las mieles con mayor humedad y descristalizadas. (Estrada 2013)

Cuadro 3. Resultado análisis sensorial: color.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	Media \pm D.E. ^β
17	45 – 50	6.12 \pm 1.66 ^a
17	55 – 60	6.66 \pm 1.63 ^a
17	ST ^ε	6.36 \pm 1.36 ^a
21	45 – 50	6.82 \pm 1.39 ^a
21	55 – 60	7.05 \pm 1.46 ^a
21	ST	6.73 \pm 1.30 ^a
C.V. [¶]		21.01%

^a Medidas seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($P>0.05$).

^β D.E.= Desviación estándar.

[¶] C.V.= Coeficiente de variación.

^ε ST= Sin tratamiento térmico.

Probablemente los panelistas no lograron diferenciar el color en la miel ya que se les sirvió una onza de cada tratamiento, al momento de ver la miel en una cantidad pequeña como la que se sirvió no se logran diferenciar los colores entre los tratamientos, lo que pudo causar que los panelistas al no ser entrenados no encontraran diferencias entre los tratamientos de color. El color de la miel se debe exclusivamente a materiales colorantes del néctar de la fuente floral de donde ha sido libado por la abeja. Estas materias colorantes son pigmentos de las plantas de la misma naturaleza que de las flores y de otras partes coloreadas del vegetal. (Montenegro *et al.* 2005). La aparición del HMF está directamente relacionado con alteraciones de color por lo que hace que este sea uno de los parámetros de calidad más empleado en la calidad de la miel (Portal alimentario, s.f.). La coloración de las mieles es un elemento sensorial primordial que determina en parte la elección del consumidor.

Análisis sensorial dulzura. En el cuadro 4, se muestran que los panelistas no percibieron diferencia significativa en la dulzura de los tratamientos ($P>0.05$). Probablemente esto es efecto de la saturación de muestras que tuvieron los panelistas al momento de la evaluación sensorial, por lo que finalmente los panelistas no lograron diferenciar la dulzura entre los tratamientos y en general los panelistas calificaron los tratamientos como me gusta moderadamente.

Durante este estudio, para los resultados de la valoración de dulzura, hubo interacción entre la humedad y la temperatura por lo que no puede establecerse cuál de los factores tuvo mayor influencia en la aceptación de la miel ($P>0.05$) (Cuadro 8).

Cuadro 4. Resultado análisis sensorial: dulzura.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado ($^{\circ}\text{C}$)	Media \pm D.E. ^{β}
17	45 – 50	6.54 \pm 1.45 ^a
17	55 – 60	7.20 \pm 1.30 ^a
17	ST ^{ϵ}	6.82 \pm 1.40 ^a
21	45 – 50	6.84 \pm 1.54 ^a
21	55 – 60	6.76 \pm 1.33 ^a
21	ST	6.21 \pm 1.69 ^a
C.V. ^{\dagger}		20.94%

^aMedidas seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($P>0.05$).

^{β} D.E.= Desviación estándar.

^{\dagger} C.V.= Coeficiente de variación.

^{ϵ} ST= Sin tratamiento térmico.

La miel se compone esencialmente de diferentes azúcares, predominantemente fructosa y glucosa, estos azúcares constituyen el 85 – 95% de los azúcares totales; en la mayor parte de las mieles la fructosa predomina sobre la glucosa. La cantidad de glucosa y fructosa presente en la miel, así como la humedad de la misma, son los principales factores que determinan la dulzura en la miel. A mayor cantidad de glucosa menor dulzor. (Valega 2001).

Análisis sensorial acidez. El cuadro 5 muestra, que para el atributo de acidez los panelistas no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$). El sabor de la miel es el resultado de la interacción de sustancias químicas, pero ninguna de ellas da una nota ácida. El hecho que la acidez sea casi imperceptible hace su sabor agradable (Pesante 2008).

Se encontró que ni la temperatura de procesamiento ni la humedad de la miel influyeron en la valoración de la acidez de las mieles evaluadas ($P>0.05$) (Cuadro 8).

Cuadro 5. Resultado análisis sensorial: acidez.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	Media ± D.E. ^β
17	45 – 50	6.32 ± 1.49 ^a
17	55 – 60	6.94 ± 1.26 ^a
17	ST ^ε	6.76 ± 1.60 ^a
21	45 – 50	6.56 ± 1.52 ^a
21	55 – 60	6.36 ± 1.41 ^a
21	ST	6.74 ± 1.29 ^a
C.V. [¶]		20.61%

^a Medidas seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05).

^β D.E.= Desviación estándar.

[¶] C.V.= Coeficiente de variación.

^ε ST= Sin tratamiento térmico.

En general, los panelistas valoraron este atributo como “me gusta moderado”. La dulzura en la miel enmascara en gran parte el sabor de los ácidos orgánicos presentes en esta, al tener una mayor humedad y pasar por un tratamiento térmico la concentración de azúcares es mayor, logrando así que la acidez disminuya en estas mieles, siendo imperceptible (Lozano y Canales 1984).

Según Mondragón *et al.* (2010) parte del sabor acidez de la miel se debe a los ácidos orgánicos presentes en la miel, los cuales representan aproximadamente el 0.5% de los sólidos de este alimento.

Los ácidos orgánicos presentes en la miel son los responsables de la acidez y pH de la misma. Algunos de estos ácidos provienen de los vegetales, el ácido en mayor cantidad en la miel es el ácido glucónico que se origina de la glucosa a través de la acción de la enzima glucosa oxidasa añadida por las abejas (Mondragón *et al.* 2010)

Análisis sensorial sabor. Según el cuadro 6, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (P>0.05). En general, los tratamientos obtuvieron una valoración general de “me gusta moderadamente” en la escala hedónica utilizada.

En este estudio, el factor que más influyó en el sabor de la miel fue el de la temperatura de procesamiento (P<0.05) (Cuadro 8). Al exponer la miel a altas temperaturas hay un cambio en sabor gracias a la producción de hidroximetilfurfural dando sabores indeseables. (Pesante 2008). Sin embargo para este estudio los panelistas no lograron identificar diferencias en el sabor independiente de la temperatura de procesamiento de la miel.

Cuadro 6. Resultado análisis sensorial: sabor.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	Media ± D.E. ^β
17	45 – 50	6.69 ± 1.40 ^a
17	55 – 60	7.05 ± 1.55 ^a
17	ST ^ε	7.30 ± 1.26 ^a
21	45 – 50	6.85 ± 1.57 ^a
21	55 – 60	6.68 ± 1.58 ^a
21	ST	7.01 ± 1.34 ^a
C.V. [¶]		21.63%

^aMedidas seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05).

^βD.E.= Desviación estándar.

[¶]C.V.= Coeficiente de variación.

^εST= Sin tratamiento térmico.

Los panelistas no encontraron diferencias significativas y puede ser efecto de la dulzura de la miel, pues los azúcares son los principales componentes del sabor, generalmente la miel con un alto contenido de fructosa es más dulce que una miel con una alta concentración de glucosa. (Mondragón *et al.* 2010).

Para determinar la relación entre sabor y dulzura se realizó un análisis de correlación donde se encontró que existe una relación alta positiva entre estos (0.75, P<0.05) (Cuadro 9).

Análisis sensorial aceptación general. El cuadro 7, muestra que no se encontraron diferencias para la aceptación de la miel (P>0.05). Para determinar qué factores influyeron más en la aceptación de la miel se realizó un análisis de correlación entre los atributos del análisis sensorial en el que se demostró que entre la dulzura, acidez y sabor hubo una relación alta positiva con la aceptación general. (P<0.05) (Cuadro 9).

Lo que significa que al aumentar la dulzura, acidez y por ende el sabor de la miel, la aceptación general aumenta. Se encontró que ni la humedad ni la temperatura influyeron en la aceptación general de la miel (P>0.05) (Cuadro 8).

Cuadro 7. Resultado análisis sensorial: aceptación general.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	Media ± D.E.^β
17	45 – 50	6.62 ± 1.36 ^a
17	55 – 60	7.24 ± 1.26 ^a
17	ST ^ε	6.78 ± 1.43 ^a
21	45 – 50	7.00 ± 1.35 ^a
21	55 – 60	6.85 ± 1.24 ^a
21	ST	7.26 ± 1.57 ^a
C.V.[¶]		19.23%

^a Medidas seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05).

^β D.E.= Desviación estándar.

[¶] C.V.= Coeficiente de variación.

^ε ST= Sin tratamiento térmico.

La aceptación general de los tratamientos fue valorada por, los panelistas como “me gusta moderadamente”. Según Perez *et al.* 2003 los componentes principales para la aceptación de la calidad percibida para una determinada marca de miel son su composición natural y su imagen de producto artesanal, además las características organolépticas de la misma.

Cuadro 8. Cuadro de probabilidades para atributos evaluación sensorial.

Probabilidades: Evaluación Sensorial			
Atributo	Humedad	Temperatura	Hum*Tem[*]
Apariencia	0.0004	0.0024	0.0010
Color	0.0003	0.0411	0.5038
Dulzura	0.0587	0.0190	0.0143
Acidez	0.3521	0.1330	0.0293
Sabor	0.1983	0.0446	0.2026
AG	0.2071	0.2310	0.0084

^{*} Hum*Tem= Interacción entre humedad y temperatura.

Cuadro 9. Cuadro de correlaciones entre atributos análisis sensorial.

	Correlaciones					
	Apa	Col	Dul	Aci	Sab	AG
Apa	1.00000	0.75178 <.0001	0.38626 <.0001	0.22456 <.0001	0.24744 <.0001	0.42838 <.0001
Col	0.75178 <.0001	1.00000	0.48868 <.0001	0.3403 <.0001	0.32769 <.0001	0.48108 <.0001
Dul	0.38626 <.0001	0.48868 <.0001	1.00000	0.66943 <.0001	0.75338 <.0001	0.78659 <.0001
Aci	0.22456 <.0001	0.3403 <.0001	0.66943 <.0001	1.00000	0.69416 <.0001	0.72518 <.0001
Sab	0.24744 <.0001	0.32769 <.0001	0.75338 <.0001	0.69416 <.0001	1.00000	0.84262 <.0001
AG	0.42838 <.0001	0.48108 <.0001	0.78659 <.0001	0.72518 <.0001	0.84262 <.0001	1.00000

Análisis humedad. El cuadro 10, se muestra que los tratamientos presentaron diferencias en las mediciones de humedad final de la miel ($P < 0.05$), esto es por la diferencia en la humedad inicial. En este estudio se encontró que la humedad y la temperatura de procesamiento influyeron en la humedad final de la miel ($P < 0.05$) (Cuadro 15).

Por lo anterior, podemos indicar que las mieles con la humedad inicial de 21% fueron las que perdieron mayor humedad independiente del tratamiento térmico. Esto se puede relacionarse con un mayor porcentaje de agua libre en la miel con mayor humedad y al pasar por el tratamiento térmico, el agua libre se evapora disminuyendo la humedad final de la miel.

Las mieles con 17% de humedad contienen en su mayoría agua ligada lo que hace más difícil la pérdida de humedad. Mieles con 21% de humedad y con tratamiento térmico de 45 – 50 °C y 55 – 60 °C, perdieron el 3 y 5% de humedad respectivamente.

Cuadro 10. Resultado análisis químico: humedad.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	Media ± D.E.^β
17	45 – 50	16.60 ± 0.264 ^d
17	55 – 60	16.30 ± 0.435 ^d
17	ST ^ε	17.02 ± 0.026 ^c
21	45 – 50	20.29 ± 0.365 ^b
21	55 – 60	19.98 ± 0.367 ^b
21	ST ^ε	21.02 ± 0.020 ^a
C.V.[¶]		1.12%

^{a-d} Medidas seguidas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

^β D.E.= Desviación estándar.

[¶] C.V.= Coeficiente de variación.

^ε ST= Sin tratamiento térmico.

La diferencia en la humedad de la miel puede estar relacionada a la madurez y tiempo de cosecha de la misma, mieles inmaduras permanecen menos tiempo en el panal, guardando mayor contenido de humedad. (Estrada 2013).

La miel debe cosecharse cuando este madura, es decir cuando las abejas han terminado el proceso de deshidratación del néctar depositado en cada celdilla del panal, y así la miel tendrá una humedad inferior al 20%, lo que puede causar cristalización. (Valega 2001)

Análisis pH. El cuadro 11, muestra que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$) y se encontró que hubo interacción entre la humedad y la temperatura de descristalizado por lo que no podemos definir que factor tuvo mayor influencia en los resultados de pH de las mieles evaluadas ($P < 0.05$) (Cuadro 15). En un estudio se encontró que a mayor humedad en la miel los valores de pH son más bajos, probablemente por la mayor producción de ácido glucónico como consecuencia de la actividad de la enzima glucoxidasa (Subovsky *et al.* 2003), lo cual coincide con este estudio pues los valores de pH son más bajos para las mieles de 21% de humedad.

Por lo general las mieles con temperaturas mayores a 50 °C tienden a producir el ácido HMF disminuyendo su pH. El contenido de dicho aldehído es considerado uno de los parámetros indicadores de frescura y sobrecalentamiento de la miel (Codex 1981). En este estudio, el tratamiento de 21% de humedad tratada a una temperatura de 55 – 60 °C fue el tratamiento con menor pH.

Al aumentar la cantidad de hidroximetilfurfural aumenta la acción de la enzima glucoxidasa, que degrada la glucosa formando ácido glucónico, el ácido glucónico es un ácido orgánico que dona electrones al donar electrones aumenta la acidez disminuyendo el pH.

Cuadro 11. Resultado análisis químico: pH.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	Media ± D.E. ^β
17	45 – 50	3.69 ± 0.04 ^{ab}
17	55 – 60	3.60 ± 0.06 ^b
17	ST ^ε	3.75 ± 0.04 ^a
21	45 – 50	3.59 ± 0.01 ^b
21	55 – 60	3.39 ± 0.07 ^c
21	ST ^ε	3.64 ± 0.02 ^b
C.V. [¶]		1.41%

^{a-c} Medidas seguidas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

^β D.E.= Desviación estándar.

[¶] C.V.= Coeficiente de variación.

^ε ST= Sin tratamiento térmico.

La miel tiene un pH ácido (3.5 – 4.5) esta acidez se debe a la presencia de ácidos orgánicos y representa un importante factor antimicrobiano. El principal ácido orgánico presente en la miel es el ácido glucónico, producto de la acción de la glucosa – oxidasa. (Becerra 2011). Los ácidos orgánicos son los responsables del bajo pH de la miel y de la excelente estabilidad de la misma.

Análisis actividad de agua. En el cuadro 12, se muestra que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), siendo los valores más altos para los tratamientos con 21% de humedad sin desecralizado y el tratamiento con 21% de humedad desecralizado con 45 – 50 °C.

Según Reyes (2012), la actividad de agua depende de la humedad de la miel, lo que concuerda con este estudio pues los valores más altos de actividad de agua coinciden con los valores más altos de humedad (Cuadro 10).

Se encontró que la temperatura de procesamiento, fue el factor que más influyó en la actividad de agua de la miel ($P < 0.05$) (Cuadro 15), es por ello que el tratamiento de 21% de humedad pero mayor temperatura de desecralizado presentó similar A_w que los tratamientos con 17% de humedad.

Cuadro 12. Resultado análisis químico: A_w .

Humedad de la miel (%)	Temperatura de desecralizado (°C)	Media \pm D.E. ^{β}
17	45 – 50	0.556 \pm 0.01 ^b
17	55 – 60	0.546 \pm 0.07 ^b
17	ST ^{ϵ}	0.547 \pm 0.03 ^b
21	45 – 50	0.587 \pm 0.06 ^a
21	55 – 60	0.551 \pm 0.07 ^b
21	ST ^{ϵ}	0.584 \pm 0.03 ^a
C.V. ^{\dagger}		1.26%

^{a-b} Medidas seguidas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

^{β} D.E.= Desviación estándar.

^{\dagger} C.V.= Coeficiente de variación.

^{ϵ} ST= Sin tratamiento térmico.

Análisis viscosidad. Los resultados del cuadro 13, muestra que existen diferencias significativas en la viscosidad de la miel ($P < 0.05$). Siendo la miel con una humedad de 17% sin tratamiento térmico la de mayor viscosidad. El factor que más influyó en la viscosidad de la miel fue el de la humedad ($P < 0.05$) (Cuadro 15) por lo que la miel con un menor contenido de humedad contiene a su vez una mayor cantidad de sólidos solubles (Reyes 2012).

Cuadro 13. Resultado análisis físico: viscosidad.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	Media ± D.E. ^β
17	45 – 50	22.42 ± 0.99 ^c
17	55 – 60	25.31 ± 1.62 ^b
17	ST [‡]	28.20 ± 0.06 ^a
21	45 – 50	14.82 ± 0.52 ^e
21	55 – 60	18.74 ± 0.74 ^d
21	ST [‡]	13.31 ± 0.05 ^e
C.V. [¶]		4.54%

^{a-e} Medidas seguidas con diferente letra son estadísticamente diferentes (P<0.05).

^β D.E.= Desviación estándar.

[¶] C.V.= Coeficiente de variación.

[‡] ST= Sin tratamiento térmico.

Estrada (2013), observó que al ser tratadas las mieles con una mayor temperatura suelen perder humedad, logrando así una mayor concentración de azúcares. La miel de 17% sin tratamiento térmico tuvo la viscosidad más alta, esta no tuvo pérdida de humedad sin embargo por la alta higroscopicidad de la miel pudo ganar humedad lo que llevó a que tuviera una viscosidad mayor que la de los otros tratamientos independiente de la humedad. Jdayil (2002) reportó que la viscosidad de una miel tratada con calor aumenta al aumentar la temperatura de calentamiento, las mieles con 21% de humedad y que fue tratada con la temperatura de 55 – 60 °C tiene mayor valoración de viscosidad en comparación con los otros dos tratamientos con 21% de humedad.

Análisis físico: color. En el cuadro 14 se encuentran los resultados de las variables para el análisis de color y se observó que los valores de L* a* y b* entre todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (P<0.05). Con una (P<0.05) se determinó que tanto la humedad como la temperatura influyeron en el color de la miel.

Cuadro 14. Resultado análisis físico: color.

Humedad de la miel (%)	Temperatura de descristalizado (°C)	L* Media ± D.E. ^β	a* Media ± D.E. ^β	b Media ± D.E. ^β
17	45 – 50	45.46 ± 0.06 ^c	13.34 ± 0.07 ^a	26.60 ± 0.07 ^d
17	55 – 60	44.67 ± 0.35 ^f	13.59 ± 0.38 ^a	26.44 ± 0.27 ^d
17	ST [‡]	46.41 ± 0.05 ^d	10.02 ± 0.03 ^d	24.59 ± 0.30 ^e
21	45 – 50	52.37 ± 0.96 ^b	10.66 ± 0.16 ^c	30.49 ± 0.11 ^c
21	55 – 60	50.47 ± 0.92 ^c	10.20 ± 0.19 ^d	36.37 ± 0.49 ^a
21	ST [‡]	55.51 ± 0.10 ^a	11.22 ± 0.04 ^b	32.23 ± 0.18 ^b
% C.V. [¶]		0.50	1.44	1.05

^{a-e} Medidas seguidas con diferente letra son estadísticamente diferentes (P<0.05).

^β D.E.= Desviación estándar.

[¶] %C.V.= Coeficiente de variación.

[‡] ST= Sin tratamiento térmico.

Al agrupar los datos por humedad de cosecha encontramos que los tratamientos que fueron sometidos a temperaturas entre 55 – 60 °C tuvieron un mayor cambio en la miel, siendo estos los más oscuros. Tuyuc (2013), demostró que a medida que se incrementa la temperatura de descristalizado en la miel aumenta la cantidad de HMF, logrando que la miel se vuelva más oscura, ligeramente amarillenta y menos rojiza.

La miel de 17% sin tratamiento térmico permaneció por más tiempo en el panal bajo las condiciones de calor y aireación que favorecieron la pérdida de agua por evaporación, logrando una mayor concentración de sólidos solubles, la temperatura dentro del panal pudo causar una mayor reacción en el hidroximetilfurfural (Bradbeer 2005) logrando dar una coloración más oscura en las mieles de 17% de humedad, a diferencia de las mieles con 21% de humedad que permanecieron menos tiempo en el panal y no tuvieron cambios en coloración por temperatura. La miel más oscura según el cuadro 12 fue la de 17% de humedad con un tratamiento térmico entre 55 – 60 °C, siendo esta miel de un amarillo oscuro, este mismo tratamiento contiene la coloración más rojiza y el amarillo más intenso es para el tratamiento de 21% de humedad con una temperatura de descristalizado entre 55 – 60 °C. La temperatura juega un papel importante en el proceso de degradación de azúcares (Subovsky *et al.* 2004) principalmente de fructosa y glucosa (Bogdanov 2011) dando como resultado un aumento en la concentración de HMF produciendo cambios inestables en el color (Subovsky *et al.* 2003).

La degradación de los compuestos fenólicos genera como respuesta una tasa de empardeamiento de la miel debido a la interacción de varios factores como lo son: la baja actividad de agua y pH que ayudan a la reacción de maillard, formación de HMF y la combinación de tiempo temperatura en el descristalizado. (Salamanca Grosso *et al.* 2001) El color de la miel está determinado, principalmente, por la fuente floral. Esta puede sufrir cambios adicionales significativos a su color dependiendo de factores como: la calidad del panal de alza de miel, el tiempo que se deje la miel en el panal (maduración), temperatura a la que se calienta la miel o el tiempo de almacenaje (Pesante 2008)

Cuadro 15. Cuadro de probabilidades de análisis físico-químicos.

Probabilidades: Análisis físico-químicos			
Análisis	Humedad	Temperatura	Hum*Tem[*]
Humedad Final	<0.0001	<0.0001	0.3531
pH	0.0002	0.0001	0.1417
Aw	<0.0001	0.0006	0.0083
Viscosidad	<0.0001	0.0003	<0.0001
L	<0.0001	<0.0001	<0.0001
a	<0.0001	<0.0001	<0.0001
b	<0.0001	<0.0001	<0.0001

* Hum*Tem= Interacción entre humedad y temperatura.

4. CONCLUSIONES

- La humedad de la miel tuvo efecto en los resultados de análisis de humedad, pH y viscosidad, produciendo mieles de menor viscosidad, Aw, L, a* y b* así como también en los atributos sensoriales de apariencia y color.
- La temperatura de procesamiento fue el factor con mayor influencia en la apariencia, dulzura y sabor de la miel y los parámetros físico-químicos de la miel como humedad, pH, Aw y color produciendo cambios en color, dando mieles amarillo oscuro y rojizas.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el contenido de HMF en las mieles, pues es un parámetro de calidad que influye en las características físicas de la miel.
- Evaluar el contenido de fructosa y glucosa en las mieles pues puede influenciar en las características sensoriales de la miel.
- Realizar una evaluación sensorial con panel entrenado, pues con esto se lograría disminuir el coeficiente de variación que se presenta al momento de utilizar panelistas no entrenados.

6. LITERATURA CITADA

Aguas, Y., R. Olivero y K. Cury, 2010. Determinación de adulteración y aceptabilidad de mieles (*Apis mellifera*) comercializadas en Cartagena, Bolívar, Colombia. *Colombiana* 2(2): 349-354

AOAC 1990. Materiales y equipo para análisis físico-químicos de miel. Análisis de actividad de agua, AOAC 978.18.

ASTM. 2006. Standard test method for color determination of plastic pellets, ASTM D6290.

Becerra, K. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de la miel de abeja sobre el crecimiento "in vitro" de *Streptococcus* β - hemolítico grupo A de Lancefield. Tesis Doctora en Microbiología. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 50p.

Bogdanov, S. 2011. Book of Honey (en línea). Consultado el 3 de septiembre de 2014 Disponible en <http://www.bee-hexagon.net/>

Bradbear, N. 2005. Folleto de la FAO sobre diversificación 1: La apicultura y los medios de vida sostenibles. Roma s. e. 70 p.

Chernetsova, E. 2012. Fast quantification of 5-hydroxymethylfurfural in Honey. Stuttgart, Alemania. Institute of Food Chemistry. p 15.

CODEX ALIMENTARIUS. 1981. Standard for honey. Codex stands 12-1981. p 2.

Corbella, E., Cozzolino, D., Ramallo, G. y Maidana, M. 2002. Calidad de mieles de Uruguay. El país agropecuario. 5 p.

Crane, E. 1985. El libro de la miel. Oxford University Press. Nueva York, Estados Unidos.

Díaz, A y Cid, Y. 2002. Cristalización de la miel (en línea). Consultado el 28 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://productosdelacolmena.wikispaces.com/file/view/CRISTALIZACION+DE+LA+MIEL.pdf>

Estrada, K. 2013. Efecto de la madurez a cosecha y de la temperatura de procesamiento en la calidad de la miel de abeja Zamorano. Tesis Ingeniería Agroindustrial. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 35 p.

Gallez, M. 2006. Los colores, aromas y texturas de nuestras mieles. Universidad nacional del Sur. República Dominicana. p 15.

Gil, A. 2010. Tratado de nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Médica Panamericana. Madrid, España.

Hernández, M., Sánchez, A., Cruz, A. y Sánchez, R. 2007. Estudio de la calidad de mieles de la región II, IV, VI y miel comercial del Estado de Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 7p.

Jdayil, A., Ghzawib, A., Malah, K. y Zaitounc, S. 2002. Heat effect on rheology of light- and dark- colored honey. Journal of Food Engineering. Vol.51. Pg. 33-38

Lozano, J. y Canales, J. 1984. Miel de Galicia. El campo: Boletín de información agraria. España. 96p.

Mondragón Cortéz, P.M., J.A. Ulloa, R. Rodríguez, J.A. Reséndiz Vázquez y P. Rosas Ulloa 2010. La miel de abeja y su importancia. Fuente 2(4). p 11-18.

Montenegro, S., Avallone, C., Crazov, A. y Aztarbe, M. 2005. Variación del color en la miel de abejas. (*Apis mellifera*). Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina

Pérez, J., Belén, A., Iglesias, V. y Casielles, R. 2003. El efecto de la actitud y de la calidad percibida sobre la intención de compra de un producto agroalimentario tradicional. Universidad de Oviedo. 24 p.

Pesante, D. 2008. Composición de la Miel de Abejas. Universidad de Puerto Rico. 37p.

PORTAL ALIMENTARIO. s.f. Seguridad de la producción de la miel y derivados. (en línea). Consultado el 13 de septiembre del 2014. Disponible en: http://www.portalalimentario.com/produccion_miel.htm

Reyes, H. 2012. Efecto de la pasteurización y proveedor apícola en las características microbiológicas y químicas de la miel de abeja. Tesis Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Francisco Morazán, Honduras, EAP Zamorano. 23p.

Salamanca Grosso, G., F.C. Pérez y J.A. Serra Belenguer. 2001. Determinación de la actividad de agua en mieles colombianos de las zonas de Bocayá y Tolima

Serrano, B., Villanueva, M. y Marquina, A. 1994. La miel. Edulcorante I. Origen clasificación y propiedades Alimentaria. Madrid, España.

Subovsky, M.J., Sosa y A. Castillo. 2003. Determinación de algunos parámetros físico-químicos en la miel de abeja de la provincia de Corrientes, Argentina y su relación con la cosecha y procesamiento. Revista Científica Agropecuaria 7(2)

Subovsky, M.J, A. Sosa López, A. Castillo y N. Cano. 2004. Evaluación del contenido de hidroximetilfurfural en mieles de NEA. Agrotecnia 12: 32-33.

Tuyuc, L. 2013. Efecto del tiempo de descristalizado en las características fisicoquímicas de la miel Zamorano. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 37 p.

Valderrama, J. 1999. Centro de información tecnológica. La Serena, Chile. Editorial del Norte. 379p

Valega, O. 2001. Todo sobre la miel (en línea). Consultado en 08 de Agosto de 2014. Disponible en: http://www.beekeeping.com/articulos/sobre_miel.html

7. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro correlaciones análisis físico-químico y sensorial.

	Correlaciones					
	Apa	Col	Dul	Aci	Sab	AG
Hf	-0.04156 0.5270	0.01503 0.8191	-0.13341 0.0414	-0.11862 0.0701	-0.10174 0.1207	-0.11907 0.0691
pH	-0.05979 0.3626	0.07472 0.2549	0.10491 0.1095	-0.11101 0.0902	-0.14688 0.0246	-0.06472 0.3243
Aw	0.17303 0.0080	0.08717 0.1839	-0.00863 0.8955	0.09423 0.1507	0.08524 0.1938	0.16425 0.0119
Visc	-0.14532 0.0262	-0.02904 0.6585	-0.07465 0.2554	-0.18317 0.0049	-0.16586 0.0110	-0.19819 0.0023
L	-0.20159 0.0019	-0.06875 0.2950	-0.01792 0.7852	-0.12178 0.0629	-0.08484 0.1959	-0.18392 0.0048
a	0.01873 0.7757	0.11528 0.0784	-0.04980 0.4484	-0.06227 0.3430	-0.07975 0.2242	-0.07540 0.2506
b	-0.12321 0.0599	-0.00475 0.9424	-0.07358 0.2622	-0.12708 0.0522	-0.15680 0.0164	-0.15885 0.0150

Anexo 2. Hoja de evaluación sensorial.

Hoja de evaluación Sensorial de Miel

- Instrucciones:**
- Se le presentaran 6 muestras de miel, manzana y un vaso con agua.
 - Observe y pruebe cada muestra indicando con una "X" el grado que usted perciba de cada atributo.
 - Recuerde tomar agua y una manzana entre cada muestra.

No. Muestra	Disgusta Extremado 1	Disgusta Mucho 2	Disgusta Moderado 3	Disgusta Poco 4	No me gusta ni me disgusta 5	Gusta Poco 6	Gusta Moderado 7	Gusta Mucho 8	Gusta Extremado 9
Apariencia									
Color									
Dulzura									
Acidez									
Sabor									
Aceptación									

Muchas gracias por su colaboración.

No. Muestra	Disgusta Extremado 1	Disgusta Mucho 2	Disgusta Moderado 3	Disgusta Poco 4	No me gusta ni me disgusta 5	Gusta Poco 6	Gusta Moderado 7	Gusta Mucho 8	Gusta Extremado 9
Apariencia									
Color									
Dulzura									
Acidez									
Sabor									
Aceptación									

Anexo 3. Cuadro de correlaciones análisis físico-químicos.

	Correlaciones							
	Hum	Humf	pH	Aw	Visc	L	a*	b
Hum	1.00000	0.97511 <.0001	-0.51592 0.0284	0.38474 0.1149	-0.82313 <.0001	0.22564 0.3680	-0.32937 0.1820	0.28787 0.2467
Humf	0.97511 <.0001	1.00000	-0.39648 0.1033	0.48761 0.0401	-0.85718 <.0001	0.06335 0.8028	-0.46352 0.0527	0.10592 0.6757
pH	-0.51592 0.0284	-0.39648 0.1033	1.00000	0.25718 0.3029	0.36132 0.1407	-0.44100 0.0670	0.03945 0.8765	-0.44344 0.0653
Aw	0.38474 0.1149	0.48761 0.0401	0.25718 0.3029	1.00000	-0.59851 0.0087	-0.35226 0.1517	-0.31191 0.2077	-0.26434 0.2891
Visc	-0.82313 <.0001	-0.85718 <.0001	0.36132 0.1407	-0.59851 0.0087	1.00000	-0.01985 0.9377	0.43025 0.0747	-0.01567 0.9508
L	0.22564 0.3680	0.06335 0.8028	-0.44100 0.0670	-0.35226 0.1517	-0.01985 0.9377	1.00000	0.73781 0.0005	0.93386 <.0001
a	-0.32937 0.1820	-0.46352 0.0527	0.03945 0.8765	-0.31191 0.2077	0.43025 0.0747	0.73781 0.0005	1.00000	0.73586 0.0005
b	0.28787 0.2467	0.10592 0.6757	-0.44344 0.0653	-0.26434 0.2891	-0.01567 0.9508	0.93386 <.0001	0.73781 0.0005	1.00000