

La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.)*

Fruit maturity and calyx drying influence post-harvest behavior of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) stored at 12 °C

Rafael H. Novoa¹, Mauricio Bojacá², Jesús Antonio Galvis³ y Gerhard Fischer⁴

Resumen: Se estudió el comportamiento físico-químico y fisiológico del fruto de uchuva durante la poscosecha. El fruto se cosechó en los grados de madurez 4 (color verde amarillo) y 5 (amarillo), según norma 4850 de Icontec (Instituto de Normas Técnicas y Certificación), y se almacenó a 12 °C y 85% humedad relativa durante 30 d. Previamente, los cálizos se secaron a temperaturas de 18 °C y 24 °C durante 6 h. Se determinó la intensidad respiratoria por cromatografía de gases y el contenido de ácidos orgánicos y azúcares por cromatografía líquida de alto desempeño. Los resultados mostraron que la uchuva es un fruto climatérico, que presenta el máximo de respiración a los 12 d de almacenamiento. Los tratamientos con secado del cáliz a 24 °C fueron más eficientes, ya que el fruto respiró menos, comparado con las uchucas cuyo cáliz fue secado a 18 °C. Entre los ácidos orgánicos evaluados, el ácido cítrico resultó predominante en el fruto, seguido por los ácidos málico, ascórbico, tartárico y oxálico, respectivamente. La pérdida de ácido ascórbico en el fruto fue total después de 12 d de almacenamiento. Los azúcares predominantes en la uchuva fueron, en su orden, sacarosa, glucosa y fructosa. Frutos cosechados en grado de madurez (GM) 4 con secado del cáliz a 24 °C y aquellos en GM 5 y secados a 18 °C conservaron mejor la concentración de sacarosa. Se presentó *Botrytis cinerea* en frutos con secado del cáliz a 18 °C.

Palabras claves adicionales: grados Brix, respiración, fruto climatérico, ácidos orgánicos, azúcares

Abstract: Cape gooseberry fruit's physical-chemical and physiological post-harvest behaviour was studied. The fruit was harvested during two stages of maturity, grade 4 (yellowish-green colour) and grade 5 (yellow), according to Icontec standard 4850, and stored at 12 °C for 30 d with 85% relative humidity. Fruit calices had been previously dried for six hours at 18 and 24 °C. Respiration rates were determined by gas chromatography and organic acids and sugars by high pressure liquid chromatography. The results demonstrated that the Cape gooseberry is a climacteric fruit, presenting peak respiration 12 d after storage has begun. Treatment with 24 °C for calyx drying was the most efficient since the fruit presented minor respiration rates as compared to fruit with calyx drying at 18 °C. Citric acid predominated among the organic acids evaluated in fruit, followed by malic acid, ascorbic acid, tartaric acid and oxalic acid. Total ascorbic acid content loss was measured 12 d after storage began. The prevailing sugars in Cape gooseberry fruit were sucrose, followed by glucose and fructose. Fruit harvested at maturity grade 4 with calyx drying at 24 °C and those at grade 5 dried at 18 °C best conserved sucrose concentration. *Botrytis cinerea* attacked fruit whose calyx had been dried at 18 °C.

Additional key words: Brix degrees, respiration, climacteric fruit, organic acids, sugars

Fecha de recepción: 29 de noviembre de 2005
Aceptado para publicación: 11 de mayo de 2006

* Investigación realizada dentro del proyecto "Desarrollo de tecnologías de cosecha y poscosecha en mora, mango común, lulo, pitahaya y uchuva", en convenio entre el Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena), Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Industria de Alimentos (CIAI) y la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

¹ Ingeniero agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: rafaelnovoa@yahoo.es

² Ingeniero agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: mauribojaca@latinmail.com

³ Profesor asociado, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: jagalvisv@unal.edu.co

⁴ Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: gfisher@unal.edu.co

Introducción

LA UCHUVA (*PHYSALIS PERUVIANA* L.) pertenece a la familia de las solanáceas y es originaria de los Andes suramericanos (Almanza y Espinosa, 1995), aunque Legge (1974) sitúa su origen en las zonas andinas peruanas. Su nombre proviene de la palabra indígena 'ucuba', que significa fruta redonda; por su amplia distribución es conocida con otros nombres como: 'uvilla' en Ecuador, 'teparee' y 'makowi' en India, 'chuchuva' en Venezuela, 'aguaimanto' en Perú y 'capegoose-berry' en los países de habla inglesa (Lizana y Espina, 1991).

Este fruto es producido comercialmente en Ecuador, Sudáfrica, Kenia, Zimbabue, Australia, Nueva Zelanda, Hawai, India, Malasia, Colombia y China; en la actualidad se ha extendido su producción a los altiplanos de los países tropicales, subtropicales y a países del Caribe. Actualmente, Colombia es el mayor productor de uchuva del mundo. Los frutos de uchuva colombianos tienen gran aceptación en los mercados mundiales, principalmente por su coloración más atractiva y su agradable sabor por un alto contenido de azúcares.

La producción nacional se encuentra principalmente ubicada en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Tolima y Cundinamarca; es en este último donde se encuentra aproximadamente el 80% de la explotación comercial de la uchuva en Colombia.

La producción de uchuva en Colombia es continua durante todo el año; existen cultivos programados de acuerdo a las ventanas de exportación del mercado europeo, que se presenta entre los meses de octubre a mayo. A pesar de que el área de cultivo se ha ido incrementado en los últimos años por el aumento de la demanda para el mercado nacional y de exportación, en algunas temporadas del año se presenta déficit de producto para suplir las necesidades (Galvis et al., 2005). Además, como mencionan López y Páez (2002), es necesario implementar tecnologías adecuadas y mejorar las operaciones de manejo en poscosecha, con el fin de obtener frutos de excelente calidad y garantizarla durante su comercialización, evitando las altas pérdidas de producto.

En junio de 2003 se aprobó la exportación a Estados Unidos del fruto sin cáliz, con un tratamiento cuarentenario de frío (T-107-b) como requisito para combatir las larvas de la mosca de la fruta. Alvarado et al. (2004) encontraron que la uchuva sin cáliz resiste sin deterioro de calidad

el tratamiento cuarentenario en frío T-107-b durante 16 d a temperaturas $\leq 1,67$ °C. Generalmente, la temperatura de almacenamiento de la uchuva de 12 °C es utilizada por los comercializadores y exportadores de Colombia, en la que se disminuye el metabolismo del fruto.

El fruto de la uchuva es una baya jugosa y carnosa de color amarillo-naranja cuando está madura; se desarrolla dentro de un cáliz globoso acrescente que protege al fruto hasta su madurez. En el fruto de la uchuva se han encontrado altos niveles de minerales, como Fe y P, fibra, vitaminas A y C (Fischer, 2000); además, se le atribuyen propiedades medicinales, como purificar la sangre, disminuir la albúmina de los riñones, fortificar el nervio óptico, limpiar las cataratas y aliviar las afecciones de garganta (Corporación Colombia Internacional, 2002).

El cáliz del fruto segrega una sustancia pegajosa, generada por tejidos glandulares ubicados en su base; esta resina cubre el fruto y su función es repeler el ataque de insectos (Valencia, 1985). El cáliz además protege el fruto contra la radiación solar y los daños ocasionados por problemas fitosanitarios; también es fuente de fotoasimilados para el fruto durante los primeros 20 d de su desarrollo (Fischer y Lüdders, 1997). Este órgano, según Herrera (2000), prolonga la vida poscosecha en 2/3 más que en frutos sin cáliz, pero para obtener mayor protección y longevidad se deben realizar los procesos de secado del cáliz.

De acuerdo con Herrera (2000), los frutos de uchuva se secaban en un principio sobre mesones o láminas, evitando el amontonamiento, a 12 °C por un periodo de 8 h y sin utilizar ventiladores, por 3 d. Actualmente los comercializadores realizan el secado de forma empírica; se emplea aire forzado a dos temperaturas de secado (18 y 24 °C) por 36 h; Novoa et al. (2002) encontraron que la deshidratación del cáliz es mayor y más rápida con secado en aire a 24 °C y durante 6 h, tiempo suficiente para el proceso porque la pérdida de agua en este tiempo es muy grande.

Se desconocen las pérdidas de uchuva sometida a los procesos de secado y tampoco se ha establecido el tiempo necesario para obtener un secado uniforme del cáliz. Herrera (2000) manifiesta que es importante tener en cuenta el momento de cosecha, que se realiza de acuerdo con los índices de madurez.

En algunas empresas exportadoras se secan los cáliz con aire a 25 °C, impulsado por ventiladores. Los

frutos, previamente seleccionados, son clasificados y empacados en cestas de plástico –por ejemplo, de 125 g–, que se colocan sobre ‘parrillas’ durante el proceso del secado: 10 h para los cálices verdes y 6 h para los amarillos (Galvis et al., 2005).

Los índices de madurez se describen con facilidad por cambios perceptibles en el fruto. Los estados reconocidos en la actualidad son seis y están descritos en tres formas diferentes por Almanza y Espinosa (1995), Fischer y Martínez (1999) y en la norma 4580 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec, 1999).

La información disponible sobre la fisiología de la uchuva y su comportamiento en poscosecha es deficiente. Con el presente trabajo se busca determinar las diferencias en el comportamiento fisiológico cuando el fruto con cáliz se somete a dos tipos de secado, (18 y 24 °C), durante 2, 4 y 6 h y cuando su cosecha se hace en dos grados de madurez, GM 4 y 5. Para ello, se analizaron los cambios físicos, químicos, bioquímicos y fisiológicos que presentó el fruto durante el desarrollo de este estudio.

Materiales y métodos

Se seleccionaron 150 kg de frutos de uchuva, procedentes de la zona de Subia (Cundinamarca), en GM 4 (coloración verde amarillo) y GM 5 (amarillo), según la norma 4580 del Icontec (Icontec, 1999).

Los cálices de los frutos se secaron durante 6 h empleando dos temperaturas diferentes:

- Temperatura ambiente (18 °C) y 60% de humedad relativa promedio: en este sistema se utilizaron ventiladores impulsando el aire a través de canastillas cruzadas y acomodadas en columnas.
- 24 °C y 35% de humedad relativa promedio: en este sistema se empleó una cámara sellada, en la que se inyecta aire caliente en un extremo con ventiladores que poseen resistencias eléctricas; el aire pasa a través de canastillas y es retirado con extractores (Siemens) ubicados en el otro extremo.

Posterior al secado, la fruta se almacenó en cuarto frío, ubicado en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, a una temperatura de 12 °C y HR de 85% por un período de 30 d. Durante el almacenamiento, a los frutos se les hicieron las determinaciones indicadas en la tabla 1.

Para el ensayo se empleó un diseño estadístico completamente al azar, con análisis combinado de varianzas. La muestra estuvo constituida por 3 frutos y se realizaron 3 repeticiones.

Resultados y discusión

pH

El pH presentó un aumento hasta el día 16 en todos los tratamientos y después tendió al descenso; los valores fluctuaron entre 4,1 al inicio y 4,9 al final del almace-

Tabla 1. Análisis realizados durante el almacenamiento del fruto de uchuva (temperatura 12 °C, HR 85%).

Análisis	Método	Equipo utilizado	Frecuencia (d)
pH	Potenciometría	Potenciómetro digital	2
Sólidos solubles	Refractometría	Refractómetro Atago	2
Acidez titulable	Titulación	Titulación con bureta y NaOH y se registra el volumen desplazado	2
Relación madurez	°Brix / % de acidez titulable		2
Intensidad respiratoria	Cromatografía de gases	Cámaras de respiración, cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 con columna Superplot (300 cm x 0,53 mm), fase estacionaria Carbosieve S-II, detector de conductividad térmica (TDC), helio como gas de arrastre	2
Azúcares y ácidos • Sacarosa • Fructosa • Glucosa • Ácido cítrico • Ácido ascórbico • Ácido málico • Ácido oxálico • Ácido tartárico	Cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC)	Cromatógrafo Waters 9000 con detectores ultravioleta e intensidad refractométrica (35 °C) conectados en serie con una columna Aminex HPX – 87H (300 x 7,8 mm) a 35 °C; fase móvil, H ₂ SO ₄ 8 mM; flujo de fase móvil 0,40 µL · min ⁻¹	6

namiento (figura 1). Los frutos de uchuva conservan la tendencia general de todos los frutos en el proceso de madurez, tornándose menos ácidos con el paso del tiempo en almacenamiento, por el desdoblamiento de los ácidos orgánicos como sustrato respiratorio (Kays, 1997).

Entre grados de madurez se encontraron diferencias significativas a partir del día 6 y hasta el día 28, cuando los valores de pH fueron mayores para el GM 5 en los dos tipos de secado. Al final del almacenamiento se observaron además valores de pH diferentes según los tipos de secado: el pH del GM 5 sufrió una disminución, haciendo que el pH de los tratamientos con aire caliente presentaran diferencias significativas con respecto al pH de los frutos secados con aire a 18 °C.

El pH celular es muy importante en la regulación del metabolismo. En frutos, más del 90% del volumen celular es ocupado por la vacuola, que es muy ácida, con pH inferior a 5 (Nanos y Kader, 1993), lo que coincide con los resultados encontrados en este estudio.

Sólidos solubles totales (grados Brix)

El contenido de los sólidos solubles totales diluidos en el jugo del fruto está constituido en 80% a 95% por azúcares (Fischer y Martínez, 1999). En el estudio, los grados Brix se comportaron de forma similar al pH, aumentándose con la maduración del fruto; el valor de los grados Brix en las uchuvas varió desde 11,6 al inicio hasta 13,5 al final del almacenamiento (figura 2). Los valores de los sólidos solubles en el fruto completamente maduro fueron similares a los reportados por Herrera (2000).

No se presentaron diferencias significativas en los grados Brix, lo que indica que los tipos de secado y el grado de madurez no influyeron en el comportamiento de esta característica del fruto. A medida que los frutos maduran, los contenidos de sólidos solubles aumentan por procesos de hidrólisis del almidón en azúcares más simples (Herrero y Guardia, 1999); ésta es una característica notable en las uchuvas del ecotipo Colombia (Fischer y Lüdders, 1997).

Acidez total titulable

Herrera (2000) reporta que las uchuvas de buena calidad tienen porcentajes de acidez total titulable entre 1,6% y 2,0%, lo que coincide con los resultados del ensayo entre los 8 y 24 d de almacenamiento (figura 3).

El porcentaje de acidez presentó un comportamiento muy diferente entre los grados de madurez, especialmente desde el cuarto día, cuando el GM 4 mostró un mayor porcentaje de acidez en ambos tipos del secado, situación que se mantuvo hasta el último día de almacenamiento, cuando ya no hubo diferencia significativa entre grados de madurez. Lo mismo que ocurrió al inicio de los tratamientos (dos primeros días).

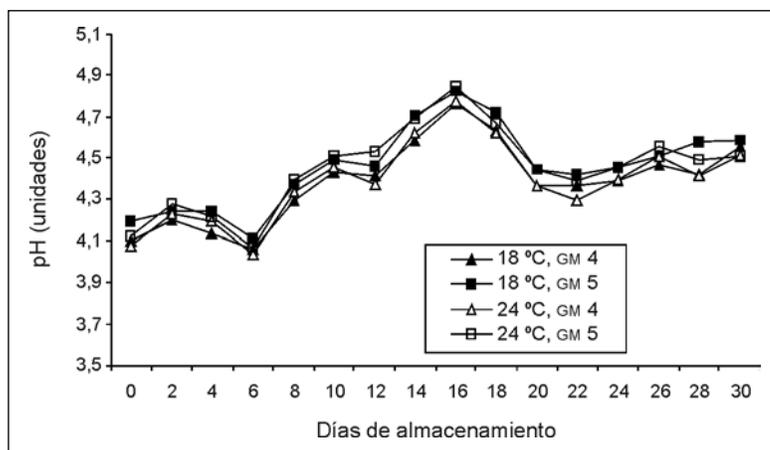


Figura 1. Comportamiento del pH en frutos de uchuva cosechados en dos grados de madurez (GM), con dos temperaturas de secado del cáliz y almacenados a 12 °C.

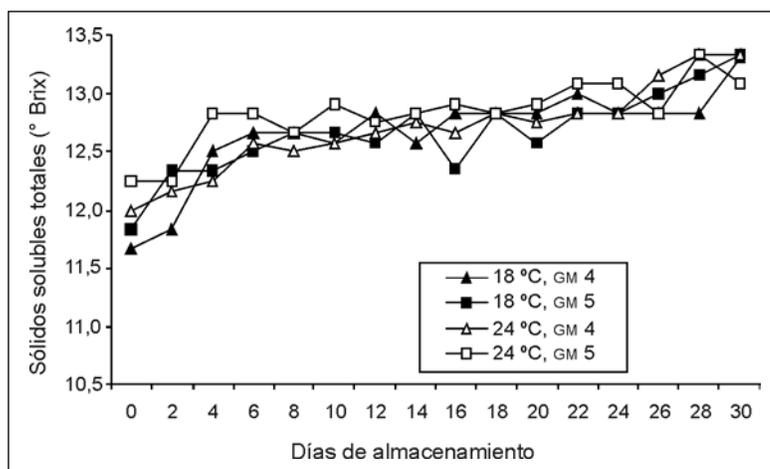


Figura 2. Comportamiento de los sólidos solubles totales en frutos de uchuva, cosechados en dos grados de madurez (GM), con dos temperaturas de secado del cáliz y almacenados a 12 °C.

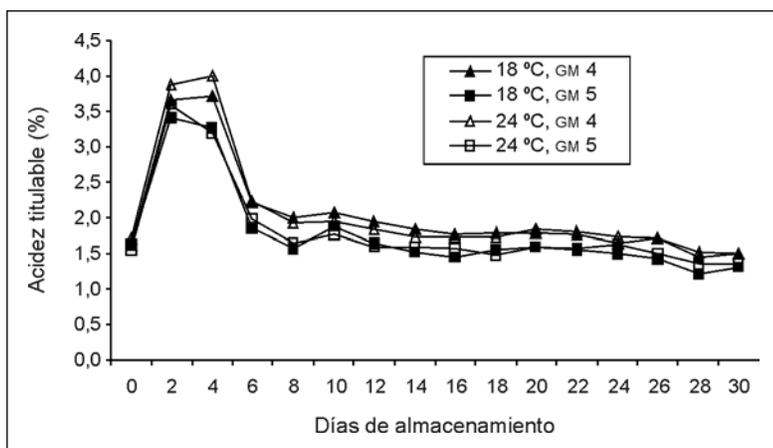


Figura 3. Comportamiento de la acidez titulable en frutos de uchuva, cosechados en dos grados de madurez (GM), con dos temperaturas de secado del cáliz y almacenados a 12 °C.

Se observó un incremento bastante pronunciado después del día 0, que se mantuvo durante 4 d y después descendió en forma marcada; a partir del sexto día el descenso tomó una forma suavizada y al final se observó un valor inferior al inicial. Este comportamiento sugiere una maduración lenta. El aumento de la acidez titulable del día 2 al día 4 de almacenamiento es posiblemente una adaptación del metabolismo del fruto a la baja temperatura (Wills et al., 1998).

La figura 4 muestra que la maduración se presentó en forma lenta, demostrada por el descenso suave del porcentaje de acidez, lo que indica que los frutos utilizan pocos ácidos para su metabolismo (respiración).

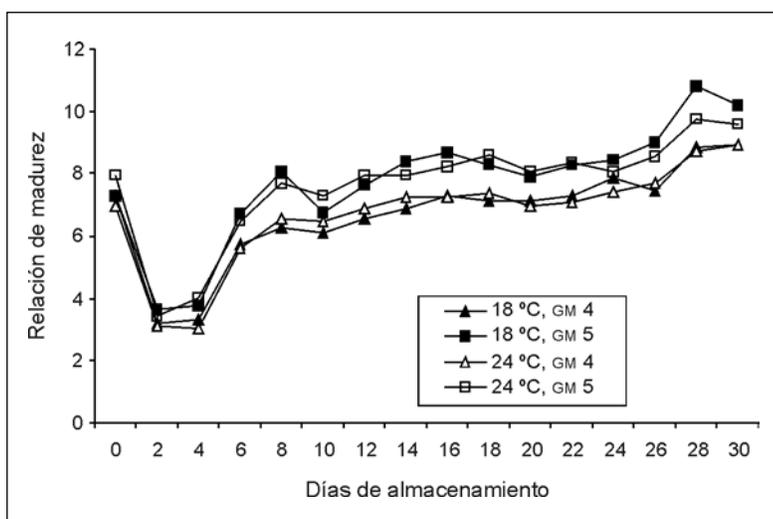


Figura 4. Comportamiento de la relación de madurez (°Brix/acidez total titulable) en frutos de uchuva, cosechados en dos grados de madurez (GM), con dos temperaturas de secado del cáliz y almacenados a 12 °C.

Este comportamiento sugiere la posibilidad de almacenar frutos a 12 °C, sin correr el riesgo de que los frutos estén maduros o dañados, y para obtener un mejor resultado se deben emplear frutos cosechados en GM 4, que presentaron el mejor comportamiento. El tipo de secado no influyó sobre el porcentaje de acidez de los frutos.

Relación de madurez

La relación grados Brix/acidez total titulable mostró una diferencia significativa entre los grados de madurez, siendo mayor en GM 5 para ambos tipos de secado; no se encontró ninguna diferencia entre tipos de secado para los distintos grados de madurez.

Se presentó una disminución desde el día 2 de almacenamiento, por el aumento en la acidez para este periodo. Este valor se mantuvo hasta el día 4; a partir del día 6, los valores de la relación presentaron aumento. Al final del periodo de almacenamiento, el comportamiento de los frutos almacenados en GM 4 fue totalmente homogéneo en los dos tipos de secado; por el contrario, los frutos almacenados en GM 5 presentaron diferencias entre los tipos de secado, siendo mayor la relación grados Brix/acidez en el secado con aire a 18 °C.

Las diferencias observadas muestran a GM 4 como el mejor grado de madurez para almacenamiento a 12 °C, independientemente del tipo de secado utilizado, ya que la uchuva en este grado de madurez (verde amarillo) conserva un poco más el porcentaje de acidez por el almacenamiento prolongado en refrigeración, lo que resulta ser ideal para el producto.

Respiración

La tasa respiratoria de los frutos en todos los tratamientos presentó una disminución entre los días 1 y 9; a partir de este último, se incrementó alcanzando un valor máximo el día 12 (figura 5). El comportamiento del fruto de la uchuva con relación a la respiración comprueba que es un fruto climatérico, como lo reportaron Trincheró et al. (1999) y Castañeda et al. (2002), empleando para la medición del CO₂ producido el método

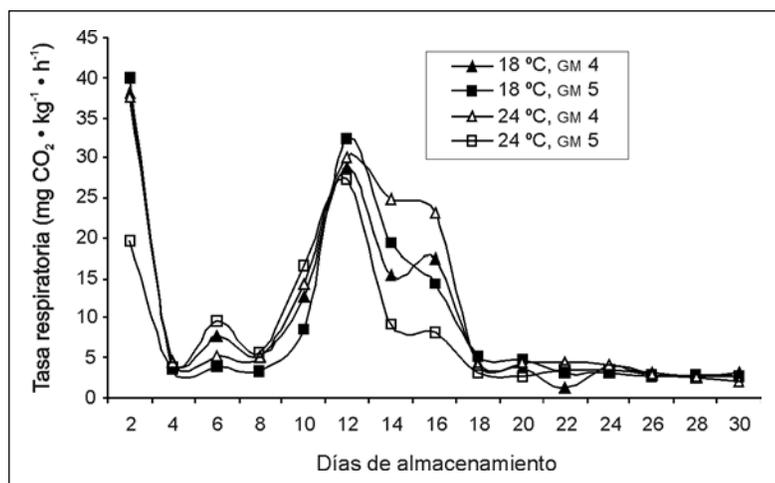


Figura 5. Comportamiento de la tasa respiratoria en frutos de uchuva, cosechados en dos grados de madurez (GM), con dos temperaturas de secado del cáliz y almacenados a 12 °C.

de la cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC); por su parte, Villamizar et al. (1993), utilizando el método volumétrico para la determinación de la intensidad respiratoria, encontraron que la uchuva en poscosecha (almacenada a 6 y 12 °C) presenta un comportamiento de fruto no climatérico.

Es de destacar que la temperatura de 12 °C empleada en este estudio retrasó la aparición del pico climatérico en la uchuva en por lo menos 4 d, pues Avila y Moreno (2004) encontraron el climaterio a 18 °C entre 6 y 8 d de almacenamiento.

Los frutos cosechados en GM 5 con secado a 24 °C mostraron la menor intensidad respiratoria, lo que indica un mejor comportamiento en el almacenamiento, pero también un fruto con menor sustrato de respiración, representado por un menor contenido de azúcares y ácidos (tabla 2 y 3). Por el contrario, frutos en el mismo grado de madurez sometidos a secado a 18 °C presentaron la mayor intensidad respiratoria. Después del día 12, los frutos de todos los tratamientos disminuyeron su intensidad respiratoria. Las uchuvas cosechadas en GM 4 y con secado a 24 °C presentaron para este periodo la mayor intensidad respiratoria.

Contenido de los azúcares

Sacarosa. De los azúcares analizados, la sacarosa presentó el mayor contenido (tabla 2), lo mismo que sucede en la mayoría de los frutos (Wills et al., 1998) y coincidiendo con lo encontrado por Fischer (1995) en la uchuva. Fischer y Lüdders (1997) reportan que a final del creci-

miento del fruto todavía hay una traslocación notoria de sacarosa desde las hojas más cercanas hasta él. La concentración de sacarosa fue mayor en frutos secados a 18 °C en el inicio de la evaluación, pero, a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, se observó un incremento en el contenido de sacarosa en el secado con aire a 24 °C.

El contenido de sacarosa presentó tendencia a aumentar en todos los tratamientos a los 6 d de almacenamiento (tabla 2) y después descendió de manera constante hasta los 24 d, presentando un ligero incremento al final del almacenamiento. Se encontraron diferencias altamente significativas en los frutos entre los tipos de secado y los gra-

Tabla 2. Comportamiento de los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa en frutos de uchuva, cosechados en dos grados de madurez, con dos temperaturas de secado del cáliz y almacenados a 12 °C.

Tratamiento	Día de la evaluación	Sacarosa	Glucosa	Fructosa
		(mg·100 g ⁻¹ de fruto)		
Secado del cáliz a 18 °C Grado de madurez 4	0	743,48	500,65	393,12
	6	1.272,98	663,83	555,84
	12	936,29	718,69	582,36
	18	794,88	524,50	431,43
	24	731,24	762,78	669,52
Secado del cáliz a 18 °C Grado de madurez 5	0	1.100,03	941,43	767,70
	6	909,90	536,18	431,30
	12	1.331,92	953,44	793,75
	18	1.283,29	885,23	758,15
	24	656,15	915,01	777,05
Secado del cáliz a 24 °C Grado de madurez 4	0	1.100,03	360,26	280,61
	6	909,90	852,18	707,30
	12	1.331,92	850,99	711,86
	18	1.283,29	744,61	630,55
	24	656,15	637,58	540,74
Secado del cáliz a 24 °C Grado de madurez 5	0	602,86	357,61	273,10
	6	1.391,13	767,88	616,84
	12	1.219,50	783,55	651,43
	18	921,30	608,35	513,77
	24	716,13	970,71	815,35
30	884,74	723,83	649,31	

dos de madurez: en frutos con GM 5 y secado a 18 °C se mantuvo la mayor cantidad de sacarosa desde el día 6 hasta el final del almacenamiento, mientras que los contenidos de este azúcar en frutos de uchuva con distintos grados de madurez y secados a 24 °C presentaron valores similares, lo que demuestra homogeneidad del fruto. Los frutos con GM 4 y secados a 24 °C tienen mayor contenido de sacarosa que los de este mismo grado de madurez secados a 18 °C.

Glucosa. Este azúcar presentó tendencia a aumentar en los frutos sometidos a todos los tratamientos durante el almacenamiento por 30 d. Sin embargo, en los frutos cosechados en GM 5 y secados a 18 °C, el valor inicial fue superior al de los frutos de los otros tratamientos, y después del día 12 y hasta el final del almacenamiento se mantuvieron con mayor concentración de este azúcar (tabla 2). En general, los frutos con secado del cáliz a 18 °C presentaron un contenido de glucosa más alto al inicio del almacenamiento que a aquellos con secado a 24 °C, lo que indica una pérdida mayor del monosacárido durante el secado a temperatura más alta.

Los frutos con GM 5 y secado a 18 °C mantuvieron un alto contenido de glucosa a partir del día 12 y hasta el final; en general, los frutos de los dos grados de madurez registraron en los dos tipos de secado un aumento que, al final, se tradujo en cantidades muy cercanas y con diferencias no significativas entre los diferentes tratamientos.

El contenido de la glucosa en la uchuva es muy similar al de otros frutos solanáceos: Guzmán (1985, citado en Galvis y Herrera, 1999) reporta para el lulo 0,52% de glucosa, casi igual al 0,50% en uchuva el día 0 con secado a 18 °C (tabla 2).

Fructosa. De los azúcares evaluados, la fructosa es la que se encuentra en menor cantidad en los frutos de uchuva (tabla 2). Presenta un comportamiento similar al de la glucosa en todo el proceso de almacenamiento; se repite el mismo fenómeno para GM 5 con secado a 18 °C, presentando también mayor contenido de fructosa a partir de los 12 d de almacenamiento y hasta el día 30, cuando no se encuentran diferencias significativas entre todos los tratamientos.

Contenido de los ácidos orgánicos

Ácido ascórbico. El ácido ascórbico (vitamina C) tiene un comportamiento muy particular. Al inicio su valor fue

3,0-3,5 mg·100 g⁻¹ de pulpa en frutos secados a 24 °C y entre 4,0 y 5,0 mg·100 g⁻¹ de pulpa en frutos secados a 18 °C, desapareciendo después de 12 d de almacenamiento en los frutos de todos los tratamientos, lo que coincide con el pico climatérico (tabla 3). Esto puede deberse a la oxidación del ácido. La concentración de las vitaminas en los frutos usualmente decrece después de la cosecha, y el manipuleo de los frutos durante la cosecha y el transporte permite el ataque de oxidasas a la vitamina, lo que puede resultar en su pérdida acelerada (Mozafar, 1994).

El contenido de ácido ascórbico en este ensayo fue mucho menor que los encontrados por Fischer et al. (2000) en uchuvas frescas recién cosechadas en Boyacá, con 30,9 mg·100 g⁻¹ en fruto, y por Castañeda y Paredes (2003), con 25,1 mg·100 g⁻¹ en frutos con madurez fisiológica, en Granada (Cundinamarca). Probablemente el manejo poscosecha, en especial el secado, podría haber afectado el nivel de esta vitamina en la uchuva. Además, si se mantiene el fruto de la uchuva en la planta después de haberse presentado la madurez fisiológica, la concentración de ácido ascórbico puede aumentarse (Castañeda y Paredes, 2003) debido a que el cáliz (casi traslúcido) en este estado permite un mayor paso de energía lumínica; el fruto sintetiza más ácido ascórbico por metabolismo secundario influenciado por la radiación lumínica (Kader, 2002).

Ácido cítrico. En la uchuva el ácido cítrico es el predominante, con los valores más altos entre los ácidos orgánicos (tabla 3) y confirma lo encontrado por Fischer et al. (2000). Aunque el incremento en el contenido de este ácido coincide con el pico climatérico al final del almacenamiento se observó un aumento cuando la tasa respiratoria aparentemente era muy baja, suponiendo que este ácido es un sustrato respiratorio (Wills et al., 1998).

En el inicio del almacenamiento (día 0), los frutos de todos los tratamientos presentaron el nivel más bajo de ácido cítrico de todo el ensayo, especialmente los secados con aire a 24 °C, en los que el contenido es menor, en contraste con los secados a 18 °C. Las uchuvas con GM 5 y secadas a 18 °C mostraron un contenido alto de ácido cítrico; no obstante, en GM 4 el contenido no fue menor. El comportamiento al inicio de la prueba en los frutos de todos los tratamientos indica una posible pérdida del ácido causada por el proceso de secado del cáliz, que afectó al fruto.

Tabla 3. Comportamiento de los ácidos ascórbico, cítrico, málico, oxálico y tartárico en frutos de uchuva, cosechados en dos grados de madurez y con dos temperaturas de secado del cáliz; almacenados a 12 °C.

Tratamiento	Día de la evaluación	Ácido ascórbico	Ácido cítrico	Ácido málico	Ácido oxálico	Ácido tartárico
		(mg·100 g ⁻¹ de fruto)				
Secado del cáliz a 18 °C Grado de madurez 4	0	4,03	577,44	25,76	0,52	11,25
	6	3,50	808,46	53,63	1,14	24,13
	12	4,01	948,68	70,45	1,06	26,64
	18	0	573,98	45,49	0,96	19,49
	24	0	743,84	78,22	1,10	31,32
Secado del cáliz a 18 °C Grado de madurez 5	0	5,03	970,15	67,61	0,96	26,04
	6	3,07	609,48	38,07	0,85	20,99
	12	0	775,96	78,04	1,98	31,42
	18	0	855,96	81,08	1,85	33,47
	24	0	657,81	72,83	2,19	27,40
Secado del cáliz a 24 °C Grado de madurez 4	0	3,43	385,88	32,72	0,36	12,07
	6	3,95	1.095,37	72,47	1,74	28,24
	12	3,89	1.003,27	70,88	1,81	27,66
	18	0	773,12	65,24	1,31	27,05
	24	0	539,83	60,25	1,72	22,19
Secado del cáliz a 24 °C Grado de madurez 5	0	3,30	331,67	77,62	0,43	11,37
	6	3,36	832,93	61,30	1,13	24,26
	12	1,83	792,28	66,51	1,48	26,20
	18	0	561,72	53,74	1,16	17,71
	24	0	679,62	73,82	2,56	28,3
	30	0	725,18	66,77	2,67	27,90

A los 12 d de almacenamiento, los frutos secados a 18 °C en ambos grados de madurez presentaron mayor contenido de ácido cítrico que los secados a la temperatura más alta. A partir del día 12, los frutos mostraron pérdida de ácido cítrico, continuando hasta el día 24. Al final del almacenamiento las uchuvas presentaron un pequeño aumento en el contenido de este ácido.

De modo similar a la pérdida de ácido cítrico observada en este estudio a partir del día 12 del almacenamiento, en los frutos aún en la planta éste disminuyó a partir de 63 d de presentarse la floración, coincidiendo con el día 7 después de evidenciarse la madurez fisiológica del fruto (Castañeda y Paredes, 2003).

Ácidomálico. El contenido de ácido málico es el segundo, después del ácido cítrico, dentro de los cinco ácidos analizados en el fruto de la uchuva. Al inicio de la evaluación se encontraron diferencias estadísticas entre los grados de madurez y también se observó un mayor contenido de ácido málico en el fruto secado con aire a 24 °C. A los 6 d de almacenamiento se invirtió la diferencia, pero ésta no es tan marcada como al inicio del almacenamiento. Después del día 12 de almacenamiento, los frutos de uchuva en GM 5 y secados a 18 °C incrementaron la concentración del ácido, haciendo de éste uno de los tratamientos con mayor contenido del ácido málico hasta el final del período evaluado (tabla 3). En comparación, Castañeda y Paredes (2003) encontraron en frutos madurándose en la planta el mayor contenido de ácido málico en el estado de sobremadurez, luego de 84 d de desarrollo del fruto.

Ácido oxálico. De los ácidos orgánicos evaluados, es el de menor concentración en la uchuva (tabla 3); presenta una tendencia creciente, aunque a los 18 d de almacenamiento se estableció una disminución, para luego aumentar de nuevo; para un periodo de 30 d, el aumento en el contenido de este ácido es significativo, lo que refleja una buena conservación del fruto. Posiblemente, este ácido se sintetiza durante el metabolismo del fruto a medida que avanza el almacenamiento. La misma tendencia fue observada por Castañeda y Paredes (2003) en la planta: la concentración de ácido oxálico se aumentó marcadamente desde los 70 d hasta los 84 d de edad del fruto.

Los frutos secados con aire a 18 °C mostraron un contenido superior de ácido oxálico en los dos grados de madurez, con respecto a los frutos secados con aire a 24 °C (tabla 3). Al final del almacenamiento se evidencia una mayor concentración de ácido oxálico en los frutos secados a 24 °C en los dos grados de madurez, mostrándose los frutos con GM 5 con cantidades superiores de ácido en relación con los de GM 4. Esta observación es común para los dos tipos de secado (tabla 3).

Ácido tartárico. El comportamiento de este ácido orgánico en las uchuvas almacenadas a 12 °C es con tendencia a aumentar, especialmente durante los primeros días, coincidiendo con lo encontrado por Ávila y Moreno (2004) en frutos almacenados a 18 °C. Al final de la evaluación, el contenido del ácido fue doble del valor inicial (tabla 3). Las concentraciones iniciales fueron muy similares, sin contar los frutos en GM 5 con

secado a 18 °C, que tienen un valor muy superior con respecto a los otros tratamientos.

Por lo general, la maduración causa un descenso de la acidez, al igual que de los ácidos y los azúcares en los frutos. En este ensayo no ocurrió así. El fenómeno que se presentó puede tener varias causas: en el fruto, al refrigerarse a 12 °C, descendió la tasa de respiración –como se hizo evidente– y, por lo tanto, el consumo de sustratos fue menor, o bien, el contenido de almidón pudo hacer que el nivel de azúcares no disminuyera durante el proceso de almacenamiento (Herrero y Guardia, 1999).

El proceso de secado hace que los contenidos de ácidos disminuyan en todos los tratamientos, por eso los valores iniciales son bajos por incrementarse la respiración en el momento de secado del cáliz.

En el almacenamiento al final del periodo se presentó una tala de *Botrytis cinerea*, con mayor severidad en frutos con secado en aire a temperatura ambiente (18 °C). Los frutos se conservaron en buenas condiciones por 30 d en todos los tratamientos, pero las mejores respuestas en la conservación de la calidad las tuvieron las uchuvas secadas a 24 °C, que no fueron atacadas por *Botrytis*. En contraste, frutos de uchuva almacenados a temperatura ambiente (18 °C) duraron solamente 20 d por haber sido atacados por la *Botrytis* (Ávila y Moreno, 2004).

Conclusiones

- Se comprobó que la uchuva tiene comportamiento respiratorio de fruto climatérico; para este experimento el máximo climatérico se presentó el día 12 de almacenamiento.
- Los frutos de uchuva cosechados en GM 5 y secados a 24 °C presentaron la menor intensidad respiratoria, indicando que el gasto de reservas energéticas del fruto en este tratamiento es menor y conservándose la calidad nutricional de la uchuva.
- El ácido orgánico predominante en los frutos de uchuva almacenada a 12 °C fue el ácido cítrico, seguido, en su orden, por los ácidos málico, ascórbico, tartárico y oxálico.
- El tratamiento con GM 5 y secado a 24 °C resultó ser aparentemente la mejor opción para el almacenamiento de frutos de uchuva; sin embargo, el GM 4 mantuvo mejores condiciones mínimas internas de calidad en lo que se refiere a acidez.

- Se encontró que el contenido de ácido ascórbico en el fruto es mayor al inicio del almacenamiento para todos los grados de madurez y va disminuyendo con la maduración.
- El azúcar predominante en el fruto de uchuva es la sacarosa, seguida, en su orden, por la glucosa y la fructosa.
- La mejor respuesta en lo relativo a la conservación de la sacarosa en el fruto de la uchuva almacenada a 12 °C fue en aquellos frutos cosechados en GM 4 con secado del cáliz a 24 °C y en GM 5 con secado a 18 °C.
- La uchuva con cáliz se puede almacenar por 30 d a 12 °C; ésta es la temperatura de almacenamiento en los contenedores refrigerados para despacho marítimo.
- En las condiciones de este experimento, el tiempo de vida del fruto fue de 30 d, presentándose *Botrytis cinerea* en frutos con secado del cáliz a 18 °C.

Literatura citada

- Almanza, P.J. y C.J. Espinosa. 1995. Desarrollo morfológico y análisis físico-químico de frutos de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) para identificar el momento óptimo de cosecha. Trabajo final. Especialización en frutales de clima frío, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja.
- Alvarado, P.A., C.A. Berdugo y G. Fischer. 2004. Efecto de un tratamiento a 1,5 °C y dos humedades relativas sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana* 22(2), 147-159.
- Ávila, J.A. y A.P. Moreno. 2004. Efecto de dos estados de madurez (color 3 y 5) sobre el comportamiento poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) con cáliz a temperatura ambiente de Bogotá y dos tipos de secado. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Castañeda, G., R. Paredes, G. Fischer y A. Galvis. 2002. Determinación del patrón respiratorio de uchuva (*Physalis peruviana* L.) proveniente del municipio de Silvana, Cundinamarca. pp. 292-297. Memorias IV Seminario nacional de frutales de clima frío moderado. Medellín, noviembre 20 a 22 de 2002. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales (CDTF) y Corpoica, Medellín. 383 p.
- Castañeda, G.E. y R.I. Paredes. 2003. Estudio del proceso respiratorio, principales ácidos orgánicos, azúcares y algunos cambios físico-químicos en el desarrollo del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 92 p.
- Corporación Colombia Internacional [CCI]. 2002. Uchuva. Perfil de producto. *Inteligencia de Mercados* 13, 1-12.
- Fischer, G. 1995. Effect of root zone temperature and tropical altitude on the growth, development and fruit quality of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Tesis doctoral, Universidad de Humboldt, Berlín. 171 p.
- Fischer, G. y P. Lüdders. 1997. Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. *Agronomía Colombiana* 14(2), 95-107.

- Fischer, G. y O. Martínez. 1999. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación a la coloración del fruto. *Agro-nomía Colombiana* 16(1-3), 35-39.
- Fischer, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. pp. 9-26. En: Flores, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p.
- Fischer, G., G. Ebert y P. Lüdders. 2000. Provitamin A carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) ecotypes grown at two tropical altitudes. *Acta Horticulturae* 531, 263-267.
- Galvis J.A. y A. Herrera. 1999. El lulo *Solanum quitoense* Lam. Manejo poscosecha. Convenio Sena, Universidad Nacional de Colombia, Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Bogotá. 69 p.
- Galvis, J.A., G. Fischer y O.P. Gordillo. 2005. Cosecha y poscosecha de la uchuva. pp. 165-190. En: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 221 p.
- Herrera, A. 2000. Manejo poscosecha. pp. 109-127. En: Flórez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p.
- Herrero, A y J. Guardia. 1999. Conservación de frutos. Manual técnico. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 59-71.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. 1999. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá. 15 p.
- Kader, A.A. 2002 (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. University of California, Agricultural and Natural Resources, Publication 3311. Oakland, CA. 535 p.
- Kays, S. 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. 1st edition. Exon Press, Athens, GA. pp. 263-278.
- Legge, A.P. 1974. Notes on the history cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. *Journal of the Royal Horticulture Society* 99(7), p. 310-314.
- Lizana, A. y S. Espina. 1991. Efecto de la temperatura de almacenaje sobre el comportamiento en poscosecha de frutos de fisalis (*Physalis peruviana* L.). *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 35, 278-284.
- López, E. y L.H. Páez. 2002. Comportamiento fisiológico de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo condiciones de refrigeración y películas plásticas para su conservación en poscosecha. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Mozafar, A. 1994. Plant vitamins: agronomic, physiological and nutritional aspects. CRC Press, Florida. pp. 9-11.
- Nanos, G.D. y A.A. Kader. 1993. Low O₂ induced changes in pH en energy change in pear fruit tissue. *Postharv. Biol. Technol.* 3, 285-291.
- Novoa, R.H., M. Bojacá y G. Fischer. 2002. Determinación de pérdida de humedad en el fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) según el tipo de secado en tres índices de madurez. pp. 298-302. Memorias IV Seminario de frutales de clima frío moderado. Medellín, noviembre 20 a 22 de 2002. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales (CDTF) y Corpoica, Medellín. 383 p.
- Trincherro, G., G.O. Sozzi, A.M. Cerri, F. Vilella y A. Franschina. 1999. Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in golden berry (*Physalis peruviana* L.) a solanaceous species. *Postharv. Biol. and Technol.* 16, 139-145.
- Valencia, M. 1985. Anatomía del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Acta Biológica Colombiana* 1(2), 63-89.
- Villamizar, F., A. Ramírez y M. Meneses. 1993. Estudio de la caracterización física, morfológica y fisiológica poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agro-Desarrollo* 4(1-2), 305-319.
- Wills, R., B. McGlasson, D. Graham y D. Joyce. 1998. Postharvest - an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International, New York. 262 p.