

**Efecto del endulzante en las características
fisicoquímicas del mango (*Mangifera indica*)
en almíbar**

Pablo Andrés Vaca Mena

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Abril, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto del endulzante en las características fisicoquímicas del mango (*Mangifera indica*) en almíbar

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para el título de
Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado académico de Licenciatura

Presentado por

Pablo Andrés Vaca Mena

Zamorano, Honduras
Abril, 2020

Efecto del endulzante en las características fisicoquímicas del mango (*Mangifera indica*) en almíbar

Pablo Andrés Vaca Mena

Resumen. En la cadena de producción del mango los desechos y desperdicios pueden representar la mitad de lo producido por incumplir la calidad de fruta fresca. Sin embargo, se puede agregar valor a una parte del descarte. Por ello, con este estudio se elaboró un mango en almíbar para agregar valor a los desechos inoocuos del mango que no califica como fruta fresca. Los objetivos fueron: determinar el efecto del endulzante a través del tiempo sobre las características fisicoquímicas del mango en almíbar y valorar sensorialmente la aceptación de los endulzantes usados en el mango en almíbar. El estudio tuvo diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres tratamientos (sacarosa, miel y mezcla de ambos), tres repeticiones y medidas repetidas (día 1 y 7), se usó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias Duncan. Se realizaron análisis fisicoquímicos (L^* , a^* , b^* , pH, sólidos solubles y firmeza), un análisis sensorial afectivo con prueba de aceptación (color, apariencia, consistencia, dulzura y aceptación general) usando una escala hedónica de 5 puntos. Las conclusiones indican que la miel aumentó valores $L^*a^*b^*$ del mango al día 1, mientras el azúcar disminuyó el valor a^* al día 7 y aumentó el valor de sólidos solubles y pH del almíbar. El endulzante no afectó el valor de actividad de agua ni firmeza del mango y la miel proporcionó al almíbar de mango mayor aceptación de color, apariencia, consistencia y aceptación general valorándolo como “Me gusta”. Se recomienda evaluar la vida anaquel del mango en almíbar.

Palabras clave: Actividad de agua, azúcar, miel, pH, sólidos solubles.

Abstract. In the mango production chain, the waste and scrap may represent up to half of the production since they do not meet the quality of fresh fruit. However, it could add value to a part of waste. For this reason, in this study a mango in syrup was elaborated to provide added value to innocuous mango waste that did not qualify as fresh fruit. The objectives were to determine the effect of the sweetener over time on the physicochemical characteristics of the mango in syrup and to assess sensorially the acceptance of the sweeteners used in the mango in syrup. The study had a Randomized Block (BCA) Design, with three treatments (sucrose, honey and a mixture of both), three repetitions and two repeated measurements (day 1 and 7), analysis of variance (ANOVA) was used with Duncan separation method. Physicochemical analyzes (L^* , a^* , b^* , pH, soluble solids and firmness) and an affective sensory analysis was performed with an acceptance test (color, appearance, consistency, sweetness and general acceptance) using a hedonic scale of 5 points. Conclusions indicate that honey increased $L^*a^*b^*$ values of mango at day 1, meanwhile, sugar decreased a^* value on day 7 and increased the value of soluble solids and pH of syrup. The sweetener did not affect the water activity value or firmness of the mango and the honey brings to the mango in syrup a better acceptance of color, appearance, consistence, and general acceptance qualifying as “I like it”. It’s recommended to evaluate shelf life of mango in syrup.

Key words: Honey, pH, soluble solids, sugar, water activity.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figura y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4. CONCLUSIONES.....	15
5. RECOMENDACIONES.....	16
6. LITERATURA CITADA	17
7. ANEXOS	20

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURA Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de los tratamientos del mango en almíbar	6
2. Resultados del análisis físico: Color valor L* del mango en almíbar	7
3. Resultados del análisis físico: Color valor a* del mango en almíbar.....	8
4. Resultados del análisis físico: Color valor b* del mango en almíbar	9
5. Resultados del análisis químico: Valor de sólidos solubles en solución almíbar .	10
6. Resultados del análisis químico: Valor de pH en la solución del almíbar	11
7. Resultados del análisis químico: Actividad de agua (Aw) del mango en almíbar	11
8. Resultados del análisis físico: Valor de firmeza (N) del mango en almíbar	12
9. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba de aceptación atributo color	12
10. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba aceptación atributo apariencia	13
11. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba aceptación atributo consistencia ..	13
12. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba aceptación atributo dulzura	14
13. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba aceptación general	14
Figura	Página
1. Flujo de proceso para la elaboración del mango en almíbar.	4
Anexos	Página
1. Balance de sólidos para formular el almíbar	20
2. Formato de hoja para análisis sensorial.....	21

1. INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica, el 30% del total de pérdidas de alimentos se dan en cosecha, postcosecha, procesamiento y distribución (SIK FAO 2012). Parte de la pérdida de frutas y hortalizas pueden servir de materia prima para procesar productos con valor agregado. La materia prima para usar debe estar sana físicamente e inocua, por lo que se podría aprovechar hasta la mitad de los residuos y darles un valor agregado (AGST AGS 2004).

Almíbar es el nombre que se le atribuye a uno de los tres tipos de líquido de cobertura (almíbar, zumos y agua con zumos) que deben ser usados en las conservas y se define como la mezcla de agua con o sin aditivos alimentarios que confieren dulzura como los azúcares o la miel. Los almíbares se clasifican en cuatro categorías según la concentración de °Brix en el producto terminado siendo almíbar: diluido, (optativo) concentrado, concentrado y muy concentrado (CAC GL 51-2003). El almíbar también se define como un preparado con frutas peladas, frescas, sanas y limpias que deberán estar sumergidas en un líquido de cobertura, con o sin aditivos alimentarios que le aporten un sabor dulce como los azúcares o la miel (CODEX STAN 319-2015).

El azúcar se obtiene a partir de cultivos de la remolacha y caña requieren de procesos extracción, purificación y cristalización para obtención de un producto comercial. El azúcar es un disacárido que está dirigido al consumo humano, también se conoce con el nombre de sacarosa o sucrosa, su principal función como ingrediente en los alimentos es como endulzante (CODEX STAN 212-1999).

La miel es un producto natural, elaborado a partir del néctar de las flores o también de secreciones de partes vivas de las plantas o de algunos insectos que se recogen y transforman para ser añejadas, maduradas y deshidratadas en un panal (CODEX STAN 12-1981). La enzima invertasa, es responsable de hidrolizar la sacarosa presente en el néctar recolectado y es transformado a glucosa y fructuosa produciendo la miel (Ponce 2017).

El mango es excelente fuente de antioxidantes, compuestos bioactivos y vitaminas (Villanueva 2016). Parte de la producción que puede ser aprovechada se desperdicia a lo largo de la cadena de valor. En Honduras se han realizado estudios de procesamiento de mango para pequeños productores y el mango en almíbar resultó ser una de las opciones para dar valor agregado a la alta producción de mango en la zona de Comayagua (Mejía 2014).

Guillermo (2017) encontró que la miel fue capaz de mantener los sólidos solubles del almíbar de mango y sensorialmente provoco una valoración de “Me gusta poco”. Valencia (2018) evaluó el efecto de la miel en las características físicoquímicas del mango variedad

Tommy Atkins sometidas al proceso de deshidratación, encontrando que el mango deshidratado con miel es capaz de mantener su humedad y acidez. Sensorialmente, los mangos deshidratados obtuvieron una valoración de “Me gusta”.

El estudio por describir se limitó a evaluar las características fisicoquímicas (color, textura, pH, actividad de agua) del mango variedad Haden en almíbar y se usaron dos endulzantes, azúcar y miel. Se usó materia prima que no calificó para mercado fresco pero inocuo y no se usó conservantes pues estuvo enfocado en tendencia de mercado de productos naturales con los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto del endulzante sobre las características fisicoquímicas del mango en almíbar a través del tiempo.
- Valorar sensorialmente la aceptación de los endulzantes usados en el mango en almíbar.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

El producto se elaboró en las instalaciones de la planta de procesamiento hortofrutícola. Los análisis fisicoquímicos fueron ejecutados en el laboratorio de análisis de alimentos (LAAZ) y las evaluaciones sensoriales en el laboratorio de análisis sensorial de la planta de innovación de alimentos (PIA), todos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, en el departamento de Francisco Morazán.

Clasificación y selección de materia prima.

Todos los mangos fueron de la variedad Haden, usando como parámetro de calidad únicamente la homogeneidad del color superficial del mango pues es una de las alternativas no destructivas para determinar la madurez del mango (Slaughter 2009). El mango maduro comprende valores de L* a* b* de 61.82, 10.31 y 53.76 respectivamente según la caracterización de Guiraldo *et al.* (2007). La miel fue proporcionada por la planta apícola de Zamorano y fue cosechada en mayo 2019 en el sector cafetalero de El Paraíso, Honduras.

Descripción detallada de la elaboración del almíbar de mango.

A continuación, se presentan los pasos para preparación del mango y elaboración del almíbar (Figura 1).

Lavado y desinfección. El mango fue lavado con agua y después fue sumergido en una solución de 200 ppm de cloro por un minuto.

Escaldado. Se calentó agua a 90 °C en una marmita, y se sumergió todo el mango de una sola vez durante 4 minutos, para inactivar enzimas como el polifenol oxidasa.

Pelado y corte. Una vez escaldado el mango, fue pelado y cortado lo más homogéneamente posible en pedazos de 10 a 15 cm de largo, 1.5 a 2.5 cm de ancho y de grosor de 1.5 a 2.0 cm.

Congelación. El mango fue colocado en bandejas de acero inoxidable y separado para evitar que se adhirieran entre sí en el proceso de congelado. Se congeló a -25 ± 2 °C durante 20 horas antes de almacenarlo.

Almacenaje. El mango fue empacado en bolsas de polietileno y se almaceno en congelación (-10 °C).

Elaboración del almíbar.

Para la formulación del almíbar del producto se seleccionó el rango optativo para un almíbar concentrado que establecen las directrices (CAC/GL 51-2003). Para que la mezcla de endulzante alcance 22 ± 0.5 °Brix, se realizó previamente un balance de sólidos para cada endulzante del líquido y los tres almibares pasaron por el mismo proceso térmico de cocción (98 ± 2 °C).

Preparación del mango. El mango congelado fue colocado en ollas (3 litros de capacidad), se agregó agua a dos o tres centímetros por encima del mango. Una vez que el mango llegó a 85 °C, se esperó 5 minutos antes de retirarlo de la fuente de calor (AGST AGS 2004).

Envasado. Los frascos de vidrio (907.18 g), fueron lavados y esterilizados para luego llenarlos con 330 gramos de mango, luego se llenó con almíbar caliente hasta llegar a los 440 gramos y se selló.

Esterilizado. El esterilizado comercial consistió en sumergir el producto (envasado en frascos de vidrio) en agua a temperaturas de 98 ± 2 °C por 30 minutos.

Almacenaje. El producto terminado fue almacenado a temperatura ambiente, evitando el contacto con el sol.

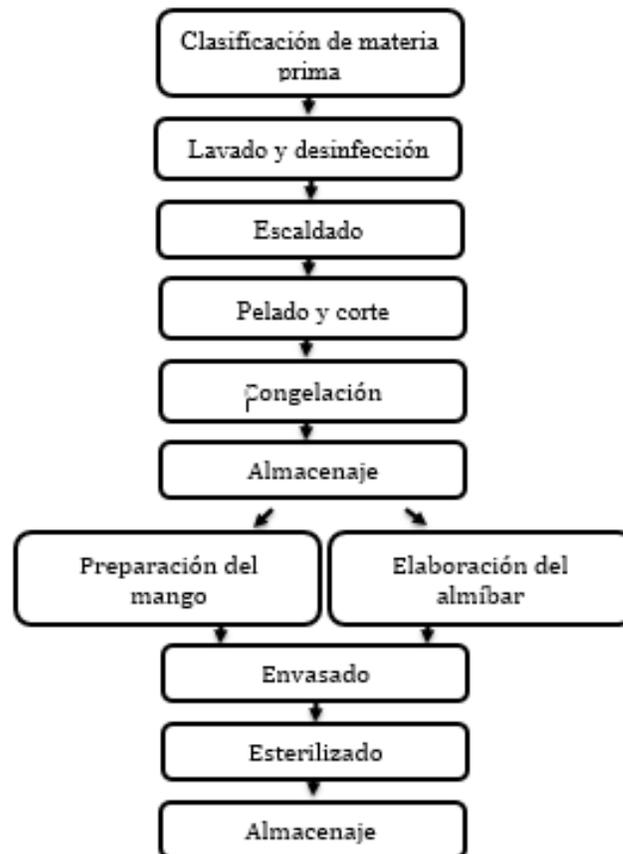


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración del mango en almíbar.

Análisis fisicoquímicos.

Color. Cada muestra de mango fue evaluada usando el colorímetro de marca Hunter L*a*b, modelo 45/0, serie CX0687. La medición de color fue realizada a partir de 4 rodajas de mango previamente molido en un mortero de porcelana. El equipo tomó los datos por triplicado en cada tratamiento por repetición en escala CIELAB. Los valores fueron expresados en una escala de valores, L* luminosidad en escala de 0 para negro a 100 para blanco, a* para rojo hasta +127 y verde -128, b para el eje azul amarillo y están comprendidos entre +127 para amarillo y -128 para azul (CIE 2007).

Sólidos solubles. Cada muestra del líquido del almíbar fue analizada usando el refractómetro marca Atago, modelo PAL 1, el cual cuenta con una precisión de ± 0.2 y una escala de 0 a 53 grados °Brix. Los resultados fueron medidos por triplicado y entre cada tratamiento el lente fue limpiado con agua destilada.

pH. El potencial de hidrógeno fue evaluado por triplicado al líquido del almíbar usando el medidor tipo pluma, marca Ohaus modelo st20 previamente calibrado con sus tres buffers de pH 4, 7 y 10. Los alimentos, como el almíbar deben estar a un pH menor de 4 para evitar la proliferación de bacterias Gram positivas y negativas (USDA y ARS 2011).

Actividad de agua (Aw). Se utilizó el AquaLab series 3 que mide Aw por condensación de vapor de agua hasta llegar al equilibrio sobre un espejo enfriado. Previamente calibrado con el estándar de 0.746 y los resultados se expresan en una escala de 0 a 1. Se evaluó una muestra de mango para cada tratamiento por triplicado.

Textura. Se utilizó el texturometro marca Brookfield modelo CT3 4500, con el cual se midió la firmeza al evaluar la resistencia a la compresión. Se usó una sonda TA39 para frutas y vegetales, y se evaluaron las muestras a una velocidad de 2 mm/s, los resultados fueron obtenidos en Nétwtones.

Análisis sensorial.

Se realizó un análisis sensorial afectivo con una prueba de aceptación en la cual, se evaluó a 102 panelistas no entrenados en cada medida repetida en el tiempo (día 1 y 7). Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos siendo 1 “me disgusta extremadamente”, 3 “no me gusta ni me disgusta” y 5 “me gusta extremadamente”, con la que se calificó los atributos de color, apariencia, consistencia, dulzura y aceptación general.

Diseño experimental.

Este estudio se evaluó bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con tres tratamientos (Cuadro 1), tres repeticiones, y dos medidas repetidas en el tiempo (1 y 7 días después de procesados) obteniendo un total de 18 unidades experimentales. Los datos se analizaron a través del programa “Statistical Analysis System” SAS 9.4, realizando un análisis de varianza (ANDEVA) y el método de separación de medias Duncan para identificar diferencias entre los tratamientos y efecto del tiempo con una probabilidad de 95%.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos del mango en almíbar.

Tratamiento	Descripción
1	Mango en almíbar de Azúcar
2	Mango en almíbar de azúcar y miel
3	Mango en almíbar de Miel

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímicos.

Color valor L*. En el cuadro 2 se muestra que al menos un tratamiento tuvo efecto a través del tiempo en la valoración de L* ($P \leq 0.05$), solo los tratamientos con azúcar aumentaron la luminosidad al día 7. Esto pudo ser producto de la desorción de líquidos por parte del mango, arrastrado ciertos pigmentos del mango al líquido logrando aumentar claridad de la fruta. En el proceso de osmosis, los líquidos en movimiento en el almíbar pueden acarrear sustancias propias de la fruta hacia el líquido del almíbar usado (Holguín y Chamorro 1992).

Cuadro 2. Resultados del análisis físico: Color valor L* del mango en almíbar.

Tratamiento	DIA 1	DIA 7
	Media \pm D.E	Media \pm D.E
Mango en almíbar de Azúcar	54.597 \pm 3.73 ^{BY}	57.078 \pm 6.26 ^{AX}
Mango en almíbar de Azúcar y miel	54.514 \pm 3.09 ^{BY}	56.459 \pm 4.02 ^{AX}
Mango en almíbar de Miel	56.987 \pm 3.61 ^{AX}	57.527 \pm 4.04 ^{AX}
C.V (%)	1.844	1.790

^{X,Y} = Letras diferentes en las filas muestran diferencias del tratamiento a través del tiempo ($P \leq 0.05$). ^{A, B} = Letras diferentes en las columnas muestran diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. L* va desde 0 para oscuro y 100 luminoso.

En el día 1 se hallaron diferencias en la luminosidad entre tratamientos ($P \leq 0.05$), y se observó que el tratamiento de mango en almíbar con miel tuvo una mayor luminosidad. cuyos resultados pueden atribuirse a la alta luminosidad de la miel que, según Carrera (2016), la miel puede alcanzar valores L* cercanos a 80.

Al día 7 no se hallaron diferencias en la luminosidad del mango ($P > 0.05$). Esto puede ser debido a que el mango y el almíbar llegaron al equilibrio osmótico, por lo cual, pudo no haber movimiento de compuestos del mango al almíbar ni viceversa tal como ocurrió en el estudio de la reutilización del almíbar para conservar mango (Holguín y Chamorro 1992). A diferencia de este estudio, Valencia (2018) muestra que hay una disminución de la luminosidad a lo largo del tiempo en el mango deshidratado con miel.

Color valor a*. En el cuadro 3 se muestra que al menos un tratamiento tuvo efecto del tiempo en la valoración de a* ($P \leq 0.05$), encontrando que los tratamientos que contenían miel tuvieron mayor coloración rojiza y fueron los que disminuyeron el valor al día 7.

La coloración pudo ser resultado del tratamiento térmico promoviendo la producción del hidroximetilfurfural generando el cambio de color rojizo del mango en almíbar (Visquert 2009). La disminución de coloración rojiza hasta el día 7 pudo estar relacionada con la reducción de la coloración rojiza en los tratamientos con miel por posible movimiento de los compuestos como el hidroximetilfurfural producidos por la exposición de la miel a temperaturas superiores a 50 °C (Pesante 2008).

Cuadro 3. Resultados del análisis físico: Color valor a* del mango en almíbar.

Tratamiento	DIA 1	DIA 7
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Mango en almíbar de Azúcar	9.276 ± 0.63 ^{B X}	9.809 ± 2.04 ^{B X}
Mango en almíbar de Azúcar y miel	14.481 ± 1.69 ^{A X}	9.851 ± 1.76 ^{B Y}
Mango en almíbar de Miel	15.723 ± 3.59 ^{A X}	12.614 ± 1.59 ^{A Y}
C.V (%)	7.165	8.765

^{X, Y} = Letras diferentes en las filas significan diferencias entre los tratamientos a través del tiempo ($P \leq 0.05$). ^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. Escala a* en valores desde -127 para verde y + 128 para rojo.

Al día 1 se hallaron diferencias en los valores de la escala a* entre tratamientos ($P \leq 0.05$), siendo los tratamientos que contenían miel los que tuvieron mayor valor a*, proporcionándole mayor coloración rojiza. Lo anterior pudo deberse a la producción de Hidroximetilfurfural que se produjo luego del tratamiento térmico mayor a 85 °C (Visquert 2009). Al día 7, producto del balance osmótico, los valores en a* mostraron una menor coloración rojiza en los tratamientos con azúcar por posible movimiento de pigmentos desde el mango hasta la solución almíbar (Holguín y Chamorro 1992).

Valencia (2018), obtuvo resultados diferentes pues encontró valores de a* de 15.84 a 16.66 tras someter el mango a un proceso de deshidratación osmótica con miel, por posible concentración de carotenoides debido a la prolongación del proceso de deshidratación. Asimismo, Guillermo (2017), encontró valores de a* de 17.37 en un almíbar del zumo de mango endulzado con azúcar por lo que posiblemente el contenido de carotenoides en la fruta proporcionó mayor coloración (Quintero *et al.* 2013).

Color valor b*. En el cuadro 4 se muestra que al menos uno de los tratamientos tuvo diferencias en la valoración de b* a través del tiempo ($P \leq 0.05$). El tratamiento de mango en almíbar de miel presentó una reducción de la coloración amarilla en el valor b*, mientras que el mango en almíbar de azúcar tuvo un aumento de la coloración amarilla. Esto pudo estar relacionado con las características del endulzante usado (Parzanese 2012) al tener una proporción 50-50 de miel y azúcar pudo no ser suficientes para tener cambios del color. La composición química del almíbar puede aportar o no pigmentos al alimento (Guiraldo *et al.* 2004).

Al día 1 se encontró que, a mayor contenido de miel, el mango presentó mayor coloración amarilla y esto se pudo relacionar con las características de color del endulzante. La miel tiene una pigmentación amarillenta y en algunos casos rojiza, dependiendo de su origen botánico (Quintero *et al.* 2013).

Al día 7 el proceso de osmodeshidratación pudo haber llegado al equilibrio y parte de los pigmentos del mango pudieron migrar a la solución de almíbar tal como se encontró en el estudio de productos tras usar métodos de deshidratación combinados (Giraldo 2004). El azúcar favorece la difusión de líquidos del mango hacia el almíbar, estos líquidos pueden acarrear pigmentos, pero en mínimas cantidades (Holguín y Chamorro 1992).

Cuadro 4. Resultados del análisis físico: Color valor b* del mango en almíbar.

Tratamiento	DIA 1	DIA 7
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Mango en almíbar de azúcar	61.138 ± 9.05 ^{C Y}	65.110 ± 10.96 ^{B X}
Mango en almíbar de Azúcar y miel	73.502 ± 7.00 ^{B X}	66.618 ± 7.64 ^{B X}
Mango en almíbar de Miel	79.612 ± 11.85 ^{A X}	71.128 ± 5.71 ^{A Y}
C.V (%)	4.165	4.395

^{X,Y}= Letras diferentes en las filas significan diferencias entre los tratamientos a través del tiempo (P < 0.05). ^{A, B, C} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos (P ≤ 0.05). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. b* desde -127 para azul y +128 para amarillo.

En estudios como el de Guillermo (2017), se encontró que el factor miel y también el polen inciden en una mayor coloración amarillenta del mango en almíbar. Sin embargo, la miel no siempre va a tener estas características de color pues depende de su origen botánico (Carrera 2016).

Sólidos solubles. En el cuadro 5 se muestra que en todos los tratamientos hubo efecto del endulzante a través de tiempo en la valoración de sólidos solubles en la solución almíbar (P ≤ 0.05). Encontrando que los resultados fueron menores después de 7 días. Esto pudo asociarse a los factores que afectan directamente los procesos de osmodeshidratación. El líquido ejerce menor presión osmótica a medida que se acerca al equilibrio, es decir que, a menor concentración de sólidos solubles en la fase líquida, menor es el agua que necesita para estar en equilibrio y pudo haber mayor presión osmótica (Parzanese 2012).

Al día 1 se encontró que en el tratamiento de mango en almíbar con mezcla de endulzante tuvo un menor grado de osmodeshidratación. El proceso de osmodeshidratación puede afectarse por la composición química del endulzante (Parzanese 2012).

Al día 7 se observó un mayor valor de sólidos en el almíbar de miel al compararlo con el tratamiento que solo contenía azúcar. Giraldo (2004), evaluó la osmodeshidratación en frutas con mayor porosidad que la del mango, y afirman que las moléculas de glucosa y

fructosa tienen la capacidad de impregnarse en la matriz del alimento debido a que son partículas de menor tamaño.

Cuadro 5. Resultados del análisis químico: Valor de sólidos solubles en la solución almíbar.

Tratamiento	Día 1	Día 7
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Mango en almíbar de azúcar	19.433 \pm 0.11 ^{B X}	18.386 \pm 0.72 ^{A Y}
Mango en almíbar de azúcar y miel	19.756 \pm 0.17 ^{A X}	17.989 \pm 0.62 ^{B-AY}
Mango en almíbar de miel	19.489 \pm 0.50 ^{B X}	17.711 \pm 0.25 ^{B Y}
C.V (%)	0.798	2.560

^{X, Y} = Letras diferentes en las filas significan diferencias entre los tratamientos a través del tiempo ($P < 0.05$). ^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar.

Aunque la concentración inicial de la solución almíbar de todos los tratamientos fue de 22 °Brix, los resultados finales estuvieron dentro de la categoría de “Almíbar concentrado - Optativo” (CAC/GL 51 2003) por tener valoraciones a 19.8 °Brix. Lo anterior pudo relacionarse con la difusión de líquidos del mango al almíbar provocando que el producto final presentara valores mayores a 17 y menores que 20 °Brix.

pH. En el cuadro 6 se muestra que al menos uno de los tratamientos tuvo efecto a través del tiempo en la valoración de pH ($P \leq 0.05$), encontrando que el tratamiento con la mezcla de azúcar miel fue el único que no cambió al día 7 y pudo ser motivo de la variabilidad de materia prima. Aunque todos los mangos hayan estado en una etapa de madurez “sazón”, esta etapa es algo subjetiva porque puede variar (Quintero *et al.* 2013).

Al día 1 el tratamiento con mezcla de azúcar y miel presento menor valor de pH, esto pudo ser efecto de los ácidos orgánicos presentes en el mango que migraron al líquido durante la osmodeshidratación. Este es un proceso de movimiento de masas, producto de un diferencial osmótico que acarrear sustancias intrínsecas de las frutas al líquido hasta encontrarse en equilibrio (Holguín y Chamorro 1992).

Al día 7 se encontró que los valores menores de pH fueron en el tratamiento solo con miel cuya reducción de pH pudo ser que a mayor contenido de miel provocó mayor liberación de ácidos orgánicos propios de este endulzante (Quintero *et al.* 2013). Tampoco se descarta que la reducción del pH pudo darse por una posible fermentación causada por la presencia de levaduras por el mayor contenido de miel (Missio *et al.* 2015).

Cuadro 6. Resultados del análisis químico: Valor de pH en la solución del almíbar.

Tratamiento	DIA 1	DIA 7
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Mango en almíbar de azúcar	3.77 \pm 0.06 ^{A X}	3.59 \pm 0.02 ^{A Y}
Mango en almíbar de azúcar y miel	3.68 \pm 0.16 ^{B X}	3.58 \pm 0.10 ^{A X}
Mango en almíbar de miel	3.83 \pm 0.17 ^{A X}	3.47 \pm 0.05 ^{B Y}
C.V (%)	1.86	1.89

^{X, Y} = Letras diferentes en las filas significan diferencias entre los tratamientos a través del tiempo ($P \leq 0.05$). ^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar.

Actividad de agua (Aw). En el cuadro 7 se muestra que el tratamiento con mezcla de azúcar y miel tuvo un mayor valor actividad de agua ($P \leq 0.05$) y no tuvo efecto a través del tiempo ($P > 0.05$). Este resultado pudo estar atribuido a los factores que influyen sobre el proceso de osmodeshidratación, principalmente la composición química del endulzante (Parzanese 2012).

Cuadro 7. Resultados del análisis químico: Actividad de agua (Aw) del mango en almíbar.

Tratamiento	Media \pm D.E.
Mango en almíbar de azúcar	0.9828 \pm 0.0033 ^B
Mango en almíbar de azúcar y miel	0.9917 \pm 0.0044 ^A
Mango en almíbar de miel	0.9873 \pm 0.0041 ^B
C.V (%)	0.297

^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. No hubo efecto a través del tiempo ($P > 0.05$).

El valor de Actividad de agua (Aw) es considerado una barrera contra microorganismos porque a menor Aw se reduce el agua disponible para el desarrollo de los mismos (ASGT-ASG 2004). Los valores obtenidos en este estudio no podrían representar una barrera antimicrobiana por lo que los convierte en alimentos susceptibles a daños por microorganismos (Rahman 2007).

Firmeza. En el cuadro 8 se muestra que el endulzante no tuvo efecto en la firmeza del mango a través del tiempo y tampoco entre tratamientos ($P > 0.05$), el resultado pudo estar atribuido a la variabilidad del estado de madurez del mango encontrando algunas rodajas con mayor firmeza que otras (Quintero *et al.* 2013). Otro factor que pudo influir es el efecto del corte de las rodajas que pudo provocar variabilidad en la firmeza (Arpassorn *et al.* 2018).

Cuadro 8. Resultados del análisis físico: Valor de Firmeza (N) del mango en almíbar.

Tratamiento	Media ± D.E.
Mango en almíbar de azúcar	0.748 ± 0.675 ^A
Mango en almíbar de azúcar y miel	0.651 ± 0.251 ^A
Mango en almíbar de miel	0.748 ± 0.668 ^A
C.V (%)	54.90

^A = Letras iguales en las columnas indican que no hay diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. No hubo efecto a través del tiempo ($P > 0.05$).

Resultados análisis sensorial.

En este estudio el endulzante no afectó la valoración de aceptación de los atributos evaluados del mango en almíbar a través del tiempo ($P > 0.05$). Los resultados de los atributos de dulzura y consistencia tuvieron una correlación media, con su aceptación general, y el color del mango en almíbar de miel fue el mejor valorado.

Color. En el cuadro 9 se muestra que la aceptación del color del tratamiento con azúcar es diferente a la aceptación del tratamiento con miel ($P \leq 0.05$), siendo este último el tratamiento que tuvo mayor aceptación siendo valorado como “me gusta”. Lo anterior, pudo estar relacionado con la coloración amarilla o rojiza que aportó la miel al mango. La coloración del mango se da por el desarrollo de compuestos carotenoides y está relacionado con su aceptación (Salinas *et al.* 2010).

Cuadro 9. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba de aceptación atributo color.

Tratamiento	Media ± D.E.
Mango en almíbar de azúcar	3.819 ± 0.97 ^B
Mango en almíbar de azúcar y miel	3.931 ± 1.01 ^{BA}
Mango en almíbar de miel	4.025 ± 0.93 ^A
C.V. (%)	21.86

^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. Escala hedónica de 5 puntos siendo 1 “me disgusta extremadamente”, 3 “no me gusta ni me disgusta” y 5 “me gusta extremadamente”.

La aceptación del color mostró tener una correlación ($P \leq 0.05$) positiva (0.514) con la aceptación general, es decir, que el color es un atributo que incide levemente con la aceptación general del producto. Según estudios como el de Mejía y colaboradores (2007), el color es uno de los parámetros más importantes en la aceptabilidad de los alimentos.

Apariencia. En el cuadro 10 se muestra que existen diferencias en la aceptación de la apariencia en al menos uno de los tratamientos ($P \leq 0.05$). La mayor aceptación de la apariencia fue en los tratamientos que contenían miel y cuya valoración se acerca a “me

gusta”. Se observó que la miel afecta de manera positiva la aceptación de este atributo, posiblemente por la percepción de los panelistas a cambios macroscópicos que adquiere el mango al haber miel en el líquido del almíbar (Mejía *et al.* 2007). Sin embargo, este atributo presentó una correlación ($P \leq 0.05$) media con la aceptación general del producto (0.560) y no fue un factor determinante en la aceptación general. En estudio realizado por Gómez (2013) se indica que el color es un factor que afecta la aceptación de apariencia y de este depende la aceptación o no de un alimento.

Cuadro 10. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba de aceptación atributo apariencia.

Tratamiento	Media \pm D.E.
Mango en almíbar de azúcar	3.681 \pm 1.01 ^B
Mango en almíbar de azúcar y miel	3.882 \pm 0.93 ^A
Mango en almíbar de miel	3.882 \pm 0.91 ^A
C.V. (%)	21.86

^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. Escala hedónica de 5 puntos siendo 1 “me disgusta extremadamente”, 3 “no me gusta ni me disgusta” y 5 “me gusta extremadamente”.

Consistencia. En el cuadro 11 se muestra que la aceptación de consistencia del mango tuvo diferencias significativas en al menos un tratamiento ($P \leq 0.05$). La consistencia del mango en almíbar con miel tuvo mayor aceptación por los panelistas, con una valoración que se acerca a “me gusta”. La aceptación de la consistencia del mango en almíbar con miel puede estar atribuido al tipo azúcar, los monosacáridos pueden ingresar a la matriz del alimento y cambiar sus características de consistencia, sabor entre otras (Parzanese 2012).

Hubo una correlación entre la aceptación de la consistencia con la aceptación general ($P \leq 0.05$) e indica un valor de 0.62. Por lo anterior se encontró que a medida que aumentó la aceptación de la consistencia aumentó la aceptación general del producto.

Cuadro 11. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba de aceptación atributo consistencia.

Tratamiento	Media \pm D.E.
Mango en almíbar de azúcar	3.480 \pm 0.90 ^B
Mango en almíbar de azúcar y miel	3.446 \pm 1.10 ^B
Mango en almíbar de miel	3.769 \pm 1.07 ^A
C.V. (%)	26.47

^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. Escala hedónica de 5 puntos siendo 1 “me disgusta extremadamente”, 3 “no me gusta ni me disgusta” y 5 “me gusta extremadamente”.

Dulzura. En el cuadro 12 se muestra que el resultado de aceptación en el atributo de dulzura tuvo diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos ($P \leq 0.05$), se encontró que al adicionar azúcar al tratamiento con miel disminuye la aceptación de la dulzura. Este resultado pudo deberse a la intensidad con la que los órganos receptores percibieron el grado del sabor en el tratamiento con miel (Espinosa 2007).

La composición de azúcares de la miel tiene un mayor porcentaje de fructosa que tiene un poder endulzante de 1.3 a comparación del azúcar (sacarosa) que cuyo poder endulzante es 1 (Alonso 2010). La aceptación de la dulzura tuvo una correlación significativa ($P \leq 0.05$) y positiva de 0.743, es decir que el aumento de aceptación de la dulzura aumentó la aceptación general del producto.

Cuadro 12. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba de aceptación atributo dulzura.

Tratamiento	Media \pm D.E.
Mango en almíbar de azúcar	3.519 \pm 1.11 ^{AB}
Mango en almíbar de azúcar y miel	3.387 \pm 1.12 ^B
Mango en almíbar de miel	3.706 \pm 1.09 ^A
C.V. (%)	28.80

^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. Escala hedónica de 5 puntos siendo 1 “me disgusta extremadamente”, 3 “no me gusta ni me disgusta” y 5 “me gusta extremadamente”

Aceptación general. En el cuadro 13 se muestra que uno de los tratamientos tuvo diferencias significativas en la aceptación general ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento de mango en almíbar con miel el más aceptado con una valoración cercana a “me gusta”. Este resultado sobre la aceptación general pudo darse por las propiedades proporcionadas por la miel, que junto al mango mejoraron el color, apariencia, consistencia y dulzura.

Cuadro 13. Resultados análisis sensorial afectivo: Prueba de aceptación general.

Tratamiento	Media \pm D.E.
Mango en almíbar de azúcar	3.578 \pm 0.79 ^B
Mango en almíbar de azúcar y miel	3.554 \pm 0.92 ^B
Mango en almíbar de Miel	3.838 \pm 0.96 ^A
C.V. (%)	22.31

^{A, B} = Letras diferentes en las columnas son diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de variación. D.E.=Desviación estándar. Escala hedónica de 5 puntos siendo 1 “me disgusta extremadamente”, 3 “no me gusta ni me disgusta” y 5 “me gusta extremadamente”

4. CONCLUSIONES

- La miel como endulzante aumentó los valores L^* a^*b^* del mango al día 1, mientras el azúcar al día 7 disminuyó el valor a^* y aumentó el valor de sólidos solubles y de pH en solución almíbar.
- El endulzante no afectó el valor de actividad de agua ni la firmeza del mango.
- La miel proporcionó al almíbar de mango una mayor aceptación de color, apariencia, consistencia y aceptación general valorándolo como “me gusta”

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar la vida anaquel y costos para la comercialización de mango en almíbar con miel.
- Evaluar uno o más pretratamientos con aditivos que permitan mantener la integridad celular del mango y determinar sus características de textura.
- Evaluar el efecto de edulcorantes no calóricos sobre las características físicas, químicas y sensoriales del mango en almíbar.

6. LITERATURA CITADA

- AGST-AGS. Servicio de tecnologías de ingeniería agrícola y alimentaria, dirección de sistemas de apoyo a la agricultura 2004. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de capacitación.
- Alonso JR. 2010. Edulcorantes naturales. La Granja, revista de ciencias de la vida. Vol. 12(2): 3-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047396002>
- Arpassorn S, Panita N, Rungkan Boonnattakorn, Soraya Saenmuang. 2018. El efecto combinado de calcio, pectina metilesterasa y calor suave sobre la calidad del mango congelado. AIMS Agriculture and Food. 3(4): 455-466. Doi 10.3934/agrfood.2018.4.455.
- CAC/GL 51-2003. Directrices del Codex sobre los líquidos de cobertura para las frutas en conserva. [Internet]. Estados Unidos. (CAC/GL 51-2003) [Consultado el 5 de junio del 2019].
- Carrera C. 2016. Caracterización fisicoquímica y sensorial de miel de abeja complementada con polen y/o jalea real [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras.
- CIE. Commission Internationale de l' Eclairage. 2007. CIE 1976 L* a* b* espacio de color. <http://cie.co.at/publications/colorimetry-part-4-cie-1976-lab-colour-space-0>
- CODEX STAN 12-1981. Norma para la miel. [Internet]. Roma. 9 p. (CODEX STAN 12-1981). [Consultado el 5 de junio del 2019].
- CODEX STAN 212-1999. Norma para los azúcares. [Internet]. 1999. Estados Unidos. (CODEX STAN 212-1999). [Consultado el 20 de marzo del 2020].
- CODEX STAN 319-2015. Norma para algunas frutas en conserva. [Internet]. Estados Unidos. (CODEX STAN 319-2015) [Consultado el 8 de Abril del 2019].
- Espinosa M. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. Editado por Raúl G. Torricella. Ciudad de la Habana. Editorial Universitaria. ISSN 978-959-16-0539-9
- Giraldo G. 2004. Conservación de frutas por método combinado. Revista de investigaciones. Universidad del Quindío. 14: 121-129. ISSN: 1794-631 X.
- Gómez R. 2013. Evaluación sensorial de láminas de mango (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos; 4(2): 157-169. ISSN: 2218-4384.

- Guiraldo DP, Arango LM, Cardozo JM. 2004. Osmodeshidratación de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) con tres agentes edulcorantes. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín.57(1): 2257-2274.
- Guillermo B. 2017. Efecto del contenido de miel y polen en las características fisicoquímicas y sensoriales del almíbar de mango (*Manguífera indica*). Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 23 p. [Consultado el 3 de abril del 2019].
- Holguín M, Chamorro G. 1992. Efecto de la reutilización del agente osmodeshidratante en la conservación de mango Tommy Atkins [tesis]. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia. 73 p
- Mejía C, Giraldo G, Alba D. 2007. Variación de color en Mango, Mora y uchuva en diferentes tratamientos de deshidratación osmótica. Revista de investigaciones. Universidad del Quindío. 17: 19-26. ISSN: 1794-631 X.
- Mejía S. 2014. Opciones de procesamiento de mango para pequeños productores del municipio de Comayagua. [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, UNAH. Comayagua- Honduras.112p.
- Missio P, Gauche C, Gonzaga L, Olivera A. 2015. Honey: chemical composition, stability and authenticity. Food Chemistry. J Dairy Sci. 196: 309-323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- Parzanese M. 2012. Tecnologías para la industria alimentaria, Deshidratación Osmótica. Alimentos Argentinos, Min Agri. Ficha N°6. [consultado el 27 de oct. del 2019].
- Pesante D. 2008. Composición de la Miel de Abejas [Tesis]. Universidad de Puerto Rico Puerto Rico. 37p.
- Ponce A. 2017. Elaboración de conservas de frutas libres de azúcar añadida. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. 99p. [Consultado el 8 de abril del 2019].
- Quintero V, Giraldo G, Lucas J, Vasco J, 2013. Caracterización fisicoquímica del mango común durante su proceso de maduración. Revista internacional de la ciencia y tecnología de alimentos (Int J Food Scitech). Vol. 11(1): 10-18
- Rahman S, editor. 2007. Handbook of Food Preservation. Second Edition. Advisory Board. 1088 p. ISBN:1-57444-606-1
- Salinas R, Pirovani E, Alfonso A, Béjar G, Aguilar G. 2010. Cambio Fisicoquímicos y sensoriales limitantes de la vida anaquel de mango fresco recién cortado. Revista Fitotec. Vol. 33(3): 215-223.
- SIK-FAO (Swedish Institute for Food and biotechnology - food and agricultural organization) 2012. Perdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – alcance, causas y prevención.
- Slaughter D. 2009. Nondestructive maturity assessment methods for mango. USA. Biological and agricultural engineering. University of California. 18p
- USDA/ARS (U.S. Department of Agriculture/Agricultural Research Service) 2011. National nutrient database for standard reference, release 24. Nutrient Data Laboratory Home Page. <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>

- Valencia MJ. 2018. Efecto de la miel en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) variedad Tommy Atkins. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras.
- Villanueva R. 2016. Introducción a la Tecnología del mango. 1ª ed. Jalisco (México). Centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco, A.C. [Consultado el 8 de abril del 2019].
- Visquert M. 2009. Influencia de las condiciones térmicas en la calidad de la miel. [tesis]. Instituto de ingeniería de alimentos para el desarrollo Universidad politécnica de Valencia. Valencia-España. TY - JOUR

7. ANEXOS

Anexo 1. Balance de sólidos para formular el almíbar.

Letra	Variable
M	Masa de la miel
m	Concentración de sólidos de la miel
A	Masa del azúcar
a	Concentración de sólidos del azúcar
H	Masa del agua
J	1 kg de jarabe

Balance de SS para el almíbar con azúcar y miel.

$$(M \times m) + (A \times a) + (H) = J$$

1. $(0.8M) + (0) = \left(1000 \times \frac{11}{100}\right)$
2. $(0.8M) + (0) = (110)$
3. $(M) + (0) = \left(\frac{110}{0.8}\right)$
4. $(M) + (0) = (138)$
5. $(138 \times 0.8) + (A \times 1) + (0) = J$
6. $(110) + (A) = 1000 \left(\frac{22}{100}\right)$
7. $(A) = 220 - 110$
8. $(A) = 110$

Balance de SS para el almíbar con miel.

$$(M \times m) + (H) = J$$

1. $(0.8M) + (0) = \left(1000 \times \frac{22}{100}\right)$
2. $(0.8M) + (0) = (220)$
3. $(M) + (0) = \left(\frac{220}{0.8}\right)$
4. $(M) + (0) = (275)$

Balance de SS para el almíbar con azúcar

$$(A \times a) + (H) = J$$

1. $(A \times 1) + (0) = 1000 \left(\frac{22}{100}\right)$
2. $(A) = 220$

Anexo 2. Formato de hoja para el análisis sensorial.

Evaluación sensorial

Nombre:

A continuación, se proporcionarán 3 muestras de un producto, comercialmente llamado mango en almibar. Usted como panelista deberá evaluar características de **color, apariencia, consistencia, dulzura y aceptación general del producto** basándose en la escala mostrada. Siendo 1, "me disgusta extremadamente", 3 "no me gusta ni me disgusta" y 5 "me gusta extremadamente".

- **MUESTRA 00100**

Atributo	1	2	3	4	5
COLOR					
APARIENCIA					
CONSISTENCIA					
DULZURA					
ACEPTACIÓN GENERAL					

- **MUESTRA 0080**

Atributo	1	2	3	4	5
COLOR					
APARIENCIA					
CONSISTENCIA					
DULZURA					
ACEPTACIÓN GENERAL					

- **MUESTRA 5005**

Atributo	1	2	3	4	5
COLOR					
APARIENCIA					
CONSISTENCIA					
DULZURA					
ACEPTACIÓN GENERAL					

Observaciones:.....

.....