
Liofilización de carambola (*Averrhoa carambola L.*) osmodeshidratada

Lina M. Grajales-Agudelo*, William A. Cardona-Perdomo*, Carlos E. Orrego-Alzate*[§]

* Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

[§] e-mail: corregoa@unal.edu.co

(Recibido: Septiembre 8 de 2005 - Aceptado: Noviembre 29 de 2005)

Resumen

La carambola (*Averrhoa carambola L.*) se trató osmóticamente con una solución hipertónica de sacarosa como pretratamiento al secado por sublimación con el fin de retirarle un 30% de humedad y concentrarla hasta un 40% de sólidos solubles. Se analizó la influencia de la velocidad de congelación y de calefacción en el potencial de rehidratación de la fruta liofilizada, el cual presentó su valor más alto para la velocidad de congelación menor y para la velocidad de calefacción más alta. Se realizó un análisis sensorial comparativo de la carambola rehidratada y la fruta osmodeshidratada, teniendo en cuenta pruebas afectivas y discriminativas, detectándose pérdida de los componentes responsables del aroma y sabor durante el proceso de liofilización.

Palabras Clave: Carambola, osmodeshidratación, liofilización, rehidratabilidad.

Abstract

Star fruit (*Averrhoa carambola L.*) slices were osmotically treated with a solution of sucrose before sublimation drying with the purpose of removing 30% of their moisture content and raising their soluble solids to 40%. The effect of freezing and heating rates on rehydration of lyophilized fruit was studied; lower freezing rate and higher plate heating showed the best results on water reconstitution assays. Comparative sensorial analysis was carried out between rehydrated star fruit and osmotic dehydrated fruit, using affective and discriminative tests, from which some aroma and flavor component losses were detected during the lyophilization process.

Keywords: Star fruit, osmotic dehydration, freeze drying, rehydration.

1. Introducción

La carambola (*Averrhoa carambola L.*) es considerada una fruta exótica, que al ser cortada transversalmente se obtienen rodajas en forma de estrella de cinco puntas. Nativa u oriunda de Asia Tropical, se encuentra distribuida en países como Filipinas, Sur de Florida, China, India, América

Tropical, Indonesia, Malasia, Tailandia y otros países tropicales. Se consume en estado fresco, para la preparación de ensaladas, refrescos, encurtidos, jugos y dulces en almíbar, entre otros. Los mercados europeos, especialmente Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Holanda, España, Suecia, Suiza e Inglaterra se proveen durante todo el año de carambola proveniente de Malasia (European

Fruits and Vegetals Reports 2000). En Colombia, aunque no en grandes cultivos, se tiene una amplia distribución en los departamentos de Valle del Cauca, Córdoba, Antioquia, Caldas, Quindío, Tolima y en la región de la Amazonia (Villegas, 1998).

La remoción de agua ha sido utilizada hace cientos de años como un camino para la preservación de alimentos. Los métodos combinados de deshidratación son técnicas de conservación que pueden considerarse para el procesado mínimo de alimentos. Estos métodos, como su nombre lo indica, se enfatizan en el uso de tecnologías que conducen a la preservación de alimentos en los que las características organolépticas, tales como sabor y color, sean similares a las de los productos frescos, sin comprometer su integridad (Lin et al. 1998; Topping et al. 2001).

La deshidratación osmótica (DO) es un proceso de remoción de agua aplicado a frutas u hortalizas, en el cual el material vegetal es sumergido entero o en trozos, en una solución hipertónica que puede estar compuesta por azúcar, sal y etanol, entre otros, solutos capaces de generar una presión osmótica alta, permitiendo la eliminación de agua desde el interior de las células por ósmosis. En la práctica, además de la remoción de agua, ocurre una entrada de solutos desde la solución hacia al producto, una mínima pérdida de solutos propios del alimento (ácidos orgánicos y azúcares) y un considerable encogimiento del material alimenticio. Las frutas tratadas por DO pueden tener diferentes grados de estabilidad, el cual depende del nivel de deshidratación alcanzado (López 2002; Aguilera y Stanley 1999). Cuando han perdido cerca del 40% de su contenido en agua, se convierten en productos semi elaborados que no son estables a temperatura ambiente. En estas condiciones estas frutas pueden servir de materias primas para industrias como la de pastelería, la láctea y la de pulpas (Hong y Lee 1989; López 2002). También se pueden emplear como productos estables a condiciones ambientales cuando han llegado a perder cerca del 70% del agua, sirviendo como pasabocas solos o mezclados (Camacho 2004). El proceso de DO se puede llevar a cabo a bajas temperaturas y no involucra un cambio de fase, usual en el secado convencional. La DO presenta interesantes ventajas económicas, teniendo en cuenta la baja inversión inicial en equipos, cuando

se trata de volúmenes pequeños a nivel de planta piloto, donde solamente se requieren recipientes plásticos medianos, mano de obra no calificada, poco o ningún consumo de energía eléctrica y además los jarabes que se producen, pueden ser utilizados en la elaboración de otros productos o ser reconcentrados para utilizarlos nuevamente en la deshidratación (Heng et al. 1990).

La liofilización es un proceso de secado mediante sublimación que, en el área de alimentos, se ha utilizado con el fin de reducir las pérdidas de los componentes responsables del aroma y sabor, los cuales se afectan en gran medida durante los procesos convencionales de secado (Orrego 2003). Al utilizar la sublimación como técnica de secado los productos obtenidos no se ven alterados en gran medida en sus propiedades y se rehidratan fácilmente (Krokida et al. 1998). El proceso de sublimación es mucho más eficiente a bajas presiones (vacío), porque el agua se extrae bajo el impulso de un gradiente de presión total (Orrego 2002a; Biswal y Bozorgmehr 1989). La calidad de los productos liofilizados se ve afectada por las características de la materia prima como el grado de madurez, y las condiciones de operación como la presión de la cámara, la velocidad de calentamiento y la velocidad de congelación (Hammami y René 1997). Puesto que la congelación es una operación previa a la liofilización, la velocidad de congelamiento es determinante en las propiedades del producto seco, dado que influye directamente en el tamaño de poro producido luego de la sublimación de los cristales de hielo (Orrego 2003; Hammami y René 1997).

Los alimentos deshidratados son muy útiles cuando no es posible conseguir alimentos frescos a la mano como es el caso de los astronautas, o cuando se desean conservar por un considerable período de tiempo (Aguilera y Stanley 1999). El proceso de rehidratación no es un mecanismo reversible respecto de la deshidratación. Son muchos los cambios que se producen en un alimento deshidratado. Así, su estructura quebrantada y arrugada es incapaz de regresar a su configuración original (Lee et al., 2006). Los productos liofilizados rehidratan rápidamente y pueden llegar a alcanzar contenido de humedad y propiedades organolépticas similares a las del alimento original.

El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de las condiciones de secado por sublimación (velocidad de congelación y velocidad de calentamiento) sobre la calidad del producto final. Las variables utilizadas para evaluar la calidad de la carambola liofilizada fueron la humedad final, °Brix, el contenido de ácido ascórbico, el coeficiente de rehidratación y el análisis sensorial.

2. Metodología

2.1 Preparación de la muestra

Se escogieron frutas de 110 ± 5 g de peso, $12 \pm 0,5$ cm de longitud y madurez similar, provenientes de una plantación no comercial ubicada en La Dorada (Caldas) a 176 m sobre el nivel del mar y temperatura media ambiental de 34 °C. Fueron lavadas, sumergidas en una solución de hipoclorito de sodio de 200 ppm durante 2 minutos y enjuagadas con abundante agua. Se cortaron en rodajas de 3 mm de espesor para su procesamiento posterior. A la fruta fresca se le determinó el peso inicial, el contenido de humedad, ácido ascórbico y sólidos solubles.

2.2 Deshidratación osmótica

La solución hipertónica de 65 °Brix fue preparada utilizando sacarosa refinada comercial y agua. La relación fruta: jarabe utilizada fue de 1:3 en peso. Los trozos de fruta y la solución osmótica se pusieron en contacto por un período de 300 minutos con agitación constante (Sousa et al. 2001). El tratamiento se llevó a cabo a 20 °C y 585 mmHg de presión atmosférica en la ciudad de Manizales (Caldas), ubicada a 2150 m sobre el nivel del mar. Una vez transcurrido el tiempo de osmodeshidratación el producto se retiró del jarabe, se lavó con abundante agua y se secó con papel absorbente con el fin de retirar el agua adherida a la superficie. Al final del proceso se pesaron los trozos de fruta osmodeshidratados y se analizaron la humedad, los sólidos solubles y el contenido de ácido ascórbico.

2.3 Liofilización

Se analizaron dos importantes parámetros en el proceso: la velocidad de congelación y la velocidad de calentamiento de las muestras, manejando 2 niveles para cada una de estas variables. Para la congelación de las rodajas osmodeshidratadas se usó un plato de aluminio de 21 cm de diámetro y 5 cm de alto, que se ubicó, para el primer nivel de velocidad, en un congelador comercial General Electric. Para obtener el segundo nivel de velocidad de congelación se colocaron las muestras en el interior del liofilizador, sobre su condensador. La velocidad de congelación se midió tomando los datos de temperatura vs. tiempo con un Datalogger MMS 3000 (Multi Measurement System) modelo TGV4 durante 60 minutos, cada 30 segundos; el sensor de temperatura se ubicó en el centro geométrico de las rodajas de carambola que corresponde aproximadamente al centro térmico de la misma. Luego de congeladas, las muestras permanecieron en el congelador comercial por 24 horas antes de ser sometidas al proceso de secado.

En el secado por liofilización el valor de presión en la cámara fue de 2 mbar y el tiempo de permanencia fue de 6 horas. La temperatura de la placa de calentamiento avanzó desde -17 °C hasta 50 °C, rango para el que se usaron 2 velocidades de calefacción, empleando como mecanismo de transferencia la conducción de calor de la placa calefactora hacia la muestra. Finalmente, el producto liofilizado se empacó al vacío en bolsas de coextruido laminado y permaneció en el desecador hasta el momento de la evaluación sensorial, con el fin de evitar la hidratación del material. A las muestras secas se les determinó el contenido de humedad y de ácido ascórbico.

Cada ensayo de secado se realizó por triplicado.

2.4 Valoración de calidad

Análisis

El contenido de humedad se determinó por el método de secado en estufa a 110 °C hasta peso constante. El contenido de ácido ascórbico (vitamina C) se estableció por volumetría de oxido-reducción con un

electrodo redox Schott Geräte GmbH Postfach 1130 utilizando el método volumétrico de Ballentine con yodato (Wintown 1959). La concentración de sólidos solubles se determinó haciendo uso de un refractómetro ABBE Fischer Scientific modelo 334620.

Rehidratación

Los ensayos de rehidratación fueron hechos para el producto liofilizado con el fin de determinar el grado de recuperación de agua, estructura y características organolépticas respecto de los trozos de fruta OD. Se utilizó el método de impregnación (Jennings 2002) en un recipiente poco profundo, usando 2 partes de agua destilada por una de fruta liofilizada (en peso) a temperatura ambiente (20 °C). El tiempo de rehidratación fue de 10 minutos.

Evaluación sensorial

Se aplicaron pruebas afectivas y discriminativas para la evaluación sensorial (Anzaldúa 1994) de la carambola rehidratada respecto de la fruta osmodeshidratada. Se contó con un panel de catación de 30 jueces no adiestrados para evaluar el producto correspondiente a cada nivel de experimentación realizado. A los panelistas se les cuestionó para indicar su preferencia por cada muestra, basados en la calidad de algunos atributos como amargor, color, dulzor, dureza, acidez, astringencia, olor y aceptabilidad general.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización de la materia prima

La carambola fresca presentó una humedad promedio de $89,5\% \pm 2,1$, contenido de sólidos solubles de $8,2\% \pm 1,1$ y un contenido de ácido ascórbico de $3,88 \text{ mg} \pm 0,78$ por gramo de sólido seco.

3.2 Evolución de la osmodeshidratación

Para evaluar la osmodeshidratación, se usó el siguiente modelo que relaciona la pérdida de agua (Wl), la ganancia de sólidos (Gs) y la pérdida de peso (Wr) (Spiazzi y Mascheroni 2001).

$$Wl = \frac{M_0 * \%H_o - M_f * \%H_f}{M_0} \quad (1)$$

$$Gs = \frac{M_f * \%S_f - M_0 * \%S_o}{M_0} \quad (2)$$

$$Wr = \frac{M_0 - M_f}{M_0} * 100 \quad (3)$$

Donde M_0 es el peso inicial de la fruta, M_f el peso de la fruta después de la osmodeshidratación, H_o la humedad inicial, H_f la humedad final de la carambola osmodeshidratada (en porcentaje), S_o el porcentaje de sólidos iniciales en la fruta y S_f el porcentaje de sólidos finales. Todos los valores están expresados en base húmeda.

Durante la deshidratación osmótica, fue posible concentrar los sólidos solubles en la fruta hasta un valor del $38,0\% \pm 2,0$ con una humedad final del $59,8\% \pm 2,2$. En la tabla 1 se presentan los valores de peso, humedad y sólidos solubles en la carambola fresca y osmodeshidratada. En la tabla 2 se presentan los resultados del proceso de osmodeshidratación, se observa una pérdida de agua del $64,4\% \pm 1,6$, una ganancia de sólidos del $7,8\% \pm 2,3$ y una pérdida de peso del $57,9\% \pm 3,0$. Este valor final deja ver que durante el proceso de deshidratación osmótica la carambola pierde más de la mitad de su peso. Esto evidencia la conveniencia de usar esta técnica en una fase previa a la liofilización por el ahorro consecuente en el tiempo de proceso y costos energéticos del secado, pues el mayor costo energético en la liofilización lo representa la etapa de sublimación con el 45%, mientras que el vacío tiene un 26%, la condensación un 25% y la congelación sólo un 4% (Ratti 2001).

Tabla 1. Valores de peso (g), humedad (en porcentaje) y sólidos solubles (°Brix) en la carambola fresca y osmodeshidratada.

	Fruta Fresca	Fruta Osmodeshidratada
Peso (g)	$39,0 \pm 0,5$	$16,4 \pm 1,9$
Humedad (en porcentaje)	$89,5 \pm 2,1$	$59,8 \pm 2,2$
Sólidos solubles (°Brix)	$8,2 \pm 1,1$	$38,0 \pm 2,0$

Tabla 2. Pérdida de agua (*Wl*), Ganancia de sólidos (*Gs*) y Pérdida de peso (*Wr*) al final del tratamiento osmótico expresado en porcentaje.

<i>Wl</i>	<i>Gs</i>	<i>Wr</i>
64,4 ± 1,6	7,8 ± 2,3	57,9 ± 3,0

El contenido de ácido ascórbico en la carambola osmodeshidratada fue de $2,7 \pm 0,12$ mg por gramo de sólido seco. Se presentó una pérdida de 0,4 mg de vitamina C.

3.3 Velocidad de congelación

En la figura 1 se muestran los perfiles de temperatura de la carambola osmodeshidratada usando 2 velocidades de congelación: 0,28 °C/min y 0,38 °C/min. Estas velocidades corresponden a las pendientes de las curvas de enfriamiento entre el punto inicial de congelación y el valor final de la temperatura de congelación (Orrego CE. 2002b). La temperatura inicial de congelación fue de $-5 \pm 0,5$ °C.

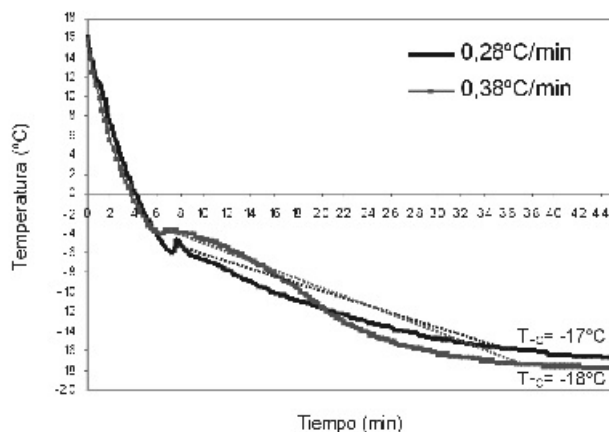


Figura 1. Perfiles de temperatura para la carambola a las 2 velocidades de congelación: 0,28 °C/min y 0,38 °C/min.

3.4 Condiciones de liofilización

En la figura 2 se muestran los perfiles de las temperaturas de placa calefactora y de la muestra para un ensayo típico de liofilización. Se usaron 2 velocidades de calentamiento de placa (0,25 °C/min y 0,38 °C/min) para llevarla hasta 50 °C, temperatura máxima de calefacción.

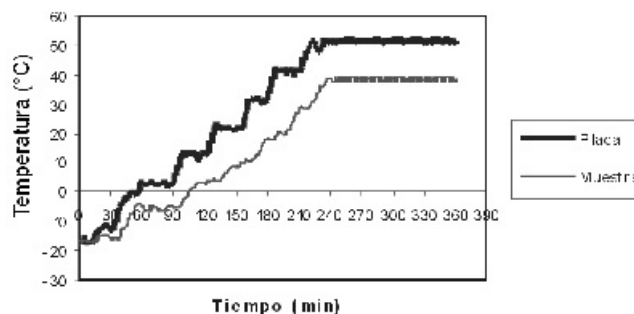


Figura 2. Perfil de temperatura para una velocidad de calentamiento de 0,25 °C/min en la placa. Presión de operación 2 mbar, temperatura en el condensador -28 °C.

3.5 Humedad final y vitamina C en el producto seco

Los valores de humedad en los productos secos se presentan en la tabla 3, siendo el de menor valor alcanzado 2,1% para una velocidad de congelación de 0,38 °C/min y una velocidad de calentamiento de 0,38 °C/min.

Tabla 3. Valores de humedad (% base húmeda), para las rodajas de carambola deshidratadas según las diferentes condiciones de proceso, para seis horas de secado.

Velocidad de calentamiento (°C/min)	Velocidad de congelación (°C/min)	
	0,28	0,38
0,25	13,9 ± 0,9	10,0 ± 1,6
0,38	5,1 ± 1,9	2,1 ± 0,1

El contenido de vitamina C se determinó en base seca y fue expresado como mg de ácido ascórbico por gramo de sólido seco. Los diferentes tratamientos a los que fue sometida la carambola, afectaron el contenido inicial de ácido ascórbico como era de esperarse, por ser ésta una sustancia poco resistente a los cambios térmicos.

Tabla 4. Contenido de ácido ascórbico en las carambolas liofilizadas en mg/g de sólido seco para las diferentes condiciones de proceso.

Velocidad de calentamiento (°C/min)	Velocidad de congelación (°C/min)	
	0,28	0,38
0,25	2,0 ± 0,2	1,7 ± 0,2
0,38	1,9 ± 0,3	1,4 ± 0,1

Aunque la temperatura final de la placa calefactora fue, en todos los casos 50 °C, la mayor velocidad de calentamiento proporciona un material más seco para el mismo período de liofilización. Sin embargo, como es de esperarse, el calentamiento rápido afecta negativamente el contenido final de vitamina C del producto liofilizado. La menor velocidad de congelación, que permite la formación de cristales de hielo de tamaño superior y, consecuentemente, poros más grandes en la muestra seca deberían permitir una remoción de agua más eficiente. No fue el caso de los ensayos realizados, aparentemente influyó más el efecto de la velocidad de calentamiento sobre la humedad final de las rodajas de carambola. La velocidad de congelación más baja permitió obtener un mayor contenido final de ácido ascórbico.

3.6 Rehidratación

Las rodajas de carambola osmodeshidratadas-liofilizadas tienen diferentes humedades. Para hacer la comparación de la rehidratación se hicieron los cálculos referidos a base seca. Como se aprecia en la tabla 5, la variable de proceso que determinó la capacidad de rehidratación de la carambola liofilizada fue la velocidad de congelación, siendo superior la rehidratabilidad del producto que se congeló a menor velocidad.

Tabla 5. Influencia de la velocidad de congelación y velocidad de calentamiento en la rehidratación de la carambola osmodeshidratada-liofilizada (en gramos de agua por gramo de sólido seco).

Velocidad de calentamiento (°C/min)	Velocidad de congelación (°C/min)	
	0,28	0,38
0,25	67,0 ± 3,7	50,0 ± 2,3
0,38	68,3 ± 5,8	51,7 ± 4,5

Una baja velocidad de congelación permite la formación de cristales de hielo de tamaño superior, poros más grandes y mejor flujo másico durante la reconstitución (Karel y Flink 1973, Wang 2000).

3.7 Evaluación sensorial

Se realizó una prueba de comparación apareada simple para evaluar atributos y una prueba de

preferencia (Anzaldúa 1994). Para una significancia del 5% se encontró diferencia significativa respecto a la textura, acidez y amargor a favor del producto rehidratado, mientras que en la fruta osmodeshidratada se observó una mayor satisfacción para el dulzor, olor y aceptación general. No se presentó diferencia significativa en los atributos de astringencia y color. En la figura 3 se observan los resultados del análisis sensorial de la carambola osmodeshidratada y rehidratada. Visualmente, las carambolas bajo las diferentes condiciones de proceso exhibieron un acentuamiento en el color amarillo o un ligero pardeamiento comparadas con la fruta fresca, este fenómeno se puede explicar por el proceso previo de osmodeshidratación en el cual ocurre una caramelización de los azúcares, y consecuentemente, se reduce el valor de acidez en la fruta mínimamente procesada. El proceso de rehidratación no es un mecanismo reversible de la deshidratación, sin embargo, se obtuvo un producto en el que su estructura física no se desmoronó y permaneció firme siendo de gran aceptación para la mayoría de los panelistas encuestados.

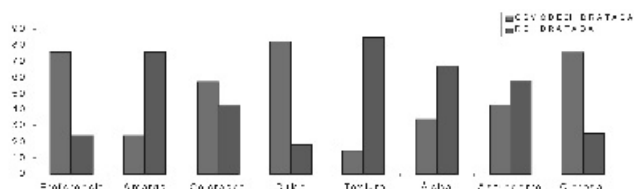


Figura 3. Resultados del análisis sensorial de la carambola osmodeshidratada y rehidratada expresados en porcentaje.

4. Conclusiones

En el proceso de DO se encontró la pérdida de agua, la ganancia de sólidos y la pérdida de peso para 5 horas de osmodeshidratación de la carambola (*Averrhoa carambola L.*). Para un tiempo de liofilización constante, se estudió el efecto de la velocidad de congelación y la velocidad de calentamiento sobre la humedad de la fruta, el contenido de vitamina C y la rehidratación del producto seco. El mayor valor de rehidratación se obtuvo para una velocidad de congelación de 0,28 °C/min. Durante el proceso de liofilización se presentó pérdida en aroma y sabor propios de la carambola, a pesar de ser una técnica de

secado utilizada para reducir dichas pérdidas. En la evaluación sensorial, la carambola rehidratada presentó preferencia en atributos como acidez, textura, astringencia y amargor característicos de la fruta fresca. Sin embargo, el panel de catadores tuvo preferencia por la fruta más dulce, porque la comparación fue hecha entre la carambola osmodeshidratada como patrón y la fruta rehidratada.

5. Referencias bibliográficas

Aguilera JM, Stanley DW. 1999. Microestructural principles of food processing and engineering. 2nd ed: Maryland. Aspen Publisher, Inc. 432p.

Anzaldúa A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Zaragoza. Editorial Acirbia S.A. 198p.

Biswal RN, Bozorgmehr K. 1989. Intermediate moisture frozen vegetables through osmotic dehydration. in Proc. Int. Conf. "Technological Innovations in Freezing and Refrigeration of Fruit and Vegetables", 9-12 July, Davis, California, USA, p. 259-265.

Camacho G. 2004. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: www.icta.gob.gt/index-2.html. Acceso enero 2004.

European Fruits and Vegetals Reports. 2000.

Hammami C, René F. 1997. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. Journal of Food Engineering 32(2): 133-154.

Heng W, Guilbert S, Cuq JL. 1990. Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the quality. Sciences desAliments 10: 831-48.

Hong Q, Lee M. 1989. Osmotic study of carrot cubes in a continuous counter-current process. In Proc. Fifth Int. Cong. Engineering and Food (ICEF 5),

Cologne, Germany, p. 177.

Jennings TA. 2002. Lyophilization: introduction and basic principles. Boca Ratón, Florida: Interpharm. 646p.

Karel M., and. Flink J.M. 1973. Influence of frozen state reactions on freeze-dried foods, Journal of Agriculture and Food Chemistry 21: 16 -21.

Krokida M.K., Marinos-Kouris D. 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. Journal of Food Engineering 57(1): 1-7

Lee K.T., Farid M., Nguang S.K. 2006. The mathematical modelling of the rehydration characteristics of fruits. Journal of Food Engineering. 72 (1): 16-23

Lin TM, Durance TD, Scaman CH. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Research Internacional 31(2): 111-6.

López OB. 2002. Manual de procesamiento de frutas y hortalizas. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Manizales. 146p.

Krokida M.K., Karathanos V.T., Maroulis Z.B. 1998. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. Journal of Food Engineering 35(4): 369-380.

Orrego C.E. 2002a. Aspectos teóricos y aplicaciones de la liofilización de productos alimenticios vegetales. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Trabajo para promoción a Profesor Titular.

Orrego C.E. 2002b. Relaciones estructura - propiedad de alimentos: efectos de técnicas de proceso. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Orrego C.E. 2003. Procesamiento de alimentos. Manizales: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. 321p.

Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*. 49(4): 311-319.

Sousa R., Andrés A., Fito P. 2001. Osmotic dehydration in banana slices (*Musa acuminata* cv. *Giant cavendish*) a comparative study using two osmotic solutions. *Ingeniería de alimentos, nuevas fronteras en el siglo XXI. Tomo II Deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas*. Valencia

Spiazzi A., Mascheroni H. 2001. Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales. CIDCA. La Plata. Serie A4: 23-9.

Torrington E., Esveld E., Scheewe I., van den Berg R., Bartels P. 2001. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. *Journal of Food Engineering* 49(2-3):185-191

Villegas, B.E. 1998. *El Carambolo (Averrhoa carambola)*. En: *Especies Vegetales Promisorias; Seminario regional*. Universidad Nacional de Medellín; Facultad de Ciencias Agropecuarias; Departamento de Agronomía; Grupo de Especies Vegetales Promisorias. Medellín.

Wang W. 2000. Lyophilization and development of solid protein Pharmaceuticals. *International Journal of Pharmaceutics*. 203(1-2):1-60

Wintown AL, Wintown KB. 1959. *Análisis de alimentos*. 2nd ed: Barcelona. Editorial hispanoamericana. 1205p