

EFFECTO DE ALTAS CONCENTRACIONES DE CO₂ SOBRE EL CONTENIDO DE DIFERENTES FRACCIONES FENÓLICAS EN CHIRIMOYA DURANTE LA MADURACIÓN

Assis, J.S., Escribano, M.I. y Merodio, C.

Departamento de Ciencia y Tecnología de Productos Vegetales. Instituto del Frío (CSIC).
Ciudad Universitaria, 28040-Madrid.

Resumen

En el presente trabajo nos hemos centrado en el estudio del contenido de diferentes fracciones fenólicas en chirimoya durante la maduración y su modificación por tratamiento con altas concentraciones de CO₂ (20% CO₂-20% O₂). Altas concentraciones de CO₂ incrementan el contenido de fenoles totales y mejoran el color blanco amarillento de la pulpa. El contenido de taninos desciende durante la fase inicial del proceso de maduración. En los frutos tratados con CO₂ el descenso sólo ocurre cuando los frutos se transfieren al aire. El descenso en el contenido de taninos condensados podría indicar una mejor calidad del fruto (menor astringencia) además de una posible regulación del proceso.

Introducción

El retraso del proceso de maduración es uno de los más evidentes efectos del tratamiento con altas concentraciones de CO₂ (Muñoz et al., 1997). Solo después de la transferencia al aire, los frutos son capaces de madurar, desarrollando los cambios fisiológicos y metabólicos asociados con dicho proceso.

Las respuestas a tratamientos con altas concentraciones de CO₂ varían considerablemente entre las diferentes especies y cultivares, e incluyen tanto cambios indeseables como beneficiosos (Beaudry, 1999). Estas diferencias en los efectos del CO₂ pueden ser explicadas por la diferente tolerancia de los tejidos a los altos niveles de CO₂, directamente relacionada con el estado fisiológico del fruto, la dosis de CO₂ y las condiciones ambientales de aplicación, destacando entre ellas la temperatura.

A temperatura ambiente, altas concentraciones de CO₂ retrasan o inhiben la maduración sin embargo, el modo de acción del CO₂ es todavía desconocido. Si bien, la mayoría de los cambios están relacionados con la inhibición de la síntesis y/o acción del etileno, también es conocido que altos niveles de CO₂ regulan otros procesos (Rothan et al., 1997). Se ha descrito que el tratamiento con altas concentraciones de CO₂ promueve cambios en la composición de compuestos fenólicos y en la actividad de enzimas de su ruta biosintética (Siriphanich and Kader, 1985). Los compuestos fenólicos tienen una importancia fundamental en la calidad y valor nutritivo de productos vegetales y además, se les atribuye un efecto protector frente al ataque por patógenos.

El objetivo de este trabajo ha sido doble: por un lado, establecer la evolución de las diferentes fracciones fenólicas durante la maduración y por otro, evaluar el efecto de concentraciones no estresantes de CO₂ sobre las características deseables de chirimoya.

Materiales y Métodos

Chirimoyas cv. "Fino de Jete" (*Annona cherimola* Mill.) procedentes de Almuñecar (Granada), seleccionadas en lotes de veinticinco frutos, se colocaron en cámaras de respiración de 20L en régimen de flujo continuo de aire o de una mezcla gaseosa (20% CO₂ + 20% de O₂ resto N₂). Chirimoyas tratadas con CO₂ se analizaron al final del tratamiento (3 días) y tras 2 días de transferencia al aire. Se evaluando tres frutos por tratamiento y día. Las determinaciones de color (parámetros *L*, *a*, *b*) se realizaron con un colorímetro HunterLab (modelo D25A), calculándose el valor de croma ($C=(a^2+b^2)^{1/2}$). Los sólidos solubles totales (°Brix) se determinaron en muestras de pulpa libres de semillas, utilizando un refractómetro Atago dbx 30 a 20°C.

Los compuestos fenólicos totales fueron extraídos 4 veces con HCl en metanol 1% (v/v) a partir de muestras de mesocarpo liofilizadas. Una alícuota de los sobrenadantes combinados, fue evaporada, disuelta en una mezcla metanol-etanol-agua, y analizada en una columna de Sephadex LH-20, saturada con etanol-agua 95% (v/v). Los compuestos fenólicos no taninos fueron eluidos con etanol-agua 95% (v/v) y la fracción taninos con acetona-agua 50% (v/v). Las diferentes fracciones fenólicas fueron cuantificadas por el método del azul de Prusia (Price and Butler, 1977), y los resultados expresados como mg de ácido gálico por 100 g de peso seco.

Los datos de tres repeticiones han sido procesados por ANOVA (Statigraphic program, STSC, Rockville, MD.) para un nivel de significancia $P \leq 0,05$.

Resultados y Discusión

El tratamiento con altas concentraciones de CO_2 al tiempo que retrasa la maduración, retrasa el incremento en sólidos solubles totales, alcanzándose dos días después de la transferencia al aire valores similares a los de frutos no tratados (Tabla 1). Dicho tratamiento no modifica el contenido en sólidos totales.

En la Tabla 2 se muestran los valores de los parámetros de color *L*, *b* y croma de frutos no tratados y tratados con CO_2 . La apariencia de los frutos tratados era mejor que la de los no tratados gracias al menor descenso del parámetro *L* (luminosidad) y al incremento de los valores del parámetro *b* al finalizar el tratamiento con alto CO_2 . Nuestros resultados confirman que chirimoyas tratadas con alto CO_2 eran cromáticamente más amarillas que las no tratadas. Aunque los frutos tratados sufrieron decoloración durante su transferencia al aire, ésta era menor que la de frutos mantenidos en aire.

En el caso de tejidos verdes de chirimoya, el efecto beneficioso de altas concentraciones de CO_2 en la retención del color se debía principalmente al mantenimiento de los niveles de clorofila (Del Cura et al., 1996). En el caso del mesocarpo (libre de la maquinaria fotosintética) el efecto potenciador del color blanco-amarillento de la pulpa por el CO_2 podía ser debido a la acumulación o mantenimiento de compuestos fenólicos.

En este sentido, los resultados obtenidos (Tabla 3) sobre la cuantificación de las diferentes fracciones fenólicas indican que mientras los fenoles totales no cambiaron en frutos no tratados durante la maduración, cuando se aplicó el tratamiento con CO_2 hubo un aumento significativo en estos compuestos. El incremento en fenoles totales en frutos tratados revertió al transferirlos al aire. Interesantemente, este incremento en fenoles totales en chirimoyas tratadas con CO_2 no se debía a un incremento en los niveles de taninos. Como se indica en la Tabla 2, al final del tratamiento con CO_2 , (3d) el contenido de taninos era similar al de chirimoyas recién recolectadas. En frutos no tratados el contenido en taninos decreció significativamente en la fase inicial de la maduración mientras que en frutos tratados el descenso sólo se cuantificó cuando los frutos fueron capaces de madurar en el paso al aire. Un descenso en el contenido de taninos condensados durante la maduración se ha descrito en otros frutos (Jones, 1965). Estos cambios en los niveles de taninos además de mejorar la calidad del fruto (menor astringencia) podrían estar implicados en la regulación del proceso de maduración.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la CICYT proyecto ALI 99-0954-CO3-01 y por la Embrapa/BIRD/PRODETAB (Brasil) a través de una beca postdoctoral.

Bibliografía

Beaudry, R.M., 1999. Effect of O_2 and CO_2 partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biol. Technol.* 15(3), 293-303.

Del Cura, B., Escribano, M.I., Zamorano, J.P., Merodio, C., 1996. High carbon dioxide delays postharvest changes in RuBPCase and polygalacturonase-related protein in cherimoya peel. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(4), 735-739.

Jones, D.E., 1965. Banana tannin and its reaction with polyethylene glycols. *Nature* 206, 299-300.

Muñoz, M.T., Escribano, M.I., Merodio, C., 1997. Ethanol metabolism in cherimoya fruit during storage at ambient and under high CO₂ atmosphere. *Journal of Horticultural Science.* 72(3), 363-370.

Price, M.L., Butler, L.G., 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* 25, 1268-1273.

Rothan, C., Duret, S., Chevalier, C., Raymond, P., 1997. Suppression of ripening-associated gene expression in tomato fruit subjected to a high CO₂ concentration. *Plant Physiol* 114, 255-263.

Siriphanich, J., Kader, A. A., 1985. Effects of CO₂ on total phenolics, phenylalanine ammonia-lyase and polyphenol oxidase in lettuce tissue. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110, 249-253.

Tablas y Figuras

Período (días)	Sólidos Solubles		Sólidos Totales	
	----- (°Brix) -----		----- (g/100g PS) -----	
	Aire	CO ₂	Aire	CO ₂
0	12,43±0,05 ^y	12,43±0,05	26,21±0,08	26,21±0,08
3	25,17± 0,25	22,63±0,26	25,50±0,06	26,13±0,13
5	23,10±0,22	23,63±0,05	25,02±0,09	25,43±0,07

Tabla 1. Sólidos solubles y sólidos totales en pulpa de chirimoya durante la maduración a 20°C en aire o tratadas con CO₂ (20% por 3 días) y transferidas al aire. ^yMedias ± DS (n=5).

Período (días)	L		b		Chroma (a ² +b ²) ^{1/2}	
	Aire	CO ₂	Aire	CO ₂	Aire	CO ₂
	0	72,7±0,33 ^y	72,7±0,33	12,0±0,20	12,0±0,20	12,1±0,04
3	63,1±0,31	66,2±0,55	12,9±0,06	15,0±0,64	13,1±0,02	15,0±0,42
5	57,9±0,09	62,1±0,11	12,4±0,19	13,1±0,09	12,6±0,04	13,5±0,02

Tabla 2. Valores de los parámetros de color L, b y chroma en pulpa de chirimoyas durante la maduración a 20°C en aire o tratadas con CO₂ (20% por 3 días) y transferidas al aire. ^yMedias ± DS (n=5).

Período (días)	Fenoles Totales		Fenoles no Taninos		Taninos	
	----- (mg/g PS) -----		----- (mg/g PS) -----		----- mg/g PS -----	
	Aire	CO ₂	Aire	CO ₂	Aire	CO ₂
0	5,76 a	5,76 a	3,23 a	3,23 a	2,47 a	2,47 a
3	5,81 a	6,48 b	3,53 b	3,92 b	2,07 b	2,55 a
3+1	5,65 a	5,39 a	3,84 b	3,97 b	2,01 b	2,07 b

Tabla 3. Contenido de fenoles totales, fenoles no taninos y taninos en pulpa de chirimoya durante la maduración a 20°C en aire o tratadas con CO₂ (20% por 3 días) y transferidos al aire. Medias (n=3) en las columnas con letras distintas indican el nivel de significancia estadística al 95%.