

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

Octavio Lancharo<sup>1</sup>, Gonzalo Velandia<sup>2</sup>,  
Gerhard Fischer<sup>3</sup>, Nidia Catherine Varela<sup>4</sup>  
y Hugo García<sup>5</sup>

## ABSTRACT

**Post-harvest behavior of cape  
gooseberry (*Physalis peruviana* L.)  
under active modified  
atmosphere conditions**

One of the main inconveniences for cape gooseberry export is the proper conservation of the fruit for further consumption; in that sense, the technique of modified atmosphere creates a microenvironment that allows the control of transpiration rates, respiration and the majority of maturation reactions in stored fruits. The study objective was to determine the mixture of gases and the type of packing film to be used for an adequate conservation of cape gooseberry. Fruits with and without the calyx, three kinds of film (polyethylene terephthalate-polyethylene, bioriented polypropylene-polyethylene and polyolefin) and four concentrations of gas (5% CO<sub>2</sub> and 5% O<sub>2</sub>; 5% CO<sub>2</sub> and 10% O<sub>2</sub>; commercial mixture and ambient mixture) well evaluated in a subdivided parcels statistic design.

All experiments used 75 grams of packed fruit stored at 7°C for one month; physical and chemical variation data were taken from three experiments per each treatment weekly. Fruits with a calyx conserved better firmness and showed a pH of 3.77, 13.1 °B, and a maturity index of 9.3 at the end of the assay. The polyolefin film demonstrated the best behavior and the fruits showed a pH of 3.8, 12.9 °B, a maturity index of 9.9 and a loss of fresh weight of 0.75%. There were no significant differences for the distinct gas concentrations. Fruits stored without packaging lost 4.58% of their initial weight whereas those stored in plastic packaging and artificial atmosphere lost an average of 0.48%.

*Key words:* Post-harvest storage, maturation, fruit conservation, plastic packaging.

Recibido: abril 12 de 2007  
Aceptado: junio 2 de 2007

1. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: joctaviolancharo@gmail.com

2. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: gonzalox21@gmail.com

3. Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: gferfischer@gmail.com

4. Investigadora, Centro de Investigación Tibaitatá; CORPOICA, e-mail: cvarela@corpoica.org.co, ingcatherine@yahoo.es

5. Investigador principal, Centro de Investigación Tibaitatá; CORPOICA, e-mail: hgarcia@corpoica.org.co;

## Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa

## RESUMEN

Uno de los principales inconvenientes para la exportación de la uchuva es la apropiada conservación del fruto para su consumo posterior; en tal sentido, la técnica de atmósfera modificada crea un microambiente que permite controlar las tasas de transpiración, respiración y la mayoría de reacciones de maduración en frutos almacenados. El estudio tuvo como propósito determinar la mezcla de gases y el tipo de película de empaque a emplear para una adecuada conservación de la uchuva. Se evaluaron frutos con y sin cáliz, tres tipos de película (polietilentereftalato-polietileno, polipropileno biorientado-polietileno y polyolefin) y cuatro concentraciones de gas (5% CO<sub>2</sub> y 5% O<sub>2</sub>; 5% CO<sub>2</sub> y 10% O<sub>2</sub>; mezcla comercial y mezcla ambiental) en un diseño estadístico de parcelas subdivididas. Para todas las unidades experimentales se emplearon 75 g de fruta empacados y almacenados a una temperatura de 7°C durante un mes; semanalmente se tomaron datos de variables físicas y químicas de tres unidades experimentales por cada tratamiento. Los frutos con cáliz conservaron mejor la firmeza y presentaron al término del ensayo un pH de 3,77, 13,1 °B y un índice de madurez de 9,3. La película de polyolefin mostró el mejor comportamiento y los frutos presentaron un pH de 3,8, 12,9 °B, índice de madurez de 9,9 y una pérdida de peso fresco de 0,75%. Para las distintas concentraciones de gas no se encontraron diferencias significativas. Los frutos almacenados sin empaque perdieron 4,58% de su peso inicial mientras los almacenados en empaque plástico y atmósfera artificial perdieron en promedio 0,48%.

*Palabras clave:* almacenamiento poscosecha, maduración, conservación de frutos, empaque plástico.

## INTRODUCCIÓN

EL PRINCIPAL CENTRO DE PRODUCCIÓN de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia es el departamento de Cundinamarca, con una participación del 80% del total de la producción nacional, especialmente en los municipios de Granada y Silvania. En la actualidad, Colombia es el mayor productor en el mundo seguido de Sudáfrica (Fischer, 1995).

La uchuva es uno de los frutos de exportación más importantes, siendo el principal destino Europa, destacándose Alemania y Holanda con más del 60% de la demanda (Corporación Colombia Internacional –CCI–, 2002). El año 2005 terminó con el registro récord de declaración de exportaciones colombianas de uchuva fresca por US\$ 23,8 millones FOB y 6.422 t de producto, un incremento de casi el 70%, tanto en valor como en volumen, con respecto al año anterior. Está dinámica y el monto de exportación que ha alcanzado la uchuva, la convierte de lejos en la principal fruta de exportación de Colombia en la categoría de promisorios y diferentes de las tradicionales

como banano y plátano. Este crecimiento sin precedentes está concentrado en el mercado europeo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y CCI, 2006).

Ante este panorama es importante mejorar las condiciones de manejo poscosecha del fruto, principalmente en lo que se refiere a almacenamiento, transporte y vida en anaquel, de tal modo que las características organolépticas y de contenido nutricional sean las demandadas por el mercado sin que esto implique incrementar los costos de producción. (López y Páez, 2002).

Uno de los limitantes que se presentan en el período de poscosecha de la uchuva, que no se ha estudiado suficientemente, son los diferentes cambios que involucra el proceso de maduración. Su conocimiento puede contribuir a un manejo adecuado durante las diferentes operaciones de poscosecha, para mantener la calidad y prolongar la vida útil del fruto (Galvis *et al.*, 2005). De otra parte, se cuestiona el carácter climático de la uchuva, ya que el máximo de intensidad

respiratoria, las mejores características sensoriales y la mejor relación de madurez (sólidos solubles totales/acidez total titulable) no coinciden entre sí. Por lo tanto, la uchuva se clasifica como un fruto intermedio entre comportamiento climatérico y no climatérico (Galvis, Fischer y Gordillo, 2005). Además, anotan que el climaterio puede ser causado por el estrés de la separación del fruto de la planta o los tratamientos usados en la pos-recolección (Rodríguez, 2003).

La técnica de atmósfera modificada es una técnica física que no deja residuos químicos en los productos y tiene como objetivo principal cambiar el microambiente del producto almacenado y se fundamenta en la variación del contenido de oxígeno, anhídrido carbónico o nitrógeno en las cámaras de almacenamiento (Kader, 1992, citado por López y Páez, 2002; Chefel y Chefel, 1976; Pantástico, 1984; Clavijo, 1995); por tanto, debe considerarse como una técnica que complementa un adecuado manejo de la temperatura y la humedad relativa en el almacenamiento del producto.

Cuando desciende el contenido de oxígeno del ambiente las frutas retardan la intensidad respiratoria y la mayoría de las reacciones de maduración. Se procura no bajar del 2 al 4% de oxígeno, sobre todo a temperaturas relativamente elevadas, porque aparecería una anaerobiosis que rápidamente produciría un sabor alcohólico (Clavijo, 1995; Pantástico, 1984; Chefel y Chefel, 1976).

El almacenamiento adecuado de frutas y hortalizas frescas prolonga su vida útil, controla la saturación del mercado, proporciona mayor número de frutas y verduras para escoger durante el año, ayuda a una comercialización ordenada, aumenta las ganancias monetarias de los productores y conserva la calidad de los productos vivos. Finalmente, los objetivos principales del almacenamiento son controlar la tasa de transpiración y respiración, controlar las enfermedades y conservar el producto de manera adecuada para su posterior consumo (Pantástico, 1984; Chefel y Chefel, 1976).

Entre los factores que influyen sobre la conveniencia o no de utilizar la técnica de atmósfera controlada o modificada en determinados productos se encuentran:

- El comportamiento de éstos en una atmósfera normal.
- La existencia y la magnitud de una respuesta favorable cuando se expone a una atmósfera modificada o controlada.
- El ciclo de producción.
- El valor del producto en relación con el costo adicional que supone la utilización de atmósferas modificadas o controladas.

Existen dos formas de establecer una atmósfera modificada. La primera es pasiva, sus características están dadas por la intensidad respiratoria del producto y las propiedades del empaque usado que forman una atmósfera en un ambiente sellado como resultado del consumo de O<sub>2</sub> y producción de CO<sub>2</sub> a causa de la respiración. La segunda es activa y se crea sellando al vacío el producto, para luego inyectarle al envase una mezcla de gases específica; esta mezcla puede ser ajustada mediante el uso de sustancias absorbentes que se colocan en el interior del empaque (Wiley, 1997).

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el comportamiento de la uchuva almacenada bajo una atmósfera modificada, con el fin de determinar una combinación de mezcla de gases y/o un empaque plástico que conlleve al aumento en la vida útil del producto.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del experimento se utilizaron frutos de uchuva ecotipo 'Colombia' en un estado de maduración No. 4 de acuerdo con la norma ICONTEC NTC 4580 de 1999, provenientes de fincas aledañas a la Sabana de Bogotá y fue adquirida en una comercializadora del occidente de la Sabana. La calidad de la fruta fue la estándar del mercado nacional y se sometió a un proceso adicional de selección retirando los frutos con rajaduras, daños mecánicos y lesiones por patógenos.

El ensayo se desarrolló en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales del C.I. Tibaitatá de CORPOICA; inició en enero 26 de 2007 y concluyó cuatro semanas después. Los frutos se some-

tieron a secado de cáliz con aire caliente forzado (20-25 °C) durante dos horas con el fin de eliminar el exceso de humedad de acuerdo con la metodología usada por Novoa *et al.* (2006). La fruta se empacó en diferentes películas o empaques plásticos que se sometieron a distintas concentraciones de gas. Se usaron empaques de polietilentereftalato-polietileno (Pet/pe) y polipropileno biorientado-polietileno (Bopp/pe) —que son películas de alta barrera a gases y vapor de agua—, así como polyolefin que es una película de menor barrera con permeabilidad a oxígeno. En la Figura 1 se puede observar el montaje del ensayo mediante el arreglo de parcelas sub-subdivididas.

Se utilizó la empacadora KOMET VACU-BOY® la cual genera vacío para luego inyectar la mezcla de gas y tres cilindros con distintas concentraciones de gas a fin de lograr una atmósfera modificada activa, así: a) 5% CO<sub>2</sub> y 5% O<sub>2</sub>; b) 5% CO<sub>2</sub> y 10% O<sub>2</sub>; c) mezcla comercial Mapax-314® (AGA Fano S.A.).

En el tratamiento ambiental no se utilizó ninguna mezcla artificial de gas; sólo se introdujo la fruta y se procedió a sellar el empaque sin ningún otro paso intermedio. En los tratamientos sin empaque se usaron canastillas, para todas las unidades experimentales se utilizó 75 g de fruta y se almacenaron a una temperatura de 7,0 ± 1,0°C.

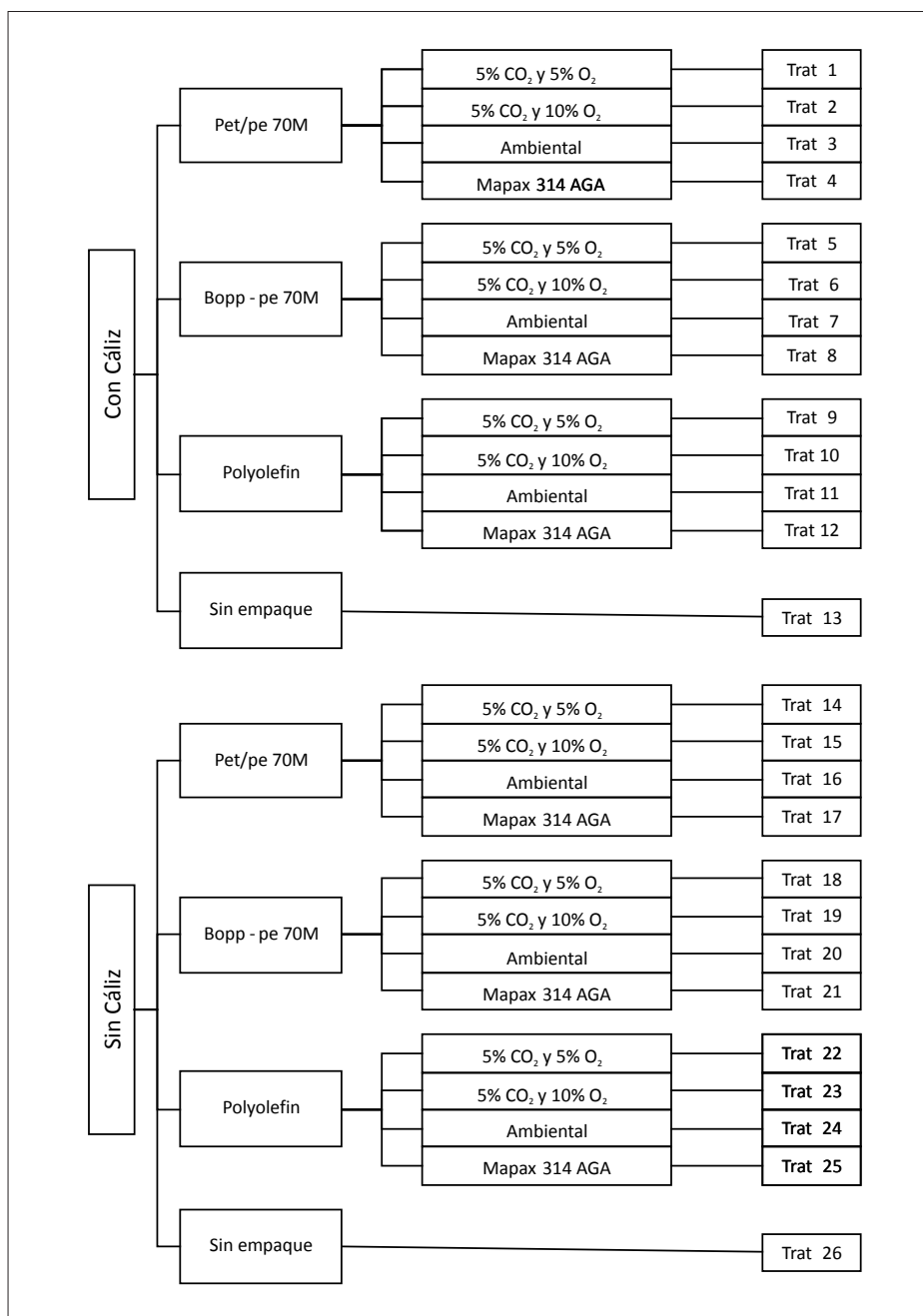
Durante el ensayo se realizó muestreo destructivo una vez por semana midiendo las variables: pH, acidez titulable, firmeza, °Brix y pérdida de peso para tres unidades experimentales por cada tratamiento.

#### Variables analizadas

El día de establecimiento del experimento se tomó como día 0 y las mediciones se realizaron semanalmente.

**Sólidos solubles totales.** Luego de la maceración y extracción del jugo se determinaron los sólidos solubles totales mediante un refractómetro óptico Milton Roy® con una precisión de 0,2 °Brix.

**pH.** Se midió el pH a 10 mL de jugo de uchuva de cada muestra, con un potenciómetro marca HANNA HI 8424



**Figura 1.** Esquema de montaje de los distintos tratamientos para evaluar el comportamiento de la uchuva almacenada bajo diferentes condiciones de empaque y atmósferas modificadas.

con una precisión de 0,01, previamente calibrado con soluciones Buffer de pH 7,0 y 4,0.

**Acidez titulable como % de ácido cítrico.** Se tomaron 6 mL de extracto de jugo obtenido a partir de la maceración, utilizando fenoltaleína (0,1%) como indicadora y se tituló con NaOH (0,1N), observando el cambio de color del jugo (viraje); la acidez titulable se obtuvo mediante la utilización de la siguiente fórmula según Landwehr y Torres (1995):

$$\% \text{Ácido Cítrico} = \frac{V_1 * N}{V_2} * K * 100$$

donde,  
 $V_1$ : volumen de NaOH consumido (mL).  
 $V_2$ : peso en gramos de muestra utilizada (6 g).  
 K : peso del ácido predominante del fruto (ácido cítrico 0,064 g-meq<sup>-1</sup>)  
 N : Normalidad del NaOH (0,1 meq·ml<sup>-1</sup>)

**Firmeza.** Se determinó con un penetrómetro manual marca Bertuzzi® modelo

T327 con una precisión de 0,125 lb-ff y una punta de 5 mm de diámetro, sobre frutos de buen tamaño y en perfectas condiciones.

**Pérdida de peso.** Para evaluar la pérdida de peso de los frutos se determinó el peso inicial de dos muestras por tratamiento, usando una balanza digital Mettler PE 3600® con una precisión de 0,01 g; los pesajes se continuaron midiendo semanalmente hasta la cuarta semana.

**Índice de madurez.** Se obtuvo mediante la relación entre los sólidos solubles totales (°Brix) y la acidez titulable.

**Diseño experimental**

El montaje del ensayo se realizó usando un diseño de parcelas sub-subdivididas, asumiendo como parcela principal la presencia o ausencia de cáliz en el fruto, mientras las subparcelas fueron dos: a) 'tipo de empaque usado' (Pet-pe, Bopp-pe y polyolefin) y b) 'mezcla de gas usada' (5% CO<sub>2</sub> y 10% O<sub>2</sub>; 5% CO<sub>2</sub> y 5% O<sub>2</sub>; mezcla comercial Mapax 314®; y atmósfera ambiental) (Figura 1). Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS v9.1® mediante un análisis de varianza con una diferencia mínima significativa (DMS) de P<0,05.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

**pH del fruto**

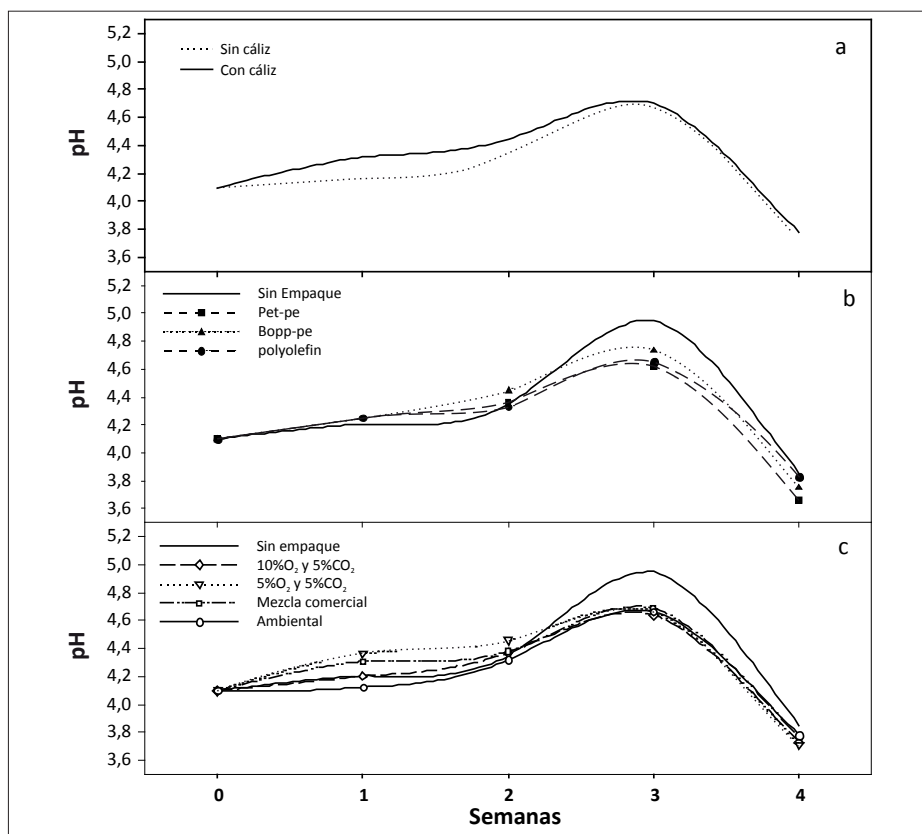
En la primera y segunda semana del ensayo los frutos con cáliz mantuvieron un pH mayor a los demás tratamientos: 4,32 y 4,44, respectivamente (Figura 2a). El valor de pH de los frutos empacados en Bopp/pe sobresale en la semana dos con un promedio de 4,44, siendo superado en la semana tres por el tratamiento sin empaque (Figura 2b). Respecto de los resultados obtenidos al evaluar las distintas mezclas de gases (Figura 2c), se obtuvo durante las primeras dos semanas un pH mayor para las muestras que fueron sometidas a una atmósfera modificada semi-activa, siendo mayor para aquellos casos en los que el porcentaje de inyección de O<sub>2</sub> fue el menor (5%), lo cual podría ser causado por una disminución en la intensidad respiratoria como consecuencia de los bajos niveles de oxígeno en el medio circundante, lo que retarda los procesos metabólicos del fruto.

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 y tiene un pH inferior a 5 (Nanos *et al.*, 1993, citado en Novoa *et al.*, 2006) lo cual coincide con los datos obtenidos en este trabajo. En la semana tres el tratamiento sin empaque presentó un pH mayor, de la misma manera las interacciones de 'con cáliz-sin empaque' y 'sin cáliz-sin empaque' registraron valores por encima del de los frutos empacados: 5 y 4,9 respectivamente.

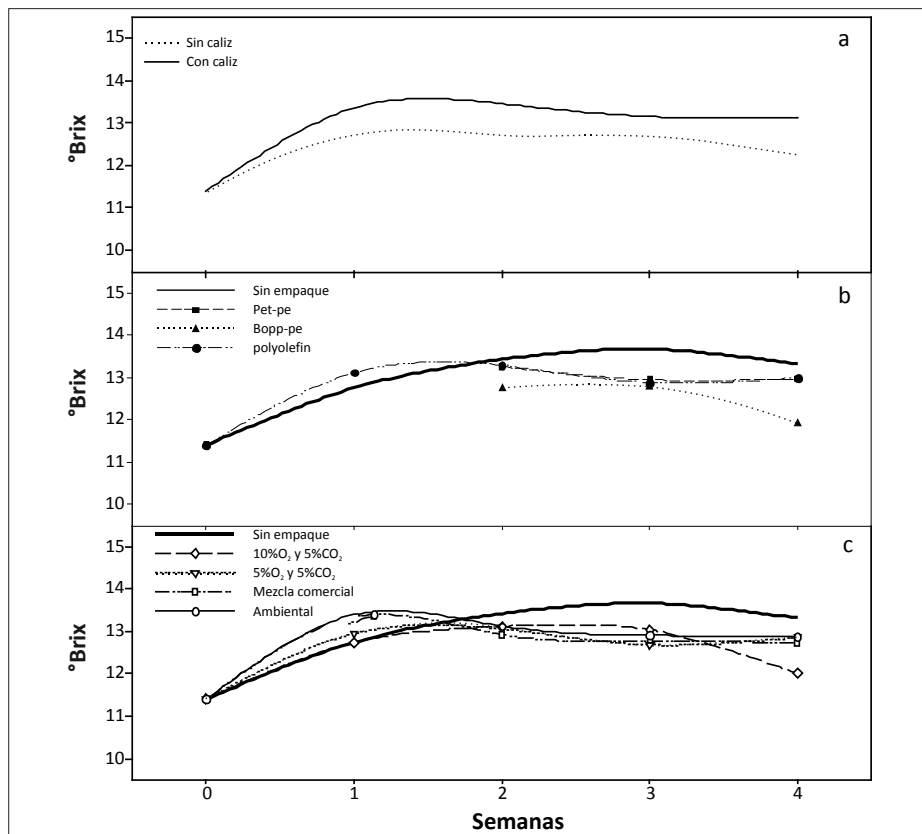
Al finalizar el ensayo (cuarta semana) el pH disminuyó considerablemente con relación a las mediciones anteriores, consistentemente con lo encontrado por Novoa *et al.* (2006) quienes registraron el aumento en el pH hasta el día 16 de almacenamiento y su posterior reducción. En este trabajo se obtuvieron datos máximos (4,9) en el tratamiento sin empaque durante la semana tres y en Bopp/pe (4,73) y su posterior reducción (Figura 2b) al igual que los otros tratamientos; al finalizar el ensayo sobresalieron los tratamientos 'sin cáliz-sin empaque' (3,95) y con cáliz-polyolefin (3,91). El incremento del pH hasta la tercera semana, es consecuencia de la disminución de ácidos presentes en la pulpa del fruto, su posterior reducción podría ser atribuida a procesos de acidificación durante la senescencia del fruto.

### Sólidos solubles totales

Según Fischer y Martínez (1999) la madurez se refleja, entre otros aspectos, por el comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) medidos como grados Brix ( $^{\circ}$ Brix). En el inicio del ensayo no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, mientras en la segunda semana se observó un mayor contenido de SST en los tratamientos donde se conservó el cáliz, con un valor 13,4  $^{\circ}$ Brix (Figura 3a). Con relación al tipo de empaque usado, aunque no se registraron diferencias significativas, los frutos almacenados sin empaque plástico obtuvieron un mayor valor de SST en las dos últimas semanas. Los frutos almacenados 'sin cáliz-sin empaque' y 'sin cáliz-polyolefin' presentaron los mayores valores. Para la tercera semana la variable tuvo un comportamiento similar siendo mayor en los tratamientos con cáliz (13,46  $^{\circ}$ Brix), mientras en la semana cuatro no



**Figura 2.** Comportamiento de la variable 'pH' como respuesta a los distintos tratamientos: a) presencia de cáliz, b) tipo de empaque, c) concentraciones de gas.



**Figura 3.** Comportamiento del contenido de sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix) como respuesta a los distintos tratamientos: a) presencia de cáliz, b) tipo de empaque, c) concentraciones de gas.

se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

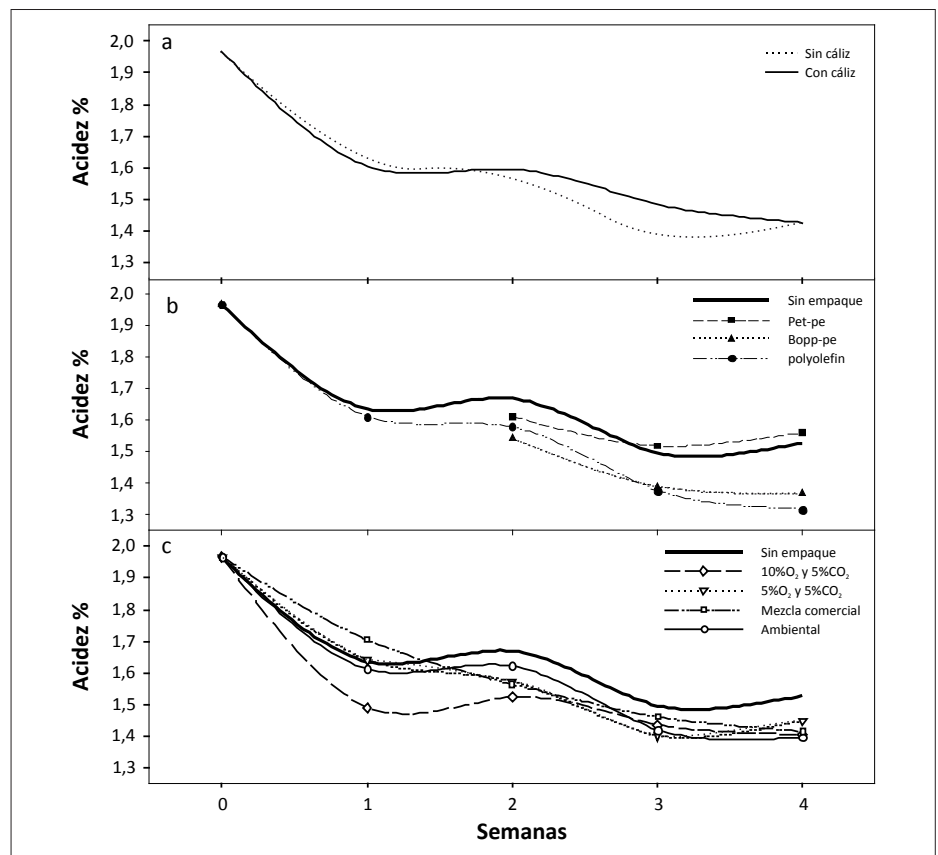
El contenido de sólidos solubles totales está constituido por 80 a 95% de azúcares. La medida de °Brix se encuentra asociada con los azúcares disueltos en el jugo celular. El aumento de azúcares es producto de la hidrólisis del almidón y/o la síntesis de sacarosa, así como de la oxidación de ácidos consumidos en la respiración (desdoblamiento de sustancias de reserva) (Hernández, 2001). Para cada uno de los tratamientos evaluados se presentó un incremento de aproximadamente 2 °Brix entre las semanas 0 y 1 como consecuencia de los procesos de maduración del fruto. Se observa que la producción de SST es escasa y disminuye rápidamente debido al metabolismo anaerobio que la fruta desarrolla en estos tratamientos (Rodríguez, 2003).

Respecto del uso de las atmósferas modificadas semi-activas, no se presentaron diferencias significativas. Sin embargo, al comparar el uso de películas plásticas se observa que éstas contribuyen a retardar los procesos metabólicos del fruto, ya que los °Brix a partir de la segunda semana son mayores cuando el producto fue almacenado sin empaque.

#### Acidez total titulable

Generalmente se considera que la acidez total titulable (ATT) decrece en cuanto avanza el proceso de maduración; los ácidos orgánicos son sustratos utilizados durante la respiración, por lo que la maduración supone un descenso en la acidez (Guzmán y Segura, 1989), lo cual concuerda con lo observado durante el ensayo (Figura 4). Con relación a la respuesta frente a las concentraciones de gas, sólo en la primera semana se encontraron diferencias significativas: la mezcla comercial registró la mayor ATT (1,77%) mientras la mezcla 10% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> mostró la menor (1,5%). Los tratamientos con diferentes mezclas de gases continuaron sin presentar diferencias significativas hasta el final del ensayo (Figura 4c).

En la semana tres se encontró un mayor contenido de acidez en los frutos que conservaron el cáliz; también sobresalieron los almacenados en Pet/pe y el sin empaque; el tratamiento mas



**Figura 4.** Comportamiento del porcentaje de acidez (ATT) como respuesta a los distintos tratamientos: a) presencia de cáliz, b) tipo de empaque, c) concentraciones de gas.

bajo fue polyolefin (Figura 4b). En concordancia con Kays (1997) la tendencia general de los tratamientos es el descenso en el porcentaje de acidez, debido a que durante el proceso respiratorio se utilizan ácidos como las deshidrogenasas, es decir que siendo los ácidos una reserva energética que se utiliza como sustrato respiratorio, es normal que el contenido de ácidos decline durante el almacenamiento.

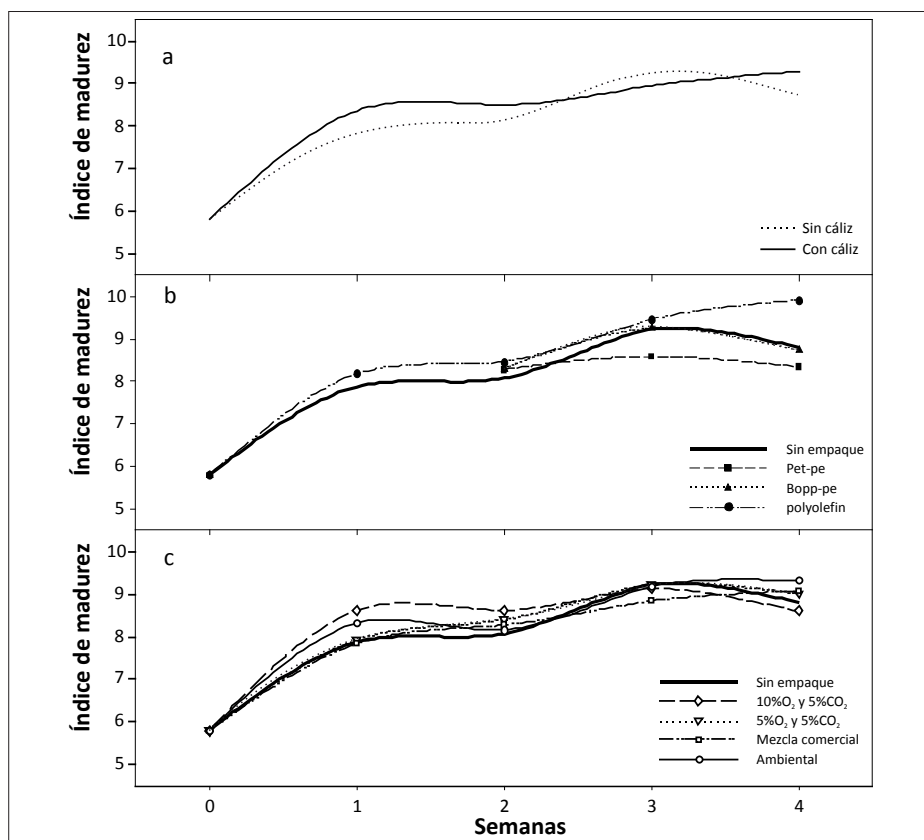
El porcentaje de ATT para los frutos almacenados sin empaque y empacados en Pet/pe fue mayor. La disminución del porcentaje de acidez para los frutos almacenados en Bopp/pe y polyolefin sin cáliz, se da a partir de la segunda semana, lo cual podría ser causado por una alta actividad respiratoria posiblemente debida al tipo de empaque. Herrera (2000), reporta que las uchuvas de buena calidad tienen una ATT entre 1,6% y 2,0%, lo que indica que la conservación de los frutos fue adecuada en todos los tratamientos hasta la segunda semana. Los tratamientos que favorecieron la conservación de esta

característica hasta el final del ensayo, pero sin diferencias estadísticas significativas, fueron los almacenados 'sin cáliz-Pet/pe'

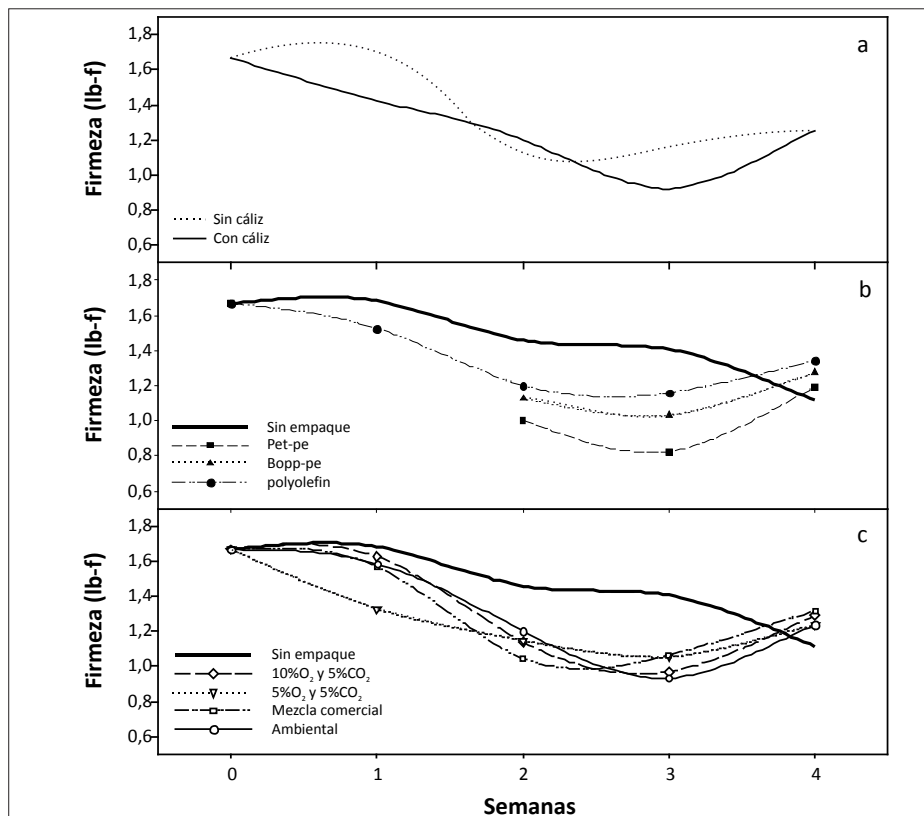
#### Índice de madurez

La madurez ha sido definida como la transición entre el desarrollo y la senescencia de los frutos (Brady, 1987). De acuerdo con Landwehr y Torres (1995), la maduración se caracteriza por una serie de cambios de sabor, consistencia, color y aroma; muchos de estos cambios son observables físicamente y para otros cuantos, se requieren análisis. El índice de madurez (IM) determina el grado de maduración de los frutos como resultante de la relación entre los SST (°Brix) y el porcentaje de acidez de los frutos.

La tendencia general de esta variable fue un incremento sostenido durante el transcurso del tiempo de evaluación (Figura 5). Este comportamiento es normal en la maduración donde se presenta la formación de azúcares y la degradación de ácidos orgánicos. Se señala que un fruto tropical como la uchuva, en su ópti-



**Figura 5.** Comportamiento de el índice de madurez de los frutos en respuesta a los distintos tratamientos: a) presencia de cáliz, b) tipo de empaque, c) concentraciones de gas.



**Figura 6.** Comportamiento de la firmeza de frutos de uchuva durante almacenamiento de acuerdo a los distintos tratamientos: a) presencia de cáliz, b) tipo de empaque, c) concentraciones de gas.

ma madurez, muestra la mayor cantidad de carbohidratos y a su vez presenta la menor concentración de acidez (Pantástico, 1981).

El factor de mayor influencia en las variaciones y diferencias entre los índices de madurez sería la acidez, ya que los SST permanecieron relativamente estables. En la segunda semana, los frutos almacenados en las combinaciones 'cáliz-polyolefin-5%  $O_2$ ' y 'cáliz-polyolefin-5%  $CO_2$ ' mostraron un valor de  $IM=10,0$  presentando una diferencia significativa. Al finalizar el ensayo los frutos almacenados en bolsas de polyolefin registraron los datos más altos ( $IM=9,9$ ); por su parte, los frutos empacados en Pet/pe presentaron los valores más bajos ( $IM=8,3$ ). Para los tratamientos de mezclas de gases no se encontraron diferencias estadísticas en el ensayo (Figura 5c).

#### Firmeza del fruto

La firmeza<sup>6</sup> presentó una tendencia a disminuir en todos los tratamientos, siendo más evidente en los frutos almacenados sin empaque (Figuras 6a y 6b). A medida que se va desarrollando la maduración se reduce la dureza de los frutos debido a la formación de ácido péctico, ácido pectínico y pectinas, a partir de la protopectina que se encuentra en la laminilla media y en la pared primaria de las paredes celulares que producen gelificación (Calderón, 1993). A partir de la segunda semana se encontraron diferencias significativas en los tratamientos con frutos almacenados con empaque: los frutos que no fueron embolsados registraron un promedio mayor con 1,45 lb-f y los frutos empacados en Pet/pe el menor con valores inferiores a 1 lb-f, manteniéndose la tendencia hasta la semana tres.

La fruta que presentó una menor firmeza fue la correspondiente al tratamiento 'cáliz-Pet/pe', en el cual se obtuvo un valor de 0,72 lb-f, opuesto al tratamiento sin cáliz-sin empaque con un valor de 1,5 lb-f. Al finalizar el ensayo los tratamientos que registraron una mayor firmeza fueron: tratamiento sin cáliz-polyolefin (1,49 lb-f) y con cáliz-Bopp-pe (1,35 lb-f). La

6. N. del E. Si bien la unidad aceptada para reportar firmeza en el Sistema Internacional de Unidades son los Newtons (N) en este artículo tal magnitud se reporta en lb-f por ser la escala de medida usual en los penetrómetros comerciales. A efectos de conversión se asume que 1kg de masa ejerce una fuerza de 9,8 N sobre la superficie.

protección de tipo físico o modificación del ambiente puede favorecer los frutos, evitando alteraciones externas; además se debe considerar que las bajas temperaturas pueden limitar la actividad y la velocidad de las enzimas encargadas de la degradación de la pared celular (poligalacturonasas, pectinmetilesterasas y celulasas) (Guadarrama, 2001).

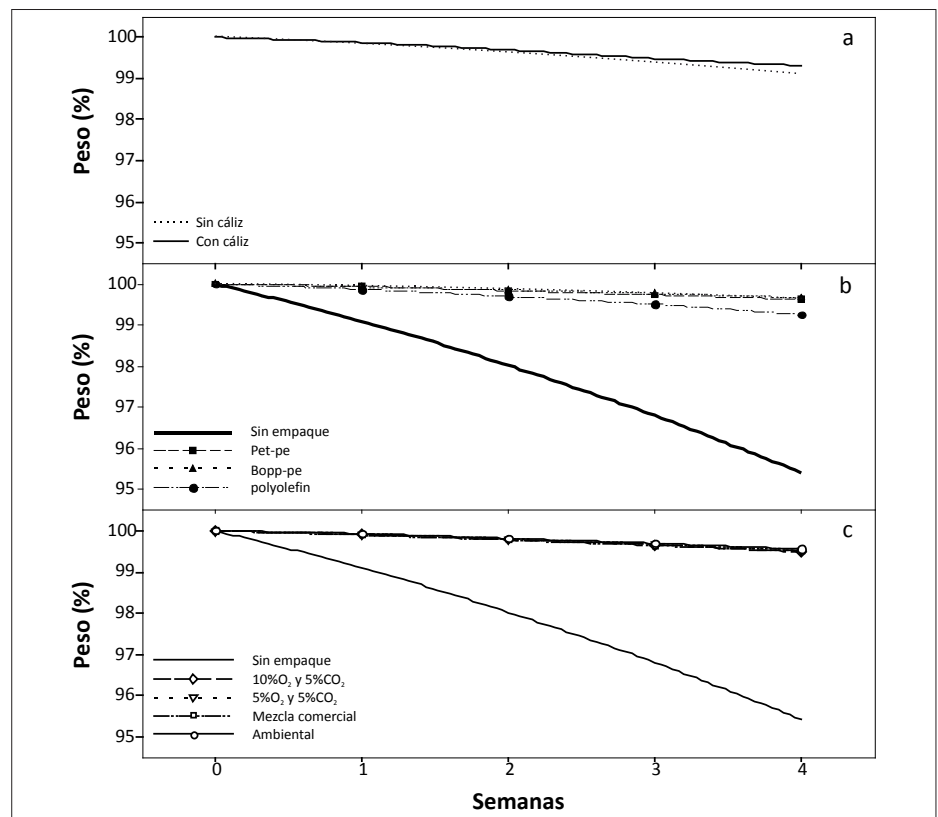
De acuerdo con el análisis estadístico no hubo diferencias significativas para las distintas concentraciones de gas; los frutos sin empaque perdieron firmeza en menor proporción hasta la semana 3 manteniéndose en un rango entre 1,4 y 1,7 lb-f; el comportamiento de la firmeza en respuesta a las concentraciones de gas es relativamente homogénea y sin diferencias estadísticas.

En general, la firmeza de una fruta disminuye a medida que avanzan los procesos de maduración como consecuencia de una reducción del almidón presente, el cual genera amilasas por la activación del etileno; a su vez, éstas producen dextrinas y glucosa (Rodríguez, 2003). A medida que empieza la senescencia del fruto, las pectinas se disuelven (pasan de la pared celular al agua del jugo) y, por tanto, disminuyen merced a la acción de las poligalacturonasas que degradan las pectinas generando ácido galacturónico libre, el cual produce un encharcamiento y ablandamiento del fruto (Rodríguez, 2003).

#### Pérdida de peso

Desde el inicio del ensayo en todos los tratamientos se presentó disminución del peso, obteniéndose las mayores pérdidas en los tratamientos correspondientes a los frutos almacenados sin empaque con un valor de 4,58% respecto del peso inicial (Figura 7a); por su parte, los almacenados con empaque no registraron pérdidas superiores a 0,74% (Figura 7b), lo cual se explica fácilmente debido a la ausencia de una barrera mecánica a la pérdida de agua de los frutos.

Según Botero (2002) los principales causantes de la pérdida de peso fresco en los productos agrícolas son los procesos de transpiración y respiración; así mismo, el déficit de presión de vapor de agua entre el fruto y el ambiente generan grandes pérdidas de agua lo cual se refleja en



**Figura 7.** Porcentaje de peso fresco en relación al primer día de medición: a) presencia de cáliz, b) tipo de empaque, c) concentraciones de gas.

una reducción significativa del peso fresco: entre mayor sea el déficit mayor será la pérdida del peso fresco en el fruto. Los frutos almacenados en empaques de polyolefin mostraron una pérdida de peso levemente mayor (0,74%) debido a que se trata de una lámina más permeable a gases que las de Bopp/pe (0,32%) y Pet/pe (0,37%). Al comparar las distintas concentraciones de gases no se encuentra ninguna diferencia, pues los porcentajes de pérdida para este tratamiento oscilaron entre 0,44% y 0,51%.

#### CONCLUSIONES

No existen diferencias significativas en cuanto al uso de mezclas artificiales de gas para la conservación de características físicas o químicas de los frutos de uchuva almacenados bajo condiciones de refrigeración.

Los frutos con cáliz conservaron mejor la mayoría de las variables físicas y químicas analizadas durante el ensayo.

Las condiciones de ambiente propiciadas por la refrigeración modificaron las condiciones de almacenamiento de mane-

ra similar a los empaques y gases; por tal razón, en algunos casos los testigos (frutos almacenados sin empaque y sin gas artificial) se comportaron mejor respecto de la conservación de las características físicas y químicas de los frutos.

El empaque plástico sellado disminuyó la pérdida de peso de los frutos de uchuva en comparación con los almacenados sin empaque.

Los empaques de polyolefin tienen un comportamiento favorable en la conservación de la firmeza y el pH de los frutos.

Es conveniente evaluar de manera más específica el empaque de polyolefin y su interacción con los frutos almacenados con y sin cáliz.

#### REFERENCIAS CITADAS

- Brady, C. 1987. Fruit ripening. *Ann. Rev. Plant Phys.* 38: 155-178.
- Calderón, E. 1993. *Fruticultura general*. Tercera edición. Ed. Limusa. México. 763 p.
- Chefel, J. y H. Chefel. 1976. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Volumen 1. Acribia, España. pp. 146-150.

- Clavijo, N. 1995. Producción de frutas y hortalizas. Centro de Enseñanza Desescolarizada –CED-, Universidad Santo Tomás., Bogotá. 169 p.
- Corporación Colombia Internacional –CCI-. 2002. Perfil del producto (uchuva). Boletín No. 13. Bogotá. 12 p.
- 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 de doctorado, Universidad de Humbolt, Berlín.
- Fischer, G. y O. Martínez. 1999. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. Agron. Colomb. 16(1-3): 35-39.
- Galvis, J., G. Fischer y O. Gordillo. 2005. Cosecha y poscosecha de la uchuva. En: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahíta y J. Romero (eds.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 221 p.
- Galvis, J., H. Arjona, G. Fischer y R. Martínez. 2005. Using of modified atmosphere parking for storing Van Dyke' Mango (*Mangifera indica* L.) fruit. Agron. Colomb. 23: 269-275.
- Guzmán, N.R. y E. Segura. 1989. Tecnología de frutas y hortalizas. Unisur, Bogotá. 240 p.
- Hernández, M.S. 2001. Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata*) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis de doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- 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.
- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1999. Frutas frescas: Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580, Bogotá. 15 p.
- Kays, S. 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Primera edición. Exon Press, Athens, GA. pp. 263-278.
- Landwehr, T. y F. Torres. 1995. Manejo poscosecha de frutas. Instituto Universitario Juan de Castellanos. Editorial Jotamar, Tunja. 233 p.
- López, E. y G. Páez. 2002. Comportamiento fisiológico de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo condiciones de refrigeración y películas plásticas para su conservación y poscosecha. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y CCI. 2006. Sistema de inteligencia de mercados: información de monitoreo internacional. En: [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/2006427154348\\_u chuvamarzo.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2006427154348_u chuvamarzo.pdf); consulta: febrero de 2007.
- Novoa, R., M. Bojacá, J. Galvis y G. Fischer. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenada a 12 °C. Agron. Colomb. 24(1): 77-86.
- Pantástico, E. 1981. Fisiología de post-recolección. Vol. 1. Ed. Limusa S.A. México. pp. 812-815.
- Pantástico, E. 1984. Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Ceca, México. pp. 328-329, 375-379.
- Rodríguez, M. 2003. Estudio de la conservación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) utilizando los métodos de atmósfera modificada, refrigeración y encerado. Trabajo de grado. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 123 p.
- Wiley, R.C. 1997. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Ed. Acribia, S.A., España. pp. 131-256.