

**Optimización del proceso osmo-convectivo en
la deshidratación del mango (*Mangifera
indica*)**

Evelynne Michelle Sánchez Gómez

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Optimización del proceso osmo-convectivo en la deshidratación del mango (*Mangifera indica*)

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:

Evelynne Michelle Sánchez Gómez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

Optimización del proceso osmo-convectivo en la deshidratación del mango (*Mangifera indica*) Evelynne

Michelle Sánchez Gómez

Resumen: El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de osmo-convección en las características de mango deshidratado. Inicialmente, se sometió mango (Haden) a solución osmótica (20-27 horas) seguido de secado convectivo (10-21 horas) bajo un modelo de superficie de respuesta con 12 tratamientos. Posteriormente, se usó un diseño completamente al azar para comparar el tratamiento osmo-convectivo óptimo con uno convectivo y mango fresco con tres repeticiones para un total de nueve unidades experimentales. Finalmente, se evaluó la vida útil del tratamiento osmo-convectivo óptimo. Se evaluaron diversos factores (físico-químicos, sensoriales y económicos) durante el estudio. Al evaluar ocho parámetros en mango deshidratado, los tiempos óptimos de inmersión y secado fueron 27.95 y 13.77 horas, respectivamente. El rendimiento del mango osmo-convectivo fue de 22% en comparación al mango convectivo (15%). La claridad y pureza del color disminuyeron independientemente del tipo de deshidratación con cambios más severos en osmo-convección. La actividad de agua por osmo-convección se redujo 39% debido al uso de azúcar y evaporación de agua en contraste con el secado convectivo (52%). El mango deshidratado por osmo-convección fue el mejor evaluado sensorialmente debido a su sabor y textura. Sin embargo, resultó ser el más costoso (L. 228/kg) por el tiempo de inmersión y los materiales usados en este proceso. Durante 30 días, la actividad de agua y pH aumentaron 8 y 7%, respectivamente, con una reducción en la claridad del producto sin evidencia de cambios en textura y sólidos solubles. Más investigación debe realizarse con otros tipos de soluciones y productos.

Palabras clave: Frutos secos, Haden, soluciones osmóticas, superficie de respuesta.

Abstract: The objective of this study was to determine the effect of osmo-convective in the characteristics of dried mango. Initially, mango (Haden) was subjected to osmotic solution (20-27 hours) followed by convective drying (10-21 hours) under a response surface model with 12 treatments. Subsequently a complete randomized design was used to compare the optimal osmo-convective treatment, convective treatment and fresh mango with three replicates for a total of nine experimental units. Finally, the life of osmo-convective optimal treatment was evaluated. Various factors (physico-chemical, sensory and economic) were evaluated during the study. In evaluating eight parameters in dried mango, optimum times dipping and drying were 27.95 and 13.77 hours, respectively. Osmo-convective yield was 22% compared to the convective yield (15%). The clarity and color purity decreased regardless of the type of dehydration with more severe changes in osmo-convection. The water activity of osmo-convection reduced 39% due to the use of sugar and water evaporation in contrast to convective drying (52%). The osmo-convective treatment was the best evaluated sensorially because of its taste and texture. However, it was the most expensive (L. 228/kg) for the immersion time and materials used in this process. During 30 days, the water activity and pH increased 8 and 7%, respectively, with a reduction in product clarity without any evidence of changes in texture and soluble solids. More research must be done with other types of solutions and products.

Key word: Dried fruits, Haden, osmotic solutions, response surface.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexo.....	v
1 INTRODUCCIÓN	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
4 CONCLUSIONES.....	33
5 RECOMENDACIONES.....	34
6 LITERATURA CITADA	35
7 ANEXO	41

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXO

Cuadros		Página
1.	Descripción del arreglo de tiempos de inmersión en solución osmótica y tiempos de secado convectivo de los tratamientos de la Fase I dado por la metodología de superficie de respuesta.....	4
2.	Distribución de los niveles codificados (-1, 0, 1), los valores axiales ($-\alpha$ y $+\alpha$) y el punto central para el modelo de superficie de repuesta de dos variables	7
3.	Colección completa del diseño experimental.....	8
4.	Sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.....	10
5.	A_w en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.....	11
6.	Ciclo de dureza (N) en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.....	13
7.	Fracturabilidad (N) en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.....	14
8.	Promedio de picos (N) en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.....	16
9.	Rendimiento (g) en función del tiempo de inmersión y secado en las formulaciones de mango deshidratado.....	17
10.	Color L^* en función del tiempo de inmersión y secado en las formulaciones de mango deshidratado.....	19
11.	Hue angle en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones mango deshidratado.....	21
12.	Croma en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones mango deshidratado.....	22
13.	Resultados de separación de medias para ph y cantidad de fracturas.	24
14.	Resultados de separación de medias para todos los parámetros evaluados en el análisis sensorial.....	26
15.	Resultados físicoquímicos de la evaluación de vida útil a través del tiempo de mango deshidratado por osmo-convección	28
16.	Resultados de análisis de costos entre tratamiento osmo-convectivo y convectivo	32

Figuras	Página
1. Distribución de los niveles codificados (-1, 0, 1), los valores axiales (- α y + α) y el punto central para el modelo de superficie de respuesta de dos variables.	7
2. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre los sólidos solubles (°Brix) en mango deshidratado	10
3. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre A_w en mango deshidratado.....	12
4. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre ciclo de dureza (N) en mango deshidratado.....	13
5. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre fracturabilidad (N) en mango deshidratado.....	15
6. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre promedio de picos en mango deshidratado.....	16
7. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre los gramos de rendimiento en mango deshidratado.....	18
8. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre el color L^* en mango deshidratado.....	19
9. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre el hue angle en mango deshidratado	21
10. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre el croma en mango deshidratado.....	23
11. Resultados de cambio en color L^* y ángulo de matiz en vida útil.....	29
12. Resultados de cambio en A_w y pH en vida útil	30
13. Resultados de color L^* para mango fresco, mango deshidratado por osmo-convección y mango deshidratado por convección.....	31
14. Resultados de ángulo de matiz y croma para mango fresco, mango deshidratado por osmo-convección y mango deshidratado por convección ..	31

Anexo	Página
1. Hoja utilizada en el análisis sensorial	41

1. INTRODUCCIÓN

El mango, *Mangifera indica L.*, es una de las frutas tropicales que se destaca por su particular sabor y aroma que tiene amplia aceptación, creciente demanda y razonables precios en los mercados internacionales. (Ramirez *et al.* 2010). Debido a que es un fruto climatérico, es muy susceptible a las enfermedades una vez cosechado ya sea por golpes o raspaduras, así como magulladuras y peciolos de otras frutas.

Entre las características del mango deseadas por la agroindustria según Sergent (1999) están: la buena consistencia de la pulpa, la semilla debe ser chica y chata, la pulpa debe ser de un color acentuado y su contenido de azúcares debe ser elevado para favorecer el dulzor de la rodaja.

La variedad a estudiar es Haden; en Honduras esta es la variedad de mayor producción, de alta calidad por su coloración y sabor, por lo que la tendencia es producir mango para el consumo fresco (De Loma-Ossorio *et al.* 2000). Se resaltan entre las características, un fruto de buena calidad tipo ovoide oblongo de color rojizo amarillo con poca fibra, peso promedio aproximado de 400 a 650 gramos, sensible a la antracnosis y moderadamente sensible a la pudrición interna de la fruta, resistente al manejo de cosecha y postcosecha (Huete *et al.* 2008).

En Honduras la época de cosecha de mango inicia normalmente en el mes de junio y finaliza en julio. Esta es la época en la cual la mayoría de los países productores ofertan sus productos a los mercados internacionales causando la caída de los precios a niveles no rentables para los productores (Huete and Arias 2007). Actualmente en el Valle de Comayagua se estima que hay unas 1,000 hectáreas cultivadas, principalmente con las variedades Haden y Tommy Atkins, predominando la primera. (Huete *et al.* 2008). Se estima una pérdida del 50% de la producción total de la región (aproximadamente un 30% en la finca y un 20% durante la comercialización) (Swisscontact 2014).

El aumento de los desperdicios de mango durante su cosecha ha provocado que los sectores agroindustriales se involucren mejorando esta situación. Por ello han decidido utilizar técnicas de conservación de alimentos las cuales reducen el desperdicio de la fruta y así mismo se logra darle un valor agregado al mango. Dentro de los métodos de conservación de alimentos se encuentran el secado al sol, liofilización, atomizado, microondas, deshidratación osmótica y secado artificial (Agüera 2010).

La deshidratación es considerada uno de los métodos más antiguos para la preservación de alimentos ya que reduce su actividad de agua alargando así la vida útil del producto. Este método consiste en extraer la mayor cantidad de agua que posee el alimento evitando deterioros a causa de microorganismos y conservar su valor nutricional.

La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, sin afectar su calidad (Della 2010). El deshidratado osmótico previo al secado convectivo reduce el tiempo de procesado, inhibe la actividad enzimática, retiene el color natural de la fruta y ayuda a retener aromas volátiles durante el resto del proceso de deshidratado (Urfalino and Quiroga 2011).

La técnica de deshidratación osmótica no elimina toda el agua que contiene el producto sino que alarga la vida útil de la fruta, por ello es necesario un proceso de secado para eliminar el resto del agua y obtener así una fruta deshidratada totalmente. Existen muchos tipos de secado, en este caso se utilizó el secado convectivo con aire caliente. Los secadores de convección de aire tienen un recinto aislado en el cual son colocados los alimentos a deshidratar y el aire caliente fluye a través de ellos, deshidratándolos. El aire se lleva su humedad gracias a su cualidad higroscópica que atrae la humedad (Baeza 2009).

La combinación de deshidratado osmótico con secado convectivo presenta ventajas respecto al secado convectivo tradicional, logrando un producto con un contenido significativamente menor de sulfitos, excelente color y mejores características organolépticas que los productos tradicionales (mayor volumen, mejor palatabilidad) (Urfalino and Quiroga 2011).

Para este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

Determinar el tratamiento óptimo del deshidratado osmo-convectivo

Evaluar las características físicas, químicas, sensoriales y los costos variables del mejor tratamiento por osmo-convección frente a un tratamiento con secado convectivo

Contrastar la vida útil del mango deshidratado mediante osmo-convección

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. Este estudio se realizó en los meses de julio y agosto en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano y en la Planta de Innovación de Alimentos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Preparación de unidades experimentales. El mango que se utilizó en este estudio fue de la variedad Haden. Este fue proporcionado, una parte por un proveedor externo y otra parte fue cosechada en el campus de Zamorano. Se usaron cubos de 10 mm x 10 mm, los cuales se lograron con un cortador proporcionado por la Planta Hortofrutícola. Cada muestra contenía 40 g de cubos de mango fresco.

Soluciones osmóticas. Estas estaban compuestas por 100 ml de agua destilada, la cual fue proporcionada por el Laboratorio de Análisis de Alimentos y se mezcló con 40 g de azúcar que se compró en un supermercado local y 1 g de ácido ascórbico de grado alimenticio que fue proporcionado por la Planta de Postcosecha a una temperatura de 25 °C. Esta solución constaba de un pH de 2.38 y 33 °Brix

Deshidratación osmótica. Se colocaron las muestras de 40 g de mango fresco a diferentes tiempos de inmersión (Cuadro 1) en beakers de 200 ml con la mezcla de solución osmótica mencionada anteriormente a un ambiente de 25 °C.

Secado convectivo. Después de sacar las muestras de la solución osmótica, se colocaron los cubos en una bandeja para introducirlos en el horno deshidratador que se encuentra en la Planta de Innovación de Alimentos, este se ajustó a 50 °C (122 °F) por diferentes tiempos (Cuadro 1).

Medición de peso. Se evaluó el peso de cada muestra con una balanza analítica OHAUS. Se pesaron las muestras antes de colocarlas a la solución osmótica, después de la inmersión y al salir del deshidratador. Se anotaron los respectivos datos en la bitácora.

Análisis de color. Se evaluó el color mediante una aplicación para iPhone llamada ColorAssist. Esta aplicación es un examinador de color de fotografías que utiliza métodos de color como RGB (rojo, verde y azul) y HEX (hexadecimal) que son modelos de lenguaje de programación (Díaz and Perdomo 2015).

Se utilizó una caja para realizar las mediciones de color de cada muestra. Esta se elaboró usando una caja de zapatos convencional, se forró con hojas de papel blanco por todo el interior. Se realizó un orificio en la parte central superior de la tapa de 1.5 cm de largo y 1.5 cm de ancho donde cupo la cámara del celular y el flash. Se rotularon las muestras y se tomaron tres fotografías de los cubos de mangos sin deshidratar y de los cubos de mango ya deshidratados. Los datos se anotaron en RGB y se convirtieron a L* a* b* con ayuda de una plantilla de Excel.

Cuadro 1. Descripción del arreglo de tiempos de inmersión en solución osmótica y tiempos de secado convectivo de los tratamientos de la Fase I dado por la metodología de superficie de respuesta.

Tratamiento	Tiempo de inmersión en solución osmótica (horas)	Tiempo de secado convectivo (horas)
1	21:12	11:30
2	21:12	19:30
3	26:48	11:30
4	26:28	19:30
5	20:02	15:00
6	27:57	15:00
7	24:00	10:00
8	24:00	21:24
9	24:00	15:00
10	24:00	15:00
11	24:00	15:00
12	24:00	15:00

Análisis de A_w. Se usó el Aqualab 3 TE con el método AOAC 978.18. Se calibró el equipo según el manual y se colocaron los cubos de las muestras de mango sin deshidratar y deshidratado en la cámara de lectura, se giró la perilla en read y se esperó a que una luz verde se encendiera indicando que la medición estaba lista.

Análisis de textura. Se utilizó el texturómetro Brookfield CT3 4500. Se empezó encendiendo la computadora y abriendo el programa correspondiente al equipo. Se encendió el texturómetro y se calibró siguiendo las instrucciones del manual de

operaciones. Se colocó la base de tabla giratoria TA-RT-KIT y la sonda de aguja de acero inoxidable TA9. Las muestras fueron sometidas a punción unidireccional a una velocidad de 2 mm/s (Zuluaga *et al.* 2010). Por cada muestra se realizaron cinco repeticiones y se guardaron las gráficas y los reportes en una carpeta en la computadora.

Análisis de sólidos solubles. Con los cubos de mangos frescos, se licuaron en un procesador de alimentos y se utilizó un refractómetro de mano Fischer que va de 0 a 32%. Para los cubos de mangos ya deshidratados, se molieron 8 g de las muestras en el molino FOSS CT 193 Cyclotec™. Posteriormente, se preparó una mezcla en una relación 1:1 gramo de mango deshidratado molido y agua desionizada, se midieron los grados Brix de cada unidad experimental utilizando un refractómetro de mano Fisher de 30 a 65%. Se realizaron tres mediciones por cada muestra y se anotaron los respectivos datos en la bitácora.

Análisis de pH. Se realizó el mismo procedimiento usado para la medición de sólidos solubles. En este análisis se utilizó un potenciómetro manual OHAUS tomando tres mediciones de cada muestra y los respectivos datos se anotaron en la bitácora.

Análisis sensorial. Se utilizó el modelo de prueba de preferencia pareada donde se colocaron dos muestras codificadas en las que una eran cubos de mango deshidratado en horno deshidratador sin inmersión en solución osmótica y la otra eran cubos de mango deshidratados osmóticamente en horno deshidratador.

Análisis de vida útil. Se evaluó la vida útil del mejor tratamiento obtenido por osmo-convección, analizando los cambios físicos y químicos que se produjeron a lo largo de 30 días.

Análisis de costos. Se compararon los costos variables del tratamiento osmo-convectivo frente al tratamiento con secado convectivo analizando variables como ingredientes, mano de obra y energía.

Diseño experimental. El estudio se realizó mediante superficie de respuesta con una significancia del 10%. Los parámetros que presentó este estudio fueron expresados como variables independientes en tres niveles los cuales están codificados como -1, 0, 1 y estos fueron calculados de acuerdo a la ecuación 1:

$$x_i = \left(\frac{X_i \cdot Z}{\Delta x_i} \right) \quad [1]$$

Dónde:

x_i :=Valor codificado de la variable x_i

X_i = el valor real de la variable

Z = valor real de la variable en el punto central

Δx_i = intervalo de la variable x_i

Este modelo de análisis de superficie de respuesta tuvo dos niveles de variables axiales, las cuales fueron codificadas como $+\alpha$ y $-\alpha$. El valor de α dependió del número factorial ($F=2^k$) del diseño y del número de variables independientes ($K=2$) los cuales se definieron en este estudio según la ecuación 2.

$$\pm \alpha = (2^k)^{1/4} = (2^2)^{1/4} = (2^2)^{1/4} = 1.4142 \quad [2]$$

Para calcular el número de tratamientos se utilizó un diseño factorial completo con la ecuación 3.

$$n = 2^k + 2K + m \quad [3]$$

Dónde:

2^k = número de puntos factoriales

$2k$ = número de puntos axiales

m = número de repeticiones del punto central.

De esta manera, los tratamientos se distribuirán de la siguiente manera:

$2^k = 2^2 = 4$ puntos factoriales

$2k = 2 \times 2 = 4$ puntos axiales

$m = 4$ replicados del punto central

12 unidades experimentales

2 bloques

24 unidades experimentales en total

En cuanto a la amplitud en el rango de las variables, éste estuvo determinado por pruebas preliminares, literatura consultada y experiencia del investigador.

Los niveles codificados (-1, 0, +1) y los valores axiales (-a y +a) de las variables independientes del experimentos se presentan en el Cuadro 2 y para el diseño del modelo de superficie de respuesta se muestra en la Figura 1

Cuadro 2. Distribución de los niveles codificados (-1, 0, 1), los valores axiales ($-\alpha$ y $+\alpha$) y el punto central para el modelo de superficie de repuesta de dos variables.

Variables independientes	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Tiempo de inmersión	20	21	24	27	28
Tiempo de secado	10.0	11.5	15.0	19.5	21.4

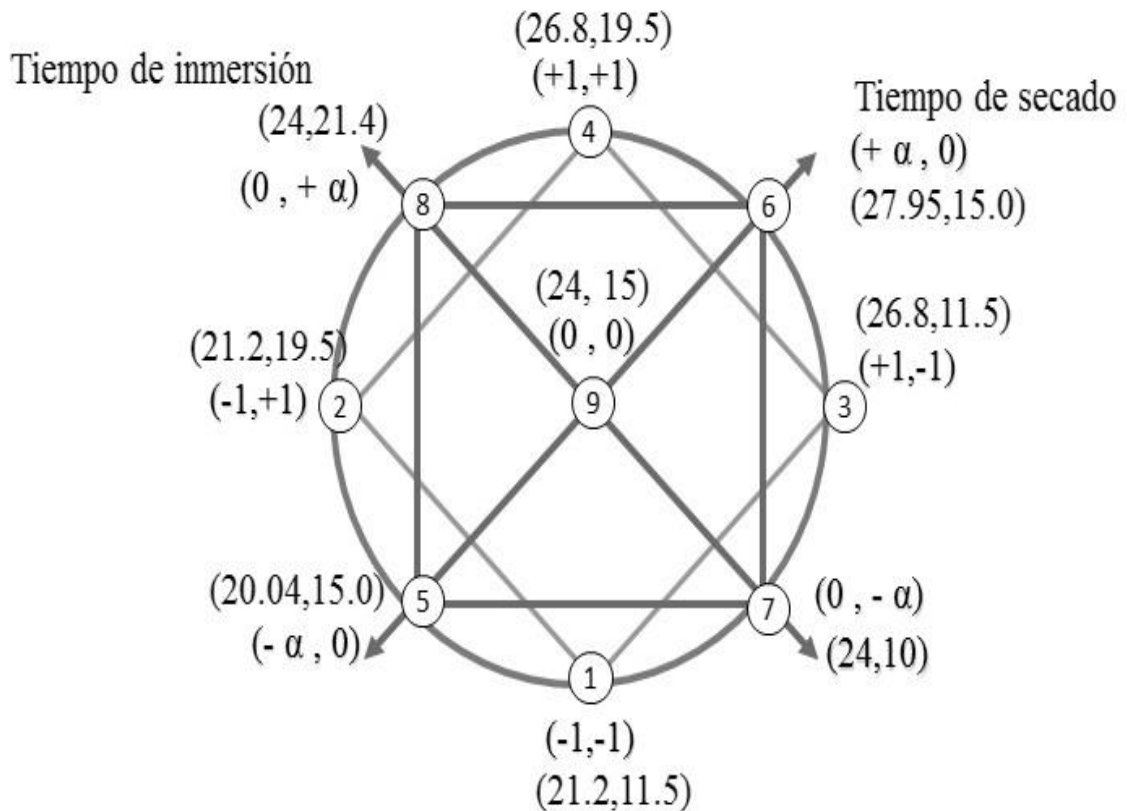


Figura 1. Distribución de los niveles codificados (-1, 0, 1), los valores axiales ($-\alpha$ y $+\alpha$) y el punto central para el modelo de superficie de repuesta de dos variables.

En el Cuadro 3 se describen los valores reales y codificados del diseño experimental completo con dos variables independientes y 12 tratamientos.

Cuadro 3. Colección completa del diseño experimental

Tratamientos	Niveles reales de variables			
	Tiempo de inmersión	Tiempo de secado	Tiempo de inmersión	Tiempo de secado
1	-1.000	-1.000	21.2	11.5
2	-1.000	1.000	21.2	19.5
3	1.000	-1.000	26.8	11.5
4	1.000	1.000	26.8	19.5
5	-1.414	0.000	20.04	15.0
6	1.414	0.000	27.95	15.0
7	0.000	-1.414	24	10.0
8	0.000	1.414	24	21.4
9 (C)	0.000	0.000	24	15.0
10 (C)	0.000	0.000	24	15.0
11 (C)	0.000	0.000	24	15.0
12 (C)	0.000	0.000	24	15.0

(C): Punto central del experimento, control.

Se utilizó un control para comparación de medias, DUNCAN 5% de significancia con el propósito de determinar cambios en pH y cantidad de fracturas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I. Evaluación de tecnología osmo-convectiva.

Sólidos solubles. Es un parámetro que se utiliza en el sector de alimentos para medir la cantidad aproximada de azúcares que estos contienen, determinando el contenido de sólidos solubles totales (Domene and Segura 2014)

De acuerdo al R^2 , el 47% de los datos fueron tendenciosos (Cuadro 4) y teniendo un $P=0.32$ en la falta de ajuste, se vuelve no significativo. La ecuación matemática que corresponde a sólidos solubles determina la predicción de comportamientos (Ecuación 4). Se incluyeron las variables independientes significativas y las variables dependientes. Esta ecuación indicó que el tiempo de secado influye en los resultados de los sólidos solubles. El tiempo de inmersión no estuvo relacionado a este parámetro.

$$\text{Sólidos solubles: } 81.94750 + 5.68000 X_2^2 \quad [4]$$

En la prueba F se obtuvo un valor F calculado mayor al F tabular que permitió elaborar un gráfico de superficie de respuesta (Figura 2) que indicó que con 23 a 27 horas de inmersión y con 13 a 18 horas de secado se obtuvo un mayor valor de sólidos solubles.

La ganancia de sólidos depende de las características del tejido vegetal que se esté deshidratando (Bambicha *et al.* 2012). En este estudio la cantidad de sólidos solubles aumentó en relación con el mango fresco, el cual concordó con una investigación realizada con piñas donde se menciona que la osmo-deshidratación es un proceso donde se presenta transferencia de masa entre el tejido y la solución incrementando el contenido de sólidos en la estructura (Leiva 2012). Esta ganancia está relacionada con el tiempo y aumento de la temperatura. El aumento de la temperatura del sistema va a producir cambios en la permeabilidad de la pared celular y en la fluidez del jarabe provocando que aumente la concentración de sólidos solubles (Sluka 2015), sin embargo, una alta concentración de azúcar provoca una saturación más rápida de soluto osmótico en las capas celulares del tejido vegetal en contacto con la solución osmótica provocando a tiempos largos de deshidratación una menor difusión de sacarosa hacia el interior (Bambicha *et al.* 201

Cuadro 4. Sólidos solubles (°Brix) en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	8.19E+01	1.03E-04 ϕ
X ₁	-1.72E+00	4.71E-01
X ₁ ²	2.67E+00	3.35E-01
X ₂	6.65E-01	7.71E-01
X ₂ ²	5.68E+00	9.30E-02 ϕ
X ₁ *X ₂	-1.48E+00	6.50E-01
Falta de ajuste	-	3.24E-01
R ²		0.47017
F calculado		5.54426
F tabular		3.29

X₁= Tiempo de inmersión (h); X₂= Tiempo de secado (h)

ϕ = Significativas

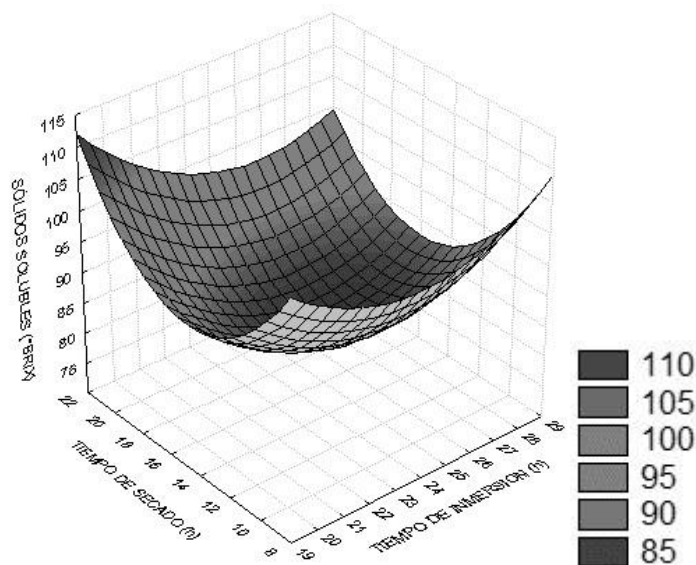


Figura 2. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre los sólidos solubles (°Brix) en mango deshidratado.

A_w. Este parámetro indica la fracción del contenido de humedad total de un producto que está libre, y en consecuencia, disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diversas reacciones químicas que afectan a su estabilidad (LAB-FERRER 2004).

El R^2 indicó que un 61% de los datos fueron predichos por el modelo (Rocha 2009) (Cuadro 5) y que por su $P=0.0003$ en la falta de ajuste, fue significativa siendo así tendencioso. La ecuación matemática que corresponde a A_w determina la predicción de comportamientos (Ecuación 5). Esta ecuación indicó que el tiempo de inmersión al igual que el tiempo de secado estuvieron relacionados en este parámetro.

$$A_w = 0.657500 - 0.033125 X_1^2 + 0.006857 X_2 - 0.068125 X_2^2 \quad [5]$$

Se obtuvo un valor F calculado menor al valor F tabular. Con referencia a la ecuación 5 se creó un gráfico de superficie de respuesta (Figura 3) que indicó que aplicando de 14 a 20 horas de secado y 21 a 27 horas de inmersión obtendremos un producto con A_w 0.60 lo cual permitió la estabilidad del producto ya que García (2005) sostiene que con una $A_w < 0.60$, se puede esperar un producto con baja carga microbiana.

La A_w final del producto fue de 0.60 el cual disminuyó al compararlo con la A_w del producto fresco (0.90), resultados similares se observaron en un estudio realizado con mango, donde los valores finales se mantuvieron entre 0.55 y 0.62, caracterizando el producto como de baja actividad de agua y estable microbiológicamente (Reis *et al.* 2006). Esta pérdida de agua se atribuye a la solución osmótica ya que en un estudio realizado en papaya mostró que debido a que el agente humectante, en este caso sacarosa, es un soluto con un alto peso molecular, favorece la pérdida de agua frente a la ganancia de sólidos (Zhumi 2012). Al igual que (Andrade *et al.* 2000) que indicó que las tasas de transferencia de masa de agua y solutos y los coeficientes de difusión aparente para sacarosa son dependientes de la concentración de ésta en la solución osmótica (Andrade *et al.* 2000).

Cuadro 5. A_w en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	6.58E-01	1.21E-07 ϕ
X_1	3.75E-03	1.24E-01
X_1^2	-3.31E-02	4.62E-04 ϕ
X_2	6.86E-03	3.04E-02 ϕ
X_2^2	-6.81E-02	5.37E-05 ϕ
$X_1 * X_2$	2.50E-03	3.91E-01
Falta de ajuste	-	3.66E-04
R^2	0.61103	
F calculado	1.47322	
F tabular	3.40	

X_1 = Tiempo de inmersión (h); X_2 = Tiempo de secado (h)

ϕ = Significativas

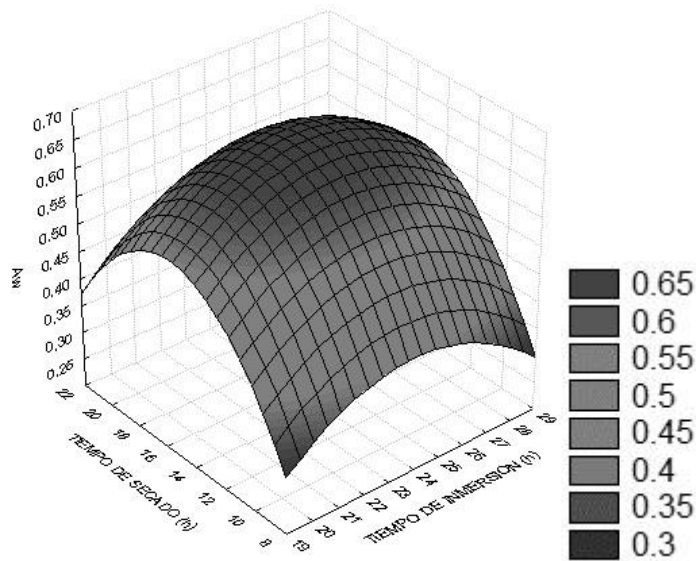


Figura 3. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre A_w en mango deshidratado.

Textura.

Ciclo de dureza. La $P=0.19$ indicó que la falta de ajuste no fue significativa haciendo el modelo predictivo. El R^2 fue de 63% haciendo los datos predictivos (Cuadro 6). La ecuación matemática que corresponde a ciclo de dureza determina la predicción de comportamientos (Ecuación 6). Se incluyeron las variables independientes significativas y las variables dependientes. Esta ecuación indicó que únicamente el tiempo de secado influyó en el ciclo de dureza y que el tiempo de inmersión no estuvo relacionado con este parámetro.

$$\text{Ciclo de dureza} = 2.812500 + 1.107052 X_2 \quad [6]$$

La prueba F arrojó un valor F calculado mayor al valor F tabular siendo predictivo y se elaboró un gráfico de superficie de respuesta (Figura 4) que indicó que con un tiempo de inmersión entre 22 a 24 horas y un tiempo de secado entre 8 y 14 horas se realizó menor fuerza para comprimir el alimento entre los molares.

El ciclo de dureza hace referencia a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares (Brookfield SF). En un estudio realizado en papaya, este parámetro podría estar relacionado a la pérdida de agua, al aumento del contenido de masa seca y el endurecimiento exterior de los trozos deshidratados por la cristalización del azúcar que contenía la solución osmótica debido a que absorbió más solutos aumentando su dureza (Zhumi 2012).

Cuadro 6. Ciclo de dureza (N) en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	2.81E+00	6.47E-03 ϕ
X ₁	2.99E-01	3.80E-01
X ₁ ²	5.40E-01	1.97E-01
X ₂	1.11E+00	3.22E-02 ϕ
X ₂ ²	5.83E-01	1.72E-01
X ₁ *X ₂	-2.25E-02	9.60E-01
Falta de ajuste	-	1.98E-01
R ²	0.6312	
F calculado	7.616024	
F tabular	3.29	

X₁= Tiempo de inmersión (h); X₂= Tiempo de secado (h)

ϕ = Significativas

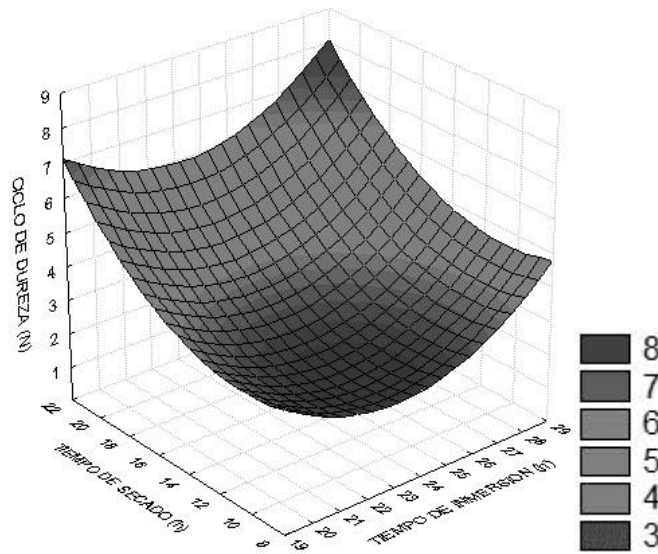


Figura 4. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre ciclo de dureza (N) en mango deshidratado.

Fracturabilidad. El R² indicó que el 61% de los datos fueron predichos por el modelo (Cuadro 7) y que la falta de ajuste fue significativa (P= 0.02) indicando que el modelo es tendencioso. La ecuación matemática que corresponde a fracturabilidad determina la predicción de comportamientos (Ecuación 7). Se incluyeron las variables independientes significativas y las variables dependientes. Esta ecuación indicó que el tiempo de inmersión al igual que el tiempo de secado influyeron en la fracturabilidad.

$$\text{Fracturabilidad} = 0.647500 + 0.346464 X_1 + 0.269375 X_1^2 + 0.536547 X_2 + 0.601875 X_2^2 + 0.490000 X_1 * X_2 \quad [7]$$

La prueba F mostró un valor F calculado mayor al valor F tabular lo cual me permite elaborar un gráfico de superficie de respuesta (Figura 5) que muestra que a mayor tiempo de inmersión y mayor tiempo de secado, se obtiene mayor valor de fracturabilidad

Este parámetro se define como el indicador de frescura del alimento (Brookfield). La fracturabilidad del mango ya deshidratado de este estudio aumentó al compararlo con un cubo de mango fresco. En un estudio realizado en piña se concluyó que la fracturabilidad se veía influenciada por el contenido de humedad. Entre mayor sea el contenido de humedad menor es la fuerza que se requiere aplicar al producto para generar su fractura o rompimiento; entre menor sea el contenido de humedad el producto tiende a aumentar su fracturabilidad (Toro 2000). Es por esta razón que la fracturabilidad aumentó después de ser aplicado el tratamiento. El comportamiento de este tipo de productos no presenta tendencia a la fractura, más bien presenta un comportamiento similar al de un producto gomoso con bajo grado de dureza y alto grado de cohesividad. Esto se debe a la presencia de azúcares en el interior del tejido ya que ocupan los espacios inicialmente de agua o líquido nativo, generándose una menor deformación en el tejido (Toro 2000).

Cuadro 7. Fracturabilidad (N) en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.

Factor	Coficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	6.48E-01	1.89E-02 φ
X ₁	3.46E-01	3.92E-02 φ
X ₁ ²	2.69E-01	9.24E-02 φ
X ₂	5.37E-01	1.22E-02 φ
X ₂ ²	6.02E-01	1.21E-02 φ
X ₁ *X ₂	4.90E-01	3.92E-02φ
Falta de ajuste	-	2.23E-02
R ²	0.61691	
F calculado	0.632428	
F tabular	5.25	

X₁= Tiempo de inmersión (h); X₂= Tiempo de secado (h)

φ = Significativas

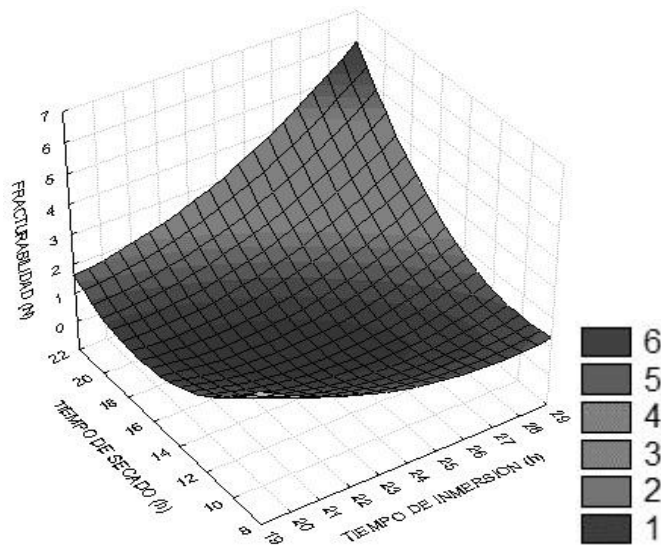


Figura 5. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre fracturabilidad (N) en mango deshidratado.

Promedio de picos. Según Brookfield SF, promedio de picos hace referencia a la cantidad de fuerza que se requiere para romper una pieza de un alimento. La falta de ajuste fue no significativa porque su valor es mayor a 0.10 indicando que el modelo se ajusta para ser predictivo, mientras que el R^2 indicó que un 54% de los datos fueron tendenciosos (Cuadro 8). La ecuación matemática que corresponde promedio de picos incluye las variables independientes significativas en la predicción de comportamientos de la variable dependiente analizada expresada en la siguiente ecuación:

$$\text{Promedio de picos} = 2.812500 + 1.124730 X_2 \quad [8]$$

La prueba F arrojó un valor F calculado mayor al valor F tabular que permitió elaborar un gráfico de superficie de respuesta (Figura 6) que indicó que con un tiempo de 23 a 25 horas de inmersión y 11 a 14 horas de secado, vamos a obtener un promedio de picos menor.

En este estudio el promedio de picos aumentó atribuyendo esta reacción a la solución osmótica a la que fue sometida la fruta. Resultados similares fueron obtenidos en un estudio de deshidratación de cocona, en donde atribuyen este comportamiento a la cristalización debido al calentamiento de los solutos impregnados durante la etapa de deshidratación osmótica que, en combinación con la pérdida de agua en el posterior secado, causa el endurecimiento de la muestra y por tanto la aparición de picos de fractura, que representan el carácter crujiente asociado al bajo contenido de humedad obtenido tras el tratamiento de secado. (Agudelo *et al.* 2013). En otra investigación con mango se detalló que los cilindros de mango deshidratado con disoluciones con calcio mostraron un pico claro de fractura, indicando un incremento en la firmeza del producto (Torres 2007).

Cuadro 8. Promedio de picos (N) en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones de mango deshidratado.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	2.81E+00	6.47E-03 ϕ
X ₁	2.99E-01	3.80E-01
X ₁ ²	5.46E-01	1.93E-01
X ₂	1.12E+00	3.09E-02 ϕ
X ₂ ²	5.64E-01	1.83E-01
X ₁ *X ₂	-2.25E-02	9.60E-01
Falta de ajuste	-	3.56E-01
R ²	0.63327	
F calculado	7.87954	
F tabular	3.29	

X₁= Tiempo de inmersión (h); X₂= Tiempo de secado (h)

ϕ = Significativas

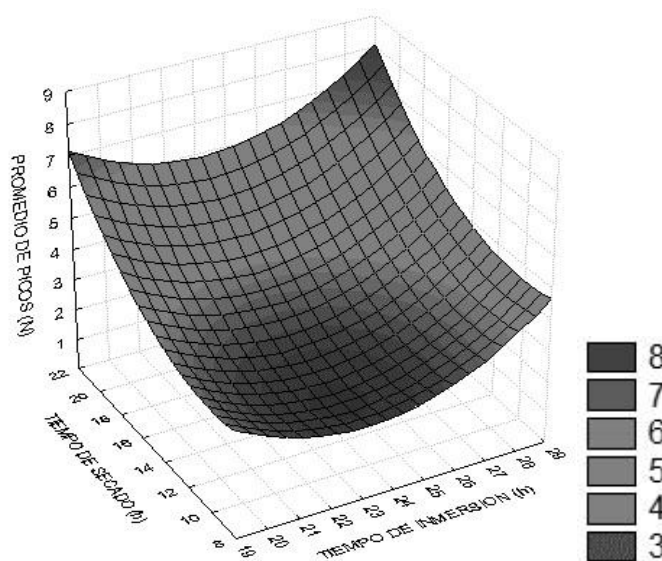


Figura 6. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre promedio de picos en mango deshidratado.

Rendimiento. El R² mostró que el 87% de los datos fueron predichos por el modelo (Cuadro 9) y que con P=0.04, la falta de ajuste fue significativa calificando como tendencioso (Artero 2015). La ecuación matemática que corresponde a rendimiento (g) determina la predicción de comportamientos (Ecuación 9). Se incluyeron las variables independientes significativas y las variables dependientes. Esta ecuación indicó que el tiempo de inmersión al igual que el tiempo de secado influyeron en el rendimiento.

$$\text{Rendimiento} = 8.557500 + 0.350652X_1 + 0.198125X_1^2 + 0.743125X_2^2 \quad [9]$$

Se obtuvo un valor F calculado mayor al valor F tabular con el cual se elaboró un gráfico de superficie de respuesta (Figura 7) que indicó que al aumentar el tiempo de inmersión y el tiempo de secado, hay mayor rendimiento.

El rendimiento del mango deshidratado fue de 22%, es decir que de cada 40 g de cubos de mango fresco se obtuvo 9 g de cubos de mango deshidratado. El uso de solutos de alto peso molecular como la sacarosa incrementa la pérdida de agua (Rocca 2010) provocando que el peso de las muestras disminuyera al salir de la solución osmótica y por consiguiente, en el secado convectivo. Se han realizado diversas investigaciones acerca de la aplicación de la ósmosis en la deshidratación de frutas y hortalizas, reduciendo hasta un 50% el peso del producto fresco (Zuluaga *et al.* 2010) y en este estudio la pérdida de peso fue de 77%, lo que implica que el rendimiento fue superior al mencionado en la literatura.

Cuadro 9. Rendimiento (g) en función del tiempo de inmersión y secado en las formulaciones de mango deshidratado.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	8.56E+00	1.09E-06 ϕ
X ₁	3.51E-01	5.27E-03 ϕ
X ₁ ²	1.98E-01	3.43E-02 ϕ
X ₂	8.20E-03	8.75E-01
X ₂ ²	7.43E-01	8.10E-04 ϕ
X ₁ *X ₂	1.43E-01	1.26E-01
Falta de ajuste	-	4.13E-02
R ²	0.87753	
F calculado	5.47422	
F tabular	3.40	

X₁= Tiempo de inmersión (h); X₂= Tiempo de secado (h)

ϕ = Significativas

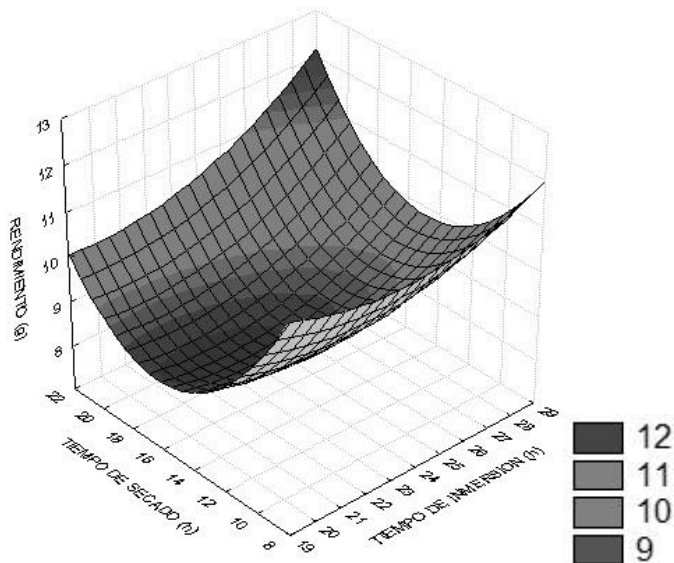


Figura 7. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre los gramos de rendimiento en mango deshidratado.

Resultados de color.

Color L*. Indica la diferencia en el valor de claridad y oscuridad (X-Rite 2002). Para este parámetro, el R^2 nos indicó que un 55% de los datos fueron tendenciosos (Cuadro 10). La falta de ajuste fue significativa ($P=0.007$) lo que definió al modelo como tendencioso. La ecuación matemática que corresponde a color L* determina la predicción de comportamientos (Ecuación 10). Se incluyeron las variables independientes significativas y las variables dependientes. Esta ecuación indicó que el tiempo de inmersión al igual que el tiempo de secado influyeron en el color L*.

$$\text{Color } L^* = 58.93250 - 5.17000 X_1^2 - 9.64250 X_2^2 \quad [10]$$

En la prueba F se obtuvo un valor F calculado menor al valor F tabular siendo tendencioso. Con referencia a la ecuación 10 se creó un gráfico de superficie de respuesta (Figura 8) que indicó que al aplicar un tiempo de inmersión entre 21 y 27 horas y un tiempo de secado entre 12 a 18 horas, se obtuvo un mayor valor de color L*

El cambio en color L* resultó influenciado principalmente por la sacarosa ya que cuando se utilizan concentraciones de 40 a 50°Brix, el valor de color L* disminuye (Bambicha *et al.* 2012). Esta disminución se relaciona directamente con el aumento del oscurecimiento no enzimático. Algunas reacciones oxidativas también pueden contribuir para la reducción de la luminosidad. La polimerización de compuestos fenólicos también es un factor que promueve el oscurecimiento y por consecuencia, la disminución en el valor de la

coordenada L* (Reis *et al.* 2006). Esta situación se atribuye a la mayor porosidad del mango, ya que el aire produce una menor homogeneidad del índice de refracción y menor absorción de la luz en el fruto, por esto las muestras se hacen más claras o menos oscuras (Duque *et al.* SF).

Cuadro 10. Color L* en función del tiempo de inmersión y secado en las formulaciones de mango deshidratado.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	5.89E+01	1.45E-05 ϕ
X ₁	3.45E-01	6.89E-01
X ₁ ²	-5.17E+00	9.64E-03 ϕ
X ₂	-8.97E-01	3.34E-01
X ₂ ²	-9.64E+00	1.59E-03 ϕ
X ₁ *X ₂	-3.25E-02	9.78E-01
Falta de ajuste	-	7.76E-03
R ²	0.55964	
F calculado	1.71341	
F tabular	3.11	

X₁= Tiempo de inmersión (h); X₂= Tiempo de secado (h)

ϕ = Significativas

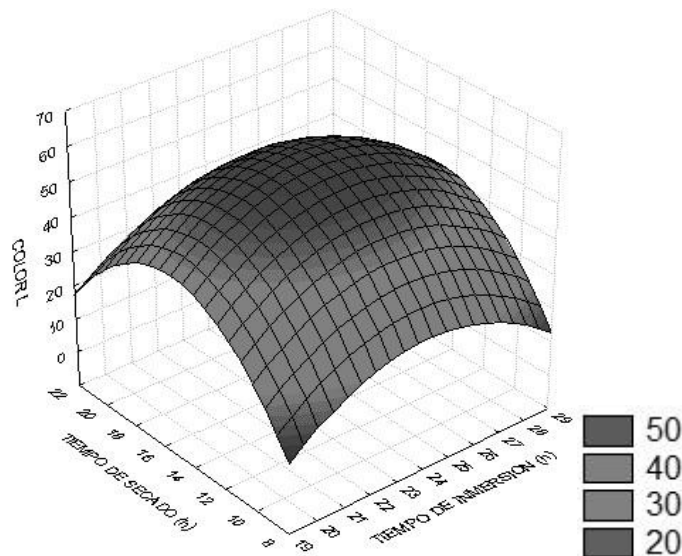


Figura 8. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre el color L* en mango deshidratado.

Ángulo de matiz. El tinte es otro parámetro con frecuencia utilizado para caracterizar color en productos alimenticios. Un ángulo de 0° o de 360° representa tonalidad roja, mientras que los ángulos de 90°, 180° y 270° representan tonalidades amarilla, verde y azul, respectivamente (Maskan 2000). La falta de ajuste fue significativa (P=0.007) por lo que el modelo es tendencioso y el R² mostró que un 51% de los datos fueron tendenciosos (Cuadro 11). La ecuación matemática que corresponde a ángulo de matiz determina la predicción de comportamientos (Ecuación 11). Se incluyeron las variables independientes significativas y las variables dependientes. Esta ecuación indicó que tanto el tiempo de inmersión como el tiempo de secado influyeron en ángulo de matiz.

$$\text{Ángulo de matiz} = 83.01500 - 3.73063 X_1 - 2.05556 X_1^2 - 7.54813 X_2^2 \quad [11]$$

La prueba F arrojó un valor F calculado menor al valor F tabular que indicó que es tendencioso. Se creó un gráfico de superficie de respuesta (Figura 9) que demostró que entre 13 y 20 horas de secado y 22 y 28 horas de inmersión se obtuvo un valor mayor de ángulo de matiz.

Se produjo un cambio en el ángulo de matiz al comparar el mango fresco, el cual tenía un valor de 91.88, con el mango deshidratado donde su valor fue de 75.50. El cambio en el ángulo de matiz se relaciona con la pérdida, oxidación o la isomerización de carotenoides, caramelización o la acción de enzimas. El pre-secado influyó en los cambios de color de trozos. Cuanto más largo sea el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en los pigmentos en los alimentos (Alvis *et al.* 2016). En el estudio de deshidratación de láminas de mango, para el estadio pintón se obtuvieron respuestas similares ya que su ángulo disminuyó. El valor de este parámetro varió desde 85° hasta 60°, de allí que hubo posible destrucción de los pigmentos carotenoides característicos de este estadio, pasando de un color amarillo al inicio a uno naranja tenue al final del proceso (Álvarez and Corzo 2012).

Croma. También llamado saturación, representa la pureza o intensidad de un color particular, y simboliza la viveza o palidez del mismo (Álvarez and Corzo 2012). El R² señaló que un 46% de los datos fueron tendenciosos (Cuadro 12). La falta de ajuste fue significativa (P=0.004) e indicó que el modelo es tendencioso. La ecuación matemática que corresponde a croma determina la predicción de comportamientos (Ecuación 12). Se incluyeron las variables independientes significativas y las variables dependientes. Esta ecuación indicó que el tiempo de inmersión y el de secado estuvieron relacionados con croma.

$$\text{Croma} = 54.86750 - 3.76500 X_1^2 - 8.25250 X_2^2 \quad [12]$$

Se obtuvo un valor F calculado menor al valor F tabular mostrando que el modelo es tendencioso. De acuerdo a la ecuación anterior, se creó un gráfico de superficie de respuesta (Figura 10) en donde indicó que con 21 y 27 horas de inmersión y 13 y 19 horas de secado el valor de croma aumentó.

Cuadro 11. Ángulo de matiz en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones mango deshidratado.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	8.30E+01	3.82E-06 ϕ
X ₁	1.55E+00	1.15E-01
X ₁ ²	-3.73E+00	1.79E-02 ϕ
X ₂	-2.06E+00	6.17E-02 ϕ
X ₂ ²	-7.55E+00	2.41E-03 ϕ
X ₁ *X ₂	2.75E-01	8.01E-01
Falta de ajuste	-	7.86E-03
R ²	0.51375	
F calculado	0.90996	
F tabular	3.40	

X₁= Tiempo de inmersión (h); X₂= Tiempo de secado (h)

ϕ = Significativas

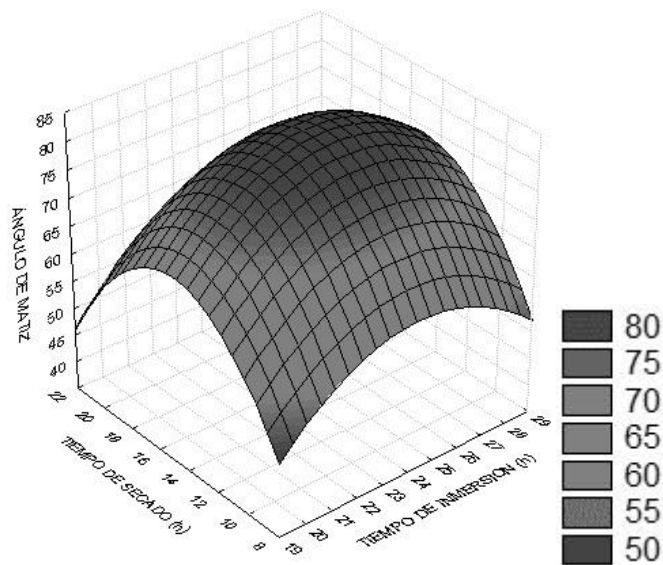


Figura 9. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre el ángulo de matiz en mango deshidratado.

Se observaron cambios en los valores de croma al relacionar el producto fresco, que tenía inicialmente un valor de 56.20 contra el valor del mango deshidratado que fue de 46.86. Resultados similares se mostraron en un estudio con láminas de mango deshidratadas. Esta reacción está asociada a la pérdida de agua, favoreciendo el desarrollo de reacciones de pardeamiento ya que disminuye el croma indicando pérdidas de pureza de color de la muestra (Agudelo *et al.* 2013). En las láminas de mango pintón disminuyó su intensidad a lo largo del proceso de secado, percibiendo al final un color más opaco con respecto al inicio del proceso (Álvarez and Corzo 2012). La deshidratación puede incrementar la concentración de carotenoides causando un efecto contrario en el color del producto final. (Alvis *et al.* 2016). A medida que aumenta la velocidad y tiempo de secado, se tuvo mayor intensidad del croma. (Álvarez and Corzo 2012).

Cuadro 12. Croma en la relación tiempo de inmersión y tiempo de secado en las formulaciones mango deshidratado.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidades
Intercepto	5.49E+01	1.16E-05 ϕ
X ₁	-1.30E-01	8.59E-01
X ₁ ²	-3.77E+00	1.55E-02 ϕ
X ₂	-1.54E-01	8.34E-01
X ₂ ²	-8.25E+00	1.64E-03 ϕ
X ₁ *X ₂	-1.72E-01	8.68E-01
Falta de ajuste	-	4.82E-03
R ²		0.46181
F calculado		1.16231
F tabular		3.11

X₁= Tiempo de inmersión (h); X₂= Tiempo de secado (h)

ϕ = Significativas

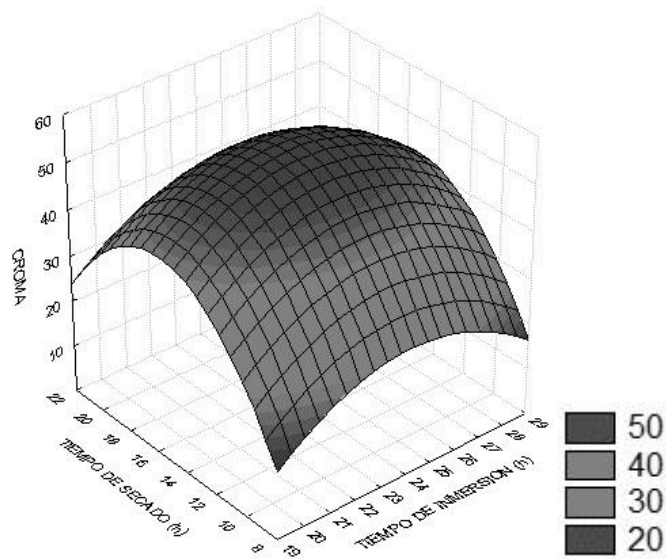


Figura 10. Efecto del tiempo de secado (h) y tiempo de inmersión (h) sobre el croma en mango deshidratado.

pH. Debido a que al realizar el modelo en el programa de STATISTICA 7 no se obtuvieron diferencias significativas en este parámetro, se realizó una separación de medias Duncan al 5% de probabilidad (Cuadro 13). Estudios realizados en fresas deshidratadas concuerdan con este estudio, donde no se encontraron diferencias significativas durante el proceso (Ríos *et al.* 2005).

Estos resultados mostraron que existen diferencias entre tratamientos, donde la mayor acidez se encontró en el tratamiento 5 y el tratamiento con menor acidez fue el 3. Los resultados mostraron que los tratamientos 1 y 3 son estadísticamente iguales, tal como los tratamientos 9, 10, 11 y 12. Esta reacción se debe a que los tratamientos mencionados fueron sometidos a los mismos tiempos de secado osmótico. El pH final de los tratamientos osciló entre 3.07 y 4.60, el cual disminuyó al compararlo con el pH del mango fresco. El mismo efecto se mostró en un estudio realizado en manzanas, donde la reducción se atribuye a la influencia del agente de concentración osmótica (Pereira *et al.* 2005). Este rango indica que el producto tiene las condiciones ideales para limitar el desarrollo de microorganismos ya que según la FAO, disminuir el pH debajo de 4.2 es una forma efectiva de lograr la inocuidad de algunos alimentos debido a la alta sensibilidad al pH de las bacterias patógenas. Este parámetro trabaja con la A_w , que como se mencionó anteriormente, actúa como barrera para evitar la proliferación de microorganismos. Este rango de pH también minimiza el oscurecimiento enzimático ya que según estudios realizados en mango seco, el pH óptimo para la actividad de la enzima se encuentra entre 6,0 y 7,0 (Reis *et al.* 2006).

Cantidad de fracturas. Al igual que con el pH, el parámetro de cantidad de fracturas no tuvo diferencias significativas en el modelo de STATISTICA por lo que también se realizó un ANDEVA con una separación de medias Duncan con 5% de probabilidad (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados de separación de medias para pH y cantidad de fracturas.

Tratamiento	pH	Cantidad de fracturas (N)
	Media \pm D.E ²	Media \pm D.E
1	4.59 \pm 0.08 ^{a1}	2.95 \pm 0.01 ^a
2	3.72 \pm 0.01 ^c	5.90 \pm 0.43 ^c
3	4.60 \pm 0.54 ^a	3.61 \pm 1.51 ^a
4	4.07 \pm 0.26 ^{ab}	5.48 \pm 0.86 ^{ab}
5	3.07 \pm 0.01 ^d	2.70 \pm 0.71 ^d
6	3.51 \pm 0.37 ^{cd}	3.50 \pm 1.32 ^{cd}
7	3.77 \pm 0.04 ^{bc}	2.11 \pm 1.00 ^{bc}
8	4.06 \pm 0.08 ^b	4.25 \pm 1.55 ^b
9	3.91 \pm 0.01 ^b	3.76 \pm 0.65 ^b
10	3.82 \pm 0.36 ^b	3.24 \pm 0.29 ^b
11	3.94 \pm 0.03 ^b	2.29 \pm 0.42 ^b
12	3.23 \pm 0.06 ^d	1.27 \pm 0.73 ^d
CV (%) ³	6.05	25.65
R ²	0.87	0.81

¹Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05) ²Desviación estándar. ³Coefficiente de variación R²: Ajuste del modelo

Estos resultados mostraron diferencia significativa entre tratamientos donde al igual que en el pH, los tratamientos con los mismos tiempos de secado, fueron iguales estadísticamente; Se concluye que el tiempo de secado influye directamente en la cantidad de fracturas y por ende en la textura del producto final. Se observó que a medida que se requería más fuerza para penetrar el mango, la cantidad de fracturas iba disminuyendo. Estudios en fresas y manzanas indican que la resistencia adicional ofrecida a la fractura y la mayor rigidez de las muestras pre-tratadas podría ser consecuencia de la mayor cantidad de azúcar presente dentro de la estructura celular como resultado del procesado osmótico junto con la posterior deshidratación (Contreras 2006). Al comparar el producto deshidratado con el producto fresco se observó una disminución de la cantidad de fracturas, lo que concuerda con (Zhumi 2012) donde en un estudio con papaya indicó que esto pudo estar relacionado con el grado de maduración y el no haber recibido el proceso de escaldado, ya que se espera que los productos sometidos a mayor temperatura haya una mayor pérdida de firmeza.

Análisis físicos y químicos de mango fresco, mango deshidratado por osmo-convección y deshidratado por convección. Se realizó una separación de medias para todos los parámetros. En el caso de A_w se observó que las muestras fueron diferentes estadísticamente puesto que sus variaciones en valor de A_w fueron amplias entre ellas (Cuadro 14). El tratamiento con menor valor de A_w fue el de convección, seguido del tratamiento de osmo-convección y el mango fresco. Esto concuerda con el estudio de Zuluaga *et al.* (2010) donde su tratamiento con menor valor de A_w fue el de secado directo, es decir, convección. Este comportamiento puede estar relacionado a que cuando se somete el mango a soluciones osmóticas tiene a perder menos agua ya que el azúcar crea una permeabilidad en las células provocando la reducción de la pérdida de agua.

Para el pH, se encontraron diferencias estadísticas entre todos los tratamientos siendo el tratamiento con osmo-convección el que obtuvo un pH más ácido. Según Pereira (2005), este efecto se le atribuye a la solución osmótica y su concentración. Así mismo, en este tratamiento se aplicó ácido ascórbico, lo que también tuvo relación para que el pH disminuyera. El mismo efecto se observó en un estudio realizado en aguacates donde con la adición de ácido ascórbico se logró la reducción del pH del producto final (Tepper 2012).

En los sólidos solubles se obtuvieron diferencias significativas entre todos los tratamientos (Cuadro 14), donde el mayor valor de sólidos se obtuvo con el tratamiento con osmo-convección y esto es gracias a la inmersión en solución osmótica azucarada, puesto que ninguno de los demás tratamientos estuvo en contacto con azúcar. Rosas y Fernandez (2012) explican que esto se debe a que en una deshidratación osmótica existen dos tipos de transferencia de masa la difusión del agua del alimento a la solución y la difusión de sólidos de la solución al alimento, por lo tanto, incrementa su porcentaje de sólidos solubles después de su tratamiento.

Para la textura, en el parámetro de ciclo de dureza se observa que hubo diferencias estadísticas entre todos los tratamientos, siendo el tratamiento de convección el que tuvo mayor valor (Cuadro 14), es decir, para este tratamiento se requerirá más fuerza de compresión para su ruptura. Este fenómeno es debido a que tuvo mayor pérdida de agua, por lo tanto el endurecimiento de su superficie fue mayor (Zhumi 2012). Para el caso del tratamiento osmo-convectivo su ciclo de dureza fue menor al relacionarlo con el convectivo, esto es porque posee azúcar en su estructura, lo que provoca que posea una textura gomosa y no tan dura como el tratamiento convectivo.

Para rendimiento, el tratamiento con mayor rendimiento fue el de osmo-convección (22%) y esto se debe a como se mencionó anteriormente, se forma una capa permeable a causa del azúcar de la solución osmótica lo que provoca dificultad en la salida del agua del producto por lo tanto, una mayor retención de la misma, a diferencia del tratamiento por convección (15%) que debido a que perdió más agua, redujo su peso disminuyendo así su rendimiento.

La cantidad de fractura arrojó datos que fueron estadísticamente diferentes entre el mango fresco en comparación con al mango que se le aplicó tratamiento. En el mango fresco se obtuvieron valores de cantidad de fracturas más altas en comparación a los otros tratamientos y esto se le atribuye a la cantidad de agua presente en la muestra. Al aplicar temperatura a las muestras, su cantidad de fracturas se reducen por la pérdida de agua. Contreras (2006) indicó que este efecto se produjo por la cantidad de azúcar presente dentro de la estructura celular debido al tratamiento osmótico y convectivo que se le dio al mango ya que este produjo una textura gomosa en el mango.

En el caso de fracturabilidad, los resultados mostraron diferencias significativas entre el mango fresco y el mango con tratamientos. Este resultado es similar al parámetro de cantidad de fracturas ya que se ve influenciado por la cantidad de agua que está presente en el alimento. Como explica Toro (2000) en su estudio realizado en piñas, mientras menos agua tenga el producto, mayor va a ser su fracturabilidad ya que su estructura es más sólida en comparación al mango fresco, es por esto que este tiene el menor valor de fracturabilidad.

Para el promedio de picos, se obtuvieron resultados estadísticamente diferentes siendo el tratamiento por convección el que obtuvo el valor más alto. Agudelo *et al.* (2013) atribuye este comportamiento a la pérdida de agua y la temperatura de secado convectivo. Torres (2007) explica que aplicando sólidos al tratamiento de deshidratación se obtuvo una mejor textura del producto ya que el contenido de azúcar no permitía que su estructura fuera menos firme.

Cuadro 14. Resultados de análisis físicos y químicos de mango fresco, deshidratado por osmo-convección y deshidratado por convección

Trt ¹	A _w	SS ⁶ (°Brix)	R ⁷ (g)	pH	T ⁸ (N)
F ²	0.98 ± 0.01 ^{a5}	18.64 ± 0.48 ^c	-	3.54 ± 0.10 ^a	0.67 ± 0.40 ^c
O ³	0.56 ± 0.06 ^b	84.80 ± 1.85 ^a	22.39 ± 0.50 ^a	3.09 ± 0.05 ^c	4.10 ± 1.56 ^b
C ⁴	0.47 ± 0.01 ^c	41.64 ± 0.92 ^b	15.56 ± 0.57 ^b	3.29 ± 0.02 ^b	7.52 ± 4.01 ^a

¹Tratamiento ²Fresco ³Osmo-convectivo ⁴Convectivo ⁵Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05) ⁶Sólidos solubles ⁷Rendimiento ⁸Textura

Análisis sensorial. Este análisis fue aplicado a 60 panelistas no entrenados en donde se colocaron dos muestras, una con secado convectivo y sin osmosis y la otra tratada con ósmosis y con secado convectivo. A ambas muestras se les evaluaron parámetros sensoriales de apariencia, color, sabor, textura y aceptación. Una vez obtenidos los datos de los panelistas se realizó una separación de medias Duncan con 5% de probabilidad.

Los resultados de apariencia no mostraron diferencias significativas. De igual manera (García *et al.* 2014) mencionó en su estudio realizado con carambolas y papayas que no obtuvo diferencias significativas para este atributo. Esto sucedió también con un estudio realizado en kiwi donde mencionaron que no hubo diferencia significativa entre los kiwis tratados con osmosis y los que no se les aplicó el tratamiento, resaltando que la apariencia es el atributo que más causa impacto a la hora de escoger, por parte del consumidor ya que está directamente relacionado con la calidad del producto.

En sabor, se observaron diferencias estadísticas entre las muestras evaluadas. Los panelistas optaron por la muestra por osmo-convección ya que muestra una nota de 7.06 siendo mayor que la muestra por convección. Para este parámetro, los panelistas comentaron que el sabor de la muestra por osmo-convección fue muy agradable porque era dulce en comparación con la muestra convección donde indicaron que estaba muy acida. Resultados similares se mostraron en un estudio realizado en mangos con tratamiento osmótico con miel, el cual indicó que esta preferencia podría ser atribuible a la dulzura de los tratamientos debido a la migración de sólidos del almíbar de miel al interior de los mangos (Díaz 2014)

En cuanto a color, las muestras fueron estadísticamente similares pese a que muchos panelistas comentaron que la muestra convección presentó un color más atractivo (amarillo verdoso) a comparación al de la muestra por convección. En esta última los panelistas indicaron que la muestra poseía un color muy opaco y algunos de los cubos que analizaron se mostraron cafés y esto provoca que el panelista lo calificara como quemado o un producto de baja calidad dándole así una menor puntuación. Como lo indica (Moreno *et al.* 2014) en un estudio con tomates, los panelistas prefieren un color más cercano al color del producto fresco.

Para textura, los resultados indican diferencias estadísticas entre muestras y los panelistas mencionaron que la muestra por convección fue de textura muy dura y difícil de masticar en comparación con la muestra por osmo-convección, donde definieron su aceptación comentando que la muestra tenía una textura gomosa y agradable. Este comportamiento fue similar al de Sanjinez (2010) en un estudio de kiwi con deshidratación osmótica y adición de cloruro de calcio, en el cual se indicó que en el atributo textura, hubo diferencia significativa entre las muestras con deshidratación osmótica y cloruro de calcio, siendo preferidas las muestras tratadas con adición de cloruro por presentar textura más firme al relacionarlas con las muestras sin deshidratación osmótica.

Finalmente para el parámetro de aceptación, los panelistas se inclinaron por la muestra por osmo-convección, lo que produjo diferencias significativas, dándole así un mayor puntaje (6.83) en relación con la muestra por convección. Esto indicó que los panelistas optan por productos con mayor dulzura ya que gracias al tratamiento con osmosis, se obtiene una textura gomosa, sabor dulce y mejor aceptación del producto final.

Cuadro 15. Resultados de separación de medias para todos los parámetros evaluados en el análisis sensorial.

Trt ⁶	Apariencia	Sabor	Color	Textura	Aceptación
	Media + D.E ²	Media + D.E	Media + D.E	Media + D.E	Media + D.E
C ⁴	6.0500±1.82 ^{a1}	5.4667±1.95 ^b	6.4333±1.89 ^a	5.0667±1.99 ^b	5.8167±1.57 ^b
O ⁵	6.0333±1.85 ^a	7.0667±1.81 ^a	6.2833±2.03 ^a	6.3667±1.90 ^a	6.8333±1.50 ^a
CV ³	16.00	21.10	29.16	20.66	26.87

¹Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05) ²Desviación estándar. ³Coeficiente de variación (%).⁴Convección ⁵Osmo-convección ⁶Tratamientos

Vida útil. Se evaluaron parámetros físicos y químicos del mejor tratamiento obtenido por la optimización del método de superficie de respuesta. El producto final estuvo almacenado a temperatura ambiente en una bolsa PET/Met por 30 días. Se observó que a través del tiempo las variables sólidos solubles y textura no tuvieron un cambio tan relevante. Los parámetros como color, pH y A_w sí se mostraron cambios significativos a través del tiempo.

Para la variable color se mostró un aumento a través del tiempo para L* y para ángulo de matiz y croma los cambios fueron mínimos (Figura 11). El color L* disminuyó 40% por efecto del tiempo de almacenamiento. Este comportamiento fue semejante al estudio de Reis *et al.* (2006) donde su valor de L* también disminuyó atribuyendo este efecto al aumento del oscurecimiento no enzimático que ocurre lentamente a temperatura ambiente. Indicó también que este cambio se acentúa más después de los 60 días de almacenado el producto. Para ángulo de matiz, los valores redujeron un 10% lo cual coincidió con un estudio realizado en manzanas empacadas al vacío donde indicaron que la disminución fue ligera y que no llegó a ser crítico (Cortés and Chiralt 2008). Para el atributo de croma, su valor disminuyó a través del tiempo siendo un 21% su reducción al relacionarlo con el valor del día 0. Álvarez and Corzo (2012) en una investigación con mangos demostraron que al igual que en este estudio, el valor de croma disminuyó por efecto del tiempo de secado, reduciendo así su intensidad a lo largo del proceso obteniendo un producto más opaco que el inicial. Según Oquendo (2007), estos cambios en color se producen debido a la degradación o pérdida de pigmentos propios del fruto además del desarrollo del pardeamiento enzimático durante el proceso.

En cuanto a la A_w, los valores incrementaron un 8% a través del tiempo en comparación de los valores en el día 0. Al igual que Reis *et al.* (2006) en su investigación donde la A_w mostró un aumento significativo durante su almacenamiento, sin embargo, mantuvo su rango para evitar el crecimiento de microorganismos (Figura 12).

Para la variable de pH su valor aumento un 7% en comparación al pH del producto en el día 0. Esto concuerda con los resultados de Reis (2006), donde el pH de su producto aumentó y esto se debe a que el aumento de agua en el producto a través del tiempo provoca una dilución de los ácidos presentes en el producto, aumentando así su valor en pH (Figura 12)

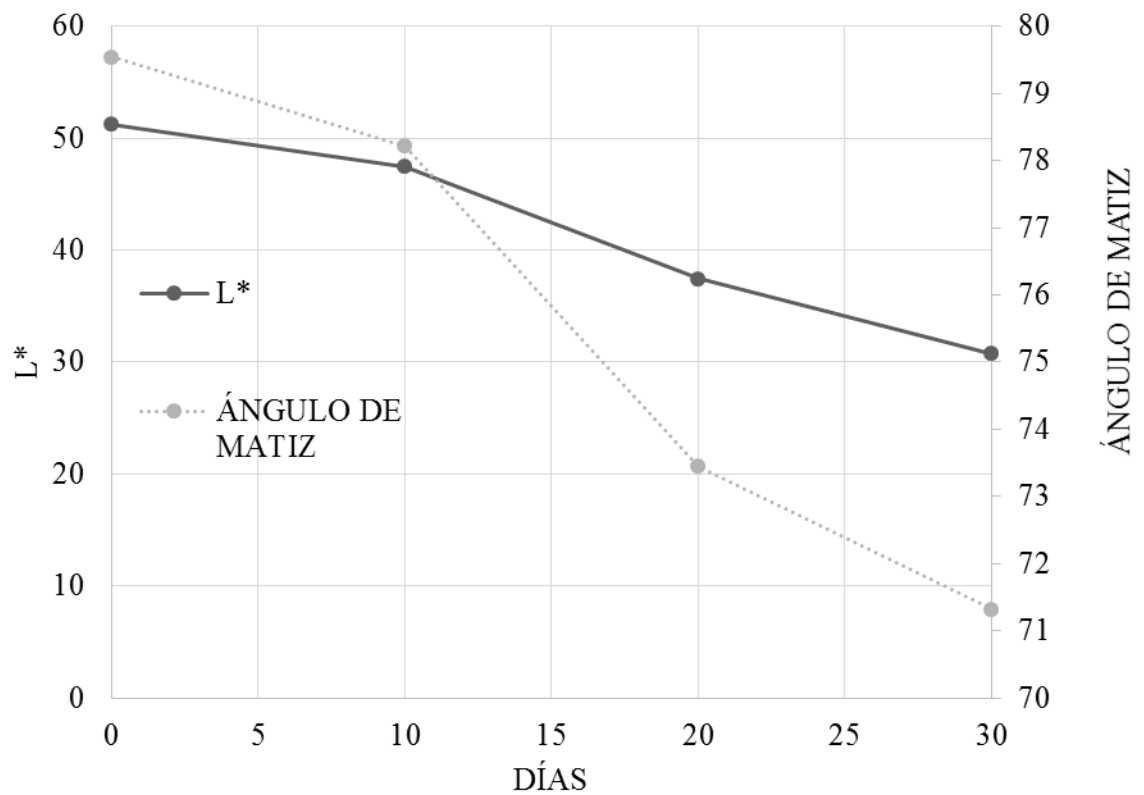


Figura 11. Resultados de cambio en color L* y ángulo de matiz en vida útil

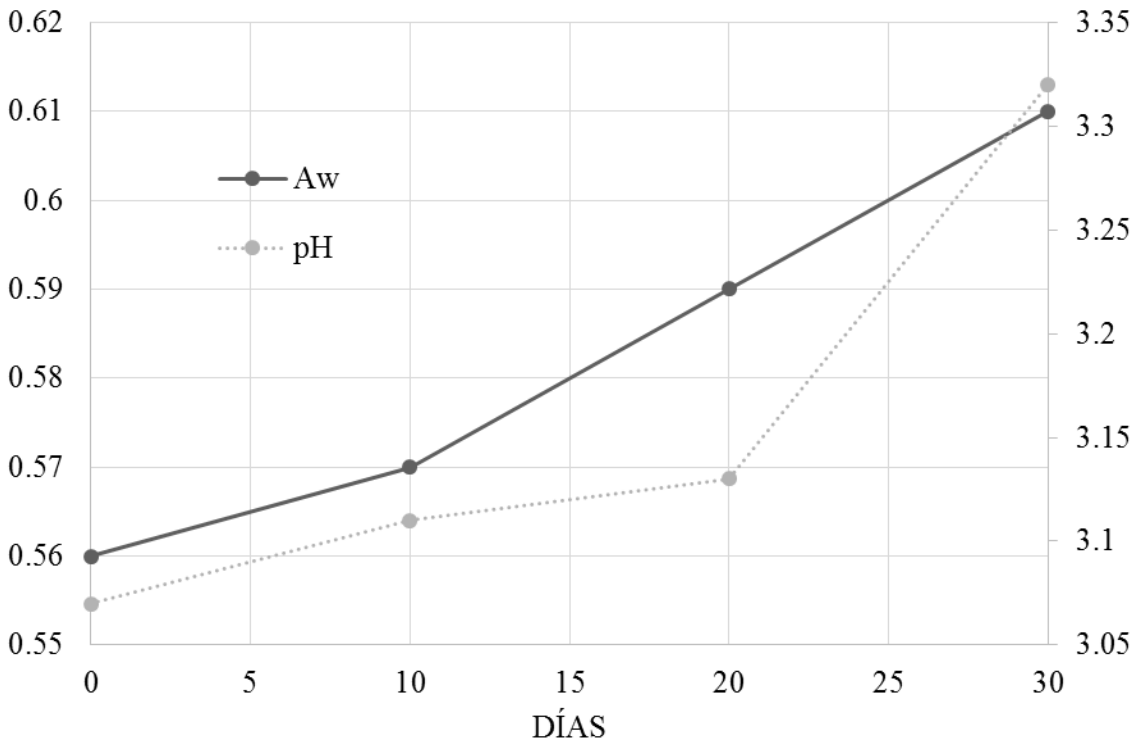


Figura 12. Resultados de cambio en Aw y pH en vida útil

Para los resultados de color se obtuvo que el tratamiento por osmo-convección fue el que tuvo menor valor en cuanto a color L^* . Su color disminuyó de 56 a 37 en relación al mango fresco, lo que quiere decir que el producto final presentó una coloración más oscura y opaca (Figura 13). En cuanto al ángulo de matiz, el tratamiento de osmo-convección también fue el que obtuvo menor valor ya que se redujo de 91 a 72 (Figura 14), siendo también más oscuro. Zuluaga *et al.* 2010 obtuvo resultados similares lo cual lo atribuye a la formación de corteza en la superficie del producto como consecuencia de los azúcares de la solución osmótica provocando la caramelización al momento de realizar el secado convectivo y esta reacción provoca un oscurecimiento en el producto final.

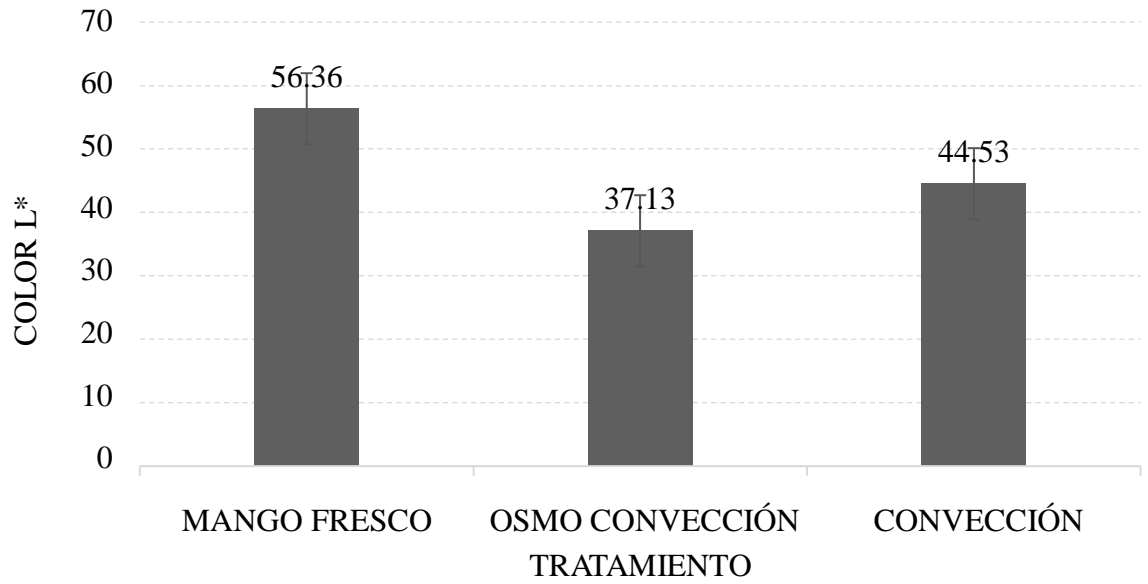


Figura 13. Resultados de color L* para mango fresco, mango deshidratado por osmoconvección y mango deshidratado por convección.

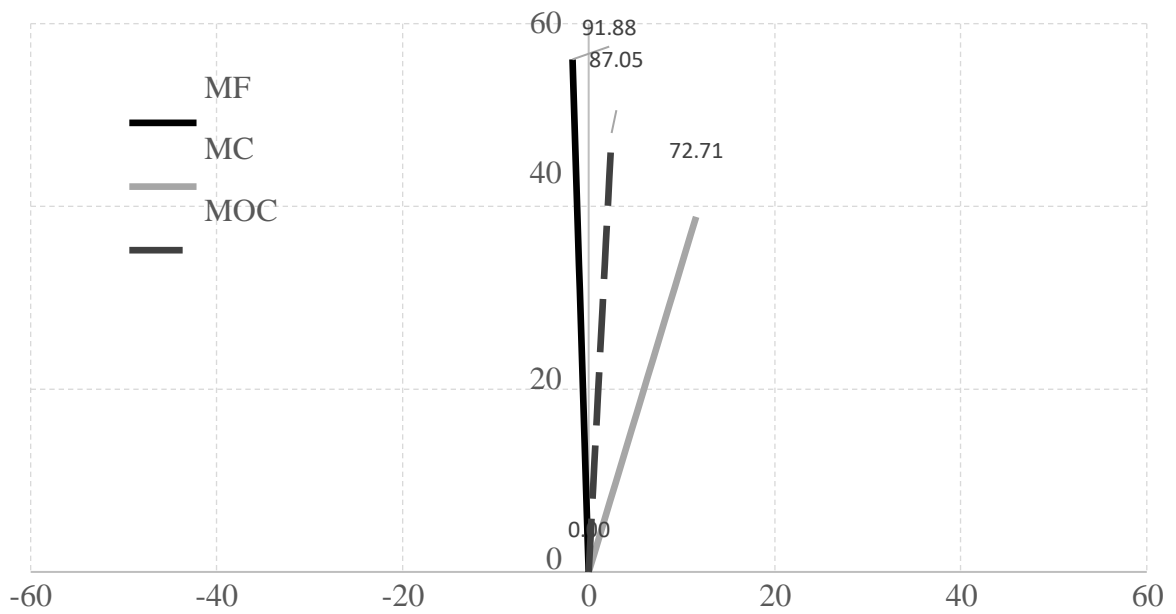


Figura 14. Ángulo de matiz y croma para mango fresco, mango deshidratado por osmoconvección y mango deshidratado por convección.

Análisis de costos. Se estimaron los costos variables entre ambos tratamientos para determinar cuál poseía los costos variables más bajos resultando así, el tratamiento por convección fue el más barato ya que su costo fue de \$4.34/kg de mango deshidratado (Cuadro 16) en comparación al tratamiento por osmo-convección donde su costo fue de \$9.85/kg de mango deshidratado. Sin embargo, el tratamiento por osmo-convección es el más aceptado por los consumidores ya que es un tratamiento más dulce y con mejor textura.

Cuadro 16. Resultados de análisis de costos entre tratamiento osmo-conveectivo y conveectivo

Materiales	Osmo-convección			Convección		
	Canti da d	¹ P rec i o (L.)	Cost o (L.)	Canti da d	P rec i o (L.)	Cost o (L.)
Mango	400 kg	10	4,000	400 kg	10	4000
Agua	1,000 kg	1.5	1,500	0	1.5	0
Azúcar	400 kg	20	8,000	0	20	0
Ácido Ascórbico	100 kg	50	5,000	0	50	0
Mano de Obra	8 h	254	2,032	8 h	254	2,032
Energía	8.4 kW/h	0.81	7	8.4 kW/h	0.81	6.80
Total (L.)			20,539.00			6,038.80
Rendimiento	90 kg		228.21	60 kg		100.64
Total (\$/ kg)			9.85			4.34

¹Lempiras. Cambio de lempiras a dólares: 23.15

4 .CONCLUSIONES

El mejor tratamiento se obtuvo con 27.95 horas de inmersión y 13.77 horas de secado convectivo.

Se encontraron diferencias en todos los parámetros físicos y químicos entre ambos tratamientos que estuvieron relacionados principalmente con la pérdida de agua y la solución osmótica.

El mango deshidratado por osmo-convección fue el más aceptado sensorialmente por su sabor dulce y textura gomosa.

Se produjeron cambios en A_w , pH y color en el mango deshidratado por osmo-convección después de un mes de su elaboración.

El tratamiento con los costos variables más bajos fue el tratamiento por convección debido al uso de pocos ingredientes en su proceso.

5. RECOMENDACIONES

Evaluar los cambios que se producen en el mango deshidratado a distintas temperaturas de secado convectivo.

Analizar las diferencias físicas y químicas con diferentes concentraciones de azúcar de la solución osmótica.

Estudiar los efectos en los parámetros físicos y químicos del mango utilizando otros tipos de antioxidantes.

Realizar análisis microbiológicos del mejor tratamiento y compararlo con un deshidratado convectivo.

6. LITERATURA CITADA

- Agudelo C, Igual M, Talens P, Martínez N. 2013. Aplicación de un método de secado combinado para la obtención de porciones de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) de alta calidad [Tesis]. Universidad Politécnica de Valencia-Valencia. 22 p.
- Agüera R. 2010. Métodos de conservación de los alimentos [Internet]. España [accessed 2016 Sep 15]. <http://www.fpsanidad.es/apuntes/anf/conservacion.pdf>
- Álvarez C, Corzo O. 2012. Estudio de la variación del color en láminas de mango (*Mangífera indica* L.) variedad hilacha, en tres estadios, durante el secado a diferentes condiciones [Tesis]. Universidad de Oriente-Nueva Esparta. 8 p.
- Alvis A, García C, Dussán S. 2016. Cambios en la Textura y Color en Mango (Tommy Atkins) Pre secado por Deshidratación Osmótica y Microondas. Información tecnológica [accessed 2016 Ago 10]. 27(2):31-38 eng <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v27n2/art05.pdf>
- Alzamora S, Guerrero S, Nieto A, Vidales S. 2004. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas [internet]. Roma:FAO; [accessed 2016 Sep 5]. <http://www.fao.org/docrep/008/y5771s/y5771s02.htm>
- Andrade S, Neto B, Nóbreg A, Azoubel P, Guerra N. 2007. Evaluación del agua y los coeficientes de difusión de sacarosa durante la deshidratación osmótica de jenipapo (*Genipa americana* L.). J Food Eng. [accessed 2016 Sep 28] 78:551-555 eng. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612007000100007
- Artero G. 2015. Elaboración de jugo funcional de guayaba (*Psidium guajava* L.) a partir de mermas y coproductos de la producción de guayaba en El Salvador. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 42 p.
- Baeza A. 2009. Deshidratador de tomates utilizando energía geotérmica para ensenada B.C. [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de México- México D. F. 135p.
- Bambicha R, Agnelli M, Mascheroni R. 2012. Optimización del proceso de deshidratación osmótica de calabacita en soluciones ternarias [Tesis]. Universidad Nacional de La Plata-Ciudad de la Plata. 16 p.

Brookfield. SF. Operating Instructions. Estados Unidos. [accessed 2016 Ago 28]. http://www.elscolab.com/sites/elscolab/files/uploads/6f/Brookfield_Manual_Software_TextureProCT.pdf

Calvo M. 2013. Bioquímica de los alimentos [internet]. Madrid. [accessed 2016 Sep 10]. Available from: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/enzimas/tirosinasa.html>.

Contreras C. 2006. Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas [Tesis]. Universidad de Valencia-Valencia. 233 p.

Cortés M, Chiralt A. 2008. Cinética de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificada con vitamina E [Tesis]. Universidad de Antioquia-Medellín. 9 p.

De Loma-Ossorio E, Jené X, Castillo R, Ganoza V. 2000. Estudio de la industria agroalimentaria en Honduras: opciones de cooperación técnica y empresarial. San José(Costa Rica): IICA [accessed 2016 Jun 12] <http://repiica.iica.int/docs/BV/AGRIN/B/E21/XL2000600271.pdf>

Della P. 2010. Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente [Tesis]. Universidad Tecnológica Nacional-Buenos Aires. 181 p.

Díaz A, Perdomo A. 2015. Caracterización físico-química y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica*) del occidente de Honduras. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 51 p.

Diaz E. 2014. Efecto de la temperatura de deshidratado y de la variedad de mango en las características físicas, químicas y sensoriales de una mezcla de miel con fruta [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 30 p.

Domene M, Segura M. 2014. Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria; [accessed 2016 Sep 12]. (005):1-16. eng. <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transferecia/005-calidad-interna-1410512030.pdf>

Duque L, Giraldo A, Mejía L. 2007. Variación del color en mango, mora y uchuva en diferentes tratamientos de deshidratación osmótica [Tesis]. Universidad Quindío-Armenia. 8 p.

García A, Pérez E, Romero N, Sandoval L. 2014. Evaluación de la calidad sensorial de frutos tropicales deshidratados. Rev. Fac. Agron. Maracaibo 1:719-729. eng http://revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_2014/ta/tasup112014719729.pdf

García J. 2005. Determinación de los parámetros técnicos y evaluación sensorial en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) variedad Haden y champiñón (*Agaricus bisporus*) en la Escuela Agrícola Panamericana [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 52 p.

Huete M, Arias S. 2007. Proyecto de diversificación económica rural. Manual de producción. Manual para la producción de mango. 1ra ed. La Lima(Honduras). [accessed 2016 Jun 15]. http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Manual_Producc_Mango.pdf

Huete M, Rivera M, Melgar J, Espinoza H, Herrera J, Aguilar H, Cuellar E, Alfonso J, Ramirez T, Morales R, Portillo D, Fernández D. 2008. Proyecto de Capacitación y Asistencia Técnica para el Mejoramiento y de la Competitividad de los Pequeños y Medianos Productores de Vegetales Orientales y Mango en el Valle de Comayagua Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica L.*) en Honduras. 1ra ed. La Lima(Honduras). [accessed 2016 Jun 30]. 76 p.

Kumar A, Vir S. 2014. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. J of Food Sci and Tech. [accessed 2016 Ago 20]. 51:3-7 eng <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4152536/>

LAB-FERRER. 2004. Actividad de agua en los alimentos. España [accessed 2016 Sep 26]. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/actividad-del-agua.pdf>

Leiva D. 2012. Evaluación del efecto de la combinación de tecnologías de deshidratación aplicadas en tejido de piña sobre el consumo energético del proceso y la calidad del producto terminado [Tesis]. Universidad de La Sabana-Chía. 171 p.

Maskan M. 2000. Air and microwave finish drying of banana. J. Food Eng. [accessed 2016 Ago 28]. 44 (2): 71-78. Eng. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877499001673>

Moreno A, León D, Giraldo G, Ríos E. 2010. Análisis del perfil de compuestos volátiles del mango (*mangifera indica L.* Var. Tommy Atkins) tratado por métodos combinados. Rev. Col. de Química [accessed 2016 Jun 10] 39(1):1-8 eng <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/16134>

Moreno D, Sierra H, Díaz C. 2014. Evaluación de parámetros de calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial en tomate deshidratado comercial (*Lycopersicon esculentum*). Rev. U. D. C. A. Act. & Div. Cient. Bogotá 17(1): 131-138. eng. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n1/v17n1a15.pdf>

Pereira E, Machado M, Borges S, Maia M, Augusta I. 2008. Influencia del agente osmótico en la composición fisicoquímica y en la cinética de secado de la manzana Gala. Rev. Cie. Agron. Ceará 39(1):173-176. eng. <http://www.redalyc.org/pdf/1953/195317606026.pdf>

Pérez L, Martínez C. 2014. Técnicas para el deshidratado de mango [internet]. Sinaloa. [accessed 2015 Jun 1]. Available from: <http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/811/Tecnicas%20para%20el%20de%20shidratado%20de%20mango.pdf>

Ramírez R, Quijada O, Castellano G, Burgos M, Camacho R, Marín C. 2010. Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica L.*) en el Municipio Mara en la planicie de Maracaibo. Rev. Iber. Tec. Post. [accessed 2016 Jun 19]. 10(2):65-72 eng. <http://www.redalyc.org/pdf/813/81315091002.pdf>

Reis R, Ramos A, Regazzi A, Minim V, Stringueta P. 2006. Almacenamiento de mango secado: análisis fisicoquímico, microbiológico, color y sensorial. Cie. Tec. Alim. [accessed 2016 Sep 26]. 5(3): 214-225. eng <http://www.redalyc.org/pdf/724/72450307.pdf>

Ríos M, Márquez C, Ciro J. 2005. Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya L.*) en cuatro agentes edulcorantes. Rev. Fac. Nal. Agron. Medellín 58(2):2998-3002. eng. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472005000200013

Rocha G. 2009. Obtenção e Caracterização de Filmes Biodegradáveis a partir de Misturas de Amido de Mandioca e Extrato Protéico de Soja [Disertación]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-Rio de Janeiro. 75 p.

Rosas M, Fernández J. 2012. FTIR aplicada durante la deshidratación osmótica de mango Ataufo (*Mangifera indica L.*) Soc. Mex. Cien.Tecn. Super. Mat. [accessed 2016 Sep 23]. 25(1):8-13. eng. http://smcsyv.fis.cinvestav.mx/supyvac/25_1/SV2510812.pdf

Sanjinez E, Branco I, Takito S, Corbari J. 2010. Influencia en la deshidratación osmótica y de la adición de cloruro de calcio en la conservación de kivis minimamente procesados. Cienc. Tecnol. Aliment. Dourados 30(1). eng. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000500031

- Sergent E. 1999. El cultivo del mango ("*Mangifera indica*" L.): Botánica, manejo y comercialización. 1ra ed. Caracas(Venezuela). [accessed 2016 Jul 17]. <https://books.google.hn/books?id=wjkAXsaeSg0C&pg=PA310&lpg=PA310&dq=sergent+t+cultivo+de+mango+botanica+y+manejo&source=bl&ots=IszPr42-Er&sig=JYGJmH5H-U1dGVWPj0aeGM8wtq0&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiCuZTNkNbPAhWGdD4KHZDkAkkQ6AEILjAE#v=onepage&q=sergent%20cultivo%20de%20mango%20botanica%20y%20manejo&f=false>
- Sluka E. 2015. Conserva de mango (*Mangifera indica* L.) por deshidratación combinada. Rev. Agron. Noreste Argent. [accessed 2016 Sep 2]. 35(1):45-49. eng. http://www.faz.unt.edu.ar/ranar/ranar351_06.pdf
- Swisscontact. 2014. Análisis rápido de la cadena de valor de mango en el Golfo de Fonseca, Honduras. 1ra ed. Valle de Comayagua(Honduras). [accessed 2016 Jun 10]. <http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2015/06/Cadena-Mango-Comayagua.pdf>
- Tepper P. 2012. Transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de palta cv fuerte [Tesis]. Universidad de Chile-Santiago de Chile. 79 p.
- Toro L. 2000. Influencia del procesamiento de la piña variedad *Cayena lisa* cambiando las operaciones de impregnación a vacío, deshidratación osmótica y secado con aire caliente, sobre características de textura, color y propiedades fisicoquímicas en un producto tipo snack [Tesis]. Universidad de La Sabana-Chía. 138 p.
- Torres J. 2007. Optimización de la condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango (*Mangifera indica* L.) [Tesis]. Universidad de Valencia-Valencia. 342 p.
- Urfalino D, Quiroga A. 2011. Desarrollo de técnicas combinadas de secado para la obtención de duraznos deshidratados con bajo contenido de sulfitos. Rev. Inv. Agr.[accessed 2016 Sep 23]. 37:165-171. eng. <http://www.redalyc.org/pdf/864/86421189009.pdf>
- X-Rite. 2002. Guía para entender la comunicación del color [internet]. Michigan. [accessed 2016 Sep 9] Available from: http://www.mcolorcontrol.com/archivos/L10-001_Understand_Color_es.pdf.
- Zhumi M. 2012. Efecto del estudio de tecnologías combinadas en las características físicas, químicas y sensoriales de papaya (*Carica papaya* L.) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-San Antonio de Oriente. 29 p.

Zuluaga J, Cortés M, Rodríguez E. 2010. Evaluación de las características físicas de mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia-Medellín. 8 p.

7. ANEXO

Anexo 1. Hoja utilizada en análisis sensorial

NOMBRE: _____ FECHA: _____

INSTRUCCIONES: Frente a usted hay dos muestras de mango deshidratado. Usted debe probar cada muestra y marcar con una X en los espacios correspondientes según las características mencionadas en escala de 1 al 9, siendo 1 extremadamente desagradable y 9 extremadamente agradable.

Muestra _____

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Apariencia									
Color									
Sabor									
Textura									
Aceptación general									

Muestra _____

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Apariencia									
Color									
Sabor									
Textura									
Aceptación general									

¿Cuál de las dos muestras prefiere? _____

COMENTARIOS:

¡MUCHAS GRACIAS!