

**Efectos de deshidratación por osmo-
convección en las características físico-
químicas y sensoriales de mango (*Mangifera
indica* Var. Kent)**

Hugo José Encalada Mora

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efectos de deshidratación por osmo-
convección en las características físico-
químicas y sensoriales de mango (*Mangifera
indica* Var. Kent)**

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

Presentado por

Hugo José Encalada Mora

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Noviembre, 2015

Efectos de deshidratación por osmo-convección en las características físico-químicas y sensoriales de mango (*Mangifera indica* Var. Kent)

Presentado por:

Hugo José Encalada Mora

Aprobado:

Jorge Cardona, Ph.D.
Asesor principal

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

Juan Ruano, D.Sc.
Asesor secundario

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efectos de deshidratación por osmo-convección en las características físico-químicas y sensoriales de mango (*Mangifera indica* Var. Kent)

Hugo José Encalada Mora

Resumen: La deshidratación por osmo-convección es la combinación de dos métodos para la remoción y reducción de agua presente en el alimento, alargando su vida de anaquel. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de soluciones osmóticas previo al secado de mango. Mango (Kent) fue tratado en soluciones osmóticas de agua, azúcar y ácido ascórbico, a dos concentraciones (45 y 65 brix), en dos relaciones de fruta/solución (1/3 y 1/5) y posterior, dos tipos de secado (solar y artificial). Los tratamientos se compararon contra dos controles (mango deshidratado por convección) en un diseño incompleto al azar con un total de 30 unidades experimentales. Se evaluó peso, color, pH, sólidos solubles, Aw y características sensoriales. El contenido de humedad se redujo en mayor cantidad en el tratamiento control, mientras que el uso de osmo-convección permitió asociar agua con azúcar obteniendo mayor rendimiento de fruta deshidratada. La osmo-convección aumentó la acidez y mantuvo las características de color de los tratamientos. El tipo de secado (solar o artificial) no presentó diferencias, por lo que, se determinó que el tratamiento 1/3 (relación fruta/solución) y 45 grados brix (1/3-45B) fue el mejor por menor unos de insumos cumpliendo parámetros de acidez y actividad de agua para un producto deshidratado. El producto tratado por osmo-convección (1/3-45B) tuvo mayor aceptación que el control dado que fue mejor evaluado en todos los aspectos a excepción de olor. Más estudios deben explorar diferentes soluciones osmóticas y su aplicación es ésta y otras frutas.

Palabras clave: Fruta, ósmosis, secado, soluciones osmóticas.

Abstract: The osmo-convection drying is the combination of two methods for the removal and reduction of water present in the food, extending its shelf life. The aim of this study was to evaluate the effect of using osmotic solutions prior to drying mango. Mango (Kent) was treated in osmotic solutions of 45 to 65 degrees brix using water, sugar and ascorbic acid in two relations of fruit/ solution (1/3 and 1/5) and two types of convection drying (solar and artificial). Treatments were compared against two controls (mango dried by convection) in an incomplete randomized design with a total of 30 experimental units. Weight, color, pH, soluble solids, Aw and sensory characteristics were evaluated. The moisture content was reduced most in the control treatment while using osmo-convection associate sugar water allowed obtaining higher yields of dried fruit. The osmo-convection increased acidity and kept the color characteristics of the treatments. The type of drying (solar or artificial) had no differences, so it was determined that the treatment 1/3 (fruit / solution) and 45 degrees brix (1/3-45B) was the best retail each input fulfilling parameters of acidity and water activity for a dehydrated product. The treated product by osmo-convection (1/3-45B) had greater acceptance control since it was better evaluated in all aspects except for smell. Further studies should explore different osmotic solutions and their implementation is this and other fruits.

Keywords: Drying, fruit, osmosis, osmotic solutions.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS	19

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Diseño experimental del proceso osmótico durante la deshidratación de mango..	3
2. Diseño experimental del proceso convectivo durante la deshidratación de mango	4
3. Peso y concentración de sólidos solubles de mango (var. Kent) durante proceso osmótico.	6
4. Actividad de agua y potencial de hidrógeno de mango (var. Kent) durante proceso osmótico.	7
5. Atributos de color (L a* b*) de mango (var. Kent) durante proceso osmótico.....	7
6. Peso y concentración de sólidos solubles de mango (var. Kent) durante proceso de convección.	8
7. Actividad de agua y potencial de hidrógeno de mango (var. Kent) durante proceso de convección.	9
8. Atributos de color (L a* b*) de mango (var. Kent) durante proceso de convección.	10
9. Análisis de costos de los dos mejores tratamientos de osmo-convección y los tratamientos control.	13
Figuras	Página
1. Curvas de color del mango variedad Kent durante las fases del proceso de osmo-convección, inicial, osmótica y de convección, y control (convección), deshidratado por secado artificial o solar	11
2. Atributos sensoriales del mango deshidratado variedad Kent de los mejores tratamientos de osmo-convección y el mejor tratamiento del control en el análisis sensorial de aceptación hedónica con escala de 9 puntos.....	12
Anexos	Página
1. Hoja para sensorial de prueba hedónica de aceptación	19

1. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica*) es una de las frutas tropicales más consumidas en el mundo y es una fruta que va incrementando el área de producción año tras año alrededor del mundo, por su adaptabilidad a cualquier tipo de suelo (EROSKI, 2014). Las áreas plantadas y la productividad han incrementado en un 3.52% y 5.95%, respectivamente (Zuluaga, et al , 2000). Se estimó que la producción total de mango fue de 28.8 millones de toneladas para el 2014, abarcando el 35% del total de las frutas tropicales quedando como la fruta tropical de mayor producción en conjunto con la piña. La mayor producción mundial de mango la tiene India con el 40% del total, y el país latino Americano con la mayor producción es México con 1.5 millones de toneladas (5.5%), incrementando a una tasa del 12% de producción total anual (FAO, 2012).

El mercado en todo el mundo es abastecido a lo largo del año concentrando la mayor oferta en los meses de abril a septiembre por los países del hemisferio norte como México, además de India, China y Tailandia que principalmente se destina al consumo interno, mientras que, el resto del año, entre los meses de noviembre y marzo, el mercado es abastecido principalmente por países del hemisferio sur como Ecuador, Perú, Brasil y Sudáfrica (Mincetur, 2013). Los países de mayor demanda de mango son Estados Unidos y la Unión Europea (Manjavacas, 2012).

En Honduras el 62% de la producción nacional se concentra en el valle de Comayagua, y, el precio de este producto se encuentra alrededor de 500 Lempiras para 110 libras de mango (Kent) de tamaño mediano y 300 Lempiras para el mango de tamaño pequeño (FHIA, 2015). Debido a la alta demanda anual y por su condicional estacional de cosecha, se han buscado maneras para que el mango se encuentre disponible y que se preserve a lo largo del año, utilizando técnicas como la congelación o la deshidratación. (Sluka, 2013).

La deshidratación es un proceso utilizado desde épocas antiguas con el fin de preservar y alargar la vida de frutas debido a la disminución de la actividad de agua. Actualmente existen varias técnicas de deshidratación de mango sumamente utilizadas en nuestros países, entre estas están la deshidratación de aire caliente, deshidratación al aire libre, deshidratación solar, deshidratación osmótica, entre otras (Perez & Martinez, 2013).

La técnica de deshidratación de osmo-convección surge a través de disminuir el tiempo de secado y que el producto tenga mayor cantidad de sólidos solubles, es por esta razón que estudios muestran que la combinación entre la deshidratación osmótica y deshidratación por convección resulta factible para el uso industrial, e incluso brinda ciertos beneficios extras que se desean revelar en estudios actuales. (Babic et al., 2009).

La deshidratación osmótica se lleva a cabo combinando masa y, por gradiente de concentraciones, el cuerpo a deshidratar cede agua a la solución y adhiere sólidos al mismo alterando su estructura (Cantanilla, 2008). La ósmosis o transporte activo, es un fenómeno que ocurre en la naturaleza con el objetivo de equilibrar materia y energía, por lo que existen dos tipos de ósmosis, la hipertónica y la hipotónica. La ósmosis hipertónica, es cuando la concentración de solutos es mayor en el medio comparado a lo que ingresa al medio, y la hipotónica es cuando la concentración de solutos es menor en el medio comparado a lo que ingresa al medio (Rivaldi, 2007).

La deshidratación por convección utiliza aire caliente, ya sea artificial, en donde el aire es calentado por resistencias, o, por paneles solares que del mismo modo calienta el aire pero en una cámara donde se concentra el calor previo a atravesar por el alimento a deshidratar. (Zuluaga et al., 2000). Generalmente el método de secado solar es indirecto ya que la cámara de secado está separada de la cámara colectora de energía solar y se requiere de ventilación o movimiento de aire para acelerar el proceso, además este equipo necesita colocarse de manera que los rayos solares peguen en el panel a lo largo del día (Mendoza, 2012)

Se estima que alrededor del mundo las pérdidas de mango son del 12% desde la producción hasta la venta minorista, además, el fruto que se desecha no es el único que ocasiona pérdidas monetarias, sino también la degradación del mango en clase 1 y clase 2. (Madrid, 2011). En Honduras, la época de cosecha se da en los meses de julio, agosto y mediados de septiembre pero también, presentan sobreproducción con respecto a la capacidad que tiene de comercialización, proceso o almacenamiento del mango (Ureña et al. 2007).

La Escuela Agrícola Panamericana promueve el estudio de técnicas alternativas de mínimo proceso y conservación, favoreciendo al desarrollo de flujos de proceso para alargar la vida del producto y dar más tiempo a la comercialización. Por ende como objetivos se tuvo:

- Evaluar el efecto de deshidratación por osmo-convección en las características fisicoquímicas y sensoriales de mango.
- Comparar las relaciones de fruta/solución, concentración de soluciones en el producto final y tipo de secado.
- Analizar el costo de producción de ambas técnicas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. El estudio se realizó en los meses de agosto y septiembre en el laboratorio de química de la Planta Hortofrutícola y los análisis físico-químicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos del departamento de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.

Diseño experimental. Para la primera fase del experimento (secado osmótico) se usó un diseño completo al azar con arreglo factorial incompleto de 3×2 , con 3 relaciones de fruta/solución (1/3, 1/5 y 1/0) y 2 concentraciones de solución (45 y 65 grados Brix) para un total de 5 tratamientos evaluados por triplicado (Cuadro 1). Las unidades experimentales se sometieron al tratamiento osmótico durante 24 horas y 25 grados centígrados aproximadamente. Para la segunda fase (secado por convección), se usó un diseño completamente al azar con arreglo factorial incompleto de $3 \times 2 \times 2$, con 3 relaciones de fruta/solución (1/3, 1/5 y 1/0), 2 concentraciones de solución (45 y 65 grados Brix) y 2 tipos de secado (artificial y solar). Los tratamientos 1/0 fueron evaluados como dos controles (sin ósmosis), por lo tanto un total de 10 tratamientos evaluados por triplicado (Cuadro 2).

Cuadro 1. Diseño experimental del proceso osmótico durante la deshidratación de mango.

Relación mango/solución	Concentración (°Brix)	
	45	65
1/3	TRT ¹ 1	TRT 2
1/5	TRT 3	TRT 4
1/0	TRT 0 (Control)	

¹TRT: tratamiento.

Preparación de unidades experimentales. El mango que se usó en este experimento fue la fruta del cultivar Kent por su disponibilidad y características de cosecha tardía, tales como menor concentración de sólidos de la fruta, y menor acidez. La forma que se le dio al mango fue de cortes realizados de forma cúbica con dimensiones entre 1 a 1.2 centímetros cúbicos. Y se usó una cantidad de 100 gramos por cada unidad experimental.

Soluciones osmóticas. Las soluciones osmóticas se compusieron de agua con sacarosa y ácido ascórbico (0.05%), a 45 o 65 grados Brix, a relaciones de fruta/solución de 1/3 o 1/5. El tiempo en que fueron sometidas a solución fue de 24 horas a temperatura ambiente (Giraldo et al., 2005).

Cuadro 2. Diseño experimental del proceso convectivo durante la deshidratación de mango.

Relación	Concentración	Tipo de deshidratación	
		Artificial	Solar
1/3	45	TRT ¹ 1 A	TRT 1S
	65	TRT 2 A	TRT 2S
1/5	45	TRT 3 A	TRT 3S
	65	TRT 4 A	TRT 4 S
1/0	N/A ²	TRT 0 A	TRT 0 S

¹TRT: tratamiento. ²N/A: No aplica.

Tipo de deshidratación. El tiempo de deshidratación que se colocó la fruta luego del tratamiento de ósmosis fue de 8 horas por 2 días a 60 °C en el deshidratador convencional, y en la deshidratadora solar fue de 8 horas por 2 días al igual que el secado artificial pero a una temperatura que varió de rango entre 37 y 66 °C. Se midió la temperatura en el deshidratador solar durante cada hora que transcurrió en el proceso por convección solar.

Análisis de color. El análisis de color fue realizado a través del uso de una aplicación llamada ColorAssist. Se tomó 10 datos por cada unidad experimental, dentro de una caja lumínica elaborada con cartón y fondos blancos donde se colocaron las muestras para captar la imagen. La aplicación muestra datos en RGB, y usando esos datos con Excel 2010, convirtió a Cie L a* b* por medio de modelos matemáticos. Los datos de L, a*, y b* sirvieron como coordenadas para calcular Matiz y Cromo, que representa la inclinación y longitud de la línea respectivamente.

Medición de peso. Se analizó medición de masa inicial, posterior al tratamiento osmótico y final del proceso de convección para calcular el rendimiento que se obtuvo por el uso de estas técnicas. Para este análisis se ocupó una balanza analítica y se pesaron todas las unidades experimentales antes y después de los procesos.

Análisis de pH. La medición de pH se realizó por el método AOAC 945.42, ajustado para el tamaño de muestra con el potenciómetro del laboratorio de análisis de alimentos de Zamorano. Se colocó 2 gramos de unidad experimental previamente macerada por el mortero, con 20 ml de agua, se agito durante 10 minutos a temperatura ambiente y se tomó el dato donde se lavó el electrodo y se lo secó, luego se lo sumergió en la muestra. Se presionó el botón pH y se esperó a la lectura. Entre muestra y muestra se presionó STANDBY y se lavó el electrodo con agua destilada.

Análisis de sólidos solubles. La medición de sólidos solubles se realizó por el método AOAC 932.12 en donde se usó un refractómetro Pocket Refractometer-pal-3-RTM-01. Donde se maceró 2 gramos de unidad experimental con ayuda de un mortero y se lo colocó en el refractómetro para su respectiva medición en grados Brix.

Análisis de actividad de agua. Para el análisis de actividad de agua se usó el Aqualab por el método AOAC 978.18. Se calibró la máquina, se molieron 2 g de cada una de las unidades experimentales con sus tratamientos, se lo colocó en la cámara de lectura y se giró la perilla.

Análisis sensorial. Para el análisis sensorial se realizó la prueba hedónica de aceptación con escala de 9 puntos el cual se analizó color, olor, textura, acidez, sabor y aceptación general, además se le pidió al panelista que colocara al final el orden de preferencia. Al panelista se le entregó tres muestras con 3 gramos cada una, la de los dos mejores tratamientos de osmo-convección y la mejor de los tratamientos sin ósmosis.

Análisis de costos. Se realizó un análisis de costos únicamente que involucran ingredientes y gastos energéticos en los dos mejores tratamientos de osmo-convección y a los dos tratamientos control.

Análisis estadísticos. Se utilizó el programa S.A.S. (Statistical Analysis System), del cual se utilizó el cuadro de salida ANDEVA y una separación de medias ajustadas (L MEANS) para determinar el mejor tratamiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase de Ósmosis.

Resultados de Peso. El peso se vio afectado por la concentración de grados brix utilizado en los tratamientos ($P=0.0009$) pero no se vio afectado por la relación de fruta/solución ($P=0.0068$). Los tratamientos con mayor concentración mostraron mayor pérdida de peso por ende el tratamiento 1/5 65, dentro de la fase osmótica, fue el que obtuvo mayor reducción de peso, visto en el cuadro 3. Esto se debió al intercambio y equilibrio de materia en solución, y a más alta la relación entre fruta/solución hubo más interacción de cantidad de solución para cada unidad de fruta (Sarmiento et al., 2010).

Resultados de grados Brix. Los resultados de la concentración de grados brix o sólidos solubles se diferencian estadísticamente en la concentración de los tratamientos ($P<0.0001$), pero no se vio afectado en cuanto a la relación de fruta/solución de los tratamientos ($P=0.6909$). Al usar mayor concentración de tratamientos, mayor cantidad de agua que se removió de la fruta y cedió a la solución, apreciado en el cuadro 3. Debido al intercambio de agua y masas solubles que buscaron equilibrarse (Gongora, 2012).

Cuadro 3. Peso y concentración de sólidos solubles de mango (var. Kent) durante proceso osmótico.

Relación	Concentración	Peso	°Brix
1/3	45	82.67±1.15 ^b	27.50±0.92 ^a
	65	80.17±1.25 ^{bc}	34.97±2.12 ^b
1/5	45	78.50±2.18 ^c	27.17±2.34 ^a
	65	73.00±2.65 ^d	36.17±1.16 ^b
1/0	N/A ²	100.0±0.00 ^a	08.33±0.76 ^c
CV ³ (%)		2.508	5.769

¹Promedios con letras distintas (abc) en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P<0.05$). ²N/A No aplica. ³Coefficiente de Variación.

Resultados de actividad de agua. Los resultados de actividad de agua durante el proceso de ósmosis, fueron estadísticamente iguales en todas las variables, por lo que indicó que la concentración ($P=0.8276$) no fue una fuente de variación y la relación de fruta/solución ($P=0.0433$) afectó en la actividad de agua como se notó en el cuadro 4 y que se redujo aproximadamente 0.050 con respecto al mango inicial (Rios et al., 2005).

Resultados de pH. Para potencial de hidrógeno durante la fase osmótica, se diferenció estadísticamente entre relaciones de fruta/solución ($P=0.0056$), y fueron iguales estadísticamente en cuanto a la concentración ($P=0.3476$). Por lo que los tratamientos redujeron en mayor cantidad el potencial de hidrógeno cuando hay mayor cantidad de medio para la cantidad de fruta, como se muestra en el cuadro 4. Debido a que el ácido ascórbico usado en las soluciones ayudó a acidificar la fruta en alrededor 0.70 de pH para la relación 1/5 y 0.60 aproximadamente para la relación 1/3, comparados con el mango inicial (Rocca & Mascheroni, 2011).

Cuadro 4. Actividad de agua y potencial de hidrógeno de mango (var. Kent) durante proceso osmótico.

Relación	Concentración	Aw	pH
1/3	45	0.916±0.01 ^{b1}	4.35±0.09 ^b
	65	0.917±0.01 ^b	4.30±0.07 ^{bc}
1/5	45	0.917±0.01 ^b	4.20±0.03 ^c
	65	0.919±0.01 ^b	4.18±0.03 ^c
1/0	N/A ²	0.965± 0.01 ^a	4.87±0.14 ^a
CV ³ (%)		1.119	1.427

¹Promedios con letras distintas (abc) en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P<0.05$). ²N/A No aplica. ³Coficiente de Variación.

Resultados de Color. Para los resultados de color de la fase de ósmosis mostraron que no hubo diferencia con respecto a “L*” ($P=0.5790$), pero si hubo diferencia en cuanto a los valores de “a*” ($P=0.0726$) y “b*” ($P=0.0041$). Visto en el cuadro 5. No existió una tendencia marcada en cuanto a los tratamientos pero los resultados mostraron que el uso de ósmosis mantuvo las características de color, esto se debió a que las soluciones osmóticas ayudaron a que polifenol oxidasa no interactúe con los carotenos de la fruta gracias a que se usó ácido ascórbico, donde evitó dicha interacción. (Guerrero, 2009)

Cuadro 5. Atributos de color (L a* b*) de mango (var. Kent) durante proceso osmótico.

Relación	Concentración	L	a*	b*
1/3	45	62.99±5.48	8.55±2.00 ^b	64.68±6.03 ^a
	65	65.27±6.72	12.57±4.01 ^a	61.19±5.04 ^{ab}
1/5	45	64.4±5.32	9.23±1.52 ^b	63.94±4.90 ^a
	65	64.25±5.89	9.63±1.57 ^{ab}	66.21±4.94 ^a
1/0	N/A ²	63.80±6.03	10.26±3.32 ^a	66.23±9.33 ^a
CV ³ (%)		9.900	5.714	3.250

¹Promedios con letras distintas (abc) en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P<0.05$). ²N/A No aplica. ³Coficiente de Variación.

Fase de Convección.

Resultados de Peso. Para los resultados de peso en el proceso de convección, el peso se vio afectado por la concentración de grados brix utilizados en los tratamientos ($P < 0.0001$) y por la relación de fruta/solución ($P < 0.0001$), pero no mostraron diferencia en cuanto al tipo de secado ($P = 0.8378$). Los tratamientos al final del proceso redujeron su peso, debido a que perdió agua a lo largo del experimento y se vio mayormente reducida en los tratamientos que no pasaron por ósmosis (Cuadro 6), debido a que entraron directamente a la fase de convección. Pero la semejanza estadística en variable secado, mostró que no afectó a los tratamientos. En el cuadro 6. se observó que la mayor reducción de peso se vio en los tratamientos 1/0 con secado artificial y solar, ya que no pasaron por un tratamiento osmótico y la cantidad de agua libre no se alteró, por lo cual se extrajo con mayor facilidad que con los tratamientos con fase osmótica (Aredo, et al., 2012).

Resultados de sólidos solubles. Los resultados en el proceso de convección para la concentración de grados brix o sólidos solubles se diferencian estadísticamente en la concentración de los tratamientos ($P = 0.0033$), pero no se vio afectado en cuanto a la relación de fruta/solución de los tratamientos ($P = 0.3207$), ni por el tipo de secado ($P = 0.4383$) así que los tratamientos en la fase de convección no se ven alterados de acuerdo al tipo de secado, pero visto en el cuadro 6. la concentración final de sólidos es mayor a menor uso de concentración en la solución, debido a que el ósmosis se alteraron las fases acuosas del medio en solución por lo que cuando hay más concentración en el medio, la cantidad de agua libre se pasa a agua ligada al interactuar con el azúcar del medio. (Parzanese, 2006).

Cuadro 6. Peso y concentración de sólidos solubles de mango (var. Kent) durante proceso de convección.

Relación	Concentración	Secado	Peso	°Brix
1/3	45	artificial	27.33±1.15 ^{c1}	82.60±2.91 ^a
		solar	28.33±1.16 ^c	81.30±7.35 ^a
	65	artificial	32.00±2.00 ^b	81.33±1.00 ^{ab}
		solar	32.00±1.00 ^b	78.40±4.29 ^a
1/5	45	artificial	33.00±0.03 ^{ab}	83.40±4.92 ^{ab}
		solar	33.33±3.06 ^{ab}	81.40±4.04 ^{ab}
	65	artificial	35.67±2.33 ^a	76.63±4.42 ^{ab}
		solar	34.33±2.08 ^{ab}	75.37±2.73 ^b
1/0	N/A ²	artificial	18.00±2.00 ^d	73.63±3.18 ^b
		solar	17.33±1.53 ^d	75.20±3.05 ^b
CV ³ (%)			6.043	5.206

¹Promedios con letras distintas (abc) en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). ²N/A No aplica. ³Coefficiente de Variación.

Resultados de actividad de agua. Para los resultados durante el proceso de convección fueron estadísticamente diferentes en todas las variables, por lo que indicó que la concentración ($P<0.0001$), la relación de fruta/solución ($P=0.7856$), y el tipo de secado afectaron en la actividad de agua y como se mostró en el cuadro 7., se obtuvieron medias diferentes en los tratamientos 1/0 solar y el tratamiento 1/0 artificial comparado con el resto de los tratamientos, dichas medias se encontraron debajo de 0.550, ambos son los que menor actividad de agua obtuvieron y para el resto de los tratamiento son estadísticamente diferentes pero todos se encuentran en un rango de 0.670-0.720 lo cual es una barrera contra microorganismos, evitando y/o retardando el crecimiento y desarrollo de ellos. (Giraldo et al., 2005).

Resultados de pH. Durante la fase de convección, se diferenció estadísticamente entre relaciones de fruta/solución ($P=0.0007$), y en la concentración ($P<0.0001$), pero no son diferentes en cuanto al tipo de secado ($P=0.5190$). Los tratamientos que tuvieron fase osmótica y convección tienen un pH menor a 4.6 lo cual fue un indicador de inhibición de crecimiento microbiano, mientras que los tratamientos que únicamente se encontraron en la fase inicial y convección tuvieron un pH mayor a 4.6 como se apreció en el cuadro 7, y se debió a que no recibieron tratamiento osmótico, los resultados denotaron que existió una reducción del potencial de hidrógeno a partir de la fase osmótica y se mantuvieron al pasar por la fase de convección. El potencial de hidrógeno fue reducido o acidificado cuando el mango está en la fase osmótica debido a que se encontró en solución de azúcar con ácido ascórbico y agua. (Baroña, 2004).

Cuadro 7. Actividad de agua y potencial de hidrógeno de mango (var. Kent) durante proceso de convección.

Relación	Concentración	Secado	Aw	pH
1/3	45	artificial	0.721±0.007 ^{a1}	4.30±0.07 ^b
		solar	0.704±0.005 ^b	4.20±0.07 ^c
	65	artificial	0.712±0.003 ^c	4.18±0.05 ^d
		solar	0.698±0.003 ^c	4.17±0.03 ^c
1/5	45	artificial	0.689±0.005 ^{ab}	4.10±0.03 ^c
		solar	0.676±0.006 ^{bc}	4.13±0.03 ^c
	65	artificial	0.707±0.004 ^b	4.11±0.07 ^c
		solar	0.697±0.008 ^{bc}	4.15±0.09 ^c
1/0	N/A ²	artificial	0.516±0.015 ^d	4.67±0.02 ^a
		solar	0.496±0.013 ^d	4.69±0.06 ^a
CV ³ (%)			1.193	1.302

¹Promedios con letras distintas (abc) en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P<0.05$). ²N/A No aplica. ³Coefficiente de Variación.

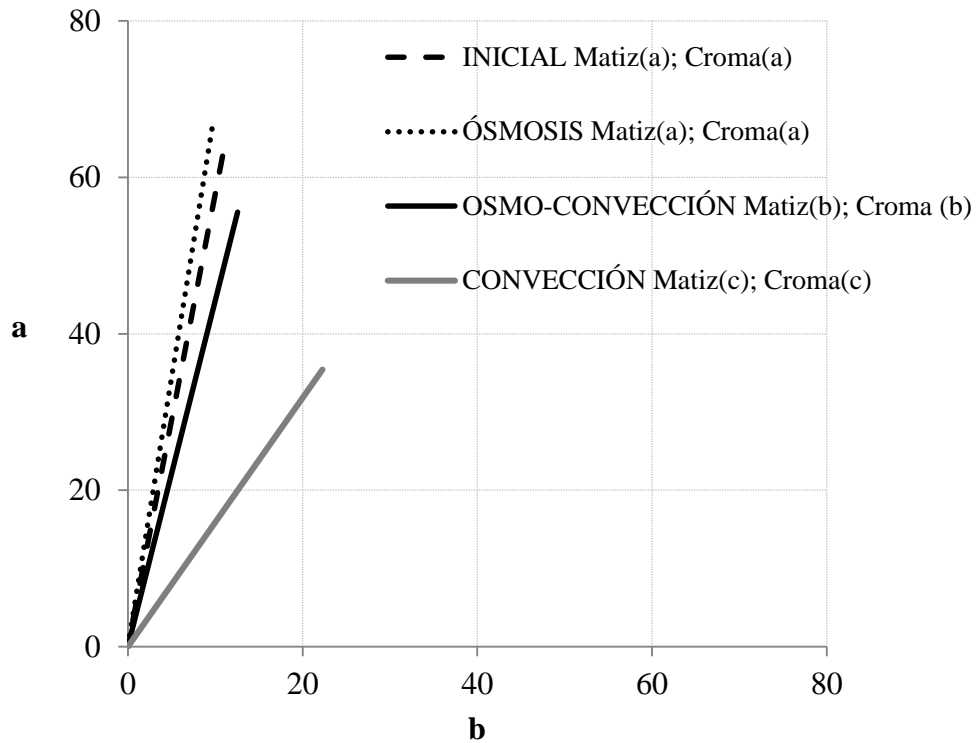
Resultados de color. Para los atributos de color se evaluaron por medio de los rangos de color de Cieblab los cuales son, “L” el cual mostró diferencia significativas ($P<0.0001$) mostró que el uso de soluciones osmóticas previo a la convección evitó el oscurecimiento del producto, en cuanto “a” ($P<0.0001$) y “b” ($P<0.0001$) son diferentes estadísticamente

debido a que el uso de ósmosis evita la reducción de los valores tanto de “a” como de “b” en el primer cuadrante como pasa en el tratamiento control que mostró el cuadro 8., y así dirigiéndose a tonalidades cafés oscuros producto de la polifenol oxidasa, por ende mostraron diferencia significativa ($P < 0.0001$) en la pureza cromática del tratamiento control y mejor pureza los tratamientos de osmo-convección mientras que el mango al inicio del proceso fue semejante del mango posterior a la fase osmótica, mientras que la inclinación Matiz mostró diferencia significativa ($P < 0.0001$) generando que el tratamiento osmótico se asemejó a inclinación inicial como se notó en la figura 1., y a su vez evitó una alta disminución del ángulo apuntando a colores más cafés nuevamente mencionado se ocasionó gracias a polifenol oxidasa (Menjivar & Vanegas, 2014).

Cuadro 8. Atributos de color (L a* b*) de mango (var. Kent) durante proceso de convección.

Relación	Conc. ⁴	Secado	L	a*	b*
1/3	45	artificial	59.75±5.65 ^a	10.19±6.04 ^{cd}	57.00±6.51 ^{bc}
		solar	57.00±4.48 ^{ab}	12.68±4.53 ^c	56.31±7.81 ^{bc}
	65	artificial	59.24±6.98 ^b	10.84±9.17 ^{cd}	59.99±4.81 ^a
		solar	57.04±5.79 ^b	13.02±4.18 ^{bc}	56.16±7.20 ^{bc}
1/5	45	artificial	54.97±5.20 ^a	13.08±5.65 ^{bc}	57.23±4.84 ^b
		solar	55.47±3.69 ^{ab}	13.90±3.07 ^{bc}	54.39±3.62 ^c
	65	artificial	53.10±5.55 ^{ab}	15.85±5.47 ^b	54.68±4.85 ^{bc}
		solar	56.93±5.54 ^c	12.54±4.18 ^c	55.55±5.72 ^{bc}
1/0	N/A ²	artificial	40.80±7.05 ^d	22.26±7.46 ^a	35.43±9.72 ^e
		solar	46.26±5.42 ^d	6.71±11.31 ^d	51.61±4.30 ^d
CV ³ (%)			10.137	5.607	3.332

¹Promedios con letras distintas (abc) en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). ²N/A No aplica. ³CV Coeficiente de Variación. ⁴Concentración



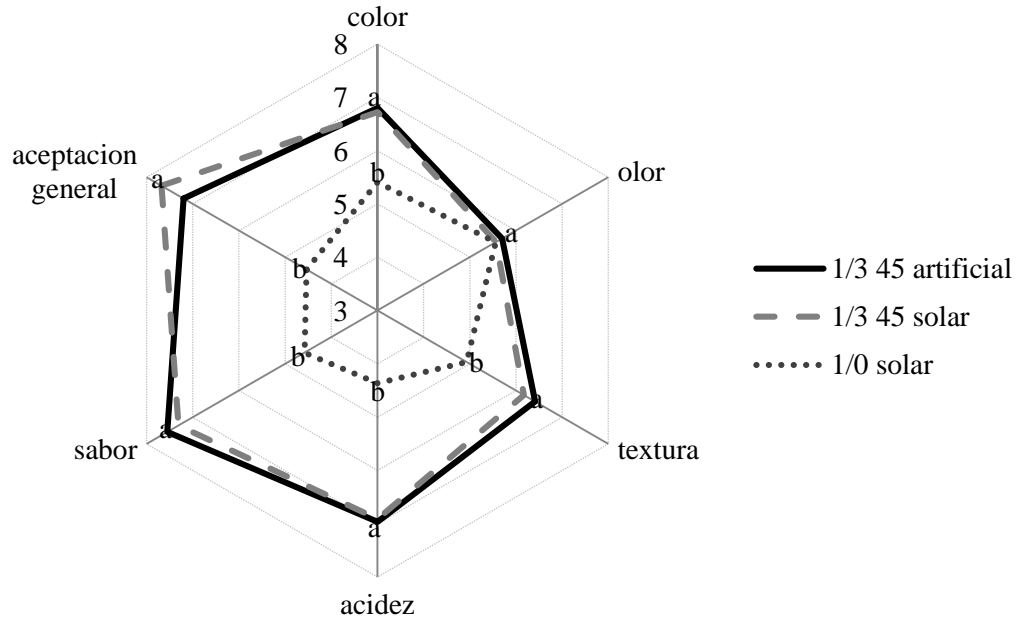
Coefficiente de Variación² (%): Hue: 7.627; Croma: 7.653.

Figura 1. Matiz (H) y croma de mango (var. Kent) durante el proceso de osmo-convección y convección tradicional.

¹Promedios con letras distintas (abc) en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05).

²Coefficiente de Variación.

Resultados de análisis sensorial. Para el análisis sensorial se tomó los dos mejores tratamientos de osmo-convección, y un tratamiento control, para el cual se determinó que los tratamientos 1/3 de relación, 45 °brix de concentración y ambos tipos de secado, resultaron en base a análisis físico-químicos y costos que son los dos mejores tratamientos de osmo-convección, y el tratamiento control por secado artificial, por ende, el análisis sensorial de aceptación hedónica de 9 puntos donde se usó el formato del Anexo 1., presentó diferencia significativa en 5 parámetros para los tres tratamientos evaluados, color (P<0.0001), textura (P<0.0001), acidez (P<0.0001), sabor (P<0.0001), y aceptación general (P<0.0001), el cual el tratamiento 1/3 45 solar y artificialmente no percibe diferencias por los consumidores mientras que el tratamiento control fue diferente sensorialmente en estos cinco atributo, por ende los productos con tratamiento osmótico tuvieron mayor aceptación que el control, pero no existió diferencia significativa en el atributo olor (P= 0.715), véase en la figura 2.



Coefficiente de Variación² (%): Color: 16.86; Olor: 21.52; Textura: 19.24; Acidez: 17.50; Sabor: 14.94; Aceptación general: 14.19

Figura 2. Atributos sensoriales de mango deshidratado (var. Kent).

Resultados de análisis de costos. En el análisis de costo para deshidratar 2 kg de fruta en base al 50% de la capacidad del equipo, se tuvo un costo fijo de L.50.00 para los tratamientos con secado artificial y L.0.00 para los tratamientos con secado solar. Se pudo observar (Cuadro 8) que el insumo con mayor precio fue el azúcar por la cantidad utilizada en las soluciones. Los costos de producción de fruta deshidratada por osmo-convección fueron mayores debido a que usar soluciones osmóticas representó un gasto para la producción pero se obtuvieron rendimiento de aproximadamente 100% más de fruta deshidratada comparados con los tratamiento control (Cuadro 3). Por otra parte, es importante reiterar que los tratamientos más aceptados por los consumidores fueron los de osmo-convección. De acuerdo con los resultados de este experimento se espera tener un rendimiento de 600 g aproximadamente con los tratamientos por osmo-convección y 300 g aproximadamente con los tratamientos control por cada 2000 gramos de fruta fresca, donde colocando en presentaciones de 50 g por bolsa se espera obtener 12 y 6 bolsas de fruta deshidratada respectivamente, además dando un precio de L. 25.00 por bolsa se esperan retornos de L. 300.00 para fruta por osmo-convección y L. 150.00 para fruta secada por convección únicamente. La ganancia neta depende del tipo de secado para lo cual si se usa secado artificial aumenta el costo en L.50.00.

Cuadro 9. Análisis de costos de los dos mejores tratamientos de osmo-convección y los tratamientos control.

Ingredientes	1/0 A		1/0 S		1/3 45 A		1/3 45 S	
	Q ¹ (Kg)	CV ² (L.)	Q (Kg)	CV (L.)	Q (Kg)	CV (L.)	Q (Kg)	CV (L.)
Mango	2.00	20.00	2.00	20.00	2.00	20.0	2.00	20.00
Azúcar	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	54.0	2.70	54.00
Agua	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	5.00	3.30	5.00
Ácido ascórbico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1.50	0.03	1.50
Total (L. ³)		20.00		20.00		80.50		80.50
Total (\$ ⁴)		0.91		0.91		3.65		3.65

¹ Cantidad ²CV Costo variable ³L. Lempiras. ⁴\$ Dólares de Estados Unidos. ⁵

4. CONCLUSIONES

- La deshidratación por osmo-convección brindó mejor rendimiento, aumentó la acidez y mantuvo el color de las muestras.
- El uso de mayor relación de fruta/solución y tipo de secado (solar o artificial) no marcaron diferencias en el producto.
- El costo de deshidratar mango por osmo-convección fue cuatro veces mayor que los tratamientos de únicamente convección con respecto a su costo variable, pero se obtuvo 100% más de rendimiento.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar características microbiológicas del producto final.
- Evaluar la vida de anaquel del producto.
- Realizar estudios con otras frutas y vegetales probando diferentes soluciones osmóticas.

6. LITERATURA CITADA

Aredo, V., Arteaga, A., Benites, C., & Gerónimo., W. 2012. Comparación entre el secado convección y osmo-convección en la pérdida de vitamina C de Aguaymanto con y sin pre-tratamiento de NaOH. *Agroind Sci* 2, 126-127

BABIĆ, M., BABIĆ, L., RADOJČIN, M., & PAVKOV, I. 2009. Sustainable energy model of the sucrose solution concentrating. Novi Sad: Original scientific paper.

Baroña, M. L. 2004. Mangos secados a través de ósmosis.

Cantanilla, J. 2008. Ósmosis. Obtenido de Saber.ula: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/32969/8/Lectura8.pdf>

EROSKI. 2014. Mango. Retrieved from Eroski consumer: <http://frutas.consumer.es/mango/>

FAO. 2012. La producción mundial de fruta tropical alcanzará 82 millones de toneladas en 2014. mundial: *Agronoticias América Latina y el Caribe*.

FHIA. 2008. Guía para el cultivo del mango en Honduras. 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 Comayagua.

FHIA. 2015. Sistema de información de mercados de productos agrícolas de Honduras (SIMPAH). Tegucigalpa: SIMPAH edificio secretaria de agricultura y ganadería.

Giraldo, G., Chiralt, A., & Fito, P. 2005. Deshidratación osmótica de mango. Aplicación al escarchado. Cali: *Ingeniería y Competitividad*, vol. 7, núm. 1.

Gongora, M. 2012. secado osmo-convectivo con aire caliente de rodajas de carambolo. Santiago de Cali: universidad del valle.

Guerrero, C. 2009. Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol oxidasa extraída del banano mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico . Medellín: Universidad nacional de Colombia.

Manjavacas, M. 2012. La producción mundial de fruta tropical alcanzará 82 millones de toneladas en 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/agronoticias/agronoticias/detalle/en/c/159358/>.

Madrid, M. 2011. Reduciendo pérdidas poscosecha y mejorando la calidad de la fruta.

Mendoza, A. 2012. Cocina con el sol. Obtenido de gastronomía solar: <http://gastronomiasolar.com/deshidratador-solar-secado-alimentos/>

Menjivar, J. A., & Vanegas, A. 2014. Efecto del ácido etilendiaminotetraacético en la actividad de la polifenol oxidasa en puré de mango (*Mangifera indica* var. Haden). Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieras en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura.

Mincetur. 2013. Perfil del mercado y competitividad exportadora del mango. Perú.

Parzanese, M. 2006. Deshidratación ósmotica. Alimentos argentinos.

Pérez, L., & Martínez, C. 2013. Técnicas para el deshidratado del mango. Memoria de capacitación, 7-9 p.

Rios, M., Marquez, C., & Ciro, H. 2005. Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana en cuatro agentes edulcorantes. Medellín : Facultad nacional de Agronomía.

Rivaldi, J. 2007. Ósmosis y presión osmótica. Saragoza : biblioteca UNS.

Sarmiento Espinosa, M., Santacruz Vázquez, C., & Santacruz Vázquez, V. 2010. Deshidratación osmótica y secado convectivo de piña (*Ananas Comosus*). Revista Industria Alimentaria, 2010.

Services, C. H. 1992. South Pacific Commission - Community health services - South Pacific foods. New Caledonia: South Pacific Commission and printed by Stredder Print Limited, Auckland, New Zealand.

Sluka, E. F. 2013. Conserva de mango (*Mangifera indica* L.) por deshidratación combinada. 45-49.

Ureña, A., Gonzales, J., Contreras, R., & Barrantes, E. 2007. Agrocadena de mango. Ministerio de agricultura y ganadería .

Zuluaga, J., Cortes, M., & Rodriguez, E. 2000, Noviembre. Evaluación de las características físicas del mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. Revista de la facultad de ingeniería U.V.C., Vol 25, N° 4, 127-128 p.

Zuluaga, J., Cortes, M., & Rodriguez, E. 2000, Noviembre. Evaluación de las características físicas del mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. Revista de la facultad de ingeniería U.V.C., Vol 25, N° 4, 130 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja para sensorial de prueba hedónica de aceptación.

INSTRUCCIONES

Muchas gracias por su participación en este estudio. Su asistencia es muy apreciada. El objetivo de este estudio es evaluar muestras de Mango Deshidratado. Por favor tómese su tiempo para evaluar las muestras que se te darán. Proceda cuando usted guste.

La degustación tardará alrededor de 10 minutos, en donde se le darán 3 muestras en total. Por favor llenar las siguientes preguntas. Y si usted tiene alguna duda, llamar al monitor que estará en el cuarto. Las letras en **NEGRILLA** le darán direcciones de como completar la evaluación.

NOMBRE: _____ **FECHA:** _____

INSTRUCCIONES

Por favor ingerir galleta soda seguido de un trago de agua antes de evaluar la muestra. Ponga una X en la caja que represente su respuesta.

	Me disgusta Extremadamente			Ni me disgusta Ni me gusta			Me gusta Extremadamente		
Color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Olor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Textura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acidez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
General	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1. ¿Qué te gusto acerca de la muestra?
2. ¿Qué te disgusto acerca de la muestra?

Instrucciones

Seguido de evaluar ambas muestras, coloque el código de la muestra que usted prefiere.

¿Cuál de las muestras prefiere?
