

# CAMBIOS COMPOSICIONALES Y MICROBIOLÓGICOS ASOCIADOS A CICLOS SUCESIVOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE TOMATE DE ÁRBOL

## COMPOSITIONAL AND MICROBIOLOGICAL CHANGES ASSOCIATED WITH SUCCESSIVE OSMODEHYDRATION CYCLES OF TREE TOMATO

CRISTIAN CAMILO VILLA<sup>1</sup>; JHON ALEXANDER NIETO<sup>2</sup>; MAGDA IVONNE PINZÓN<sup>3</sup>

### PALABRAS CLAVES:

Deshidratación osmótica, tomate de árbol, solución osmótica, *Cyphomandra betacea* (Cav) Sendth

### KEYWORDS:

Osmotic dehydration, tree tomato, osmotic solution, *Cyphomandra betacea* (Cav) Sendth.

### RESUMEN

*La deshidratación osmótica (DO) es uno de los procesos más interesantes de aplicar en la industria alimentaria porque que permite la conservación de los productos, al disminuir su actividad de agua, usando la fuerza osmótica de una solución de azúcar, sal u otros materiales. La aplicación de esta técnica a frutas de origen tropical ricas en aromas exóticos como el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendth), muestra tener gran potencial; sin embargo, se ha visto limitada por el problema económico y ambiental que representa el manejo de grandes volúmenes de la solución osmodeshidratante. En este artículo se establece la posibilidad de reutilizar la solución osmótica (SO), en el proceso de DO de cubos deformados de tomate de árbol durante 240 minutos, en una SO de 65°Brix y con una relación solución:fruta de 5:1. En cada ciclo de DO se renovaron los frutos y se reutilizó la SO sin reconcentrar, filtrando cada 4 ciclos. Se analizaron la pérdida de peso y humedad, la ganancia de °Brix, y la disminución de  $a_w$  de los frutos en cada ciclo de DO. Se realizaron recuentos microorganismos mesofilos aerobios, hongos y levaduras a la SO luego de cada ciclo de DO impar. Se encontró que la SO mantiene un carácter deshidratante similar al del primer ciclo de DO durante 7 ciclos sucesivos del proceso y es estable microbiológicamente hasta el noveno ciclo de DO.*

---

Recibido para evaluación: Febrero 6 de 2009. Aprobado para publicación: Mayo 5 de 2009

1 Químico, Universidad del Quindío

2 Químico, Universidad del Quindío.

3 Ph. D Magda Ivonne Pinzon; Directora Laboratorio de Investigaciones en Postcosecha.

## ABSTRACT

*Osmotic dehydration (OD) is one of the most interesting processes to be applied in the food industry because it allows the preservation of products, by reducing their water activity, using the osmotic pressure of a concentrated solution of sugar, salt or other materials. The application of this technique to tropical fruits rich in exotic flavors such as tree tomato (Cyphomandra betacea (Cav) Sendth), have shown great potential, but has been constrained by the economic and environmental problem that represents the management large volumes of the osmotic solution. This article establishes the possibility of reusing the osmotic solution (OS) in the OD process of deformed cubes of tree tomato during 240 minutes in a 65 ° Brix OS, with a solution: fruit rate of 5:1. At each OD cycle the fruits were renovated and the OS was reused without reconcentration filtering every 4 cycles. The weight and moisture loss, the gain of ° Brix, and the decline in  $a_w$  of the fruits in each OD cycle were analyzed. Recounts of aerobic mesophilic microorganisms, fungi and yeasts on the OS were performed after each odd OD cycle. It was found that the OS maintains dehydration character similar to the first cycle of OD for 7 successive cycles of the process and is microbiologically stable until the ninth cycle of OD.*

## INTRODUCCIÓN

La deshidratación osmótica (DO) se constituye en una técnica de fácil aplicación que permite la obtención de productos semiprocesados que conservan la mayoría de sus propiedades organolépticas, además de ser más microbiológicamente; sin embargo, su uso se ha visto limitado debido al problema que representa el manejo de grandes volúmenes la solución osmótica (SO) que si no es reutilizada se considera como desecho industrial creando un problema ambiental relacionado con su alto nivel de  $DBO_5$  y con la gran cantidad de materia orgánica presente [1].

Los principales inconvenientes con el manejo de la SO tienen que ver con el almacenamiento de altos volúmenes que se necesitan, el enturbiamiento de la SO que se genera por el desprendimiento de solutos y partículas de las frutas allí sumergidas; el riesgo de contaminación microbiana cuando ha descendido a niveles inferiores a 60°Brix y el enriquecimiento en sustancias provenientes de alimentos: minerales, vitaminas, aromas y sabores principalmente que además del factor ambiental constituyen una pérdida de materia prima a nivel industrial.

Los jarabes usados y resultantes de la deshidratación que se encuentran enriquecidos con sustancias provenientes de la frutas pueden ser utilizados como

ingredientes de otros productos, tales como néctares, mermeladas, bebidas carbonatadas y en la fabricación de alimentos para animales. [1] [2] [3]; sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado en esta área, abriendo grandes posibilidades de investigación.

El primer paso en la formulación de nuevos productos consiste en evaluar la posibilidad de reutilización de la SO en más de un ciclo de DO teniendo en cuenta que esta es condiciona por su progresiva dilución después de cada ciclo, que puede disminuir la intensidad de la transferencia de masa entre la fruta y la solución [2]. Es importante observar que cualquier cambio en la composición de los frutos deshidratados, cuando se está reutilizando una solución osmótica va a afectar las propiedades del producto final; si hay disminución en la ganancia de sólidos, se va a ver afectado el sabor del producto; si hay disminución en la pérdida de agua la textura del producto final va a cambiar haciéndolo mas blando.

En caso de que se use la deshidratación osmótica como paso intermedio para secar el fruto (aire caliente, vacío, etc.), cualquier cambio en el porcentaje de humedad del producto obtenido al final de la DO, va requerir de un ajuste en los parámetros de secado agregando un costo al proceso.

Otro factor importante a ser tenido en cuenta es la estabilidad microbiana de las soluciones usadas en la DO, aunque su control es más fácil debido a los valores de la actividad de agua ( $a_w$ ) que varían desde 0.90 hasta 0.95 [8] sumados al bajo nivel de pH  $2.66 \pm 0.05$  y al uso de agentes conservantes usados, ácido cítrico y ascórbico, que hacen que las soluciones deshidratantes manejadas bajo condiciones adecuadas de asepsia pueda mantener niveles bajos en los recuentos microbiológicos de bacterias no osmófilas [8]. Ni en Colombia, ni a nivel internacional se encuentran legislaciones que regulen la calidad sanitaria de las soluciones utilizadas en la deshidratación osmótica de alimentos; sin embargo, el rápido crecimiento de la aplicación de esta técnica ha presionado para que se inicie el proceso de regulación sanitaria de estos productos [1].

En el presente trabajo se evaluó la composición de trozos de tomate de árbol deshidratados, durante 9 ciclos sucesivos de DO, y la estabilidad microbiológica de la solución deshidratante, utilizando jarabe de sacarosa sin reconcentrar, con el fin de determinar el número de ciclos máximos en los cuales la SO mantiene su capacidad deshidratante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos frescos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendth), fueron adquiridos en el mercado local de la ciudad de Armenia (Colombia) y seleccionados en grado de madurez 4, de acuerdo con la tabla de color [4]. Para el tratamiento de DO se obtuvieron cubos deformados de tomate de árbol con dimensiones de 1 x 1 x 0,5 cm, según el tratamiento establecido en estudios previos de cinética de deshidratación [5], en el que los frutos enteros se sumergieron en solución de hipoclorito de sodio a 50 ppm durante 15 minutos, y enjuague con abundante agua; para facilitar el desprendimiento de la cascara los frutos enteros fueron escaldados en agua a 95°C por 3 minutos y agua a 4 °C durante 15 minutos [5].

Como agente osmótico se usó una solución de sacarosa

de 65 °Brix adicionando 1000 ppm de ácido cítrico y 500 ppm de ácido ascórbico como conservante y antioxidante, respectivamente; el tiempo de DO utilizado fue de 240 minutos a temperatura y presión ambiente y con una relación solución:fruta de 5:1 parámetros establecidos como los de mejores resultados en el proceso de DO [5]. Los frutos fueron sumergidos en la solución utilizando canastillas plásticas. En cada ciclo de DO se utilizó fruta fresca, con la misma solución deshidratante que no fue reconcentrada, realizándose dos ciclos diarios y almacenando la solución a 4 °C al final del día hasta su nuevo uso durante 5 días consecutivos. Para evitar el incremento progresivo de partículas desprendidas de la fruta en la solución se realizaron filtraciones cada cuatro ciclos de DO.

Con el fin de determinar el número máximo de ciclos de deshidratación osmótica de tomate de árbol en los cuales se puede reutilizar la solución deshidratante sin necesidad de reconcentrarla, se evaluaron parámetros composicionales y microbiológicos relacionados con el proceso de deshidratación:

**Análisis composicional:** durante cada ciclo de DO se midió la pérdida de peso, disminución de la  $a_w$ , pérdida de humedad, ganancia de sólidos solubles totales °Brix, de los cubos deformados de tomate de árbol sometidos a la DO; teniendo en cuenta los valores obtenidos en el primer ciclo de deshidratación, como fuente de comparación.

**Estabilidad microbiológica de la solución:** observando valores aceptables de UFC/ml de mesófilos aerobios, hongos y levaduras; que para esta investigación fueron los valores especificados en la legislación colombiana para jarabes utilizados en la fabricación de cocteles de frutas, [6].

Para determinar la evolución composicional en cada ciclo de DO los cubos deformados de tomate de árbol frescos y deshidratados fueron analizados en cuanto a peso (balanza analítica, marca Precisa 40SM – 200 A, sensibilidad  $\pm 0.00001$ ,); sólidos solubles totales (°Brix) (refractómetro marca Mettler Toledo Refracto

30 P, 0 a 85 °Brix); actividad de agua (aw) (equipo de medida de actividad de agua, marca Aqualab Decagon series 3Te); Humedad (balanza de humedad, marca Presisa 310m Swiss Quality precisa HA 300).

La estabilidad microbiológica se evaluó mediante recuentos de microorganismos mesofilos aerobios y hongos y levaduras a la SO luego de cada ciclo de DO impar (0, 1, 3, 5 ...) utilizando agar Plate Count, Merck, con incubación por 48 horas y Agar Sobouraud, Oxoid, con incubación por 3 días respectivamente. Para el estudio de los datos obtenidos se realizaron análisis de varianzas y análisis de la mínima diferencia significativa (LSD), utilizando el programa Statgraphics centurión XV. El diseño experimental utilizado fue un análisis de tres factores con tres niveles.

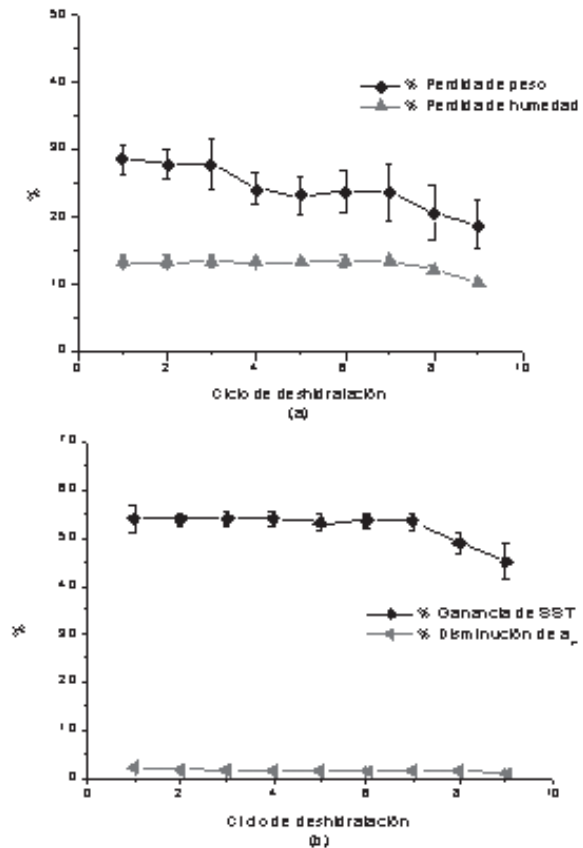
## RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 1. Evolución de los parámetros de deshidratación en los cubos deformados de tomate de árbol.

La figura 1 muestra la evolución de los parámetros de deshidratación medidos en los cubos deformados de tomate de árbol sometidos al proceso de DO con respecto al ciclo de deshidratación en el que se está reutilizando la SO sin reconcentración. La ganancia de sólidos solubles totales (SST) mostró un comportamiento muy estable con valores del  $53,61 \pm 0,3\%$  de ganancia desde el ciclo 1 hasta el ciclo 7 de DO, disminuyendo en el ciclo 8 al  $48,91 \pm 2,01\%$  y en el ciclo 9 al  $44,93 \pm 3,70\%$  de ganancia. Para la disminución de aw se observó que los valores nunca fueron iguales a los del primer ciclo de DO,  $2,085 \pm 0,05\%$  de disminución; sin embargo, se observó estabilidad en los valores para los ciclos del 2 al 8, con  $1,537 \pm 0,1\%$  de disminución como valor promedio, para disminuir finalmente en el ciclo 9 a un valor de  $0,871 \pm 0,2\%$ .

El análisis estadístico LSD del porcentaje de pérdida de peso de los cubos deformados de tomate de árbol sometidos al proceso de DO, dividió los resultados

**FIGURA 1** – Evolución de los parámetros de deshidratación pérdida de peso y pérdida de humedad (a), ganancia de °Brix y disminución de la aw (b) de los cubos deformados de tomate en función del ciclo de deshidratación. ( $\alpha < 0,05$ ).



obtenidos en 4 grupos homogéneos, de media estadísticamente igual, con los valores de los ciclos 1 al 3 en el primer grupo, con un  $28,04 \pm 0,4\%$  de pérdida; a partir del 4 ciclo de DO hubo una disminución del porcentaje de pérdida de peso que se estabilizó hasta el 7 ciclo de DO, formándose el segundo grupo homogéneo con un valor promedio de  $23,64 \pm 0,4\%$  de pérdida; los valores para los ciclos 8 y 9 forman el tercer y cuarto grupo homogéneo respectivamente, observándose una disminución total del porcentaje de pérdida de peso con  $20,43 \pm 1\%$  y  $18,78 \pm 0,6\%$ , respectivamente. La variación de la humedad (xw) de los cubos deformados de tomate de árbol sometidos al proceso de DO, expresada en porcentaje de pérdida, fue el parámetro de deshidratación que mostró la menor estabilidad en los diferentes ciclos de DO, confirmado por el análisis estadístico LSD que dividió los resultados en 7 grupos homogéneos. Sin embargo, durante los 7 primeros ciclos de DO el

porcentaje de pérdida de humedad se mantuvo en el  $13 \pm 0,5\%$  de pérdida, disminuyendo al  $12,2 \pm 0,4\%$  y  $10,27 \pm 0,6\%$  en los ciclos 8 y 9 respectivamente. En todos los casos se encontró una relación estadística significativa entre las variables ( $\alpha < 0,05$ ).

Se calcularon los valores pérdida de agua ( $\Delta M_w$ ) y ganancia de sólidos ( $\Delta M_s$ ) según las ecuaciones (1) y (2) que correlaciona los cambios en los °Brix y porcentaje de humedad de los cubos de tomate de árbol con los del peso, permitiendo observar de manera mas detallada el efecto de la reutilización de la SO en los frutos que están siendo deshidratados.

$$\Delta M_s = \frac{(M_f - X_{ssf}) - (M_o - X_{sso})}{M_o} \quad (1)$$

$$\Delta M_s = \frac{(M_f - X_{ssf}) - (M_o - X_{sso})}{M_o} \quad (1)$$

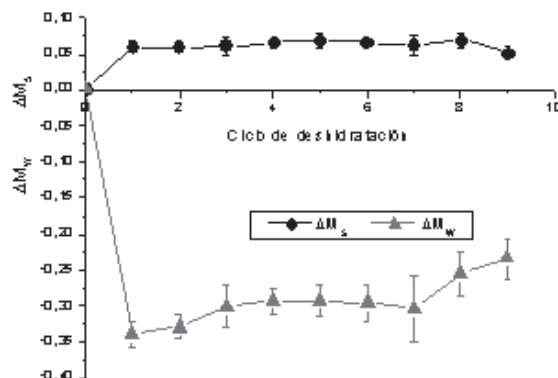
$$\Delta M_w = \frac{(M_f - X_{wf}) - (M_o - X_{wo})}{M_o} \quad (2)$$

$$\Delta M_w = \frac{(M_f - X_{wf}) - (M_o - X_{wo})}{M_o} \quad (2)$$

La figura 2 muestra la evolución del análisis composicional en cuanto a la ganancia de sólidos  $\Delta M_s$  y la pérdida de agua  $\Delta M_w$ ; el análisis de varianza para las variables  $\Delta M_w$  y  $\Delta M_s$  mostró una relación significativa entre éstos y el ciclo de deshidratación en el que se está reutilizando la solución osmótica ( $\alpha < 0,05$ ) y el análisis estadísticos LSD para el  $\Delta M_s$  dividió los resultados en tres grupos homogéneos con los ciclos del 1 al 6 en el primer grupo, y por separado los ciclos 5 y 9 en el segundo y tercer grupo respectivamente, separando los valores del noveno ciclo como los más alejados con respecto a los del primer ciclo, encontrándose gran estabilidad en la ganancia de sólidos aún a medida que se reutilizaba la solución deshidratante sin reconcentrar.

Para el  $\Delta M_w$  también se encontró división en tres grupos homogéneos con los ciclos 1 al 3 y los ciclos del 4 al 7 en el primer y segundo grupo, respectivamente; y, separando los ciclos 8 y 9 en el tercer grupo, siendo éstos últimos los valores mas alejados del valor ideal (ciclo 1).

**FIGURA 2**– Evolución de la pérdida de agua ( $\Delta M_w$ ) y ganancia de sólidos ( $\Delta M_s$ ) en los cubos deformados de tomate de árbol durante la deshidratación osmótica en función del ciclo de deshidratación ( $\alpha < 0,05$ )



Una vez analizados los datos de los parámetros de deshidratación y análisis composicional de los cubos deformados de tomate de árbol se observa que los valores estudiados tienen comportamientos iguales o cercanos a los del primer ciclo de deshidratación hasta los ciclos séptimo u octavo, siendo el séptimo ciclo el último en el que la totalidad de los parámetros de deshidratación y análisis composicional mantienen valores cercanos a los del primer ciclo. Estos resultados comparados con los obtenidos en estudios previos y mostrados en la cuadro 1, marcan que la capacidad de la solución deshidratante se mantiene por varios ciclos y que esta capacidad se ve afectada por los distintos parámetros de deshidratación que se utilicen [7].

## 2. Análisis microbiológicos de la solución osmótica.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, en esta investigación se compararon los valores obtenidos con los especificados en la legislación colombiana para los jarabes utilizados en la fabricación de cocteles de frutas (cuadro 2), debido a que sus características en cuanto a composición, viscosidad y presión osmótica son las mas asimilables a las de las soluciones utilizadas en la deshidratación osmótica de tomate de árbol [6].

La figura 3 muestra la evolución del recuento de microorganismos mesofilos aerobios y hongos y levaduras expresados en  $\text{Log}_{10}$  UFC/ml en la solución osmótica. En

**Cuadro 1.** Comparación de los resultados obtenidos con los reportados por otros autores para otras frutas

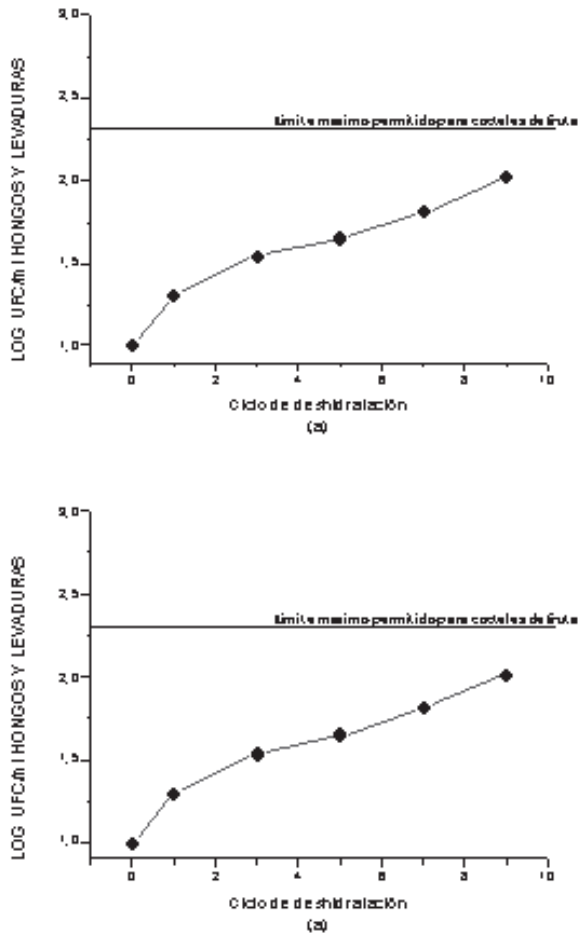
Fruta	°Brix de SO	Tiempo de DO (min)	Relación jarabe:fruta	Xw FF	Xw FD	°Brix FF	°Brix FD	aw FF	aw FD	Nº Ciclos máx.	Bibliografía
Tomate de árbol	65	240	5:1	0,874	0,765	10,50	22,58	0,991	0,975	7	[7]
Kiwi	55	90	5:1	0,834	0,772	15,03	21,6	0,987	0,979	10	[2]
Piña	55	150	20:1	0,87	0,76	12	23	0,989	0,979	15	[9]
Toronja	55	210	5:1	0,864	0,77	12,5	22,3	0,989	0,981	8	[10]

FF: Fruto fresco FD: Fruto deshidratado osmóticamente

**Cuadro 2.** Valores máximos permitidos de UFC/g para conservas de frutas y los valores máximos obtenidos en esta investigación. Norma NTC 192 [6]

	UFC/mL [6]	UFC/mL exp	Log <sub>10</sub> UFC/mL [6]	Log <sub>10</sub> UFC/mL exp
Mesófilos	300	250	2,47	2.40
Hongos y levaduras	200	150	2,30	2.02

**FIGURA 3.** Recuento de microorganismos mesófilos aerobios (a) hongos y levaduras (b) expresados en Log<sub>10</sub> UFC/ml en la solución osmótica en función del ciclo de deshidratación



el caso de los hongos y levaduras el máximo alcanzado en el noveno ciclo Log<sub>10</sub> 2,02 UFC/ml está muy por debajo del límite establecido, de Log<sub>10</sub> 2,30 UFC/ml, los cuales aparecen en la tabla 2. Para los microorganismos mesófilos aerobios viables el valor máximo obtenido en el noveno ciclo Log<sub>10</sub> 2,40 UFC/ml está ligeramente por debajo del límite establecido Log<sub>10</sub> 2,47 UFC/ml; Por lo que desde el punto de vista microbiológico es posible la reutilización de las soluciones deshidratantes hasta 9 ciclos, observándose también que en ningún momento las soluciones presentaron cambios en sus propiedades físicas y organolépticas que evidenciaran fermentación [7].

Si se implementan medidas de reconcentración se puede alargar la vida útil de la solución osmótica por muchos más ciclos, llegando hasta 20 ciclos de deshidratación, como en el caso de cubos de manzana [8] eliminando cambios drásticos en los valores de los parámetros de deshidratación en los diferentes ciclos y manteniendo controlada la carga microbiológica, debido a la constante presión osmótica de la solución y la implementación de controles sanitarios durante los procesos de filtración y reconcentración. Sin embargo, la implementación de tecnologías que permitan la reconcentración puede aumentar los costos del proceso [1], sobre todo para la pequeña y mediana industria.

### CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta que no se observaron signos visibles de fermentación y que los valores de UFC/ml de microorganismos mesófilos aerobios viables y hongos y



levaduras no sobrepasaron los límites establecidos además de que la sanidad de la solución osmótica está en gran medida condicionada por los controles sanitarios que se tomen durante el proceso de deshidratación, es posible determinar que en la deshidratación osmótica de tomate de árbol se puede reutilizar la solución de sacarosa por lo menos durante 8 ciclo de deshidratación sin presentarse ningún riesgo de contaminación del producto final. Esto sumado a los resultados obtenidos en cuanto al comportamiento eficiente de los parámetros de deshidratación, se puede establecer que la solución deshidratante puede reutilizarse por un máximo de 7 ciclos de deshidratación obteniendo trozos de tomate de árbol de características similares en cada ciclo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] **DALLA ROSA**, Marcos; **GIROUX**, Francois; Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. En: Journal of food engineering No 49, p 223-235. (2001).
- [2] **GARCÍA-MARTÍNEZ**, E; et al. Characterisation of reused osmotic solution as ingredient in new product formulation. En: Food research international, No 35, p 307-313. (2002)
- [3] **OSORIO**, Coralia; Et al. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. En: Innovative food science & emerging technologies No 8, p 353-359. (2007)
- [4] **ICONTEC**. Norma Técnica Colombiana 440 (NTC 440), Métodos de ensayo productos alimenticios, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1996)
- [5] **ROJAS**, Mauricio; **ARANGO**, Luis; **PINZÓN**, Magda Ivone. Evolución del color, la pérdida de agua y la ganancia de solutos durante la cinética de Osmo-deshidratación con pulso de vacío de tomate de árbol. En: Revista de investigaciones Universidad del Quindío. No 41, p 9 – 14. (2005).
- [6] **ICONTEC**. Norma Técnica Colombiana 192 (NTC 192); Frutas procesadas, cóctel de frutas. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1996).
- [7] **NIETO**, Jhon, **VILLA**, Cristian. Caracterización de la solución osmótica reutilizada en ciclos sucesivos de deshidratación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Senth) para su uso en la industria. Tesis de grado. Programa de Química. Facultad Ciencias Básicas y Tecnológicas. Universidad del Quindío. Armenia.
- [8] **VALDEZ – FRAGOSO**, A. Et al. Properties of sucrose solution reused in osmotic dehydration of apples. En: Drying Technology, Vol 6, No 7, p 1429 – 1145. (1998)
- [9] **PEIRO**, Rebeca; **CAMACHO**, M.M.; **MARTÍNEZ-NAVARRETE**, Nuria. Compositional and physicochemical changes associated to successive osmodehydration cycles of pineapple (*Ananas comosus*). En: Journal of food engineering, No 79, p 842-849. (2007)
- [10] **PEIRO**, Rebeca; Et al. Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration". En: Journal of food engineering, No 74, p 299-307. (2006)