

# Influencia del Cloruro de Calcio y de un Tipo de Empaque sobre las Propiedades Físicoquímicas y la Textura de la Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) Durante el Almacenamiento

Influence of Calcium Chloride and a Packing Type on the Physico-Chemical Properties and the Texture of the Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) During Storage

Auris Damely García Mendez<sup>1</sup> y Gladiana Mileidy Praderas Cárdenas<sup>2</sup>

**Resumen.** Con el propósito de analizar la influencia del cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), sobre la calidad de las fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de la variedad Capitola para el consumo fresco, se ensayó su aplicación a una concentración de 0,7%, empacando los frutos con y sin este tratamiento en un tipo de envase plástico con y sin cobertura termoplástica (Envoplast®), en condiciones de refrigeración comercial. Como resultado, se encontró que los frutos tratados y envasados con Envoplast®, tuvieron la menor pérdida de peso y cambios en la textura, °Brix acidez, durante un tiempo máximo de siete días de almacenamiento a  $5\pm 1$  °C y  $95\pm 5\%$  HR. Mientras los frutos no tratados, pero envasados sin la cobertura, presentaron un incremento progresivo de su deterioro en el lapso de tres días, atribuido al alto grado percedero. En conclusión, el uso del  $\text{CaCl}_2$  al 0,7% y el tipo de envasado con una película de permeabilidad selectiva que promovió una atmósfera modificada pasiva, permitieron reducir las mermas de peso y la deshidratación de las fresas durante el almacenamiento sin que ocurriera daño por frío. Dada la influencia positiva de este tratamiento para mantener las características fisicoquímicas y de frescura en este producto, se recomendó su uso como alternativa de conservación en postcosecha.

**Palabras claves:** Fresa, *Fragaria x ananassa* Duch., cloruro de calcio, empaque de fresas.

**Abstract.** With the purpose of analyzing the influence of calcium chloride ( $\text{CaCl}_2$ ) on quality of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) Capitola variety for fresh consumption, is testing its implement a concentration of 0.7%, packing the fruits with and without this treatment in a type of container and non-coverage thermoplastic (Envoplast®) commercial refrigeration conditions. As a result, it was found that processed and packaged fruit with Envoplast® had the least weight loss and changes in texture, acidity and °Brix, for a maximum of seven days time of storage at  $5\pm 1$  °C and  $95\pm 5\%$  RH. While the treated fruits, but packaged without coverage, had a progressive increase of its deterioration in the space of three days, attributed to the high perishability. In conclusion, the use of  $\text{CaCl}_2$  at 0.7% and the type of packaging with a selective permeability that promoted a passive modified atmosphere, allowed reduce the losses of weight and dehydration of strawberries during storage without chilling injury. Given the positive influence of this treatment to maintain the characteristics physicochemical and freshness in this product, its use was recommended as an alternative postharvest conservation.

**Key words:** Strawberry, *Fragaria x ananassa* Duch., calcium chloride, pack of strawberries.

En Venezuela el consumo de frutas frescas y exóticas como las fresas se ha incrementado por las propiedades nutritivas y los beneficios que aportan a la salud, debido a la capacidad antioxidante de los contenidos de antocianinas, flavonoides, vitamina C, taninos y ácidos orgánicos; además, de la influencia de estos en la prevención de ciertas patologías, como neoplasias, cataratas, enfermedades cerebrales y artritis reumatoide (Restrepo *et al.*, 2008, García *et al.*, 2003). Pero, desde el punto de vista postcosecha el alto grado percedero y susceptibilidad al manejo y transporte, han dado lugar a pérdidas físicas y de calidad del producto después de recolectados, requiriendo una distribución muy rápida, que incluye un corto periodo de almacenamiento. Esta situación para los productores y comercializadores de fresa en la Colonia Tovar del Municipio Tovar del estado

Aragua (principal zona de producción nacional), resulta preocupante por afectar directamente la rentabilidad del cultivo. Por esta razón, se buscan alternativas de tipo postcosecha que controlen el deterioro durante su comercialización. Al respecto, los agricultores de esta zona han establecido algunos criterios para la recolección de las variedades de fresas Capitola y Fhers, que son las de mayor preferencia en el mercado, tales como cosechar los frutos en el estado de madurez fisiológico y de consumo, pero con una coloración de 35% verde y 65% rojo, así como fijar días y horas específicas para la venta, con la finalidad de reducir las pérdidas físicas. A pesar de esta estrategia, los problemas del rápido detrimento de la apariencia física visible de los frutos en los puntos de venta, no han cesado, surgiendo la necesidad de plantear tratamientos pre

<sup>1</sup> Profesora Asociada. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Laboratorio de Procesos y Equipos Postcosecha. C.P. 2105, Maracay, Estado Aragua, Venezuela. <aurisgarcia@hotmail.com>

<sup>2</sup> Profesora Asociada. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Laboratorio de Procesos y Equipos Postcosecha. C.P. 2105, Maracay, Estado Aragua, Venezuela. <gladianapradernas@hotmail.com>

Recibido: Julio 30 de 2008; Aceptado: Febrero 2 de 2010

y postcosecha, que permitan mantener su calidad comercial a un costo de producción no tan elevado. En este sentido, una de las primeras alternativas para alargar el tiempo de comercialización de las fresas, ha sido el control de daños por mohos, hongos y levaduras; seguido de la implementación de técnicas adecuadas de manejo como de transporte y a nivel de los puntos de venta, han propuesto el uso de empaques con coberturas de material plástico, que promuevan una atmósfera modificada para mantener la calidad global del fruto fresco (Ancos *et al.*, 2006; Kader, 2002; García, 2001). En referencia a este tipo de atmósfera modificada, Ospina y Cartagena (2008) explican que esta consiste en un tipo de empaque con el uso de películas o membranas de polímeros sintéticos con microperforaciones, como por ejemplo los envoltorios termoplásticos Envoplast® que disminuyen la concentración de O<sub>2</sub> y aumentan el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) hasta niveles óptimos de conservación. Adicionalmente, los autores señalaron que estos empaques proveen en forma fácil y económica un ambiente que protege la calidad y la condición del alimento, debido a que reduce el metabolismo (respiración, pérdida de agua en forma de vapor, emisión de etileno compuestos aromáticos), los daños mecánicos, la incidencia de hongos u otros microorganismos, alteraciones fisiológicas y la deshidratación. Esta condición esta referida a una modificación de la atmósfera de tipo pasiva por efecto de la permeabilidad selectiva al intercambio gaseoso, que da como beneficio significativo al fruto el retraso del ablandamiento, la menor incidencia de los síntomas del daño por frío y oscurecimiento enzimático, con un incremento en el tiempo durante las fases de almacenamiento, transporte y comercialización (Drake *et al.*, 2004; Elhadi y Ariza, 2001). Por otro lado, existe una orientación hacia el aseguramiento de la calidad de los productos frescos para el control del deterioro, con énfasis en al menos tres etapas. La primera dirigida al análisis de las causas que originan el detrimento de la calidad desde el campo hasta los puntos de venta; la segunda referida a la implementación de las buenas prácticas de manejo en postcosecha a través de programas de capacitación a los interventores del proceso (productores, transportistas y vendedores) y la tercera enfocada a la aplicación del uso de tratamientos de acondicionamiento en postcosecha para evitar los cambios de color, peso, sabor, textura y apariencia (Flores, 2000; Artés y Artés, 2000). En relación con esta última alternativa, Saks *et al.* (1990) y Singh *et al.* (1993) propusieron las aplicaciones de calcio

(Ca), por aspersión sobre el fruto por tener un papel importante en la conformación de las membranas de la pared celular, fortalecimiento de su integridad y por ende la textura durante el tiempo de conservación. En referencia a este punto, White y Broadley (2003), explicaron que el Ca influye en la permeabilidad de la membrana, activación de enzimas específicas y en la evolución de la senescencia de los frutos, considerando que un aumento de su concentración en el tejido, altera los procesos de la respiración y senescencia. En este sentido, Romero *et al.* (2006) explicaron que el Ca después de acumularse entre la pared celular y la lámina media interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, reestructurando la integridad de ambas estructuras y que en la medida que aumentan sus concentraciones tiende a existir un incremento de la firmeza, disminución de la intensidad respiratoria y una menor sensibilidad del fruto a diversos desórdenes fisiológicos. Un ejemplo de esta aplicación, la presentan Romero *et al.* (2006) y Singh *et al.* (1993) quienes con un 8% de cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>) en mango cultivar Haden, encontraron un incremento del 34% de la firmeza en la pulpa, sin afectar el contenido de azúcares (°Brix). En el caso de las fresas, Casierra y Salamanca (2008) al aplicar 0,2% de nitrato de calcio (Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) en el cultivar Sweet Charlie, tuvieron un periodo de conservación en postcosecha por encima del 16,4% con una pérdida de peso proporcional a este tiempo. De acuerdo con estas premisas, se propuso ensayar el uso del CaCl<sub>2</sub>, como un tratamiento postcosecha en fresa, considerando lo señalado por Raso *et al.* (2005), Soto y Yahia (2002), Yahia y Ariza (2001) y Chéour *et al.* (1991) quienes observaron que esta aplicación tiene un posible efecto retardante de la senescencia y sobre la proliferación de hongos, particularmente del *Botrytis cinerea*. Además, se planteó empacar estos frutos en un envase con una barrera artificial correspondiente a una película plástica Envoplast® de permeabilidad selectiva a los gases y al vapor de agua, ya que algunos autores como García y Pacheco (2007), Sora *et al.* (2006), Pérez *et al.* (2005), Giraldo (2004) y Smith (1992) la recomendaron para productos que tienen una alta tasa de respiración/transpiración o presentan cambios acelerados de su calidad global. Por último, se consideró almacenar estos productos envasados en una cámara de refrigeración comercial con la finalidad de observar los cambios físicos visibles (color, textura y apariencia) (Artés, 2006; Serrano *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2001; Sáenz *et al.*, 2001). De manera, que el objetivo de esta investigación, fue evaluar la influencia del CaCl<sub>2</sub> y

de un tipo de empaque con cobertura termoplástica sobre las propiedades fisicoquímicas y la textura en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Lugar de la investigación.** La investigación se realizó en el Laboratorio de Procesos y Equipos Postcosecha del Instituto de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Maracay estado Aragua.

**Identificación de la muestra y procedencia.** El experimento se realizó con frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) de la principal variedad comercial 'Capitola', en el estado de madurez fisiológico y de consumo (madurez comercial), proveniente de las localidades del Municipio Tovar, estado Aragua, Venezuela.

**Plan de muestreo y acondicionamiento de la muestra.** Para el ensayo se tomaron las muestras de forma aleatoria siguiendo un diseño completamente al azar, considerando la Norma COVENIN (1981) No. 1769-81 de toma de muestra, partiendo de 60 lotes de frutos en grado de madurez comercial, conformados por un promedio de 20 fresas cada uno, haciendo un total de 120 muestras.

**Pre-acondicionamiento de los frutos.** Los frutos fueron sometidos a una operación de selección para obtener una muestra homogénea de fresas sanas y enteras, descartando aquellas con inmadurez fisiológica, daños por hongos, insectos-plaga, roturas, raspaduras, manchadas, fermentadas y no enteras. Este lote fue dividido en dos para establecer en el primero, los frutos con la aplicación del tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 0,7% en empaques tipo envase plástico con y sin la cobertura de película plástica (Envoplast®) con permeabilidad selectiva o semipermeable al intercambio gaseoso (T1 y T2) y en el segundo los frutos sin tratamiento en empaques con y sin cobertura antes mencionada (T3 y T4).

**Ensayos preliminares.** Para el estudio del efecto del cloruro de calcio sobre la calidad de los frutos de fresa, se realizó un ensayo preliminar que permitió probar concentraciones de  $\text{CaCl}_2$  al 0,1, 0,3 y 0,7 % sugeridas en la literatura para frutos exóticos (Soliva *et al.*, 2002; Aguayo *et al.*, 2001), encontrándose que las

dos primeras concentraciones no permitieron extender el tiempo de almacenamiento del fruto, siendo el comportamiento similar al fruto sin tratamiento. En consecuencia, se decidió analizar las características de las fresas con aplicaciones de  $\text{CaCl}_2$  al 0,7%, por haberse encontrado una respuesta satisfactoria para ensayar el efecto del tratamiento sobre la calidad textural del fruto.

**Forma de aplicación del tratamiento con  $\text{CaCl}_2$ .** La aplicación del tratamiento, se realizó de acuerdo con las recomendaciones de Camargo *et al.* (2000) y Chéour *et al.* (1991), quienes sugirieron el uso de un aspersor manual provisto de una boquilla para nebulizar la solución de  $\text{CaCl}_2$  al 0,7% sobre los frutos. Para mejorar la eficiencia de esta aplicación, se colocaron las fresas en posición longitudinal en la unidad de empaque utilizada por los agricultores para este producto (cajas de cartón de 4,200 kg). Una vez aplicada la solución se sometieron estas a una ventilación forzada por 10 minutos, empleando un ventilador de aspas a baja velocidad. Esta operación permitió la rápida absorción del tratamiento en el fruto.

**Preparación de las muestras tratadas.** La preparación de las muestras se adaptó a las recomendaciones de Artés (2006), Catalá (2002) y Colome (2000) al empacar el primer lote de las fresas con el tratamiento (T) del  $\text{CaCl}_2$  en envases con y sin cobertura de película plástica (T1 y T2) y el segundo lote de los frutos no tratados en los mismos tipos de envases (T3 y T4). Estos lotes fueron almacenados en condiciones de refrigeración comercial de  $5 \pm 1$  °C y  $95 \pm 5\%$  humedad relativa (HR) por un tiempo de diez días. El envase usado fue de plástico de polietileno rígido acanalado del tipo caja cuadrada de capacidad de 120 g con cobertura de película plástica de marca comercial Envoplast® grado alimentario, proveniente de un polietileno de baja densidad lineal, reciclable, flexible, transparente, termoplástico, de permeabilidad selectiva o semipermeable al intercambio gaseoso y al vapor de agua (poros 0,1-0,3 mm, densidad 1,3 a 1,6 g·cm<sup>3</sup>).

**Determinaciones de las propiedades fisicoquímicas y de la textura.** Se realizaron determinaciones diarias de algunos indicadores de la calidad aceptable para el consumo de los frutos tratados y no tratados con  $\text{CaCl}_2$ , de acuerdo con las sugerencias de Rodríguez *et al.* (2007) basadas

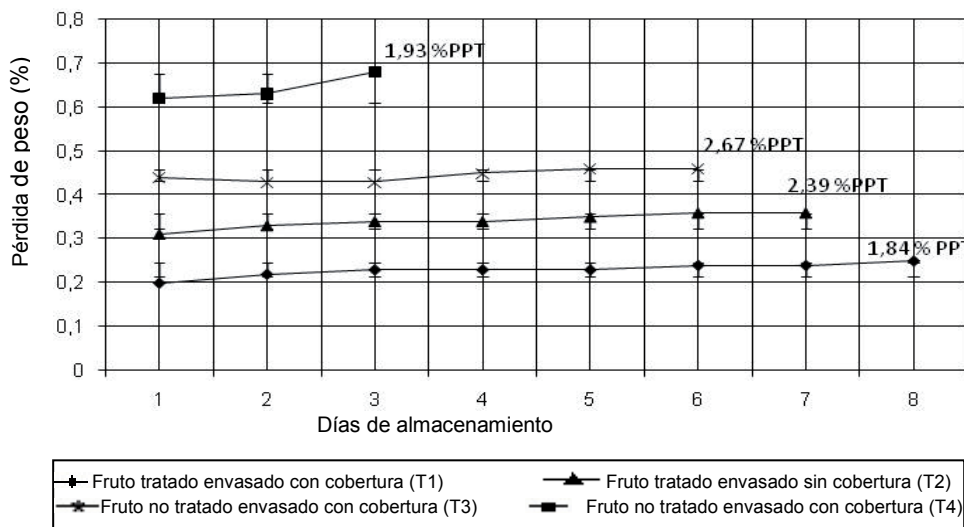
en las mediciones de la pérdida de peso, calculada por la diferencia de los pesos diarios, expresando los resultados en porcentaje (Flores, 2000), sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) (COVENIN, 1988, No. 924), acidez (% ácido cítrico) COVENIN, 1977, No. 1151) y textura como una referencia de la firmeza, utilizando un penetrómetro manual modelo Chatillon, que constó de un disco de cinco centímetros de diámetro para aplicar esfuerzos de compresión unidireccional sobre el fruto en la posición ecuatorial, donde la pérdida de firmeza fue detectada por la salida del jugo celular o la presencia de algún punto de rotura sobre el mismo, expresando los resultados en unidades de kilogramos-fuerza (kgf) (Mohsenin, 1986).

**Análisis estadístico.** Los datos obtenidos de las mediciones de sólidos solubles, acidez y textura en términos de firmeza, fueron analizados por el programa SAS® versión 6.12, procesados estadísticamente de acuerdo con el diseño factorial  $2 \times 2 \times 7$  en arreglo en parcelas divididas en el tiempo correspondientes a dos tratamientos (frutos tratados con 0,7%  $\text{CaCl}_2$  y sin tratamiento), dos empaques (envasado con cobertura de Envoplast® y sin cobertura) y siete repeticiones, bajo un diseño completamente aleatorio, aplicando un análisis de varianza, seguido de la prueba de media de Student-Newman-Keuls para establecer las diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. Para los datos de

pérdida de peso se utilizó el programa MIXED con un diseño estadístico correspondiente a un factorial  $2 \times 2 \times 6$  referidos a dos tratamientos (frutos tratados con 0,7%  $\text{CaCl}_2$  y sin tratamiento), dos empaques (con cobertura de película plástica y sin cobertura) y seis repeticiones, siguiendo un diseño completamente aleatorio, el cual se analizó por una prueba de varianza, seguido de la comparación de media por el método de Tukey, que permitió determinar las diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% (Montgomery, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los frutos tratados con la solución de  $\text{CaCl}_2$  al 0,7 % en los empaques con la cobertura de película plástica de permeabilidad selectiva para gases (T1) y almacenados a la temperatura de refrigeración a  $5 \pm 1$  °C y  $90 \pm 5$  % HR (Figura 1), indicaron que bajo esta condición se mantuvieron sanos, enteros y sin presencia de daños por pudrición, ni daño por frío por un tiempo máximo de ocho días con pérdidas de peso promedio total de  $1,84 \pm 0,04$  % y diarias casi constante de  $0,23 \pm 0,01$  %, a diferencia de las fresas tratadas y envasadas sin cobertura de Envoplast® (T2), que tuvieron un menor tiempo de almacenamiento (siete días) conservando su apariencia sin daños y defectos físicos visibles con una mayor merma de peso total de  $2,39 \pm 0,04$  %.



\*% PPT: Porcentaje de pérdida total

**Figura 1.** Evolución de la pérdida de peso en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tratados con cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 0,7% y envasados con y sin cobertura de una película plástica de permeabilidad selectiva al intercambio gaseoso y almacenados a  $5 \pm 1$  °C y  $95 \pm 5$  % HR.

Pero, al observar las fresas no tratadas en empaques con cobertura (T3), se detectó un aumento de la merma con un valor promedio de  $2,67 \pm 0,03$  % un tiempo menor al anterior de seis días. Mientras los frutos no tratados y en empaques sin cobertura (T4), tuvieron una calidad física visible aceptable por un tiempo máximo de tres días con una pérdida de peso total de  $1,93 \pm 0,03$  % y una merma diaria ( $0,64 \pm 0,03$  %) superior a los tratamientos T1, T2 y T3, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellos ( $P < 0,05$ ). Esta última respuesta permitió evidenciar que la baja temperatura de almacenamiento y el tipo de empaque sin cobertura, no ejercen un efecto retardante sobre la tasa metabólica de respiración y transpiración para controlar la rápida merma de peso y el avance de la pérdida de apariencia general por el arrugamiento del tejido. Con este resultado se afirma que estos frutos son altamente perecederos y se avala el hecho de que las fresas una vez cosechadas, deban ser comercializadas en breve tiempo y transportadas bajo refrigeración para reducir el detrimento de su calidad física visible, asociada a la deshidratación del tejido, por el arrugamiento de la epidermis.

Para analizar la comparación de las medias de la evolución de la pérdida de peso de los tratamientos en estudio, se tomó como referencia al tratamiento T4. De manera que se establecieron las comparaciones para tres días de almacenamiento para los tratamientos T1, T2 y T3 (Tabla 1). Con base en lo anterior, se

determinó una merma menor en el tratamiento T1 (0,65%) con respecto a T4 (1,93%), existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellos ( $P < 0,05$ ). Esta respuesta permitió inferir que, posiblemente existe una influencia positiva del  $\text{CaCl}_2$  sobre el control de la velocidad de pérdida de agua en el fruto en forma de vapor, la cual al parecer tiende a ser modulada por la atmósfera modificada pasiva que crea la película de permeabilidad selectiva usada en el empaque y por la alta humedad relativa (95% HR) establecida en la cámara de almacenamiento. Esto último coincide con Chéour (1991) quien explica que una condición de almacenamiento con alta humedad relativa, mantiene un microclima alrededor del fruto que evita los déficit de presión de vapor, reduce la merma de peso y los cambios en superficie textural de los frutos, que de no existir incrementa el curso normal de los eventos de la respiración y transpiración en estos tejidos vivos.

Por otro lado, la modificación de la composición atmosférica que promueve este tipo de empaque, es probable que redujera no solo la pérdida de peso, sino también el crecimiento de algunos grupos microbianos, especialmente de los microorganismos aerobios, dado que no se evidenció crecimiento de los mismos. De igual forma, se considera que la baja temperatura favoreció la conservación del fruto, evitando este tipo de alteración, así como los indicios de fermentación, por no haberse detectado.

**Tabla 1.** Pérdida de peso en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) a los dos días con y sin tratamiento de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 0,7% y envasados con y sin cobertura de una película plástica de permeabilidad selectiva al intercambio gaseoso almacenados a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $95 \pm 5$  % HR.

Tratamientos	Días de almacenamiento refrigerado (5 °C y 95%HR)	PPT (%) <sup>1</sup>
T1	3	0,65 d
T2	3	0,98 c
T3	3	1,30 b
T4	3	1,93 a

Letras iguales en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $P < 0,05$ )

T1: Fruto tratado envasado con cobertura. T2: Fruto tratado envasado sin cobertura

T3: Fruto no tratado envasado con cobertura. T4: Fruto no tratado envasado sin cobertura

<sup>1</sup> PPT: Porcentaje de pérdida total

Adicionalmente, en los frutos tratados con  $\text{CaCl}_2$ , hubo una respuesta más favorable al mantenimiento de la calidad física visible (ausencia de arrugamiento,

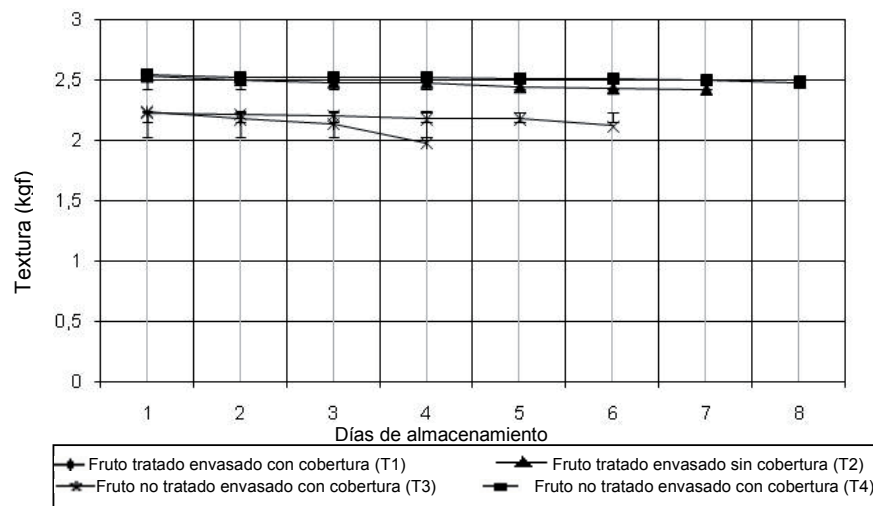
manchas, aguado, textura blanda al tacto) y a la disminución de las pérdidas de peso del producto en el tiempo de almacenamiento, visualizada a través de los tratamientos T1 y T2. Esta observación

coincidió con lo encontrado por Luna y Barrett (2000), Aguayo *et al.* (2001) y Betts *et al.* (2001) en frutos de manzana, kiwi y algunos frutos tropicales como aguacate y melón, respectivamente, donde hubo menor pérdida de peso y un mayor número de frutos sanos sin presencia de daños o defectos. Estando esta respuesta relacionada con los principios teóricos, que expresan que la aplicación de Ca exógeno, conlleva a la reestructuración de la integridad de la pared celular, modulando los cambios que puedan ocurrir durante el almacenamiento por efecto del déficit de presión de vapor. Es decir, que posiblemente los iones de Ca suministrados al fruto superficialmente por aplicación exógena, migraron al interior del tejido en la pared celular actuando sobre las cadenas de pectina para formar puentes entre ellos, aumentando la fuerza de cohesión y adhesividad entre las células, fortaleciendo la estructura compleja a través de la nueva fuerza de unión entre los componentes de la laminilla media y la pared celular (Saks *et al.*, 1990; Luna y Barrett, 2000).

Por otra parte, se señala que los frutos del tratamiento T1 envasados con la cobertura y conservados en refrigeración comercial, hubo una disminución de un  $66,32 \pm 2,3$  % de la pérdida de peso, en comparación con el tratamiento T2 envasados sin cobertura, donde se evidenció aproximadamente la mitad de la reducción

en la merma de peso ( $32,64 \pm 1,23$  %) durante el tiempo de almacenamiento (siete días). Esta última respuesta fue indicativa de que estos frutos tienen una alta pérdida de agua por transpiración que debe ser controlada para evitar el déficit de presión de vapor, que se evidencian con las mermas de peso, usando la barrera (película de plástico) como la seleccionada en el tratamiento T1. Esta afirmación se avala por las observaciones dadas en el tratamiento T4, donde se originó al cabo de tres días un marchitamiento asociado al arrugado de la piel, seguido de un oscurecimiento de la fresa con la pérdida del color rojo característico.

En relación con este punto, es importante señalar, que al final del tiempo de conservación en los tratamientos T1, T2 y T3, se observó igualmente este oscurecimiento. En este sentido, si se considera que las fresas tienen un alto contenido de antocianinas (solubles en agua), es posible que el oscurecimiento que se menciona sea el resultado de la degradación de estos pigmentos por acción de la aplicación de la solución  $\text{CaCl}_2$ , pero, también puede ser consecuencia del avance normal de la senescencia, ya que se detectó al final de cada tiempo máximo de almacenamiento la presencia de un tejido muy blando con aparición de hongos. Un resultado similar fue observado por Soliva *et al.* (2002) en sus estudios con frutos de manzana.



**Figura 2.** Comportamiento de la textura de los frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tratados con cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 0,7% y envasados con y sin cobertura de una película plástica de permeabilidad selectiva al intercambio gaseoso y almacenados a  $5 \pm 1$  °C y  $95 \pm 5$  % HR.

En cuanto a la firmeza del fruto (Figura 2), se encontró que después de la aplicación del tratamiento con el

$\text{CaCl}_2$  en las muestras T1 y T2, se detectó un aumento de la textura ( $2,54 \pm 0,03$  y  $2,530,02$  kgf) con respecto

a las muestras T3 y T4 sin el tratamiento ( $2,23 \pm 0,02$  y  $2,24 \pm 0,02$  kgf), encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ).

Estos valores iniciales presentaron durante el tiempo de almacenamiento en refrigeración comercial una disminución progresiva, indicativa de que estos frutos mantienen una tasa respiratoria, cuya velocidad aparente se ve regulada por el efecto de las bajas temperaturas.

Al respecto, los frutos del tratamiento T1 con cobertura de plástico ( $2,54$  a  $2,48$  kgf) tienden a la menor pérdida de firmeza ( $2,36\%$ ) en el lapso de los ocho días, seguido de las muestras tratadas y envasadas sin la cobertura del tratamiento T2 ( $2,53$  a  $2,42$  kgf) durante siete días ( $4,34\%$ ), con respecto a los frutos no tratados sin la cobertura (T4) ( $2,24$  a  $1,98$  kgf) ( $11,60\%$ ). Esto permitió inferir que al parecer existe un efecto positivo al combinar la aplicación del  $\text{CaCl}_2$  y el tipo de envasado en un medio con alta humedad relativa ( $95\%$ ) y baja temperatura ( $5\text{ }^\circ\text{C}$ ) para reducir la degradación del tejido y mantener la turgencia del mismo.

Esta respuesta se avala al observar que los frutos no tratados y envasados con la cobertura en estudio (T3) ( $2,23$  a  $2,12$  kgf), tuvieron una menor pérdida de la textura ( $4,93\%$ ) que las muestras del tratamiento T4. Por esta razón se asumió, que la menor disminución de la firmeza en los tratamientos T1 y T2, con respecto a los tratamientos T3 y T4, posiblemente fueron atribuidos a la cantidad de Ca absorbido por la membrana celular del fruto y a las ventajas de haber creado una barrera de permeabilidad selectiva que modificó la atmósfera alrededor del mismo retardando la senescencia al regular teóricamente la tasa de respiración/transpiración, manteniéndole su turgencia. Esta aseveración se apoya en lo explicado por Luna y Barrett (2000) y Camargo *et al.* (2000), quienes afirman que una vez absorbido el Ca, ocurre un efecto de estabilización sobre la pared celular, lo cual retarda la solubilización de los poliuránidos en la misma, disminuyendo su degradación y por ende el ablandamiento en el fruto.

Por otra parte, es importante considerar lo planteado por Galvis *et al.* (2003) con relación a que los cambios a nivel de la pared celular y del ablandamiento del tejido son debidos a la acción de las enzimas hidrolíticas. Explicando los autores al respecto, que la inhibición de la actividad de estas enzimas, como la poligalacturonasa, se puede lograr por la aplicación exógena de Ca en la lamela media. Por esta razón se presume, que las muestras sin el tratamiento con  $\text{CaCl}_2$  (T3 y T4), tuvieran

una mayor pérdida de la firmeza, posiblemente asociada a lo indicado por Namesny (2005) al referirse a la mayor susceptibilidad de este tejido a la acción de las enzimas proteolíticas y pectolíticas sobre los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, pectinas), que los conlleva en poco tiempo a un avance continuo y sostenido de la senescencia, reflejado con el incremento del ablandamiento.

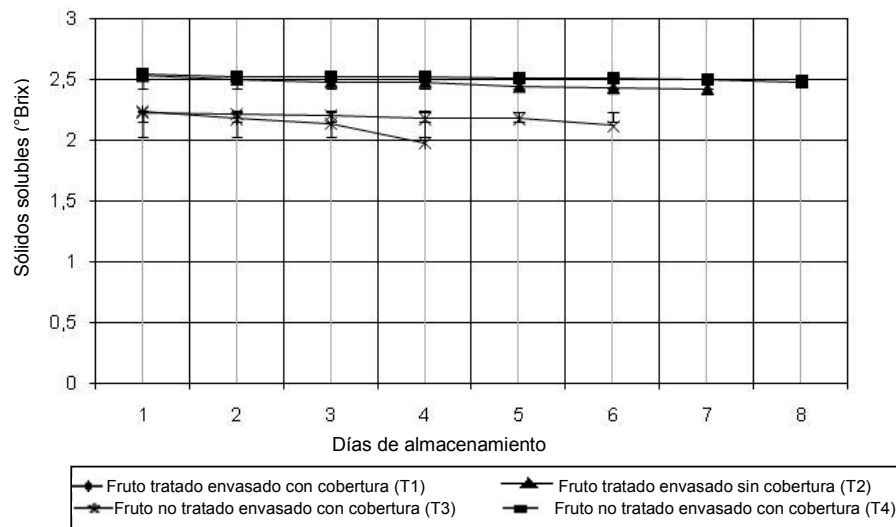
Es importante señalar, que los frutos no tratados con  $\text{CaCl}_2$  y empacado sin cobertura de película plástica (T4), tienden a estabilizar la pérdida de firmeza al tercer día, probablemente debido al efecto de la baja temperatura de almacenamiento sobre la reducción de la velocidad de respiración/transpiración, al final de este tiempo ocurrió un detrimento de la calidad física visible, dado por la presencia del arrugamiento del tejido y cambio de color. Dado este resultado, se consideró que la disminución de la velocidad de estos cambios, que comúnmente observan los agricultores a temperatura ambiente al final del día de la cosecha, fue asociada al efecto retardante que promueve la baja temperatura y la alta humedad relativa sobre la senescencia.

Esta aseveración coincide con lo señalado por Smith (1992), quien explica que las causas del ablandamiento del tejido y la consecuente pérdida de la firmeza deseable para el manejo y transporte, son posiblemente debidas a la disminución de los niveles de Ca extracelular, afectando la función del plasmalema por el aumento del flujo de compuestos de bajo peso molecular (azúcares) desde el citoplasma hacia el apoplasto, que posteriormente causan la pérdida de la permeabilidad de la membrana. Por ello se supone, que el incremento de la concentración de Ca realizada al  $0,7\%$ , favoreció la migración suficiente de los iones de Ca desde la corteza hacia el interior de la fruta, restaurando la firmeza del tejido a los niveles que dieron lugar a un almacenamiento máximo de ocho y siete días, en las muestras del tratamiento T1 y T2 respectivamente.

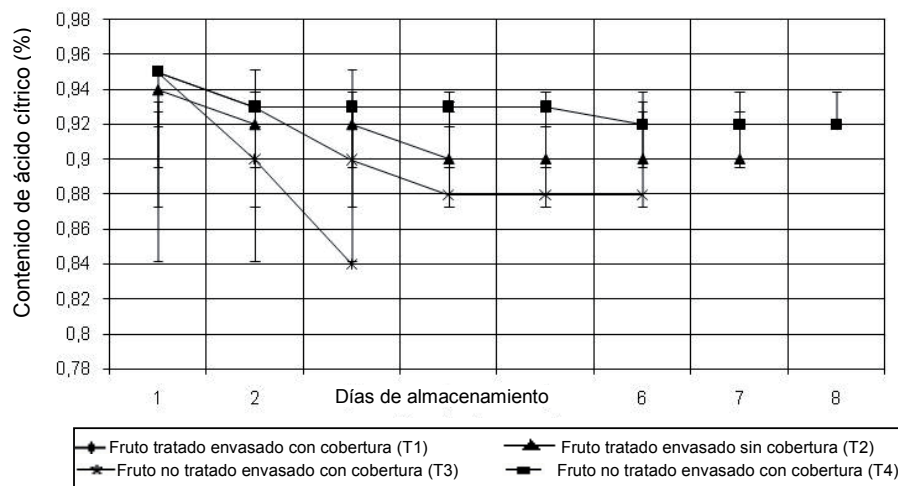
En cuanto a los sólidos solubles ( $^\circ\text{Brix}$ ) se encontró que el contenido de sacarosa de los frutos del tratamiento T4, disminuyó ( $7,55 \pm 0,1$  a  $5,3 \pm 0,2$   $^\circ\text{Brix}$ ) durante el lapso de tres días de almacenamiento (Figura 3), lo cual fue relacionado con el avance de la senescencia del tejido por efecto de la acción hidrolítica de las enzimas pécticas y la pérdida de jugo celular, como consecuencia de la evolución normal de la senescencia. Mientras, los frutos con el tratamiento T1, mostraron una mayor estabilidad de este contenido ( $7,55 \pm 0,1$  a  $7,53 \pm 0,3$ ) durante el periodo de ocho días en las mismas condiciones. Este

comportamiento parece indicar que el contenido de Ca provisto a la pulpa, tuvo un efecto sobre la inhibición de la enzima y la estabilidad de la tasa metabólica del fruto, como fue observado por Galvis *et al.* (2003) y Luna y Barrett (2000) en rubros tratados con diferentes dosis de  $\text{CaCl}_2$ . Por lo tanto, resulta lógico esperar que el contenido de sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) no se incremente en función del tiempo en los frutos empacados con la cobertura de película plástica. Esta tendencia fue similar al observar el contenido de acidez (Figura 4), donde los frutos con el tratamiento T1, no presentaron diferencias

significativas ( $P \geq 0,05$ ) en sus contenidos ( $0,95 \pm 0,3$  a  $0,92 \pm 0,2\%$  ácido cítrico  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) durante los ocho días de almacenamiento en refrigeración comercial. Esta respuesta corrobora que la aplicación exógena de  $\text{CaCl}_2$  tiene la capacidad de disminuir la permeabilidad de las membranas celulares y la absorción de agua, reduciendo los cambios en metabolismo celular a nivel de contenido de azúcares y ácidos orgánicos, contribuyendo a aumentar la firmeza de los frutos y extender el tiempo de almacenamiento al conservarlos bajo condiciones de refrigeración, tal como lo encontró García (2006).



**Figura 3.** Comportamiento del contenido sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) de los frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tratados con cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 0,7% y envasados con y sin cobertura de una película plástica de permeabilidad selectiva al intercambio gaseoso almacenados a  $5 \pm 1$  °C y  $95 \pm 5$  % HR.



**Figura 4.** Comportamiento del contenido de ácido cítrico (%) de los frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tratados con cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 0,7% y envasados con y sin cobertura de una película plástica de permeabilidad selectiva al intercambio gaseoso almacenados a  $5 \pm 1$  °C y  $95 \pm 5$  % HR.



## CONCLUSIONES

El tratamiento de la aplicación del  $\text{CaCl}_2$  al 0,7% en fresas empacados en envases de plástico con una cobertura de una película plástica (Envoplast®) de permeabilidad selectiva al intercambio gaseoso y almacenados en un ambiente de refrigeración comercial a  $5 \pm 1$  °C y alta humedad relativa ( $95 \pm 5$  % HR), promovieron una atmosfera modificada pasiva alrededor del fruto, que al parecer tuvo un efecto positivo para reducir la pérdida de peso y mantener las características de una textura deseable, así como los contenidos de sólidos solubles y acidez por un tiempo máximo de almacenamiento de ocho días. Además, disminuyeron significativamente durante este periodo los cambios deteriorativos visibles de una apariencia de frescura relacionadas con la deshidratación, debida a la evolución del proceso de senescencia de este fruto, que consideró una tendencia de altamente perecedero en las muestras no tratados con  $\text{CaCl}_2$ , ni envasados con la cobertura de la película de envoplast®.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Corporación Agroceres C.A, Alcaldía y productores de fresa del Municipio Tovar del estado Aragua. A la TSU Isolina Córcega, auxiliar de investigación del Laboratorio de Procesos y Equipos Postcosecha de Productos Agrícolas vegetales del Instituto de Ingeniería Agrícola de la Universidad Central de Venezuela.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguiar, E., V. Escalona y H. Artes. 2001. Industrialización del melón procesado fresco. Revista Horticultura 155:48-60.

Ancos, B., M. Muñoz, R. Gómez, C. Sánchez y M. Cano. 2006. Nuevos sistemas emergentes de higienización en el procesado mínimo de alimentos vegetales. pp. 1-14. I Simposio Ibero-Americano de Vegetales Frescos Cortados. San Pedro, SP Brazil.

Artés, F. 2006. El envasado en atmosfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 7(2):61-85.

Artés, F. y F. Artés. 2000. Innovaciones industriales

en el procesado mínimo de frutas y hortalizas. CTC. Revista Agroalimentación e Industrias Afines. 7: 29-33.

Bett, K.L., D.A. Ingram, C.C. Grimm, S.W. Lloyd, A.M. Sapanier, K.C. Gross, E.A. Balwin and B.T. Vinyard. 2001. Flavor of fresh-cut Gala apples in barrier film packing as affected by storage time. Journal of Food Quality 24:141-156.

Camargo, Y., L. Lima, S. Scalón e A. Siqueira. 2000. Efeito do cálcio sobre amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Campineiro. Ciência e Agrotecnologia 24(4): 968-972.

Casierra, F. y R. Salamanca. 2008. Influencia del ácido giberélico y del nitrato de calcio sobre la duración postcosecha de frutos de fresa (*Fragaria* sp.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 2(1):33-42.

Chéour, F., C. Willemot, J. Arul, Y. Desjardins and J. Makhlof. 1991. Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of  $\text{CaCl}_2$ . HortScience 26(9): 1186-1188.

Colome, E. 2000. Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósferas modificadas. Alimentación: Equipos y Tecnología 18(5):109-113.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1977. Frutas y Productos Derivados. Determinación de Acidez. Norma No. 1151. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 6 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1988. Determinación de Sólidos Solubles en Frutas y Productos Derivados. Norma No. 924. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 6 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1981. Frutas. Toma de Muestras. Norma No. 1769. Ministerio de Fomento. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 11 p.

Sora, D.A., G. Fischer y R. Flórez. 2006. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) en empaques con atmósfera modificada. Revista Agronomía Colombiana 24(2): 306-316.

- Drake, S., D. Elfving, S. Drake and D. Visser. 2004. Quality of modified atmosphere packaged 'Bartlett' pears as influenced by time and type of storage. *Journal of Food Processing and Preservation* 28(5): 348-358.
- Elhadi, M. y R. Ariza. 2001. Tratamientos físicos en postcosecha de frutas y hortalizas. *Revista Horticultura.Extra* 1: 80-88.
- Flores, A. 2000. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y Recomendaciones. Editorial UNELLEZ. San Carlos, Cojedes. 320 p.
- García, M., S. Pascual, C. Santos y J. Rivas. 2004. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chemistry* 84(1): 13-18.
- Galvis, J., H. Arjona and G. Fischer. 2003. The effects of applying calcium chloride solution (CaCl<sub>2</sub>) on Van Dyke mango fruit (*Mangifera indica* L.) storage life and quality. *Agronomía Colombiana* 21(3): 190-197.
- García, A. 2006. Caracterización física y química de duraznos (*Prunus persica* (L.) Batsch) y efectividad de la refrigeración comercial en frutos acondicionados. *Bioagro* 18(2): 115-121.
- García, A. y E. Pacheco. 2007. Tecnología postcosecha de la IV gama en arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). *Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay)* 33: 129-146.
- García, M. 2001. La agroindustria de la mora. Alternativas viables para los fruticultores. *Tecnología para el Agro* 1(2): 15-17.
- Giraldo, A. 2004. Conservación de frutas por un método combinado. *Revista de Investigaciones* 1(14): 121-128.
- Kader, A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. pp. 135-144. Third edition. Publication 3311. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, CA.
- Luna, I. and D. Barrett. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology* 19(1): 61-72.
- Ospina, S. y J. Cartagena. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación* 5(2): 112-123.
- Mohsenin, N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York. 734 p.
- Montgomery, D. 2001. Introduction to statistical quality control. Fourth Edition. Wiley, New York. 589 p.
- Pérez, B., E. Bringas, J. Mercado, C. Saucedo, L. Cruz y R. Baez. 2005. Evaluación de cera comestible en mango "Tommy Atkins" destinado a la comercialización para el turismo. Parte II: Eventos fisiológicos asociados a la calidad de fruta. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 7(1): 33-40.
- Raso, J., R. Pagán and S. Condón. 2005. Capítulo 21: Nonthermal technologies in combination with other preservation factors. pp: 453-477. En: *Novel Food Processing Technologies*. Barbosa, G., M. Tapia and M. Cano (Eds.). CRC Press, Boca Raton, EEUU.
- Restrepo, A., M. Cortes y H. Suarez. 2008. Evaluación sensorial de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) y uchuva (*Physalis peruviana* L.) fortificadas con vitamina E. *Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín* 61(2): 4667-4675.
- Rodríguez, A., M. Villegas y J. Fortiz. 2007. Efecto de cubiertas comestibles en la calidad de nopal Verdura (*Opuntia* sp) durante el almacenamiento refrigerado. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 9(1): 22-42.
- Romero, N., C. Saucedo, P. Sánchez, J. Rodríguez, V. González, M. Rodríguez y R. Báez. 2006. Aplicación foliar de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>: Fisiología y calidad de frutos de mango 'Haden'. *Terra Latinoamericana* 24 (4): 521-527.
- Sáenz, C., A. Pérez, A. Olias and J. Olias. 2001. Modified atmosphere packaging of strawberry fruit: Effect of package perforation on oxygen and carbon dioxide. *Food Science and Technology International* 6(1): 33-38.
- Saks, Y., L. Sonogo and R. Ben-Arie. 1990. Senescent breakdown of 'Jonathan' apples in relation to the

water soluble calcium content of the fruit pulp before and after storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115(4): 615-618.

Sánchez, M., M. Cámara, C. Díez y M. Torija. 2001. Aplicación de atmósferas modificadas y/o controladas a la conservación de vegetales. *Revista Alimentación, Equipos y Tecnología* 20(159): 651-658.

Serrano, M., D. Martínez, F. Guillen, S. Castillo, J. Valverde and D. Valero. 2005. Active packaging development to improve starking sweet cherry postharvest quality. *Acta Horticulturae* 682:

1675-1682.

Singh, B., D. Tandon and S. Kalra. 1993. Changes in postharvest quality mangoes, affected by preharvest application of calcium salts. *Scientia Horticulturae* 54(3): 211-219.

Smith, R. 1992. Controlled atmosphere storage of "Redcoat" strawberry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(2): 260-264.

Soliva, R., M. Biosca, N. Grigelmo and O. Martín. 2002. Browning, polyphenol oxidase activity