

RETENCIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN ANANÁ DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y EL SECADO

RAMALLO, L. A.¹; MASCHERONI, R. H.²

1. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones - Argentina

E-mail: lram@fceqyn.unam.edu.ar

2. CIDCA (CONICET-CCT y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI - U.N.L.P.). 47 y 116 - (1900) La Plata - Argentina

Resumen

Se cuantificaron los cambios en el contenido de ácido ascórbico de medias rodajas de ananá de 0.6 cm de espesor durante el secado con aire a 45, 60 y 75°C y durante la deshidratación osmótica en solución de sacarosa de 60°Brix a 40, 45 y 50°C. Durante ambos procesos, deshidratación osmótica (DO) y secado, la retención de vitamina C en ananá es afectada por la temperatura y el tiempo de procesamiento; el modo en que estas variables influyen cambia con el contenido de agua en el sólido. Dentro del rango de las variables del presente estudio se encontró que las condiciones de deshidratación más apropiadas son: 60°C para el secado con aire y 45°C para la deshidratación osmótica. Así, el contenido de agua en la fruta disminuye en un 50% en aproximadamente 70 minutos de secado con aire y en 35 minutos de DO, registrándose una retención de vitamina C del 80% y del 93%, respectivamente. Luego de 3 horas de deshidratación, las ventajas relativas de estas técnicas de preservación tienden a revertirse.

1. Introducción

Desde el punto de vista nutricional, el ananá es importante en la dieta por su aporte de vitamina C, fibras y minerales. La degradación del ácido ascórbico (AA) se ve afectada por numerosos factores tales como la temperatura, la actividad del agua, el pH, el tiempo de almacenamiento, etc. (Fennema, 1993; Pardio Sedas y col., 1994; Nunes y col., 1998; Uddin y col., 2002). La magnitud de la retención del AA durante la deshidratación de vegetales, alimentos éstos de alta humedad y compleja composición química, depende del propio producto y de las condiciones con que se efectúe este proceso.

Buchweitz (2005) cuantificó el contenido de vitamina C en la solución hipertónica durante la deshidratación osmótica de kiwi y registró un importante incremento de su concentración durante las dos primeras horas de proceso, lo cual refuerza la hipótesis de pérdida por difusión hacia la solución osmótica. Peiró y col. (2006) llegaron a conclusiones similares midiendo el contenido de ácido ascórbico en la fruta y en la solución durante el proceso de deshidratación osmótica de pomelo. Cao et al. (2006), estudiando la deshidratación osmótica de kiwi, encontraron que la temperatura es la variable que más incide en la pérdida de vitamina C y que la mayor pérdida del nutriente ocurre en los primeros estados de ósmosis. Estos resultados estarían indicando que simultáneamente se produce la migración hacia la solución hipertónica y la reacción química de degradación del ácido ascórbico.

Zanoni y col (1999) estudiaron la pérdida de vitamina C durante el secado de tomates a 80 y 100°C, determinando que la degradación del nutriente es fuertemente dependiente de la temperatura del proceso. Resultados similares fueron publicados por Orikasa y col (2008) en un estudio de secado de kiwi y por Erenturk y col (2005) al estudiar la pérdida de vitamina C durante el secado de rosa canina.

No se tienen registros en la literatura acerca de la evolución del ácido ascórbico durante la deshidratación osmótica ni durante el secado de ananá.

En el presente trabajo se pretende analizar el efecto de la temperatura sobre la pérdida de vitamina C durante el secado con aire y durante la deshidratación osmótica de ananá, con el objetivo de definir las condiciones más apropiadas para deshidratar el fruto preservando las cualidades nutricionales sin descuidar la eficiencia del proceso.

2. Materiales y métodos

2.1 Preparación de la muestra

Se trabajó con frutas de *Ananas Comosus variedad Cayena Lisa* en grado de madurez comercial y textura aún firme, obtenida en locales comerciales. Las frutas fueron lavadas con abundante agua, peladas manualmente y cortadas en medias rodajas de 0.60 ± 0.05 cm de espesor y 11.5 ± 0.5 cm de diámetro; con un sacabocados se les retiró el centro.

Debido a que existe variación en el contenido de algunos nutrientes entre la base y la parte superior de la fruta (Miller y Hall, 1953), se descartaron los extremos utilizándose la parte media del ananá con el objetivo de disminuir la variabilidad natural del tejido.

2.2 Procedimiento de secado

Los ensayos de secado se realizaron en un secadero de flujo transversal bajo condiciones constantes de velocidad de aire (1.5 m/s) y temperatura (45, 60, 75°C). En cada ensayo, las rodajas de ananá se colocaron dentro de cestas de aluminio evitando el contacto entre los trozos de fruta. A tiempos pre-establecidos, se extrajeron tres muestras que se fraccionaron en dos partes: a una se le determinó la humedad y a la otra, el contenido de ácido ascórbico, ambas determinaciones por duplicado.

Se realizaron tres ensayos de secado de medias rodajas de ananá a cada temperatura, registrándose valores del contenido de agua que variaron entre 75% y 23% en base seca, y tiempos de secado entre 150 y 430 minutos.

2.3 Procedimiento de deshidratación osmótica

El proceso se llevó a cabo sumergiendo canastos de material plástico de malla abierta conteniendo cuatro muestras cada uno, en solución de sacarosa (60°Brix) a temperatura constante, con agitación y de un volumen tal que garantizase concentración constante de azúcar en el jarabe durante todo el proceso (relación masa jarabe/masa de fruta mayor que 10/1). La agitación de la solución se realizó empleando un agitador eléctrico con hélice circular de 8 cm de diámetro. A intervalos de tiempo preestablecidos se extrajeron tres muestras de fruta, se las enjuagó con agua desmineralizada durante 3-5 segundos y el exceso de agua superficial eliminó con papel tissue. Se registró el peso de cada muestra, se fraccionaron en dos para la evaluación del contenido de vitamina C y la humedad.

Este procedimiento se realizó a tres temperaturas diferentes (40, 45 y 50°C) y por triplicado.

2.4 Determinación del contenido de agua

El contenido de agua se cuantificó mediante la pérdida de peso por desecación en estufa de a 70 °C hasta pesada constante (aproximadamente 48 horas).

2.5 Cuantificación de ácido ascórbico

Proceso de Extracción: Cada muestra fue pesada (entre 5 y 8g) y triturada en un mortero de porcelana durante 5 minutos, con la adición, en forma gradual, de 50 ml de solución buffer (pH 2.5). Esta mezcla se transfirió a un vaso de vidrio oscuro, se sometió a ultrasonido por 10 minutos, se filtró y de inmediato, se inyectó al cromatógrafo.

Cuantificación del ácido L-ascórbico: se llevó a cabo mediante cromatografía líquida (HPLC), con columna Alltima C-18 (250 mm x 4.6 mm, 5 µm de tamaño de partícula) y detector UV ($\lambda = 254$ nm). Se utilizó una fase móvil formada por buffer (fosfato de potasio 0.02M, pH=2.5 ajustado con ácido fosfórico): acetonitrilo (98:2 v/v) a una velocidad de flujo de 1.0 mL/min. La identificación y cuantificación se realizó por comparación del tiempo de retención y magnitud del área del pico con un estándar de referencia, respectivamente. Las muestras estándar de ácido L-ascórbico se prepararon diluyendo 100 mg de ácido L-ascórbico (A-0278, SIGMA) en 100 ml de buffer; posteriormente esta solución se diluyó 1/10, 1/50 y 1/100. Se tomó como referencia el área obtenida con la inyección de 10 µl de estándar concentración 0.02 mg/ml (técnica de patrón externo); se cuantificó el área de referencia al iniciar y al finalizar cada sesión de cromatografía.

Los análisis en todos los casos se realizaron por duplicado y los resultados que se exponen son los valores medios.

3. Resultados

3.1 Variación del ácido L-ascórbico durante la deshidratación osmótica

Los resultados experimentales indicaron una clara influencia de la temperatura sobre la degradación del ácido ascórbico (AA) en la fruta durante la DO en solución de sacarosa a 60°Brix. La concentración se midió en mg de vitamina por 100 gramos de fruta fresca. Los valores de contenido de ácido ascórbico se representan relativos al contenido del mismo en la fruta fresca, C/C_0 . En la Figura 1 se muestra la retención de AA en ananá en función al tiempo de proceso, durante la deshidratación osmótica a 40, 45 y 50°C.

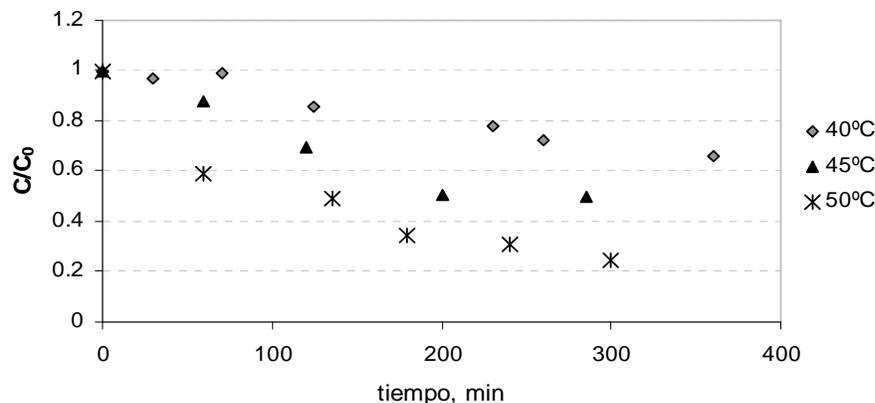


FIGURA 1. Variación del contenido de ácido ascórbico en ananá durante la deshidratación osmótica a 60°Brix y 40, 45 y 50°C.

Un incremento en la temperatura favorece la velocidad del proceso de deshidratación, pero simultáneamente se incrementa la velocidad de desaparición del AA. El tiempo requerido para que el contenido de agua descienda al 50% y al 30% del valor inicial y la respectiva retención de ácido ascórbico, a cada temperatura, se muestran en la Tabla 1. Cada valor es el resultado de la media de tres ensayos y se presentan junto al desvío estándar respectivo. Se observa que el tiempo necesario para alcanzar determinado valor de W/W_0 es prácticamente igual a 50°C que a 45°C, sin embargo la retención de ácido ascórbico es mayor a 45°C.

TABLA 1. Retención de ácido ascórbico (AA) en medias rodajas de ananá durante el proceso de deshidratación osmótica con solución de sacarosa de 60°Brix

| Temperatura (°C) | 50% de la humedad inicial | | 30% de la humedad inicial | |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Tiempo (min) ± ds | % de retención de AA ± ds | Tiempo (min) ± ds | % de retención de AA ± ds |
| 40 | 40 ± 8 | 96 ± 2 | 110 ± 10 | 86 ± 2 |
| 45 | 35 ± 6 | 94 ± 5 | 100 ± 8 | 80 ± 3 |
| 50 | 35 ± 3 | 80 ± 5 | 100 ± 7 | 55 ± 3 |

Las pérdidas de ácido ascórbico durante el tratamiento osmótico pueden deberse básicamente a dos fenómenos: migración hacia la solución osmótica y degradación por reacción química (Vial y col., 1991). Los resultados experimentales indican que la cinética de deshidratación es poco afectada por la temperatura en el rango de 40-50°C y que se registra más del 50% de pérdida de agua durante la primera hora de proceso osmótico, en tanto que la disminución del contenido de ácido ascórbico en la fruta es del 4 al 20%, aproximadamente. Por otra parte, no se observa una caída drástica en la concentración de ácido ascórbico durante la primera hora de tratamiento respecto del restante período, como ocurre con la pérdida de agua. Como era de predecir, la retención del nutriente es fuertemente afectada por la temperatura. En base a lo antes expuesto, se puede inferir que la mayor pérdida de AA se debió a degradación por reacción química. Estos resultados están de acuerdo con los publicados por Ade-Omowaye y col. (2002), al estudiar la pérdida de vitamina C durante la deshidratación osmótica de paprika a diferentes temperaturas, encontrando que la reducción del porcentaje del nutriente fue desde un 20% hasta el 4% en función de la temperatura del proceso de DO (25 a 55°C), cuando la pérdida de agua fue de aproximadamente el 50%. Erle y Schubert (2001) analizaron la retención de vitamina C durante la deshidratación de frutillas y manzanas a 20°C en solución de sacarosa de 60°Brix y encontraron que al cabo de 20 h de tratamiento las frutas conservaban más del 90% del contenido inicial del nutriente, comparable a la retención observada durante el almacenamiento a 20°C.

3.2 Variación del ácido L-ascórbico durante el secado con aire caliente

El contenido de vitamina C durante el secado se evaluó en mg de nutriente por gramo de masa seca, ya que este valor (masa seca) no cambia durante el proceso. La máxima retención de AA se registró durante el secado a 45°C. Se observó que las diferencias en

los valores del contenido de AA en la fruta fresca (C_0) no afectan la cinética de deterioro, ya que el comportamiento global de las experiencias en tres repeticiones fue similar, tanto a 45°C como a 60°C. A 75°C la dispersión de los resultados es más importante; la alta variabilidad no pudo atribuirse a diferencias en los valores de C_0 ni en el pH de las frutas. Similar situación de variabilidad se observó en vegetales verdes (Giannakourou y Taoukis, 2003) y durante el secado de caquis (Nicoletti y col., 2004).

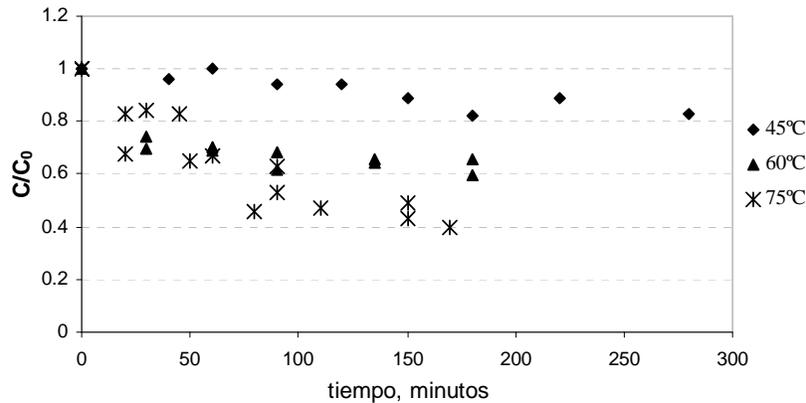


FIGURA 2. Contenido de ácido ascórbico (relativo a su valor inicial) durante el proceso de secado con aire a 45°C, 60°C y 75°C.

Un incremento en la temperatura de secado favorece la velocidad del proceso de deshidratación, pero simultáneamente se incrementa la velocidad de degradación del AA. El tiempo requerido para que el contenido de agua descienda al 50% y al 30% del valor inicial y la respectiva retención de ácido ascórbico, a cada temperatura, se muestran en la Tabla 2. Cada valor es el resultado de la media de tres ensayos y se presentan junto al desvío estándar consecuente. Se observa que el tiempo necesario para alcanzar determinado valor de W/W_0 es menor a 75°C que a 45°C, sin embargo la retención de ácido ascórbico es marcadamente superior a 45°C.

TABLA 2. Retención de ácido ascórbico en medias rodajas de ananá durante el secado, cuando el contenido de humedad alcanza el 50% y el 30% del valor inicial

| Temperatura de secado (°C) | 50% de la humedad inicial | | 30% de la humedad inicial | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Tiempo (min.) ± ds | % de retención de AA ± ds | Tiempo (min.) ± ds | % de retención de AA ± ds |
| 45 | 115.0 ± 18.02 | 93.9 ± 1.01 | 231.7 ± 27.54 | 88.7 ± 0.58 |
| 60 | 71.0 ± 3.60 | 79.7 ± 5.13 | 133.3 ± 7.64 | 71.3 ± 8.08 |
| 75 | 45.0 ± 5.00 | 73.3 ± 11.37 | 80.0 ± 10.00 | 63.0 ± 19.67 |

3.3 Comparación del efecto de la DO y el secado sobre la retención de Vitamina C

Durante ambos procesos, deshidratación osmótica y secado, desciende tanto el contenido de agua como de vitamina C en el ananá. En las Figuras 1, 2 y 3 pueden observarse los cambios en el contenido de agua y en el contenido de vitamina C durante los respectivos procesos. No se incluyeron en la Figura 3 los valores de humedad durante el secado a 75°C y DO a 50°C debido a la alta pérdida de vitamina C en estas condiciones de proceso.

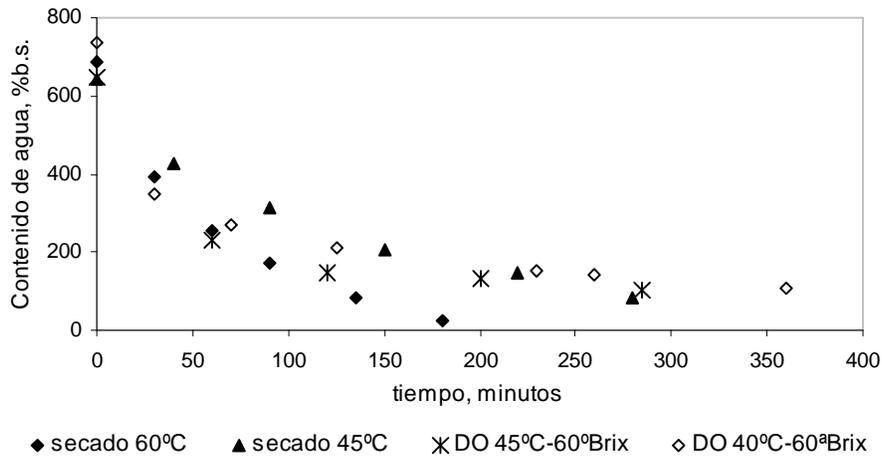


FIGURA 3. Variación del contenido de agua en ananá durante los procesos de deshidratación osmótica a 40°C y 45°C-60°Brix y secado a 45 y 60°C.

A través de la comparación de los resultados se evidencia que durante la primer hora de procesamiento la cantidad de agua retirada mediante el tratamiento osmótico a 45°C y mediante el secado con aire a 60°C son equivalentes, en tanto que la pérdida de ácido ascórbico fue de aproximadamente el 10-15% y el 22-30% durante la deshidratación osmótica y el secado, respectivamente. En ese tiempo se extrajo aproximadamente el 62% del agua contenida en la fruta. A valores más altos del tiempo, por ejemplo 120 minutos, los valores de humedad son prácticamente iguales y las pérdidas de vitamina C son equivalentes para ambas condiciones de preservación y están en el orden de 30-40% del valor inicial. A medida que continúa el proceso de deshidratación el secado con aire pareciera presentar ventajas sobre la DO: a 200 minutos de procesamiento registraron valores de caída en la concentración del AA del orden del 45% para el secado y del 50% para la DO, en tanto que la cantidad de agua extraída mediante el secado con aire es mayor que a través de la DO.

4. Conclusiones

El incremento en la temperatura del proceso de deshidratación, con aire o por ósmosis, disminuye el tiempo al cual el producto con alto contenido de agua es expuesto a altas temperaturas, pero, al mismo tiempo, incrementa la velocidad de degradación del ácido ascórbico.

Dentro del rango de las variables del presente estudio se encontró que las condiciones de deshidratación más apropiadas son: 60°C para el secado con aire y 45°C para la

deshidratación osmótica. En estas condiciones, el tratamiento osmótico presenta menos pérdida de nutriente para un mismo valor de pérdida de agua durante la primera hora de proceso; este fenómeno se invierte después de las tres horas de deshidratación.

5. Bibliografía

Ade-Omowaye, B.I.; Rastogi, N.K.; Angersbach, A.; Knorr, D. (2002). Osmotic dehydration of bell peppers: influence of high intensity electric field pulses and elevated temperature treatment. *Journal of Food Engineering*, 54: 35–43.

Buchweitz, P.R. (2005). Avaliação da pre-secagem osmotica de kiwi (*Actinidia deliciosa*) complementada por processos convencionais. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

Cao, H., Min, Z., Mujumdar, A., Du, W.; Sun, J. (2006). Optimization of osmotic dehydration of kiwifruit. *Drying Technology*, 24(1): 89-94.

Erenturk, S.; Gulaboglu, S.; Gultekin, S. (2005). The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. *Journal of Food Engineering*, 68: 513–518.

Erle, U.; Schubert, H. (2001). Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. *Journal of Food Engineering*, 49: 193-199.

Fennema, O.R. (1993). *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

Giannakourou, M.C., Taoukis, P.S. (2003). Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry*, 83: 33-41.

Miller, E.; Hall, G. (1953). Distribution of total soluble solids, ascorbic acid, total acid, and bromelin activity in the fruit of the Natal pineapple (*Ananas Comosus* L. merr). *Plant Physiol.*; 28(3): 532–534.

Nicoleti, J.; Silveira-Junior, V.; Telis-Romero, J.; Telis, V. (2004). Ascorbic acid degradation during convective drying of persimmons with fixed temperature inside the fruit. *Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004)*, São Paulo, Brazil, vol. C, 1836-1843.

Nunes, M.C., Brecht, J.K., Morais, A.M.; Sargent, S.A. (1998). Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling, *Journal of Food Science*, 63: 1033-1069.

Orikasa, T.; Wu, L.; Shiina, T.; Tagawa, A. (2008). Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 85: 303–308.

Pardio Sedas, V.; Waliszewski Kubiak, K.N.; Garcia Alvarado, M. (1994). Ascorbic acid loss and sensory changes in intermediate moisture pineapple during storage at 30-40°C. *International Journal of Food Science and Technology*, 29: 551-557.

Peiro, R.; Dias, V.; Camacho M.; Martínez-Navarrete N. (2006). Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 74: 299–307.

Uddin, M.S.; Hawlader, M.N.A.; Luo Ding; Mujumdar, A.S. (2002). Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. *Journal of Food Engineering*, 51: 21-26.

Vial, C.; Guilbert, S.; Cuq, J. (1991). Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. *Sciences des Aliments*, 11(1): 63-84.

Zanoni, B.; Peri, C.; Nani, R.; Lavelli, V. (1999). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Research International*, 31 (5): 395-401.