

Efecto de un tratamiento de frío (a 1,5° C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento

Effect of chilling (at 1.5° C) and relative humidity on cape gooseberry

Physalis peruviana L. fruit's physical-chemical characteristics when being transported and stored

Paola Andrea Alvarado¹, Carlos Andrés Berdugo¹ y Gerhard Fischer²

Resumen: Los efectos de un tratamiento de frío propuesto para el control de la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* fueron evaluados en frutos de uchuva, plaga de incursión restringida en los Estados Unidos. El ensayo consistió en someter frutos de uchuva con cáliz, sin cáliz sin desinfección, y sin cáliz desinfectados con una dilución de 100 ppm de hipoclorito de sodio compuesto por cloro disponible al 6,25%, a condiciones de temperatura promedio de 1,5° C (+/-0,65) por un período de 16 días, y a dos porcentajes promedio de humedad relativa diferentes: 68% (+/-8,1) y 88% (+/-10,4). Se hicieron mediciones y análisis de variables fisiológicas y físico-químicas a los frutos antes y después del tratamiento de frío, cada dos días, por un período de 18 días en condiciones simuladas de transporte y almacenamiento. Se concluyó, en general, que los frutos de uchuva presentan un comportamiento climatérico con respecto a su patrón respiratorio, cuyo pico fue prematuro para las uchuvas sin cáliz con respecto a los frutos con cáliz y presentándose a su vez una madurez temprana para los frutos desinfectados según su intensidad respiratoria. Para las demás variables no se observaron diferencias significativas generales o frecuentes: El comportamiento de las variables peso fresco y seco muestran una tendencia a disminuir con el tiempo para todos los tratamientos. Los valores de pH tendieron a aumentar con respecto al tiempo en todos los tratamientos, similar al comportamiento de grados Brix y acidez titulable. El índice de madurez, por su parte, tendió a aumentar con el tiempo.

Palabras clave: Temperatura, desinfección, intensidad respiratoria, *Ceratitis capitata*.

Abstract: The effects of a proposed chilling treatment for controlling *Ceratitis capitata* fruit-fly on cape gooseberry fruit were evaluated; the aforementioned pest is restricted within the USA. Fruit with and without calyx, some previously disinfected with a 100 ppm sodium hypochlorite solution (consisting of 6.25% available chlorine) and some having no calyx and no kind of disinfection were treated at an average 1.5° C (+/-0.65) temperature for 16 days. Physical, chemical and physiological characteristics were measured and analysed before and after quarantine treatment and each two days for 18 days during which some transport and storage temperature conditions were simulated. It was concluded that cape gooseberry fruit generally presented climatic behaviour related to their respiratory pattern; this peaked earlier in fruit without calyx than in fruit with calyx; earlier ripening occurred in disinfected fruit according to respiratory intensity. No frequent or generally significant differences were presented for the other variables. Fresh and dry weight variable behaviour tended to decrease with time for all treatments; pH values tended to increase with time, as occurs with solid soluble values and titratable acidity. The maturity index rose as time lengthened.

Key words: Temperature, disinfection, respiration intensity, *Ceratitis capitata*.

Fecha de recepción: 20 de abril de 2004.

Aceptado para publicación: 01 de diciembre de 2004.

1 Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

2 Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: gfischer@unal.edu.co

Introducción

LA UCHUVA (*PHYSALIS PERUVIANA* L.) es originaria de los Andes Suramericanos, pertenece a la familia de las solanáceas y es la especie más conocida del género *Physalis* (CCI, 2002). En Colombia se cultiva entre los 1.800 y los 2.800 m.s.n.m. (Flórez *et al.*, 2000), en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Nariño, Cauca, Huila, Magdalena y Tolima, con un total de 814 ha cultivadas para el año 2000, presentándose 80% de la producción en el departamento de Cundinamarca, especialmente en la zona del Sumapaz (CCI, 2002).

Los frutos son bayas carnosas y globosas, cubiertas por un cáliz de cinco sépalos, que lo protegen de condiciones adversas y se desarrollan durante unos 60 a 80 días (Almanza y Espinosa, 1995). Según las condiciones de crecimiento, presenta un diámetro entre 1,25 y 2,5 cm y pesa entre 4 y 10 g (Flórez *et al.*, 2000). El período útil de producción de la planta es de 9 a 11 meses desde el momento de la primera cosecha (CCI, 2002). El fruto de la uchuva presenta un comportamiento climatérico con respecto a su patrón respiratorio; los valores máximos de respiración (pico climatérico) se encuentran a los 64 días después de floración en las condiciones de San Raimundo (municipio de Silvana) y su madurez fisiológica se da en el día 56 (Castañeda y Paredes, 2003). Cuando los frutos se separan del árbol, se mantienen viables durante un tiempo determinado por la especie, el cultivar y las condiciones de almacenamiento. Así mismo, la duración en poscosecha está en función de la composición, resistencia al ataque por hongos y bacterias, y de condiciones externas de temperatura y niveles de varios gases en el ambiente (Haard y Salunkhe, 1980).

Colombia se ha posicionado gradualmente en el mundo como uno de los más importantes países exportadores de uchuva por su exquisita calidad, la que lo ubica por encima de Sudáfrica, Kenia, Zimbabwe y varios países americanos (Angulo, 2003). Actualmente se está trabajando fuertemente para lograr la admisibilidad e incursión del producto en el mercado de algunos países con amplia opción de demanda, como Estados Unidos (CCI, 2002), y el cual, según criterios de algunas empresas exportadoras, promete un mercado de dimensiones importantes que puede sobrepasar hasta cinco veces al de Europa. El Servicio de Inspección y Sanidad Animal y Vegetal (APHIS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), proporciona información sobre reglamentos que rigen el ingreso de produc-

tos extranjeros a los Estados Unidos y viceversa; casi todos los productos vegetales necesitan de un permiso para ingresar a este país (McGregor, s.f.), e incluso la comercialización de algunos de ellos solo es posible si se cumplen algunos requerimientos, como tratamientos cuarentenarios que aseguren un excelente estado fitosanitario del producto, en respuesta a que la presencia de cualquier insecto o enfermedad de acceso restringido a los Estados Unidos traería como consecuencia la posible interrupción del proceso de exportación mientras se toman medidas de control necesarias. Paull (1990), se refiere a que una de las diferencias relevantes entre frutos de climas templados y frutos tropicales, es la necesidad de someter a estos últimos a tratamientos cuarentenarios si su destino es el mercado internacional, considerando los problemas de mosca de la fruta.

El programa Plant Protection and Quarantine (PPQ) del APHIS, adscrito al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), se encarga de mitigar las introducciones e impactos adversos de especies invasivas (plantas y animales) que alteren el ecosistema estadounidense, asegurando un control efectivo del problema (USDA-APHIS, 1999). Este programa ha planteado un tratamiento cuarentenario de frío para el control de la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* L. en frutos de uchuva, debido a que este insecto ha sido erradicado en los Estados Unidos, en donde en la actualidad no existen zonas o áreas afectadas por la plaga en mención; además, es uno de los insectos más nocivos en numerosos frutos y vegetales y causante de grandes pérdidas en los cultivos. Implantar el tratamiento cuarentenario de frío es imprescindible para la incursión del producto en el mercado estadounidense. El tratamiento propuesto consiste en aplicar una de las siguientes opciones de tiempo y temperatura (Tabla 1) a los frutos antes de exportarlos o antes de que lleguen a algún puerto marítimo o aéreo en los Estados Unidos (USDA-APHIS, 2002).

APHIS garantiza la efectividad de estos tratamientos, y está establecido que los parámetros de tiempo y temperatura dados son suficientes para evitar la introduc-

Tabla 1. Tratamientos de frío para *Ceratitis capitata*.

Opción	Temperatura	Días
1	34°F (1,10°C) o menos	14
2	35°F (1,67°C) o menos	16
3	36°F (2,20°C) o menos	18

ción y dispersión de un insecto plaga restringido en los Estados Unidos (en el caso de uchuva, *Ceratitis capitata*).

Por lo anterior, se hace imprescindible evaluar sus efectos sobre la calidad de los frutos así como su duración post-tratamiento (transporte, anaquel y consumo final), y determinar entonces la viabilidad y potencialidad de exportación del producto hacia los Estados Unidos, ya que se debe garantizar la calidad de los frutos hasta llegar a manos del consumidor.

Convencionalmente las exportaciones de uchuva hacia Europa se han llevado a cabo utilizando frutos con cáliz, el cual, según Fischer *et al.* (1997), protege al fruto durante el cultivo de la radiación y de problemas fitosanitarios, además de la protección mecánica. Después de la cosecha el cáliz provee a los frutos protección contra patógenos y maltrato ofreciendo una prolongación en vida poscosecha, importante con relación a frutos sin cáliz.

El objetivo del presente trabajo fue la evaluación de las características físico-químicas y la respiración de frutos de uchuva con y sin cáliz, con y sin desinfectarlos superficialmente, después de someterlos a un tratamiento de frío bajo dos condiciones de humedad relativa.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. El ensayo se planeó con el fin de analizar los efectos de la opción 2 del tratamiento de frío propuesto por APHIS (1,67° C/35° F por 16 días) sobre la calidad y vida útil de frutos de uchuva. Es importante tener en cuenta que la maduración de los frutos ocurre en un estrecho rango de temperatura (entre 10 y 25° C); una disminución de 10° C trae consigo una reducción en la velocidad de las reacciones aproximadamente a la mitad (Wills *et al.*, 1998).

Se manejaron dos porcentajes de humedad relativa, 68% y 88%, durante el período del tratamiento de frío (16 días), para establecer si uno de los dos influía en una mejor calidad y vida útil del producto. Se hicieron pruebas a variables fisiológicas y fisicoquímicas que se relacionan con la vida poscosecha del producto. Se utilizaron 70 kg de frutos para el ensayo, provenientes de varias zonas de Cundinamarca, en especial de la Sabana de Bogotá, adquiridos por una compañía

exportadora de frutos. La selección que se hizo sobre cada fruto fue rigurosa, evitando usar frutos con algún problema físico o fitosanitario; además, se seleccionaron cuidadosamente frutos uniformes, rechazando aquellos con tamaños extremos (muy grandes o muy pequeños) y con índices de madurez inapropiados (se utilizaron frutos con estado de madurez 3 y 4 según color, conforme a la norma técnica colombiana NTC 4580 de ICONTEC, 1999). Según Alique y Zamorano (2000), el grado de madurez de recolección debe contribuir a que el fruto presente las mejores características de calidad, para su manipulación, transporte y comercialización.

Frutos con cáliz

Se utilizaron frutos seleccionados, tipo exportación, teniendo en cuenta el estado y apariencia del fruto y del cáliz, el cual se secó previamente. Según la uniformidad del producto, se empacaron en canastillas cuadradas, convencionales, debidamente cubiertas con láminas de polipropileno y bandas elásticas (en cada canastilla se pusieron solo frutos homogéneos en características del fruto y del cáliz). Se empacaron 200 canastillas, cada una con 100 g de uchuvas, en cajas de cartón (12 canastillas por caja), que se utilizan regularmente en la comercialización de frutas exóticas.

Frutos sin cáliz

La selección de frutos sin cáliz fue muy rigurosa, teniendo en cuenta su mayor susceptibilidad a efectos externos, sobre todo si se piensa en el almacenamiento durante un periodo relativamente prolongado. La mitad de los frutos seleccionados fueron desinfectados superficialmente por inmersión durante 30 seg en una dilución de 100 ppm de hipoclorito de sodio compuesto por cloro disponible al 6,25% y posteriormente se enjuagaron con agua potable. Luego se procedió a secarlos al aire libre bajo la sombra.

Las uchuvas sin cáliz se empacaron en 200 estuches de PET (polímero sintético), logrando una muestra homogénea en cada uno de ellos (se pusieron 225 g de frutos uniformes en tamaño y color en cada uno); 100 de los estuches contenían uchuvas sin desinfección ni lavado y 100 contenían uchuvas tratadas con hipoclorito de sodio, como se mencionó anteriormente. Los estuches fueron puestos en cajas de cartón, similares a las utilizadas para empacar las uchuvas con cáliz.

Todas las cajas se llevaron a dos cámaras de almacenamiento, especiales para proveer las condiciones requeridas para el ensayo. El tratamiento cuarentenario de frío no se debe interrumpir, porque el período de tiempo del tratamiento debe ser incesante hasta su culminación; por esta razón, las cámaras permanecieron cerradas y clausuradas hasta finalizado el período de tratamiento de frío (16 días). La temperatura se ajustó a un promedio de 1,5° C (+/-0,65) para ambas cámaras, en tanto que el porcentaje de humedad relativa (HR) en la cámara 1 fue de 88% (+/-10,4) y de 68% (+/-8,1) en la cámara 2. Los tratamientos analizados en este ensayo se dieron de la siguiente manera:

- Tratamiento 1: Frutos con cáliz, sometidos a una temperatura promedio de 1,5° C y HR 88% durante el tratamiento de frío.
- Tratamiento 2: Frutos con cáliz, sometidos a una temperatura promedio de 1,5° C y HR 68% durante el tratamiento de frío.
- Tratamiento 3: Frutos sin cáliz, sometidos a una temperatura promedio de 1,5° C y HR 88% durante el tratamiento de frío, sin ningún tratamiento de lavado o desinfección previo al empaque.
- Tratamiento 4: Frutos sin cáliz, sometidos a una temperatura promedio de 1,5° C y HR 68% durante el tratamiento de frío, sin ningún tratamiento de lavado o desinfección previo al empaque.
- Tratamiento 5: Frutos sin cáliz, sometidos a una temperatura promedio de 1,5° C y HR 88% durante el tratamiento de frío, tratados con hipoclorito de sodio como método de desinfección previo al empaque.
- Tratamiento 6: Frutos sin cáliz, sometidos a una temperatura promedio de 1,5° C y HR 68% durante el tratamiento de frío, tratados con hipoclorito de sodio como método de desinfección previo al empaque.

Con el fin de establecer si al menos uno de los anteriores tratamientos presenta diferencias frente a los otros durante el proceso de exportación, se hizo una simulación de transporte y almacenamiento en donde la totalidad de los frutos (los 6 tratamientos) fueron sometidos a las siguientes condiciones de temperatura (información suministrada por una aerolínea encargada del transporte aéreo de productos exóticos y flores y por dos supermercados en Canadá (Tifco Toronto International Farms, s.f. y Emperor Specialty Foods Ltd., s.f.):

- 36 horas en cuarto frío a 3° C
- 8 horas a temperatura de 12° C

- 48 horas en avión a 2° C
- 8 horas a temperatura de 12° C
- Cuarto frío en almacén a 3° C durante el tiempo restante (13 días)

La humedad relativa promedio para la totalidad de los tratamientos en la simulación de transporte y almacenamiento fue de 80%.

Variables medidas

Antes de iniciar el tratamiento cuarentenario se introdujo un higrotermógrafo electrónico (Datalogger 175, marca Testo) previamente calibrado en cada una de las cámaras, para registrar los datos de temperatura y humedad. No se registraron datos de temperatura interna del fruto, debido a la no disponibilidad de un equipo apto para dichas medidas. Se hicieron análisis de frutos de cada tratamiento (tres réplicas por tratamiento) el día antes de someter los frutos al tratamiento de frío (día 0), el último día del tratamiento cuarentenario (día 16), y posteriormente cada dos días, por un período de 18 días (hasta el día 34), estimado como simulación de transporte y comercialización, en las condiciones anteriormente mencionadas.

Las variables medidas que permitieron el análisis de la calidad de los frutos fueron:

Intensidad respiratoria: Se hizo mediante análisis de producción de CO₂ en un cromatógrafo de gases marca Hewlett Packard 5890 con columna Super-QPLOT (30 m X 0,53 mm) fase estacionaria Carbosieve S-II, equipado con detector de conductividad térmica (TCD) y usando helio como gas de arrastre; se inyectó al equipo una muestra de gas de 1 cm³ (1 ml) proveniente de 100 g de frutos de cada réplica de tratamiento, introducidos durante una hora en cámaras de respiración.

pH: Se hicieron mediciones de pH a 10 ml de jugo de uchuva, con un potenciómetro previamente calibrado con soluciones Buffer de pH 7,0 y 4,0.

Acidez Titulable (AT): Mediante cálculos con datos de volumen de NaOH 0,097 N, incorporado en 5 g de jugo de frutos con 3 gotas de fenofaléina en una titulación potenciométrica (hasta pH de 8,2) en 5 g de jugo de frutos de uchuva. La AT se obtiene de la siguiente fórmula según Landwehr y Torres (1995):

$$\% \text{ Acidez} = (A \cdot B \cdot C \cdot 100) / D$$

En donde: A = Vol. NaOH incorporado; B = Normalidad NaOH (0,097 meq·ml⁻¹); C = Peso equivalente expresado en g de ácido predominante en el fruto (ácido cítrico 0,064 g·meq⁻¹); D = Peso en g de muestra utilizada (5 g).

Sólidos Solubles Totales (SST): Se hicieron mediciones en grados Brix mediante un refractómetro digital marca Techniquip, referencia BrixStix.

Peso Fresco: Pesaje de 20 frutos de características uniformes, seleccionados antes de someter los frutos al tratamiento cuarentenario. Cabe anotar que en el peso fresco de los frutos sin pelar no se incluyó el peso del cáliz.

Peso Seco: Peso de las muestras de peso fresco después de introducir las en una estufa a 90° C durante 24 a 36 horas.

Índice de Madurez: Relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable.

Color: Según tabla de color de la Royal Horticultural Society (RHS), Londres; los colores resultantes se llevaron a una forma ordinal, dándoles valores de 1 a 11, donde 1 es el color más suave y 11 el más fuerte. Esto con el fin de introducirlos a un análisis estadístico no paramétrico.

Diseño experimental

El diseño de experimentos que se planeó y adaptó al ensayo es un diseño completamente al azar, con 6 tratamientos, dentro de los cuales se encuentran dos testigos (frutos con cáliz sometidos a HR de 68% y HR de 88% durante el tratamiento cuarentenario); se efectuaron tres réplicas por tratamiento. Fueron hechas comparaciones múltiples ortogonales con una confiabilidad de 95% (probabilidad de 0,05%) para determinar los efectos de cáliz, desinfectante (hipoclorito de sodio) y porcentaje de humedad relativa. Debido a las interacciones entre variables independientes (presencia o ausencia de cáliz, efecto de desinfectante y HR), los análisis estadísticos se hicieron para cada día de las evaluaciones del ensayo. Para la variable color se implementó una estadística no paramétrica para DCA (Kruskal Wallis), llevando los colores a valores ordinales.

El comportamiento general de los tratamientos se evaluó con respecto a la gráfica proveniente de los promedios de los resultados de los análisis hechos a cada una de las variables y a las diferencias significativas que se presentaron en estas según los análisis estadísticos en cada tratamiento, a lo largo del ensayo; se analizaron principalmente los resultados estadísticos de días importantes, como los días 16 (después del tratamiento de frío) y 34 (día de finalización del ensayo). Como se mencionó anteriormente, los análisis estadísticos se hicieron para todas las variables evaluadas durante la totalidad del ensayo.

Así mismo, se quiso observar qué tan útil puede resultar la labor de desinfección superficial, que trae como consecuencia la remoción de gran parte de la resina terpénica que se produce en el tejido glandular ubicado en la base interior del cáliz, resina que recubre el fruto y que puede poseer propiedades de protección (Valencia, 1985). Cabe anotar que durante las operaciones de limpieza y lavado de los productos se pueden presentar pérdidas de compuestos (como la resina terpénica que recubre el fruto en el caso de uchuva), las cuales se acentúan con la prolongación de la acción del agua, sobre todo cuando se emplean métodos inadecuados en estas operaciones. Estas labores pueden repercutir en un decremento de la calidad del producto (Riaño, 1996).

Es relevante observar la presencia de cáliz, puesto que éste proporciona a los frutos, después de la recolección en cultivo, propiedades de protección contra efectos ambientales adversos y retraso de la madurez (CCI, 2002).

Resultados y discusión

Antes de someter los frutos al tratamiento de frío (día 0) fueron hechos los análisis de laboratorio indicados para determinar las características físico-químicas iniciales de los frutos. 16 días después, al abrir las cámaras en donde se hizo el tratamiento, se revisaron los datos registrados por los higrómetros. A partir de este momento se continuó con los estudios de laboratorio cada dos días y por un período de 18 días. Es decir, que la totalidad del ensayo se llevó a cabo en 34 días, incluyendo estos 16 días de tratamiento de frío y 18 días de simulación de transporte y almacenamiento. Después de los análisis, se puede señalar que los frutos soportan el tratamiento cuarentenario aplicado sin sufrir visibles alteraciones. En el caso de los frutos con cáliz, no se

observaron daños físicos en el cáliz, mostrando este una apariencia adecuada. Los frutos sin cáliz tampoco presentaron daños evidentes y visualmente no exhibieron diferencias entre sí.

pH

En la Figura 1 se puede observar que para los días del ensayo el pH presentó una tendencia a aumentar de forma similar en todos los tratamientos a lo largo del ensayo. Los frutos de uchuva y en general todos los frutos, se tornaron menos ácidos con el transcurso del tiempo, debido a la utilización de ácidos orgánicos como sustrato respiratorio y como esqueletos de carbono para la síntesis de nuevos compuestos durante la maduración (Kays, 1997).

Estadísticamente se expresó que para la mayoría de días evaluados no se presentó efecto de HR sobre el comportamiento de los tratamientos a la variable pH, comparable con lo que se observa en la gráfica; para los días 16 y 34 no hubo diferencias significativas entre tratamientos. En la variable presencia o ausencia de cáliz, el pH no presentó diferencias significativas entre tratamientos en los días evaluados a lo largo del ensayo. El comportamiento de todos los tratamientos, tanto con como sin cáliz, fue similar en cuanto a esta variable. En la mayoría de días el pH no resultó afectado por la presencia o ausencia de tratamiento de desinfección. Sin embargo, en el día 16 se presentaron

diferencias significativas entre tratamientos de frutos tratados con hipoclorito de sodio y sin tratar, siendo mayor el pH en las uchuvas sin tratar. Esto puede deberse a la remoción de la cera natural que recubre el fruto con el uso de hipoclorito de sodio. Según la figura y el comportamiento general de los valores en el análisis estadístico, no se puede concluir un efecto de cáliz, de desinfectante y de humedad relativa determinante sobre los tratamientos.

Sólidos Solubles Totales (SST)

La madurez se refleja, entre otros, en el comportamiento de los sólidos solubles totales o grados Brix. Según Fischer y Martínez (1999), el contenido de sólidos solubles totales está constituido por 80 a 95% de azúcares. La medida de sólidos solubles totales se encuentra asociada con los azúcares disueltos en el jugo celular. El aumento de azúcares es producto de la hidrólisis de almidón y/o síntesis de sacarosa, y de oxidación de ácidos, consumidos en la respiración (desdoblamiento de sustancias de reserva) (Hernández, 2001).

En la Figura 2 se observa una tendencia al aumento de los valores de sólidos solubles totales para todos los tratamientos, indicando un descenso en los valores del día 16 debido probablemente a que las bajas temperaturas del tratamiento de frío han frenado el metabolismo y consecuentemente la síntesis de azúcares, y al uso de los existentes inicialmente en otros procesos. En

el intervalo entre los días 20 y 26, coincidente con la época de picos climáticos (ver Figura 7), se presentó un descenso en el aumento de sólidos solubles; según Wills *et al.* (1998), esto se puede atribuir a que cuando la intensidad respiratoria aumenta, los sólidos solubles disminuyen debido a que una parte de los azúcares está siendo utilizada en el proceso respiratorio, aunque cabe anotar que muchas veces la síntesis de azúcares es mayor a la gastada en respiración.

Los resultados del análisis estadístico no presentaron diferencias significativas para la mayor parte de los días. Para los días 16 y 34 no se presentaron diferencias significa-

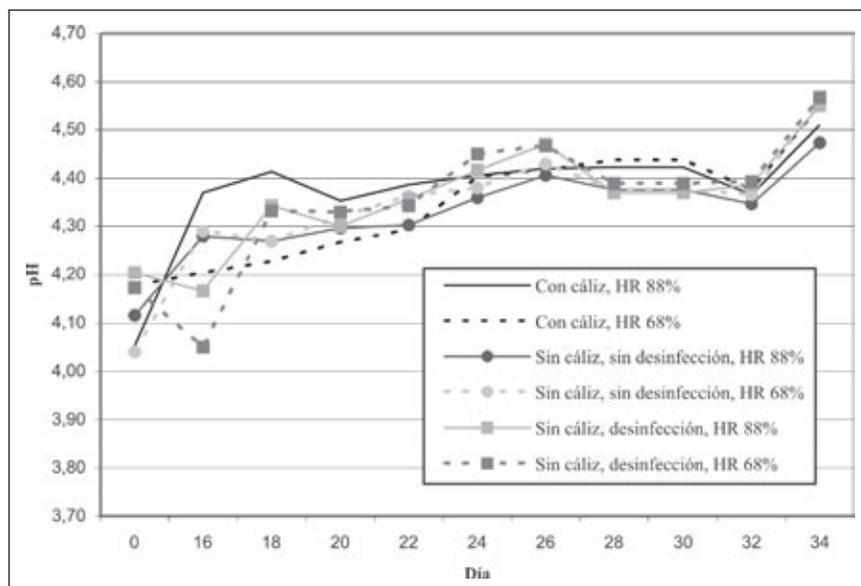


Figura 1. Comportamiento de pH antes y después del tratamiento cuarentenario y durante la simulación de transporte y almacenamiento.

tivas entre tratamientos en cuanto a HR. No se observan resultados estadísticos que expresen diferencias significativas causadas por la presencia o ausencia de cáliz en los días 16 (después del tratamiento de frío) y 34 (al finalizar el ensayo), así como en la mayoría de días evaluados. En general, no se puede divulgar un efecto del desinfectante sobre los sólidos solubles.

Acidez Titulable

Generalmente se considera que la acidez decrece al avanzar 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). La Figura 3 revela esta clara tendencia a disminuir con el tiempo. En general, no se observan comportamientos diferentes entre tratamientos debido a efectos de HR. Se presentaron diferencias significativas en el día 34 entre los frutos con cáliz sometidos durante el tratamiento de frío a HR de 88% y 68%, siendo mayores los valores de acidez titulable para los frutos que se sometieron a 68% de HR. A su vez, se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos de frutos desinfectados, siendo mayores los valores de AT para los frutos que fueron tratados con HR de 68% durante el tratamiento de frío. Esto puede deberse a que los porcentajes altos de HR prestan un ambiente apto para microorganismos que pueden incidir de cierta forma en la aceleración de la maduración de los frutos.

Para los días importantes del estudio, día 16 (después del tratamiento de frío) y día 34 (al finalizar el ensayo), no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos de frutos con y sin cáliz, frutos desinfectados superficialmente y sin desinfección.

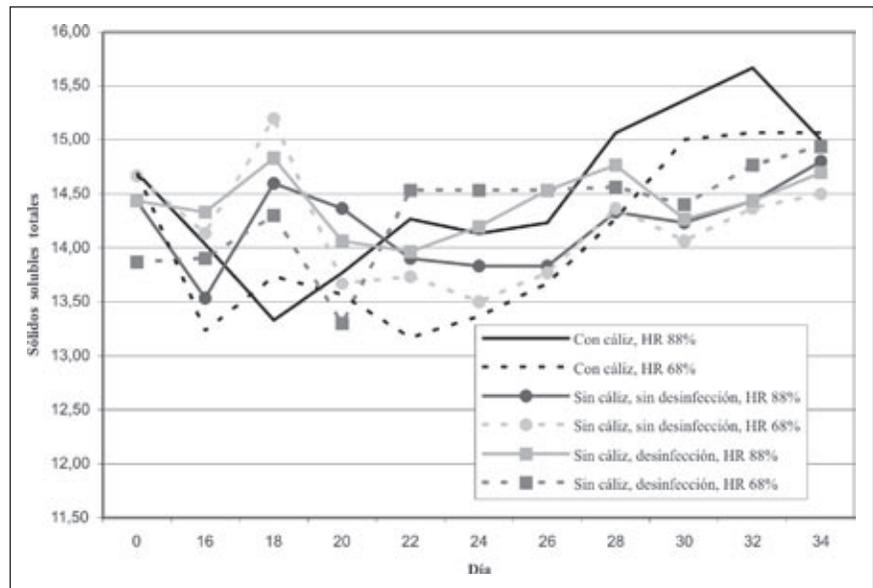


Figura 2. Comportamiento de sólidos solubles totales antes y después del tratamiento cuarentenario y durante la simulación de transporte y almacenamiento.

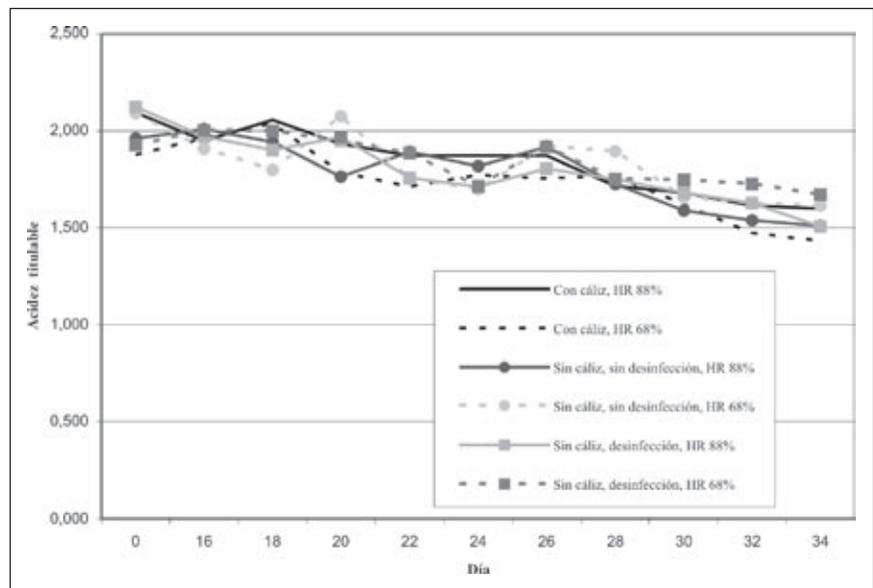


Figura 3. Comportamiento de acidez titulable antes y después del tratamiento cuarentenario y durante la simulación de transporte y almacenamiento.

Índice de Madurez (IM)

La madurez ha sido definida como la transición entre el crecimiento y desarrollo a la senescencia (Brady, 1987). La maduración se caracteriza por una serie de transformaciones químicas que determinan cambios de sabor, consistencia, color y aroma (Landwehr y Torres, 1995). Algunos de estos cambios pueden ser detectados porque se observan o analizan transformaciones en pigmentos,

pectinas, carbohidratos, ácidos, taninos, etc. Finalmente se llega a un estado de desorganización y muerte de las células (Wills *et al.*, 1998). De acuerdo con Hernández (2001), los frutos con patrón respiratorio climatérico, durante el máximo respiratorio desdoblán de manera rápida sus reservas (ácidos orgánicos), como respuesta al incremento de su metabolismo, y en consecuencia el IM (SST/AT) aumenta.

La figura de índice de madurez (Figura 4) muestra una tendencia al incremento, como sucede normalmente. Analizando los resultados estadísticos para los días evaluados en cuanto a efecto de humedad relativa sobre los tratamientos, se puede expresar que en general se presentó un comportamiento similar entre frutos sometidos a HR de 88% y 68% después del tratamiento de frío hasta la culminación del ensayo. Sin embargo, el efecto de la HR es evidente en las diferencias altamente significativas que se presentan dentro de los tratamientos de frutos con cáliz durante el día 34 (último día del ensayo), mostrándose un IM mayor para los frutos sometidos a HR de 88% durante el tratamiento de frío. El efecto de humedad relativa también se manifestó en las diferencias significativas para el día 34, en cuanto al comportamiento de los tratamientos de frutos desinfectados (presentándose valores más elevados de IM en las uchuvas sometidas a HR de 68% durante el tratamiento de frío) y sin desinfectar (presentándose los mayores valores de IM en los frutos sometidos a HR de 68%). Esto se debe posiblemente

a que los frutos sometidos a HR bajas pierden mayor cantidad de agua en procesos de transpiración y, consecuentemente, se acelera el proceso de maduración. Para la mayoría de días evaluados del ensayo, no se observaron diferencias significativas que comprometan el efecto del cáliz sobre el índice de madurez. No obstante, se presentaron diferencias significativas en el día 34, cuando los valores de IM son mayores significativamente para los frutos con cáliz que para los frutos sin cáliz. En general, los resultados del efecto de presencia o ausencia de cáliz sobre el índice de madurez no hacen alusión a la conducta esperada de que los frutos sin cáliz tienden a madurar precozmente con relación a los frutos con cáliz. A su vez, esto tampoco se observa en las variables de sólidos solubles y acidez titulable, cuya relación da como resultado el índice de madurez. Para ningún día del ensayo se presentaron diferencias significativas en cuanto a efectos del desinfectante sobre el índice de madurez.

Color

La alteración de color de los frutos involucra la desnaturalización de la clorofila, así como la síntesis o desmascare de otros pigmentos como carotenoides y antocianinas, entre otros (Kays, 1997). El cambio de color en muchas frutas es comúnmente usado como índice de madurez y aunque el ojo humano es poco capaz de aportar una buena evaluación de un solo color, es extremadamente sensible a sus diferencias (Kader 1992).

La determinación de los colores en este ensayo presentó 11 colores diferentes, según la tabla de color de la RHS, siendo No. 23 colores claros y No. 26 colores oscuros y colores intensos y C colores tenues, como se observa en la Tabla 2.

Como era de esperarse, los colores más suaves (pertenecientes a los grupos amarillo-naranja y naranja) se presentaron en los primeros días del ensayo, y los colores más fuertes del grupo naranja se vieron en los últimos días del ensayo. Es decir, ocurrió un cambio evidente de color a medida que el proceso de maduración avanzaba. Se concluye entonces que debido al proceso de

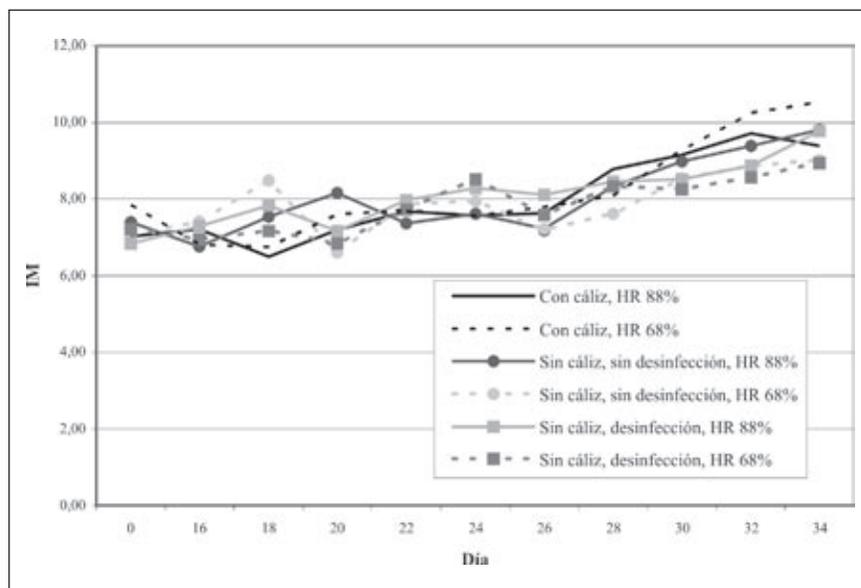


Figura 4. Comportamiento de índice de madurez (IM) antes y después del tratamiento cuarentenario y durante la simulación de transporte y almacenamiento.

Tabla 2. Determinación de color, según tabla de color de RHS.

Número de color	Grupo de color
23A, 23B, 23C	Amarillo-naranja
24A, 24B, 24C	Naranja
25A, 25B, 25C	Naranja
26A, 26B	Naranja

maduración, la coloración del fruto, dada principalmente por el pigmento α -caroteno (Fischer y Martínez, 1999), se intensificó en relación directa con el tiempo. Sin embargo, en ningún día evaluado se observaron efectos de variables independientes (HR, presencia o ausencia de cáliz y desinfectante) sobre la variable color, en ningún tratamiento.

Pérdida de Peso Fresco

Una vez cosechado, el producto presenta una tendencia a perder agua. Esta pérdida ocurre cuando la presión de vapor de agua del medio externo es menor que la del fruto internamente. El agua, generada por un gradiente entre la atmósfera y el fruto, se mueve a través de una serie de aberturas (estomas, lenticelas), fenómeno conocido como transpiración (Riaño, 1996). Esta pérdida es irreparable y los frutos tienen que recurrir al contenido poseído en el momento de la transpiración (Landwehr y Torres, 1995). La pérdida de agua trae como consecuencia una disminución de peso a lo largo del tiempo. La Figura 5 muestra que el peso fresco tiende a disminuir en todos los tratamientos, es decir, es evidente la pérdida de peso del fruto a lo largo del ensayo, como ocurre normalmente. Estadísticamente, ningún tratamiento en particular pierde más peso que los demás, razón por la cual es evidente que el peso del producto en el momento del empaque es mayor que en el país de destino, cuestión que se debe tener en cuenta en el proceso de exportación.

En la figura se observa que el comportamiento general de los tratamientos entre sí es similar a lo largo del ensayo. En los análisis estadísticos

diarios no se observan efectos de las variables independientes que expresen un comportamiento diferencial de la variable peso fresco para todos los tratamientos.

Peso Seco

Cuando los frutos hacen parte de la planta acumulan reservas de nutrientes que les aportan la energía necesaria para permanecer vivos después de cosechados. Algunos efectos de la de la respiración, incluyen la utilización del sustrato en el producto almacenado, entre otros. La pérdida de este sustrato lleva a una disminución en las reservas de energía dentro del tejido, lo cual hace que disminuya el período de tiempo en que el producto puede mantener su condición de existencia. Estas pérdidas traen como consecuencia la disminución de peso fresco y seco.

La Figura 6 muestra una tendencia negativa del comportamiento de la variable peso seco (aunque menos inclinada que la tendencia de peso fresco) a lo largo del ensayo. Se observó que dicho comportamiento es muy similar para todos los tratamientos, a lo largo del ensayo. En general no se presentó un comportamiento diferencial de los tratamientos relacionados con el efecto de HR. No se presentaron diferencias significativas en cuanto a efectos de HR para los días 16 y 34. No se puede concluir que la HR afecta esta variable. Podría afirmarse que la presencia del cáliz incide en la disminución de la pérdida de peso, tanto fresco como

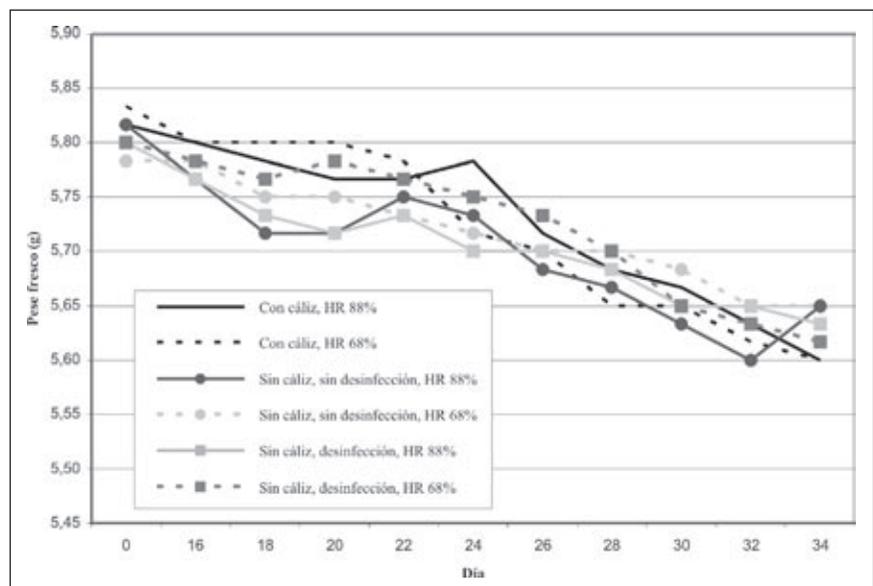


Figura 5. Comportamiento de peso fresco antes y después del tratamiento cuarentenario y durante la simulación de transporte y almacenamiento.

seco, si se tiene en cuenta que al presentarse menores valores de la intensidad respiratoria (IR) durante el pico climatérico para los frutos con cáliz, ocurre un menor desgaste de sustrato utilizado para la respiración que lo que puede ocurrir en frutos sin cáliz (Fischer y Lüdders, 1997). Se presentaron diferencias para el último día del ensayo (día 34), siendo mayor el peso para los frutos sin cáliz que para los frutos con cáliz. No se puede concluir un efecto del desinfectante sobre la variable peso seco. No hay diferencias significativas en cuanto al efecto de desinfección superficial para los días 16 y 34.

Intensidad Respiratoria

El proceso por el cual las reservas nutritivas (almidones y azúcares) se convierten en energía es llamado respiración. A causa de que el resultado final de la actividad respiratoria es el deterioro y la senescencia del producto, es deseable mantener la tasa respiratoria lo más baja posible. Para esto, la refrigeración juega un papel importante. La Figura 7 muestra un comportamiento típico de fruto climatérico, comparable con lo observado por Castañeda y Paredes (2003), presentándose valores máximos de respiración (picos climatéricos) entre los días 22 y 26 para todos los tratamientos.

Según Azcón-Bieto y Talón (2000), en general los frutos que maduran relativamente rápido siguen un comportamiento climatérico, donde normalmente la respiración descende con lentitud a valores bajos inmediatamente antes del comienzo de la maduración (en este caso visible entre los días 18 y 20), aumenta hasta alcanzar su máximo valor conforme el fruto madura (entre los días 18 y 26) y descende durante la senescencia (después del día 26). Este comportamiento es evidente en las curvas de la IR, donde se presentan valores máximos de respiración o picos climatéricos inicialmente en las uchuvas sin cáliz, tratadas con hipoclorito de sodio como método de desinfección; posteriormente, en uchuvas sin cáliz, sin tratamiento previo de desinfección y, por último, en los testigos. Las diferencias significativas en la IR, que se presentaron en los días evaluados, indican claramente el comportamiento de los tratamientos, así como el efecto de las variables independientes sobre los frutos. La HR no ejerció efectos evidentes en la variable IR. Solo se observaron diferencias significativas entre tratamientos de frutos desinfectados, exhibiendo valores de IR mayores los frutos desinfecta-

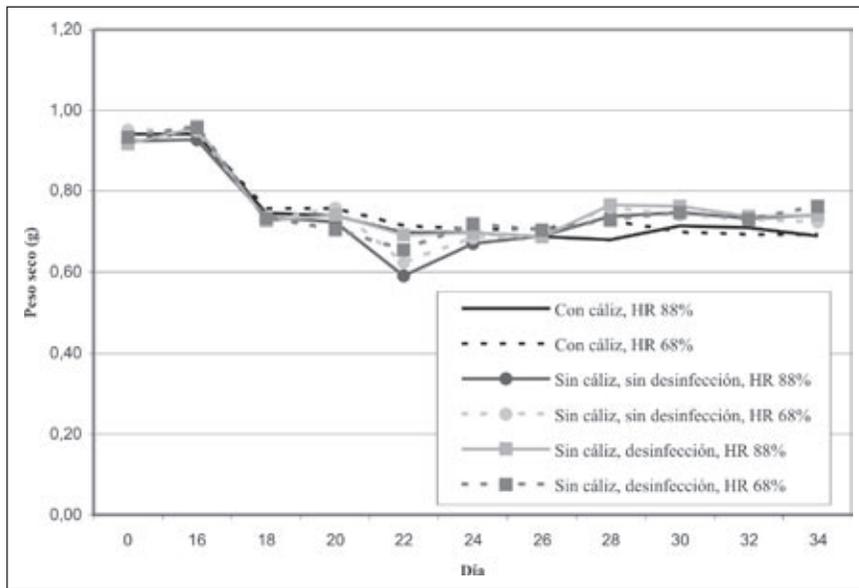


Figura 6. Comportamiento de peso seco antes y después del tratamiento cuarentenario y durante la simulación de transporte y almacenamiento.

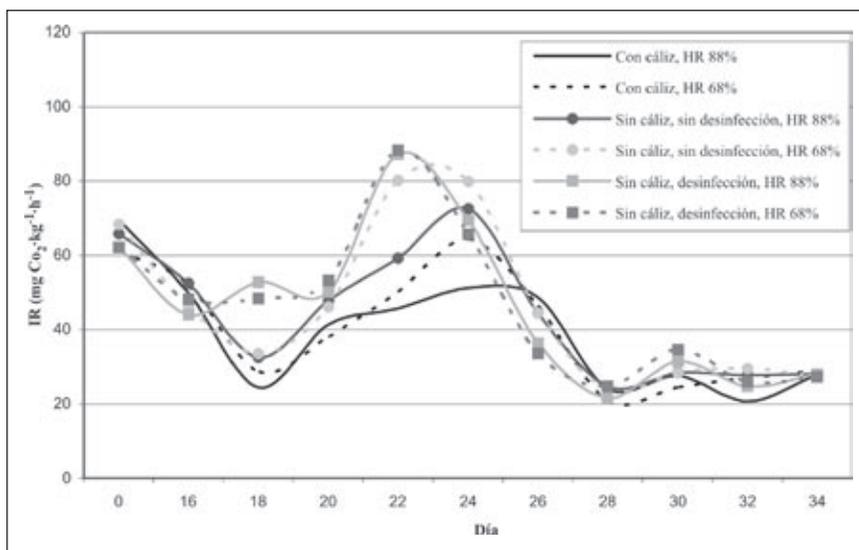


Figura 7. Comportamiento de intensidad respiratoria (IR) antes y después del tratamiento cuarentenario y durante la simulación de transporte y almacenamiento.

dos sometidos a 68% de HR durante el tratamiento de frío. La presencia de cáliz, fue un factor determinante en el comportamiento de los tratamientos.

Para el día 18 se observaron diferencias altamente significativas entre frutos con cáliz y sin cáliz, siendo más alta la intensidad respiratoria en las uchuvas sin cáliz. Para el día 22 son evidentes amplias diferencias entre los frutos con cáliz y los frutos sin cáliz, con IR más alta en las uchuvas sin cáliz que en los frutos con cáliz. Durante el día 26 se presentan diferencias altamente significativas entre frutos con y sin cáliz, con más alta IR en los frutos con cáliz. Teniendo en cuenta que la tasa de deterioro de los productos agrícolas es generalmente proporcional a la tasa de respiración, la cual es un buen indicador del metabolismo de la planta o de sus partes, se puede afirmar, con base en los resultados, que los frutos sin cáliz comienzan el proceso de maduración más rápidamente que los frutos con cáliz y, por tanto, envejecen más aceleradamente.

Para la variable IR se presentaron efectos de desinfectante puntuales pero representativos para el comportamiento de los tratamientos, si se compara con la figura. Durante los días 18 y 24 se mostraron diferencias significativas entre los frutos desinfectados y sin desinfectar, exhibiendo una mayor respiración los frutos desinfectados. Posteriormente, en el día 26, se presentaron diferencias significativas entre frutos desinfectados y sin desinfectar, con mayores valores de respiración para los frutos sin desinfectar; supuestamente la eliminación de la cera natural pudo haber incrementado la tasa respiratoria. Según los anteriores resultados, se puede advertir que el proceso de maduración es más rápido en frutos tratados con desinfectante que en frutos sin previa desinfección.

Se puede afirmar que en concordancia con las curvas de la IR y los resultados estadísticos, los picos climáticos o valores máximos de respiración se presentaron entre los días 22 y 26 para todos los tratamientos. El proceso de maduración con respecto al patrón respiratorio se llevó a cabo inicialmente en frutos sin cáliz tratados con desinfectante. Los frutos con más alta IR maduran más rápido y son más perecederos. Posteriormente se presentaron los picos climáticos para los frutos sin cáliz y sin previo tratamiento de desinfección, y para los frutos con cáliz. Estos últimos presentaron valores de intensidad respiratoria más bajos que el resto de los tratamientos durante el período de pico climático (lo que se traduce en un menor de-

terioro fisiológico). Cabe resaltar que en la figura no se observan diferencias abruptas entre el momento de valores máximos de respiración de frutos sin cáliz, sin desinfección y frutos con cáliz. Es evidente que la tasa respiratoria es menor para los frutos con cáliz en el momento en que ocurren sus picos climáticos comparado con los frutos sin cáliz.

Conclusiones

Se puede concluir que los frutos soportan de manera adecuada el tratamiento de frío, además de permanecer viables por un buen período de tiempo, y que en su mayoría los tratamientos no presentaron diferencias significativas para el día 16 (día de finalización del tratamiento cuarentenario de frío). Los frutos sin cáliz pueden tolerar apropiadamente el proceso de comercialización y mercadeo. Sin embargo, se observa que necesitan de un proceso de transporte y comercialización más rápido que los frutos con cáliz, para así garantizar su calidad hasta llegar a manos del consumidor final, si se observa que su comportamiento con respecto a la intensidad respiratoria se traduce en una madurez más rápida que los frutos con cáliz.

Durante el tratamiento de frío, los frutos poseen una actividad metabólica muy baja, lo cual retarda notablemente los procesos normales que implican un avance en madurez. Se concluye, a su vez, que la uchuva presenta un comportamiento climático con respecto a su comportamiento respiratorio. Los frutos con cáliz expresaron su pico climático un poco más tarde que los frutos sin cáliz. A su vez, los frutos sin cáliz con tratamiento de desinfección presentaron su pico climático más tempranamente con respecto a los frutos no desinfectados. Cabe anotar entonces que puede ser perjudicial retirar la resina o cera natural que recubre el fruto, debido a que esta puede incluso presentar propiedades de repelente contra insectos (Fischer *et al.*, 1997).

Aunque se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para algunos días evaluados durante el ensayo, las HR 68% y 88% no parecen presentar un efecto diferencial sobre los frutos; supuestamente la baja temperatura enmascara posibles efectos de la HR sobre el comportamiento poscosecha de la uchuva en este estudio. Cabe recordar que estos porcentajes se manejaron en el tratamiento cuarentenario pero no durante la simulación de transporte y almacenamiento, donde el porcentaje de HR fue igual para todos los tratamientos (80%).

La variable independiente de presencia o ausencia de cáliz parece afectar la intensidad de respiración, debido a que se presentan diferencias significativas entre tratamientos, y se observa entonces una maduración prematura para frutos sin cáliz con respecto a los frutos con cáliz. En el resto de variables dependientes (pH, color, sólidos solubles totales y acidez titulable) la presencia o ausencia de cáliz parece no influir.

Respecto a la aplicación de desinfectante, se presentan diferencias que muestran en desventaja la práctica de esta labor, como en el caso de las respuestas a la IR de frutos desinfectados con tendencia a madurar más rápidamente que todos los otros tratamientos.

Es necesario mantener una cadena de frío desde el proceso poscosecha hasta anaquel, para prolongar la vida útil del producto. A su vez, los frutos deben ser de óptima calidad.

Bibliografía

- Almanza, P. J. y C. J. Espinosa. 1995.** Desarrollo morfológico y análisis físico-químico de frutos de uchuva *Physalis peruviana* para identificar el momento óptimo de cosecha. Tesis de posgrado. Facultad de Agronomía, UPTC Tunja. 82 p.
- Alique, L. y J. Zamorano. 2000.** Productos vegetales: regulación de los procesos fisiológicos posrecolección. En: Aplicación del frío a los alimentos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 69-104.
- Angulo, R. 2003.** Frutales exóticos de clima frío. Bayer CropScience, Bogotá. pp. 27-48.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). 2000.** Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill/Interamericana de España, Madrid. 522 p.
- Brady, C. 1987.** Fruit ripening. Annual Review of Plant Physiology 38, 155-178.
- Castañeda, G. y R. Paredes. 2003.** Estudio del proceso respiratorio, principales ácidos orgánicos, azúcares y algunos cambios físico-químicos en el desarrollo del fruto de uchuva (*Physalis peruviana*). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- CCI. 2002.** Perfil del producto uchuva. Revista Exótica (Bogotá) 13, 1-12.
- Emperor Specialty Foods Ltd. (s.f.).** www.emperor_canada.com
- 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.; P. Lüdders y F. Torres. 1997.** Influencia de la separación del cáliz de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) sobre el desarrollo del fruto. Revista COMALFI 24(1-2), 3-16.
- Fischer, G. y O. Martínez. 1999.** Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. Agronomía Colombiana 16(1-3), 35-39.
- Flórez, V. J., G. Fischer y A. Sora (eds.). 2000.** Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 176 p.
- Guzmán, N. R. y E. Segura. 1989.** Tecnología de frutas y hortalizas. Unisur.
- Haard, N. y D. Salunke. 1980.** Postharvest biology and handling of fruits and vegetables. The Avi Publishing Company, Westport. 193 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.
- ICONTEC. 1998.** Frutas frescas. Uchuva: especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Bogotá. 15 p.
- Kader, A. 1992.** Postharvest technology of horticultural crops. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Davis. 296 p.
- Kays, S. 1997.** Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press, Georgia. pp. 263-278.
- Landwehr, T. y F. Torres. 1995.** Manejo poscosecha de frutas. Instituto Universitario Juan de Castellanos. Editorial Jotamar, Tunja. 233 p.
- McGregor, B. s.f.** Manual de transporte de frutas tropicales. United States Department of Agriculture (USDA). Manual de Agricultura No. 668. 148 p.
- Paull, R. 1990.** Heat shock response in field grown, ripening papaya fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 115, 623-631.
- Riaño, N. 1996.** Cambios físicos y químicos asociados al desarrollo del fruto y el potencial de almacenamiento de la

manzana Anna. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Tifco Toronto International Farms. (s.f.). www.tifco-canada.com

USDA-APHIS. 1999. Miscellaneous publication No. 1557. Plant Protection and Quarantine.

USDA-APHIS. 2002. Proposed rules. Federal register 67 (190). October 1st 1990.

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham y D. Joyce. 1998. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. UNSW Press, Adelaide. 262 p.

Valencia, M. L. 1985. Anatomía del fruto de la uchuva. Acta Biológica Colombiana 1(2), 63-89.