



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**EFFECTO DE INHIBIDORES DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO**  
**EN PERAS (*Pyrus Communis* L.) cv. PACKHAM'S TRIUMPH**  
**MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo

**Abigail Sepúlveda Benavides**

Profesores guía:

**Dr. Víctor Hugo Escalona C.**

**Dra. Carmen Sáenz H.**

Profesores evaluadores:

**Dr. Luis Luchsinger L.**

**Dr. Víctor García de Cortázar G. de C.**

**Santiago, Chile**  
**2010**



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**EFFECTO DE INHIBIDORES DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO  
EN PERAS (*Pyrus Communis* L.) cv. PACKHAM'S TRIUMPH  
MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

**EFFECTS OF ANTIBROWNING AGENTS ON MINIMALLY PROCESSED  
'PACKHAM'S TRIUMPH' PEARS (*Pyrus Communis* L.)**

Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo

**Abigail Sepúlveda Benavides**

Profesores guía:

**Dr. Víctor Hugo Escalona C.**

**Dra. Carmen Sáenz H.**

Profesores evaluadores:

**Dr. Luis Luchsinger L.**

**Dr. Víctor García de Cortázar G. de C.**

**Santiago – Chile  
2010**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la profesora Carmen Sáenz, pues, más allá de ser mi profesora guía, con sus palabras comprensivas fue para mí un apoyo constante y una fuente de inspiración. Gracias a usted encontré aquello que me motivó a seguir este camino. Gracias por haber sido un refugio en los momentos tan difíciles por los que pasé.

A Víctor Hugo, que estuvo siempre presente, siempre preocupado y siempre exigente. Gracias por tu paciencia infinita, por animarme y por darme la oportunidad de haber pertenecido a este grupo de trabajo. Puedo decir que tuve la suerte de tener a los dos mejores profesores guías.

También agradezco al proyecto de investigación FONDEF-CONICYT: “Desarrollo de productos frutícolas mínimamente procesados en fresco como estrategia para aumentar el consumo. Bases tecnológicas”, por proporcionar el financiamiento para el desarrollo de esta experiencia.

Quiero dar las gracias al CEPOC y al departamento de Agroindustria y Enología de la Universidad de Chile por facilitar las instalaciones y los instrumentos para realizar esta Memoria, y a las personas que pertenecen a ellos en especial a Daniela, Alejandra, Andrea, Javier y Rosita por su ayuda siempre disponible. Sin ustedes nada de esto sería posible.

A mis profesores evaluadores Luis Luchsinger y Víctor García de Cortázar, que me dieron consejos muy valiosos. Gracias por su tiempo.

A mi asesor estadístico Hugo Nuñez, cuya ayuda fue fundamental para el desarrollo de esta memoria.

Al profesor Carlos Silva, quien me dio su apoyo cuando flaqueé, y al profesor Vicente Guzman por toda su ayuda.

A todos los alumnos memorantes, tesisistas y practicantes que ayudaron en la parte experimental.

A Adrianita, Lily y Alexandra. ¡Su labor es tan importante!

A mis amigos de siempre: Geraldine, Roberto, Italo, Cynthia, Sebastián, Claudia y Pamela. Sin ustedes habría sido tan difícil. ¡Los quiero!

A mis amigos de ahora: Daniela, Alejandro, Patricia, Marcelo y Team-Biored. Gracias por motivarme, guiarme y animarme.

A María José: nadie más que tú sabe cuánto costó (nos costó).

A mi familia. Mis logros son suyos. Nada hubiese sido posible sin ustedes. Los quiero mucho.

A Evita y a los cinco angelitos que me cuidan desde el cielo.

Muchas gracias a todos.

## INDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>PALABRAS CLAVES.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>KEY WORDS.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
Hipótesis.....	8
Objetivo.....	8
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
Caracterización de la materia prima.....	9
Obtención de las muestras.....	9
Soluciones utilizadas.....	9
Aplicación de los tratamientos.....	9
Confección de escala.....	11
Parámetros a medir en los frutos enteros.....	12
Parámetros a medir en los cascos de pera.....	14
Diseño experimental y análisis estadístico.....	16
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>Ensayo I .....</b>	<b>17</b>
Caracterización de la materia prima.....	17
Color.....	18
Luminosidad (L).....	18
Tono ( $H_{ab}$ ).....	20
Saturación ( $C^*$ ).....	23
Firmeza.....	25
Pérdida de peso.....	27
Tasa respiratoria.....	28
Parámetros químicos.....	29
pH.....	29
Acidez titulable.....	30
Sólidos solubles totales (SS).....	32
Recuento de microorganismos.....	33
Aerobios mesófilos.....	33
Enterobacterias.....	34
Aerobios psicrófilos.....	36
Hongos y levaduras.....	37
Parámetros sensoriales.....	38
Apariencia.....	38
Pardeamiento.....	39
Firmeza.....	40
Sabores extraños.....	41

<b>Ensayo II.....</b>	<b>43</b>
Color.....	43
Luminosidad (L).....	43
Tono (H <sub>ab</sub> ).....	45
Saturación (C*).....	46
Firmeza.....	48
Parámetros sensoriales .....	49
Apariencia.....	49
Pardeamiento .....	50
Sabor.....	51
Sabores extraños.....	52
Parámetros químicos .....	53
Concentración de gases .....	54
Microbiología .....	55
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>66</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>68</b>

## RESUMEN

Durante los últimos años ha existido un aumento en el consumo de frutas mínimamente procesadas. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de distintos inhibidores de pardeamiento enzimático en cascotes de pera cv. Packham's Triumph, conservados a 5°C durante 8 días. Se realizaron 2 ensayos en los cuales se utilizó ácido ascórbico (0, 1 y 2% p/v), ácido cítrico (0 y 0,5% p/v) y L-cisteína (0 y 0,5% p/v). En el primer ensayo la fruta se envasó en tarrinas con tapas, mientras que en el segundo, se envasó en bolsas plásticas. La aplicación de una solución de 0,5% AC + 0,5% Cys fue efectiva para retardar el descenso de L y de H<sub>ab</sub> y el desarrollo de pardeamiento enzimático y ayudó a mantener una buena apariencia durante el almacenamiento. En el segundo ensayo la atmósfera alcanzada fue de 6,3% de O<sub>2</sub> y 6% de CO<sub>2</sub> luego de 6 días de almacenamiento, sin efectos sobre el pardeamiento enzimático. De esta manera, el uso de inhibidores de pardeamiento fue efectivo para mantener la calidad de cascotes de pera cv. Packham's Triumph.

## PALABRAS CLAVES

Ácido ascórbico, ácido cítrico, L-cisteína, atmósfera modificada.

## ABSTRACT

The fresh-cut fruit consume has increased during the last years. The aim of this study was to determine the effects of different inhibitors of enzymatic browning on 'Packham's Triumph' fresh-cut pears. Two experiments were conducted to approach this objective. In both experiments ascorbic acid (0, 1 and 2% w/v), citric acid (0 and 0.5% w/v) and L-cysteine (0 and 0.5% w/v) were used as antibrowning agents, while plastic trays and bags were used in experiments 1 and 2, respectively, to pack the pears slices. Treatment with 0.5% AC + 0.5% Cys was effective to reduce L and H<sub>ab</sub> changes and enzymatic browning, preserving a high appearance. In the second experiment, the atmosphere reached was 6.3% O<sub>2</sub> and 6% CO<sub>2</sub> after 6 days at 5 °C, but it was not effective to decrease the enzymatic browning. Therefore, it can be concluded that the antibrowning agents were effective in maintaining the appearance of the fresh-cut pears.

## KEY WORDS

Ascorbic acid, citric acid, L-cysteine, modified atmosphere.

## INTRODUCCIÓN

La inclusión de frutas y hortalizas en la dieta tiene un efecto benéfico para la salud, ya que son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra, además de poseer bajo contenido calórico (Rojas, 2006). Además, se ha demostrado que los compuestos antioxidantes presentes en alimentos vegetales frescos, tienen efectos beneficiosos para la mantención de la salud y para la prevención de enfermedades cardiovasculares y cáncer (Liu *et al.*, 2000; Oms-Oliu *et al.*, 2008).

Algunos estudios realizados sobre las costumbres de alimentación a distintos segmentos etarios de la población chilena, demostraron que el consumo de verduras y frutas estuvo por debajo de los 400 gramos diarios recomendados por la Organización Mundial de la Salud (Zacarías *et al.*, 2009). En una encuesta efectuada a jóvenes universitarios sobre la razón de su bajo consumo de frutas y hortalizas alegaron la falta de tiempo y de ganas para prepararlas (Olivares *et al.*, 2008). De esta manera, la introducción en los mercados de los productos frescos cortados es una forma de incrementar el consumo de frutas y hortalizas dentro de la población, debido a su atractiva presentación, su buena apariencia, su sabor agradable y su conveniencia (Rojas, 2006).

La definición para los productos mínimamente procesados en fresco más utilizada es la propuesta por Wiley (1994), quien los describe como hortalizas y frutas frescas, limpias, troceadas y envasadas, que mantienen sus propiedades naturales y que están listas para su consumo. Artés (2000) propone la denominación de productos vegetales mínimamente procesados en fresco, a los elaborados a partir de frutas, hortalizas o plántulas, que han sufrido uno o varios tratamientos suaves en su acondicionamiento y preparación para el consumo, en los que el hecho diferenciador clave reside en que el producto elaborado permanece vivo. Por lo tanto, el concepto de frutas mínimamente procesadas se basa en la aplicación de técnicas que permitan su empaque y comercialización produciendo cambios mínimos en las características deseadas en el producto fresco entero con una calidad similar a éste (Vargas *et al.*, 2007).

Como se trata de productos vivos, los vegetales mínimamente procesados reaccionan con su entorno (Defilippi y Campos, 2006), pero en comparación con la materia prima de la cual provienen, presentan una mayor perecibilidad debido a los daños producidos por el corte y la consiguiente exposición de los tejidos, y a la falta de piel protectora (Watada y Qi, 1999; Vargas *et al.*, 2007; Escalona y Luchsinger, 2008; Artés *et al.*, 2009). El corte de los tejidos vegetales provoca pérdida de compartimentación celular, lo que permite la entrada en contacto de enzimas de localización citoplasmática con substratos de localización vacuolar (Pérez, 2003). Además, el tejido herido provoca un incremento en las tasas de respiración y de producción de etileno lo que gatilla importantes deterioros de senescencia en comparación con el tejido íntegro (Soliva-Fortuny *et al.*, 2002b). Tras el corte se induce la biosíntesis de enzimas asociadas a un incremento en la velocidad de los procesos metabólicos y de otras reacciones bioquímicas responsables del cambio de color, aroma, textura y valor nutritivo, lo que finalmente produce un aumento en la velocidad de deterioro de estos productos (Pérez, 2003; Vargas *et al.*, 2007; Escalona y Luchsinger, 2008).

Una de las mayores limitantes que presentan las frutas mínimamente procesadas, es el desarrollo de coloraciones oscuras no deseadas que afectan negativamente la apariencia de estos productos, siendo este atributo el que determina en mayor medida la aceptación o el rechazo por parte del consumidor (Soliva-Fortuny *et al.*, 2002a; Defilippi y Campos, 2006).

Estas alteraciones de color en frutas mínimamente procesadas se deben principalmente a reacciones de pardeamiento enzimático (Oms-Oliu, 2008), el cual consiste en la oxidación de sustratos fenólicos a *o*-quinonas, moléculas muy reactivas que condensan rápidamente combinándose con otros grupos amino o sulfhidrilo de las proteínas y con azúcares reductores, originando polímeros pardos, rojizos o negros (Escalona y Luchsinger, 2008). Para que el fenómeno de pardeamiento enzimático ocurra son necesarias las siguientes condiciones: presencia de oxígeno molecular, sustratos apropiados, enzimas oxidativas y cobre en el centro activo de la enzima (Pérez, 2003; Escalona y Luchsinger, 2008; Oms-Oliu, 2008). La intensidad o velocidad con que se desarrolla el pardeamiento enzimático depende de la actividad oxidativa relativa de la enzima y la concentración de sustrato y de oxígeno molecular, además de condiciones de pH, temperatura y actividad de agua, al igual que factores como la especie, variedad y edad del órgano, entre los más importantes (García y Barrett, 2002; Pérez, 2003; Escalona y Luchsinger, 2008; Oms-Oliu, 2008).

La enzima polifenoloxidasa (PPO) se localiza en organelos celulares, concretamente en cloroplastos y mitocondrias. Se puede encontrar de dos formas distintas: unida a membranas, como a la membrana tilacoidal de los cloroplastos, o bien, en forma soluble (Bello, 2002; Pérez, 2003). Es de destacar que la proporción de fracción soluble de PPO aumenta durante la maduración del fruto (Pérez, 2003).

Las PPO son metaloenzimas que contienen un 0,2% de cobre como grupo prostético (Bello, 2002). Para que la enzima actúe sobre el sustrato fenólico, el  $\text{Cu}^{+2}$  debe encontrarse reducido a  $\text{Cu}^{+}$ , estado en el que la enzima puede ligar oxígeno (Dorantes-Álvarez y Chiralt, 2000; Pérez, 2003). Es por esta razón que el cobre presente en el centro activo es esencial para su actividad, y su acomplejamiento da lugar a la inhibición de la enzima (Pérez, 2003). En general, la PPO está activa entre pH 4,5 y 7,5 (Pérez, 2003), siendo el rango óptimo el comprendido entre pH 6,0 y 6,5. El sistema se inactiva si el pH del medio alcanza valores inferiores a 3 (Bello, 2002).

Estos sistemas enzimáticos están presentes en la mayoría de los vegetales, pero son de mayor importancia en champiñones, manzanas, duraznos, papas, plátanos, peras y hojas de té. En cambio, en frutas como cítricos y piñas, las reacciones de pardeamiento son menos significativas debido a que contienen pocos sustratos fenólicos y carecen del sistema enzimático (Bello, 2002).

Los principales sustratos de esta alteración son aquellos compuestos con estructuras de monofenoles, difenoles y polifenoles. Cada uno de estos compuestos tiene una sensibilidad diferente frente a la acción de las PPO, según sea su estructura. En general, los monofenoles generan procesos más lentos, pues necesitan una primera hidroxilación enzimática. Por otra parte, se ha observado que las reacciones enzimáticas participantes en esta alteración son muy específicas para los compuestos ortofenólicos (Bello, 2002).

La composición fenólica de las frutas está determinada por características genéticas, condiciones ambientales y estado de madurez. El estrés y el daño mecánico, así como la presencia de etileno, estimulan el metabolismo de compuestos fenólicos en el tejido vegetal (Pérez, 2003). Estudios señalan que los compuestos fenólicos mayoritarios presentes en peras son, en primer lugar, el ácido clorogénico, después la epicatequina y la catequina. También los ácidos cinámicos, flavonoles y flavanoles están presentes en esta fruta. Su pulpa es rica en ácidos cinámicos y flavanoles, mientras que en la piel abundan los flavanoles y flavonoles. Además de estos monómeros, las formas oligoméricas también están presentes (Robards *et al.*, 1999; Pérez, 2003).

El pardeamiento enzimático se puede controlar a través del uso de métodos físicos y químicos y, en la mayoría de los casos, se combinan ambos. Los métodos químicos utilizan compuestos que inhiben la acción de la enzima, eliminan sus sustratos (oxígeno y fenoles) o funcionan como un sustrato preferido (Lamikanra, 2002).

Los que poseen un efecto acidulante disminuyen el pH del medio. Su acción inhibitoria se logra si el pH disminuye dos o más unidades por debajo del óptimo de acción de la PPO (Lamikanra, 2002; Escalona *et al.*, 2006), aunque el control del pH en frutas es complejo, ya que se puede alterar el tejido y causar rupturas celulares (Pérez, 2003). Por otra parte, existen compuestos que actúan como agentes antioxidantes, reduciendo las orto-quinonas a difenoles incoloros (Bello, 2002) en las reacciones reversibles (Escalona y Luchsinger, 2008). Los compuestos quelantes capturan el cobre del sitio activo de la enzima o el que se encuentra en el tejido vegetal, formando quelatos y de esta manera impiden que se encuentre disponible para las reacciones de pardeamiento (Bello, 2002).

La mayoría de los tratamientos para inhibir el pardeamiento enzimático en frutas mínimamente procesadas incluyen agentes quelantes del cobre, combinados con compuestos antioxidantes (Escalona *et al.*, 2006). A continuación se comentan los compuestos más utilizados para frutas mínimamente procesadas.

**Ácido ascórbico:** es posiblemente la alternativa más estudiada en este rubro. Este compuesto es muy eficaz como inhibidor del pardeamiento enzimático debido a su capacidad de reducir quinonas a fenoles (Escalona *et al.*, 2006). Además, tiene la capacidad de disminuir ligeramente el pH (Lamikanra, 2002). El ácido ascórbico es un compuesto reductor moderadamente fuerte, formador de sales neutras con los álcalis y altamente soluble en agua (Pérez, 2003). Sin embargo, posee las desventajas de que su efecto es temporal debido a su oxidación irreversible, puede causar alteraciones del sabor original y tiene una penetración limitada en los tejidos (Pérez, 2003). Ha sido utilizado en peras mínimamente procesadas en dosis de 1-3% combinado con lactato de calcio, 4-hexilresorcinol, N-acetilcisteína, entre otros (Dong *et al.*, 2000; Gorny *et al.*, 2002; Oms-Oliu *et al.*, 2006; Arias *et al.*, 2008).

**Ácido cítrico:** su principal acción en la inhibición del pardeamiento enzimático en frutas mínimamente procesadas es la de disminuir el pH, logrando reducir la actividad enzimática de la PPO. Sin embargo, es posible que también tenga un efecto quelante del cobre del centro activo de esta enzima (Lamikanra, 2002; Pérez, 2003). Tiene la ventaja de no ser costoso, pero tiene un efecto sensorial residual (Pérez, 2003). Suele usarse en

combinación con otros agentes, principalmente antioxidantes, ya que es difícil lograr una inhibición eficaz del pardeamiento únicamente a través del control del pH (Bello, 2002; Pérez, 2003). Las dosis más empleadas en peras mínimamente procesadas varían entre 0,5-2% p/p (Pittia *et al.*, 1999; Lamikanra, 2002; Son *et al.*, 2001).

**L-cisteína:** es un aminoácido no esencial, sulfurado derivado de la metionina. Como antioxidante reduce las *o*-quinonas a *o*-difenoles no coloreados. Tiene la ventaja de ser más efectiva que el ácido ascórbico en la inhibición del pardeamiento enzimático. Sin embargo, las cantidades necesarias para lograrlo resultan en la percepción de sabores extraños (Lamikanra, 2002; Pérez, 2003). En peras mínimamente procesadas las dosis más utilizadas varían entre 0,3-1% (Son *et al.*, 2001; Gorny *et al.*, 2002; Oms-Oliu *et al.*, 2006).

Aún cuando el uso de inhibidores de pardeamiento ha demostrado ser efectivo para prolongar la mantención de la apariencia, su acción no es suficiente para obtener un producto mínimamente procesado de calidad y que ésta se mantenga durante el almacenamiento hasta llegar al consumidor en óptimas condiciones, por lo que es necesario complementarlos con otras tecnologías (Escalona y Luchsinger, 2008).

Las principales medidas disponibles para retardar el desarrollo de los fenómenos deteriorativos, entre los cuales se encuentra el pardeamiento enzimático, y lograr así extender la vida útil de los vegetales mínimamente procesados, están relacionadas con el control de las condiciones de manipuleo y almacenamiento. Las bajas temperaturas y atmósfera modificada las técnicas más utilizadas, y la utilización de ambas combinadas facilita el almacenamiento de frutas y hortalizas mínimamente procesadas permitiendo mantener la calidad comercial por más tiempo (Mónaco *et al.*, 2005).

Cuando la temperatura aumenta de 0 a 10°C, la tasa respiratoria se incrementa sustancialmente, al elevarse el  $Q_{10}$  desde 3,4 hasta 8,5 en varios productos frescos cortados (Watada, 1999). Por lo tanto, es imprescindible que la manipulación y el procesamiento de los productos con mínimo proceso se realicen a bajas temperaturas, inferiores a los 10°C, e inmediatamente se laven con agua clorada a baja temperatura (inferior a 4°C). A estas temperaturas deben realizarse también el pesado, envasado y sellado. En la conservación deben emplearse temperaturas reducidas (entre 0 y 5°C), fundamentalmente para evitar el desarrollo de microorganismos que puedan alterar la calidad y frenar el pardeamiento enzimático además de otros procesos metabólicos (Escalona y Luchsinger, 2008).

La modificación y control de la composición gaseosa que rodea el alimento también prolonga la vida útil de estos productos al disminuir su actividad biológica. Alterando la concentración de los gases se reduce el crecimiento microbiano, así como la velocidad de las reacciones de oxidación (Catalá, 2003). La atmósfera modificada consiste en el reemplazo del aire dentro de un envase por una mezcla de gases distinta, la cual es resultado de la utilización de películas plásticas de diferente permeabilidad, produciéndose en forma pasiva una reducción de la cantidad de oxígeno disponible y un incremento en la de dióxido de carbono, con el fin de crear una atmósfera favorable. La atmósfera modificada generalmente es empobrecida en  $O_2$  y enriquecida en  $CO_2$  con respecto al aire respirable. Las combinaciones más utilizadas para fruta mínimamente

procesada varían entre un 2 y un 8% de O<sub>2</sub> entre un 5 y un 15% de CO<sub>2</sub> (Gorny *et al.*, 2002). Las concentraciones recomendadas por algunos autores para peras mínimamente procesadas es de 0,5% de O<sub>2</sub> y de 2% de CO<sub>2</sub> (Gorny *et al.*, 2000; Soliva- Fortuna *et al.*, 2004; Escalona y Luchsinger, 2008).

Por otra parte, la reducción del oxígeno limita las reacciones de oxidación bioquímica tales como rancidez, pardeamiento, cambios de sabor, etc. (Catalá, 2003). La disminución de los niveles de oxígeno también tendría como resultado una menor producción de etileno dado a que este gas es necesario para el último paso de la biosíntesis de esta hormona (Moggia *et al.*, 2005).

No obstante, la reducción a niveles muy bajos de O<sub>2</sub> en productos como frutas y hortalizas puede llevar a un incremento del metabolismo que de lugar a la aparición de sabores extraños y otros defectos indeseables. Las concentraciones de O<sub>2</sub> excesivamente bajas (generalmente inferiores al 1%) pueden favorecer procesos fermentativos que van acompañados de destrucción de los tejidos y de generación de aromas y sabores anómalos en el producto (Arias *et al.*, 2007).

### **Hipótesis**

El uso de inhibidores de pardeamiento permite retrasar la alteración de la calidad de cascos de pera cv. Packham's Triumph.

### **Objetivo**

El objetivo del presente estudio fue determinar si el uso de inhibidores de pardeamiento enzimático retrasó el desarrollo de pardeamiento enzimático y los cambios de color en cascos de pera cv. Packham's Triumph.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio consistió en dos ensayos, cuyo objetivo fue comparar el efecto de distintos compuestos inhibidores de pardeamiento en cascos de pera cv. Packham's Triumph. El primero se realizó en junio de 2009 y constó de 12 tratamientos, entre ellos un testigo en inmersión en agua potable. El segundo ensayo se llevó a cabo en agosto de 2009 y constó de 4 tratamientos, entre ellos un testigo en inmersión en agua potable, escogidos a partir de los resultados obtenidos en el primer ensayo.

Los ensayos se realizaron en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en los laboratorios de Evaluación Sensorial y de Microbiología de Alimentos del Departamento de Agroindustria y Enología, ambos pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Para ambos ensayos se utilizó peras (*Pyrus communis* L.) cv. Packham's Triumph provenientes de un huerto comercial ubicado en la comuna de Linares, Región del

Maule, cosechadas en el mes de febrero de 2009. La fruta se almacenó en una cámara frigorífica a 0°C y aproximadamente 90% de humedad relativa hasta su procesamiento.

### **Caracterización de la materia prima**

Un día previo a cada procesamiento se caracterizó una muestra de 24 frutos representativos, a los que se les determinó: peso, diámetros polar y ecuatorial, color de la piel, color de la pulpa, firmeza de la pulpa, acidez titulable, pH y contenido de sólidos solubles.

### **Obtención de las muestras**

Desde la cámara de almacenamiento, la fruta se llevó a una sala limpia de manipulación y acondicionamiento para su procesamiento, donde se trabajó a una temperatura de 8°C. Los operadores estuvieron provistos de cofia, mascarilla y guantes.

Los frutos se sumergieron en una solución de agua potable con 200 mg L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sodio a 5°C, durante 5 minutos. A continuación, cada fruto se peló manualmente con cuchillos de filo liso, y, posteriormente, se realizaron cuatro cortes longitudinales, para la obtención de ocho cascos de tamaño similar, a los que se les removió los restos de zona calicinal. Para el primer ensayo se procesó un total de 6 kg de fruta por tratamiento. Para el segundo ensayo se procesó un total de 3,5 kg por tratamiento.

### **Soluciones utilizadas**

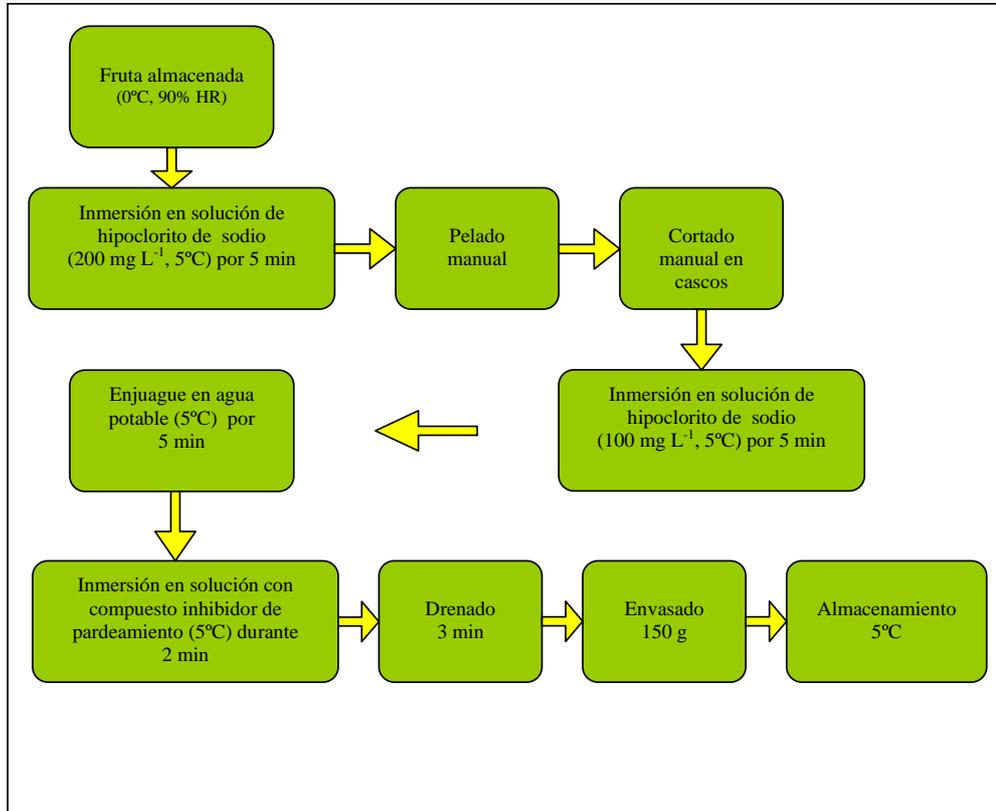
Para las soluciones se utilizaron tres compuestos inhibidores de pardeamiento enzimático, los que se emplearon en distintas concentraciones, en forma independiente y combinada. El ácido ascórbico (AA), (Lab-Tec, Chile), se utilizó en concentraciones de 0, 1 y 2% p/v; el ácido cítrico (AC), (Chemix, Chile) en concentraciones de 0 y 0,5% p/v; la L-cisteína (Cys), (Granotec, Chile) en concentraciones de 0 y 0,5% p/v. Los compuestos se solubilizaron en agua potable a 5°C. En ambos ensayos la relación kg fruta: L solución fue de 1:2, por cada tratamiento.

### **Aplicación de los tratamientos**

Una vez obtenidos los cascos, éstos se sumergieron en una solución de agua potable con 100 mg L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sodio a 5°C, durante 1 minuto y posteriormente, se sometieron a un enjuague en agua potable a 5°C durante 5 minutos. Luego, se sumergieron en las soluciones de inhibidores de pardeamiento durante 2 minutos y, a continuación se drenaron durante 3 minutos. En el primer ensayo los cascos de pera se envasaron en tarrinas de polietileno transparente con tapa de 250 mL, mientras que en el segundo ensayo, la fruta se envasó en bolsas plásticas transparentes (CRYOVAC, Chile) cuyas tasas de transmisión de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> fueron de 7.000 y 21.000 mL m<sup>2</sup> d<sup>-1</sup> respectivamente y las dimensiones fueron de 8x15 cm. En el Anexo II se adjuntan más características de la bolsa empleada.

Una vez envasados, los cascos de pera se almacenaron en una cámara frigorífica a 5°C. Para ambos ensayos se envasaron  $155 \pm 5$  g, cantidad necesaria para realizar todos los análisis.

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo para el procesamiento mínimo, la obtención de las muestras y la aplicación de los tratamientos.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del procesamiento mínimo de las peras cv. 'Packham's Triumph'.

El primer ensayo constó de 12 soluciones de compuestos inhibidores de pardeamiento enzimático en distintas concentraciones. Estos inhibidores fueron empleados en forma independiente y combinada. En el Cuadro 1 se muestra la concentración de cada compuesto utilizado para los distintos tratamientos, junto con el pH alcanzado por la solución.

El segundo ensayo constó de 4 soluciones, escogidas desde los resultados obtenidos en el primer ensayo. En el Cuadro 2 se muestra la concentración de cada compuesto utilizado para los distintos tratamientos y el pH alcanzado por las soluciones.

**Cuadro 1.** Ensayo I: concentraciones y pH de soluciones inhibidoras de pardeamiento utilizados en cada tratamiento en cascos de pera cv. Packham's Triumph almacenados a 5°C durante 8 días.

Tratamiento	Ácido ascórbico	Ácido cítrico % p/v	L-cisteína	pH
T0	0	0	0	7,5
T1	1	0	0	2,9
T2	2	0	0	2,6
T3	0	0,5	0	2,5
T4	1	0,5	0	2,4
T5	2	0,5	0	2,3
T6	0	0	0,5	1,9
T7	1	0	0,5	1,8
T8	2	0	0,5	2,0
T9	0	0,5	0,5	1,9
T10	1	0,5	0,5	1,9
T11	2	0,5	0,5	1,9

**Cuadro 2.** Ensayo II: concentraciones y pH de soluciones inhibidoras de pardeamiento utilizados en cada tratamiento en cascos de pera cv. Packham's Triumph almacenados a 5°C durante 8 días.

Tratamiento	Ácido ascórbico	Ácido cítrico % p/v	L-cisteína	pH
T0	0	0	0	7,3
T1	0	0	0,5	1,9
T2	1	0	0,5	1,8
T3	0	0,5	0,5	1,9

### Confección de escala

Previo al procesamiento, se confeccionó una escala para determinar qué defectos podrían presentarse durante el almacenamiento y en qué intensidad (Figura 2).

En esta escala se observa que los principales defectos en los cascos de pera cv. Packham's Triumph fueron la aparición de tonos oscuros, producto del pardeamiento enzimático, y alteraciones de la textura debidas a la disminución de la firmeza y a la pérdida de agua.

Además de los defectos antes mencionados, durante esta experiencia se presentaron otras alteraciones de la calidad de las peras mínimamente procesadas las cuales fueron: presencia de exudados, desarrollo de translucidez, desarrollo de coloraciones rojizas y aparición de sabores y aromas extraños.



**Figura 2.** Escala para cascos de pera cv. Packham's Triumph.

**1:** Ausencia de defectos. Fruta recién cortada. **3:** Defectos leves que no afectan su comercialidad. **5:** Defectos moderados. Límite comercial. **7:** Defectos graves que no permiten su comercio. **9:** Defectos severos.

#### **Parámetros a medir en los frutos enteros**

**Peso de los frutos:** se determinó utilizando una balanza electrónica de precisión, con una sensibilidad de 0,01 g, modelo BJ 610 C (Precisa Instrument, Suecia). Los resultados se expresaron en gramos.

**Diámetros polar y ecuatorial:** ambos se determinaron utilizando un pie de metro digital. Los valores se expresaron en milímetros.

**Color de la piel:** se determinó con un colorímetro portátil tri-estímulo Minolta modelo CR-300 (Figura 3), un ángulo de observador de 0°, iluminante D<sub>65</sub>, calibrado con estándares de color, utilizando el sistema CIELa\*b\*. Los resultados se expresaron en valores de luminosidad (L), tono (H<sub>ab</sub>) y saturación (C\*).



**Figura 3.** Colorímetro portátil tri-estímulo Minolta modelo CR-300 utilizado para la medición de los parámetros colorimétricos de cascos de pera cv. Packham's Triumph.

**Color de la pulpa:** se determinó de la misma manera que el color de la piel, previa remoción de la piel con un cuchillo de filo liso, en dos caras opuestas del fruto, en la zona ecuatorial. Los resultados se expresaron en valores de luminosidad ( $L$ ), tono ( $H_{ab}$ ) y saturación ( $C^*$ ).

**Firmeza de la pulpa:** se determinó con un penetrómetro motorizado (Figura 4) Fruit Texture Analyzer FTA (TR, Forli, Italia). La medición se realizó en dos caras opuestas del fruto, en la zona ecuatorial, previa remoción de la epidermis, a una profundidad de 5 mm, con un émbolo de 7,9 mm de diámetro. Los resultados se expresaron en kg-f.



**Figura 4.** Penetrómetro motorizado utilizado para la medición de la firmeza de cascos de pera cv. Packham's Triumph.

**Contenido de sólidos solubles (SS):** se obtuvo a partir de una muestra de jugo representativa, mediante un refractómetro termo-compensado (Atago, Japón). Los resultados se expresaron en porcentaje.

**Acidez titulable (AT) y pH:** el pH se determinó con un potenciómetro (Schott, Alemania) y la acidez mediante la titulación de 10 mL de jugo con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2-8,3. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico.

#### **Parámetros a medir en los cascos de pera**

Las determinaciones durante el almacenaje a 5°C de los parámetros físicos, químicos y sensoriales de los cascos de pera de cada tratamiento se realizaron cada dos días hasta el final de su vida útil, y fueron las siguientes:

**Color de pulpa de los trozos:** se realizó con un colorímetro portátil tri-estímulo siguiendo la metodología descrita para las determinaciones en frutos enteros. La medición se realizó en la zona media de ambas caras laterales de cada casco. El color se expresó en valores de luminosidad (L), tono ( $H_{ab}$ ), saturación ( $C^*$ ) y componente verde/rojo ( $a^*$ ).

**Firmeza de los cascos:** se determinó utilizando un penetrómetro motorizado, Fruit Texture Analyzer (FTA), siguiendo la metodología descrita para la medición de firmeza de la pulpa en frutos enteros. Las mediciones se realizaron en el centro de la cara exterior de cada casco. Los resultados se expresaron en kg-f.

**Determinación de la pérdida de peso:** Se realizó en el primer ensayo. Se determinó a través de la pérdida de peso diaria de la fruta mínimamente procesada. Para ello, se utilizó una balanza electrónica de precisión, con una sensibilidad de 0,01 g, modelo BJ 610 C (Precisa Instrument, Suecia). Los resultados se expresaron como porcentaje acumulado de pérdida de peso.

**Determinación de la tasa respiratoria:** Se realizó en el primer ensayo. Se determinó utilizando un sistema estático a 5°C en aire, colocando  $155 \pm 5$  g de cascos de pera en frascos de vidrio de 500 mL, herméticamente sellados, provistos de un septum de silicona en su tapa, a través del cual se tomaron las muestras gaseosas. Los frascos se mantuvieron cerrados durante 1 hora. Con una jeringa de plástico de 10 mL (Nitro, Argentina) se extrajo una muestra de aire del espacio de cabeza del frasco la cual se inyectó en un cromatógrafo de gases HP5890 Serie II (EE.UU.) provisto de un detector de conductividad térmica (Hewlett Packard, EE. UU.), con una columna Porapak q 80/100 Mesh 6 ft (Hewlett Packard, EE. UU.). Las temperaturas del inyector, del horno y del detector fueron 50, 50 y 200°C, respectivamente. El gas transportador que se utilizó fue helio (Indura, Chile) a una presión de 50 psi. Se utilizó un estándar de CO<sub>2</sub> de 1,1% (Indura, Chile) como patrón. Los resultados se expresaron en mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

**Contenido de sólidos solubles (SS):** se obtuvo a partir de una muestra de jugo de cada repetición, mediante un refractómetro termo-compensado (Atago, Japón). Los resultados se expresaron en porcentaje.

**Acidez titulable (AT) y pH:** Se obtuvieron a partir de una muestra de jugo de cada repetición. El pH se determinó con un potenciómetro (Hanna, EE.UU.) y la acidez mediante la titulación de 10 mL de jugo con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2-8,3. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico.

**Recuento de microorganismos:** Al inicio del primer ensayo se realizó un recuento de bacterias aerobias mesófilas y enterobacterias. Al finalizar el primer ensayo, se hizo un recuento de bacterias aeróbicas mesófilas y psicrófilas, de enterobacterias y de hongos y levaduras. En el segundo ensayo se realizaron recuentos de aerobios mesófilos y enterobacterias luego de 1, 6 y 8 días de almacenamiento.

Para lo anterior, se obtuvo una muestra de 10 g de pera, la que se molió y homogenizó en 90 mL de agua estéril peptonada al 1% p/p, dentro de una bolsa estéril utilizando un digestor (IUL, España), durante 1 min. Luego se realizaron diluciones seriadas con 9 mL de agua peptonada estéril.

Para el recuento en placa de bacterias aeróbicas mesófilas y enterobacterias, se utilizaron los medios de cultivo Plate Count y EMB (Becton Dickinson, EE.UU.), respectivamente, y se incubaron a 37°C, durante 2 días. Para el recuento de bacterias aeróbicas psicrófilas se utilizó el medio Plate Count (Becton Dickinson, EE.UU.), y se incubaron a 7°C, durante 7 días. Para el recuento de hongos y levaduras se empleó como medio de cultivo una base de agar de papa dextrosa (Oxoid, Inglaterra), previamente acidificado a pH 3,5 con ácido tartárico, y se incubó a 25°C, durante 5 días.

Los recuentos microbiológicos se expresaron como el logaritmo de la unidad formadora de colonia por g ( $\log \text{ UFC g}^{-1}$ ). Los resultados obtenidos se evaluaron de acuerdo al Reglamento Sanitario de los Alimentos (Ministerio de Salud, 2009), para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo.

**Determinación de la calidad sensorial:** Se utilizó el método de análisis descriptivo-cuantitativo, aplicado a un panel de 12 jueces entrenados, usando una pauta no estructurada de 0 a 15 cm, donde se evaluó apariencia, pardeamiento, textura, sabor, y presencia de sabores extraños. Para los atributos visuales, a los jueces se les presentaron los tratamientos en una tarrina plástica con tapa en el primer ensayo, y una bolsa de polietileno transparente en el segundo ensayo, con 150 g de cascos de peras, identificados con un código de tres dígitos. Para los atributos gustativos las muestras consistieron en cubos de 1 cm<sup>3</sup> aprox. de pera, presentadas en posillos de cerámica blanco, identificados con un código de tres dígitos. Las pautas de evaluación se describen en el Anexo 1.

**Determinación de la concentración de gases en atmósfera modificada:** Se realizó en el segundo ensayo. Se determinó utilizando un sistema estático a 5°C en aire, colocando 155 ± 5g de cascos de peras en bolsas plásticas (CRYOVAC, Chile), herméticamente

selladas. Se colocó una cinta adhesiva a través de la cual se extrajo una muestra de aire del espacio de cabeza con una jeringa de plástico de 10 mL (Nitro, Argentina), la cual se inyectó en un cromatógrafo de gases igual al mencionado en la determinación de la tasa respiratoria. Los resultados se expresaron como porcentaje de CO<sub>2</sub> y de O<sub>2</sub>

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Para el primer ensayo, el diseño fue completamente al azar con arreglo factorial 12 x 4 para los parámetros de color y firmeza, 12 x 3 para los parámetros de acidez titulable, pH, contenido de sólidos solubles, apariencia, pardeamiento, firmeza (sensorial) y sabor, y 12 x 2 para el parámetro sabores extraños. El primer factor corresponde la solución empleada y el segundo, al tiempo. Se contó con 3 repeticiones. La unidad experimental fue 155g de fruta contenidos en una tarrina con tapa de 250 mL.

Para el segundo el diseño fue completamente al azar con arreglo factorial 4 x 4 para los parámetros de color y firmeza, y 4 x 3 para los parámetros de acidez titulable, pH, contenido de sólidos solubles, apariencia, pardeamiento, firmeza (sensorial), sabor y sabores extraños. El primer factor corresponde la solución empleada y el segundo, al tiempo. Se contó con 3 repeticiones. La unidad experimental fue 155 ± 5g de fruta contenidos en bolsas plásticas de 8 x 15 cm.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) entre los tratamientos, y en caso de encontrar diferencias significativas se utilizó la prueba de comparación múltiple Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayo I

#### Caracterización de la materia prima

En el Cuadro 3 se muestra los resultados obtenidos en la caracterización de la materia prima. La piel de la fruta presentó valores de  $H_{ab}$  entre 104 y 111°, con un valor de  $C^*$  de 44,6, lo que indica una coloración de tonos amarillo-verdosos. Por otra parte, la pulpa presentó una alta luminosidad, con valores de L entre 76 y 80, los que son cercanos al valor 100 que representa al blanco ideal. El valor del tono varió entre 102 y 108°, lo que también muestra coloraciones amarillo-verdosas.

En cuanto a los parámetros químicos (Cuadro 3), el pH de la fruta varió entre 3,4 y 3,9, la acidez titulable entre 0,1 y 0,12% de ácido málico, y el contenido de sólidos solubles entre 12 y 15%.

Estos valores fueron similares a los obtenidos por diferentes autores en distintas variedades de peras mínimamente procesadas (Soliva-Fortuny *et al.*, 2001; Arias *et al.*, 2008; Oms-Oliu *et al.*, 2006; Oms-Oliu *et al.*, 2007).

**Cuadro 3.** Parámetros físicos y químicos de peras enteras cv. Packham's Triumph.

Parámetro		Promedio
Peso de los frutos (g)		174,6 ±17,7
Diámetro polar (mm)		81,1 ±5,0
Diámetro ecuatorial (mm)		67,1 ±3,3
Color de la piel	L	64,2 ±2,4
	$C^*$	44,6 ±1,8
	$H_{ab}$	108,1 ±2,0
Color de la pulpa	L	78,3 ±1,3
	$C^*$	17,3 ±1,9
	$H_{ab}$	105,0 ±1,4
Firmeza (kg-f)		5,5 ±0,6
Sólidos solubles (% SS)		13,1 ±1,3
AT (% ácido málico)		0,1 ±0,0
pH		3,7 ±0,2

Los valores representan el promedio ± la desviación estándar.

## Color

### Luminosidad (L)

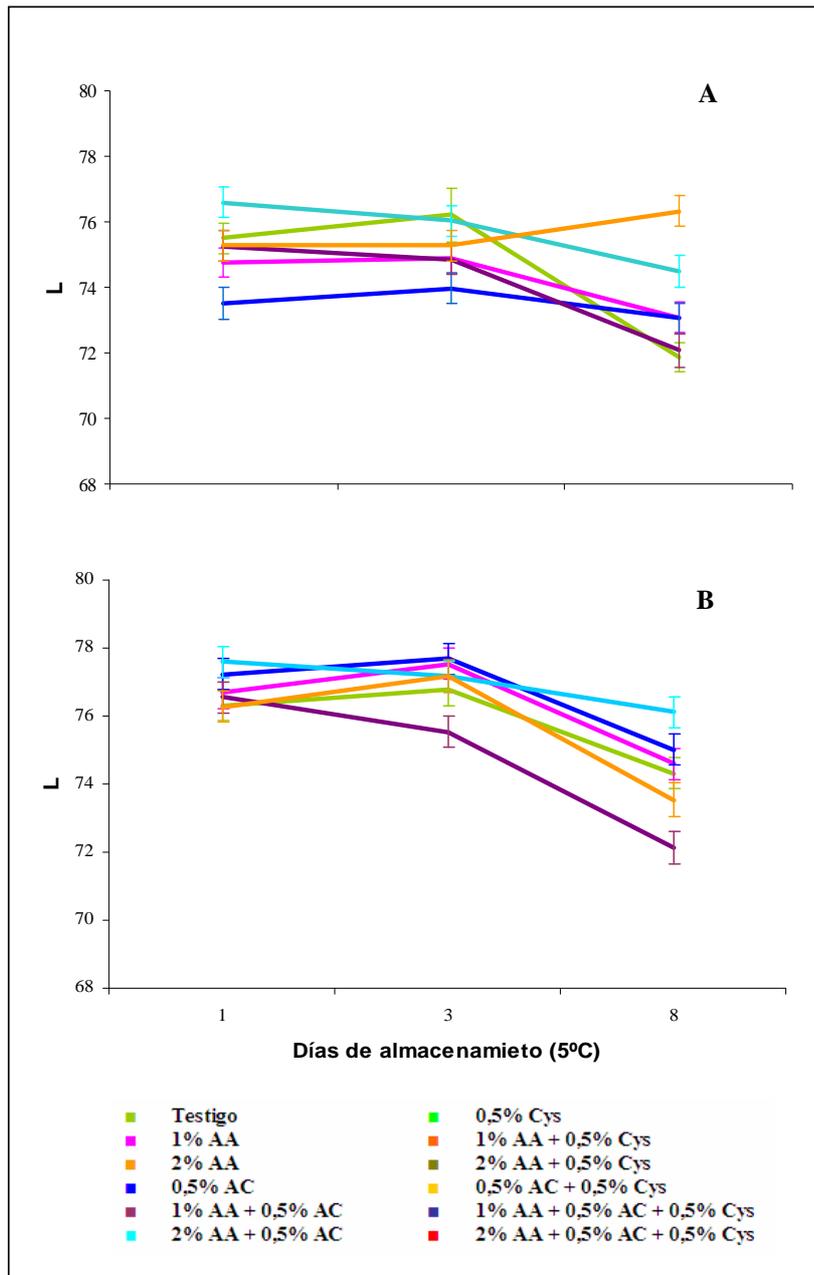
El efecto de los distintos tratamientos de inmersión en soluciones de compuestos inhibidores de pardeamiento enzimático durante el almacenamiento, se puede observar en los valores de L v/s tiempo presentados en la Figura 5.

En forma general, el valor L presentó un descenso a lo largo del tiempo, tomando valores promedio entre 73,5 y 77,6 en el primer día, y valores promedio entre 72,6 y 77,3 luego de 8 días de almacenamiento. El tratamiento testigo, luego de 8 días de almacenamiento, presentó un descenso de 6,7% en el valor de L respecto al valor obtenido en la caracterización de la fruta. Los tratamientos 0,5% AC, 1% AA + 0,5% AC, 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys, 1% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys, fueron similares al tratamiento testigo. Los tratamientos 2% AA + 0,5% AC, 0,5% Cys, 1% AA + 0,5% Cys y 2% AA + 0,5% Cys, presentaron valores significativamente mayores a los obtenidos por el tratamiento testigo después 8 días del procesamiento. El tratamiento 2% AA, presentó valores significativamente menores al tratamiento Testigo durante los 3 primeros días. El tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys presentó valores de L significativamente mayores a los obtenidos por el tratamiento testigo durante todo el almacenamiento. Asimismo, este tratamiento no presentó diferencias significativas en los valores obtenidos durante el almacenamiento, con un promedio final de 77,3 lo que significa que presentó una disminución de 1,2% en el valor de L, respecto al obtenido en la caracterización de la fruta. Tomando como un valor de referencia el descenso presentado por el testigo, el uso de tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys redujo en un 81,6% la disminución del valor L.

Los valores que dieron origen a la figura 5 pueden observarse en cuadro del Apéndice II. En este cuadro también se presentan las letras de significancia y las desviaciones estándar.

Debido a que el descenso de L indica la pérdida de luminosidad y un aumento del oscurecimiento, este parámetro puede ser utilizado como una medida del avance del pardeamiento (Pérez, 2003). Existen numerosos estudios en los que se determinan los cambios en el valor de la coordenada L para estimar el pardeamiento en peras mínimamente procesadas (Arias *et al.*, 2008; Oms-Oliu *et al.*, 2008; Soliva-Fortuny *et al.*, 2002a).

Según Apintanapong *et al.* (2007), rebanadas de plátano tratadas con 0,5% Cys combinado con 1% AC sufrieron una menor variación de L que tratamientos de 0,5% Cys combinado con 1% de AA y 1% de ácido láctico, situación similar a lo observado en esta experiencia.



**Figura 5.** Evolución de la luminosidad en cascos de peras tratados con inhibidores de pardeamiento, almacenados a 5°C durante 8 días. **A)** Tratamientos sin L-cisteína. **B)** Tratamientos con L-cisteína. AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína. Las barras representan el error estándar.

Al igual que en el presente experimento, Oms-Oliu *et al.* (2006), concluyeron que tratamientos con AA, en distintas concentraciones, no fueron adecuados para prevenir el pardeamiento en peras mínimamente procesadas. De esta misma manera, los autores Sapers y Miller (1998), compararon el efecto de soluciones neutras y ácidas de inhibidores de pardeamiento en trozos de peras y el tratamiento 1% AA + 0,2% CaCl<sub>2</sub>, presentó un pardeamiento severo luego de 7 días de almacenamiento a 4°C, sin diferencias significativas con el testigo. Según Pérez (2003) el uso de AA y AC, en peras var. 'Blanquilla', mínimamente procesadas, indujo un descenso rápido de L, tanto en forma individual, como combinados. Todos estos estudios son concordantes con los resultados obtenidos en este experimento, donde el uso de los ácidos cítrico y ascórbico no fue efectivo para retardar el descenso de la luminosidad en los cascos de peras.

Así mismo, Son *et al.* (2001) compararon el efecto de distintos compuestos potencialmente inhibidores de pardeamiento en rodajas de manzanas frescas sobre L durante 3 horas, tomando como referencia el AA. Estos autores concluyeron que no hubo diferencias entre AA y AC, ambos utilizados en una concentración de 1%, mientras que las manzanas tratadas con L-cisteína no presentaron diferencia de L en el tiempo.

### **Tono (H<sub>ab</sub>)**

El efecto del uso de inhibidores de pardeamiento enzimático sobre el tono de los cascos de pera puede observarse en la Figura 6. Se observa que el valor de H<sub>ab</sub> disminuye durante el almacenamiento, tomando valores promedio entre 94,1 y 105,3° luego de un día de almacenamiento y valores entre 84,2 y 93,8° luego de 8 días.

En forma general, los tratamientos con L-cisteína, tras un día de almacenamiento, presentaron valores superiores a los otros tratamientos. Sin embargo, estos valores disminuyeron luego de los 6 días de almacenamiento, unido la aparición de tonos rosáceos en los tratamientos 1% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys y 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys, los cuales obtuvieron valores iniciales promedio entre 105,3 y 104,8°, y valores finales de 86,6 y 84,2°, respectivamente.

Los tratamientos 1% AA + 0,5% AC, 2% AA + 0,5% AC y 1% AA + 0,5% Cys presentaron valores significativamente mayores al tratamiento testigo luego de un día de almacenamiento, pero similares a éste en las mediciones posteriores. El tratamiento 2% AA + 0,5% Cys presentó valores iniciales significativamente mayores al tratamiento testigo durante un día de almacenamiento, y significativamente menores luego de 8 días de almacenamiento.

Los tratamientos 1% AA, 2% AA y 0,5% fueron similares al tratamiento testigo durante los 8 días de almacenamiento, por lo tanto, el ácido cítrico y el ácido ascórbico utilizados en forma individual, no fueron efectivos para retardar la disminución del H<sub>ab</sub> y por ende el pardeamiento.

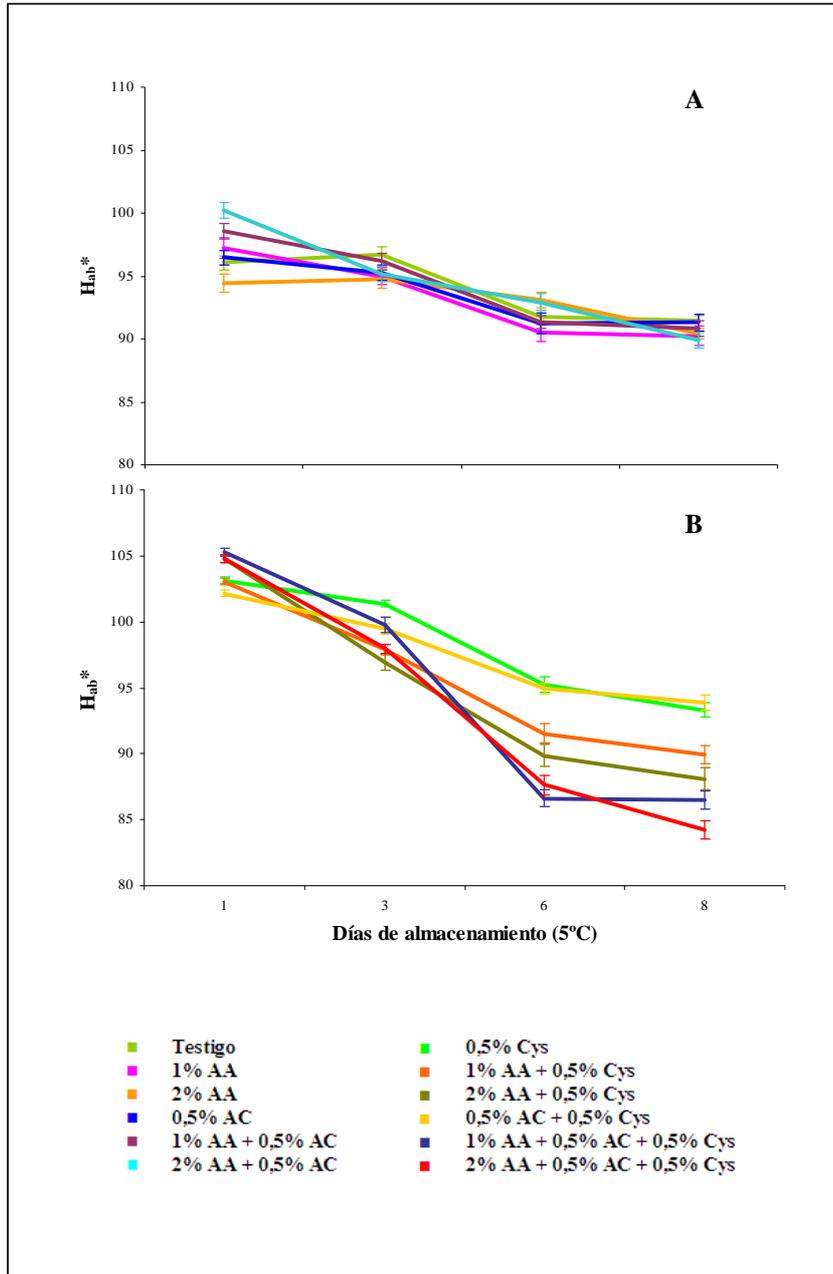
Los tratamientos 0,5% Cys y 0,5% AC + 0,5% Cys, presentaron valores de tono más elevados que el resto de los tratamientos y no presentaron tonalidades rosáceas a los 8 días de almacenamiento. El testigo presentó un descenso de un 15,4% en su valor de

$H_{ab}$ , respecto a los resultados obtenidos en la caracterización de la materia prima, mientras que los tratamientos 0,5% Cys y 0,5% AC + 0,5% Cys tuvieron un descenso de 13,7 y 13,2%, respectivamente. Esto indicaría que el tratamiento 0,5% Cys redujo el descenso en el valor de  $H_{ab}$  en un 11,5% y el tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys en un 14,6% respecto al testigo. Por lo tanto, estos tratamientos fueron efectivos en retardar el pardeamiento durante 8 días a 5°C.

Los valores que dieron origen a la figura 6 pueden observarse en cuadro del Apéndice III. En este cuadro también se presentan las letras de significancia y las desviaciones estándar.

Vamos-Vigyazo (1995) señala que la aparición de coloraciones rojizas es producto de la regeneración de fenoles causada por la oxidación de la L-cisteína con grupos tiol, en presencia de *o*-quinonas. Otros autores señalan que esta oxidación se ve favorecida a pH bajos (Lamikanra, 2002).

Oms-Oliu *et al.* (2006) observaron que el uso de ácido ascórbico por si solo no retardó el descenso de  $H_{ab}$  en trozos de pera var. 'Flor de invierno', favoreciendo un oscurecimiento más rápido que el del testigo. Estos mismos autores observaron que la aparición de tonalidades rojizas en tratamientos con L-cisteína se evitó ajustando el pH de las soluciones a 7.



**Figura 6.** Evolución del tono en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento, almacenados a 5°C durante 8 días. A) Tratamientos sin L-cisteína. B) Tratamientos con L-cisteína. AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína. Las barras representan el error estándar.

### Saturación (C\*)

En el Cuadro 4 se presentan los valores de saturación de los distintos tratamientos durante el almacenamiento a 5°C. Se observa que el parámetro C\* presenta un aumento significativo durante el almacenamiento, desde valores promedio entre 13,8 y 17,9 luego del primer día de almacenamiento, hasta valores promedio entre 17,6 y 19,3 luego de 8 días. Los tratamientos con L-cisteína presentaron valores promedios entre 13,8 y 18,2 durante el almacenamiento, menores que los presentados por los tratamientos sin este aminoácido, los que estuvieron entre 15,2 y 19,3. Durante el primer día de almacenamiento, los tratamientos de L-cisteína combinados con AA y/o AC presentaron valores significativamente menores a los del tratamiento Testigo. Durante los siguientes días, la mayoría de los tratamientos no presentó diferencias significativas con el tratamiento Testigo.

**Cuadro 4.** Evolución de la saturación (C\*) en cascos de peras cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento, almacenadas a 5°C durante 8 días.

Valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar.

<sup>z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamiento.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

Dado a que C\* es una coordenada cilíndrica que representa la saturación de color, los resultados obtenidos se interpretan de una mejor manera comparándolos con los obtenidos para la coordenada a\* (Cuadro 5).

Se observa que los valores promedio de a\* aumentan durante el almacenamiento, desde valores promedio entre -3,8 y -1,4 luego de 1 día de almacenamiento hasta valores entre -1,1 y 1,5 luego de 8 días de almacenamiento. Se evidencia que a medida que se incrementa el valor de a\*, la saturación aumenta, lo que significaría que los cascos de pera presentaron tonalidades cada vez más saturadas, y más puras, acercándose más a los tonos rojos puros. Los tratamientos con 0,5% Cys y 0,5% AC + 0,5% Cys mantuvieron valores significativamente menores que el tratamiento Testigo. Por otra parte, luego de 6 días de almacenamiento, los tratamientos 1% AA+0,5% AC+0,5%

Cys, 2% AA+0,5% AC+0,5% Cys presentaron valores  $a^*$  significativamente mayores al resto de los tratamientos, evidenciando la aparición de tonalidades rojas extrañas.

**Cuadro 5.** Evolución de  $a^*$  en cascos de peras cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento, almacenadas a 5°C durante 8 días.

		-2,1 ±0,6	b BC	0,4 ±1,0	c EF	1,5 ±1,1	d F	-1,0
<b>Promedio</b>	<b>-2,7</b>	<b>-2,0</b>		<b>-0,4</b>		<b>-0,1</b>		

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

La coordenada  $a^*$  indica la proporción de componente rojo-verde, tomando valores positivos y negativos, respectivamente (Pérez, 2003). Por lo tanto, los valores negativos iniciales indican tonalidades más verdosas, variando hasta valores positivos durante el almacenamiento, que indican tonalidades rojizas, lo que concuerda con los resultados en la determinación de  $H_{ab}$ .

Al igual a lo observado en este estudio, los resultados obtenidos por Arias *et al.* (2008), demuestran que los valores  $a^*$  se incrementan durante el almacenamiento de peras mínimamente procesadas. Sapers y Miller (1998), al analizar el efecto de compuestos inhibidores de pardeamiento sobre peras mínimamente procesadas, con tratamientos de inmersión en soluciones de 1% AA + 0,2%  $CaCl_2$  durante 90 segundos, observaron que no fueron efectivas para controlar el pardeamiento, evidenciándose en un incremento de  $a^*$ , sin diferencias a las muestras Testigo, similar a lo ocurrido en esta experiencia.

Sin embargo, contrariamente a los resultados obtenidos en el presente experimento, Zuo *et al.* (2008) concluyeron que los AA y AC, en concentraciones de 0,1 y 0,5% fueron efectivos en reducir las variaciones de color en cubos de manzana mínimamente procesada, en forma individual y combinada, mejorando a mayor concentración utilizada. Estos autores también concluyeron que las combinaciones de estos descompuestos fueron más efectivas en reducir la variación de  $a^*$ .

## Firmeza

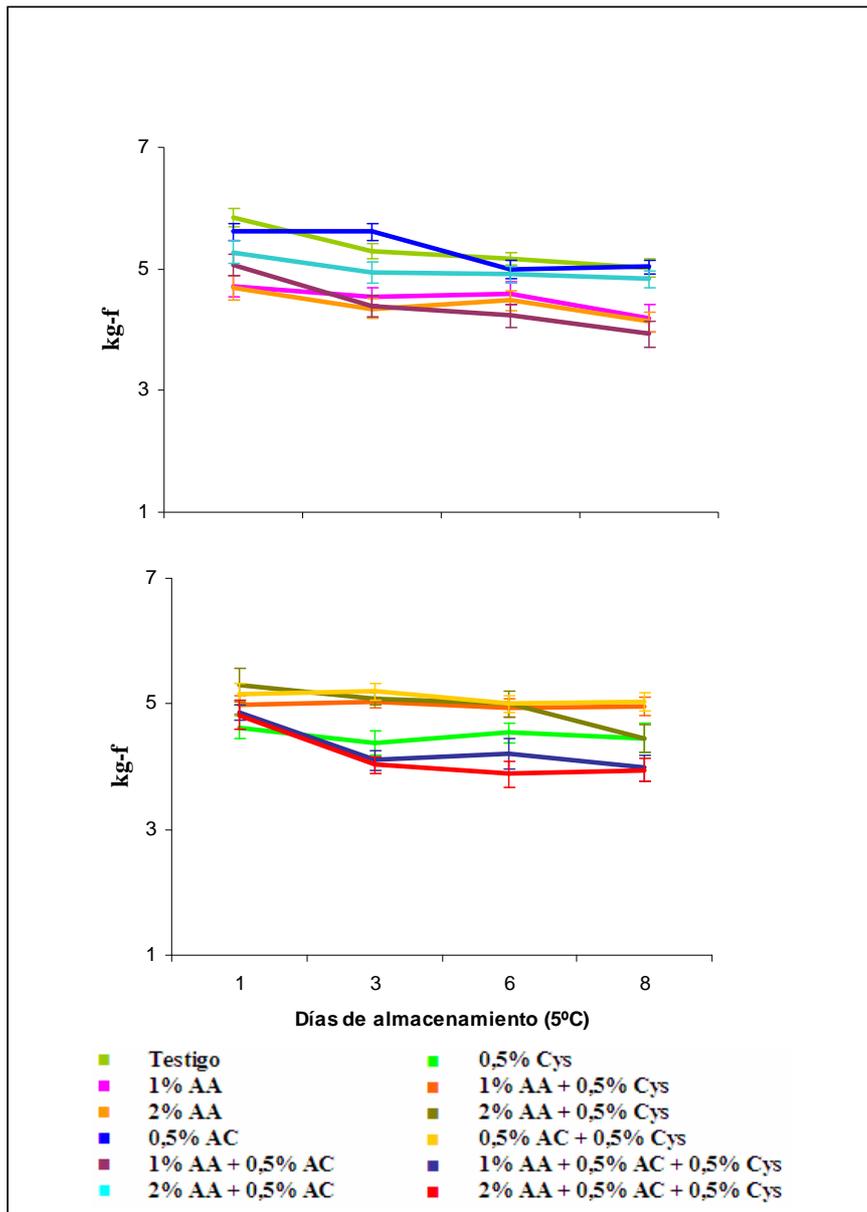
El efecto de inhibidores de pardeamiento en la firmeza de cascos de pera durante el almacenamiento a 5°C se presenta en la Figura 7, donde se observa que este parámetro disminuye, desde valores promedio entre 4,6 y 5,8 kg-f después de 1 día de almacenamiento hasta valores entre 3,9 y 5,0 kg-f luego de 8 días.

Los tratamientos con ácido ascórbico, exceptuando el tratamiento 2% AA + 0,5% AC, presentaron valores significativamente menores al tratamiento testigo. Los tratamientos 1% AA, 2% AA, 1% AA + 0,5% AC, 0,5% Cys, 1% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys y 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys presentaron valores significativamente menores a los demás tratamientos. Los tratamientos 0,5% AC, 2% AA + 0,5 % AC y 0,5% AC + 0,5% Cys fueron similares al testigo.

Los valores que dieron origen a la figura 7 pueden observarse en cuadro del Apéndice IV. En este cuadro también se presentan las letras de significancia y las desviaciones estándar. En este caso no se encontró interacción entre los factores tiempo y solución, por lo que ambos se analizaron en forma independiente.

Oms-Oliu *et al.* (2006) también obtuvieron valores de firmeza menores en tratamientos con AA, concluyendo que soluciones con concentraciones mayores a 1,5% de AA promueven una mayor pérdida de firmeza que inmersiones en agua, en peras mínimamente procesadas var. 'Flor de invierno', al igual que Gorny *et al.* (2002), quienes observaron que trozos de peras var. Barlett mínimamente procesadas, sumergidos en soluciones de AA en una concentración de 2%, presentaron valores de firmeza menores que los obtenidos por la muestra control.

Por otra parte, Gorny *et al.* (2002) concluyeron que inmersiones de 2% AA + 1% lactato de calcio + 0,5% Cys ajustadas a pH 7,0 durante 5 min a 20°C, lograron disminuir significativamente el pardeamiento y la pérdida de firmeza, comparadas con formulaciones homólogas a pH de 3,7. Abbott y Buta (2002), concluyeron que tratamientos con 4-hexylresorcinol, ácido isoascórbico, N-acetilcisteína, y sorbato de potasio no tuvieron efecto sobre la firmeza en peras var. 'Anjou' mínimamente procesadas. Así, el efecto del AA sobre la firmeza puede ser compensado con el uso de compuestos cálcicos y/o conservantes.



**Figura 7.** Evolución la firmeza (kg-f) en cascos de pera cv. Packham's Triumph, tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días. A) Tratamientos sin L-cisteína. B) Tratamientos con L-cisteína.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína. Las barras indican el error estándar.

## Pérdida de peso

En el Cuadro 6 se muestra el efecto de inhibidores de pardeamiento sobre la pérdida de peso de cascos de pera almacenadas a 5°C durante 8 días. Se observó un aumento de este parámetro, desde valores promedio entre 0,3 y 1,4 luego de un día de hasta valores entre 5,2 y 10,1% luego de 8 días de almacenamiento. Sólo el tratamiento 1% AA + 0,5% AC mostró diferencias significativas con el tratamiento Testigo, al presentar valores significativamente mayores que el resto de los tratamientos, con valores promedio entre 1,4 y 10,1%. Luego de seis días de almacenamiento, todos los tratamientos presentaron porcentajes mayores a 5% de pérdida de peso.

No se encontró interacción entre los factores, por lo que se analizó cada uno de ellos de manera independiente (Cuadro 6). En el Apéndice I se muestran los resultados del análisis multifactorial.

La humedad relativa de los tejidos vegetales se encuentra en equilibrio con la atmósfera circundante a temperaturas iguales, pero si el tejido está expuesto, debido a la falta de cubiertas protectoras como la epidermis, la tasa de evaporación de agua se incrementa (Watada y Qui, 1999). Aguayo *et al.* (2004) indican que la pérdida de peso es una variable que depende del tipo de corte de los vegetales, siendo mayor en aquellos que presentan una mayor superficie de exposición.

**Cuadro 6.** Pérdida de peso (%) de cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento almacenadas a 5 °C durante 8 días.

Tratamiento	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8	Promedio
	(%)				
Testigo	0,4 ±0,0	2,0 ±0,4	5,3 ±0,2	6,0 ±0,3	<b>3,4</b> AB <sup>Z</sup>
1%AA	0,3 ±0,2	2,2 ±0,3	5,8 ±0,9	6,9 ±0,7	<b>3,8</b> AB
2%AA	0,9 ±0,3	2,8 ±0,6	6,0 ±0,8	6,8 ±0,8	<b>4,1</b> AB
0,5%AC	0,7 ±0,6	3,6 ±2,7	6,5 ±3,0	7,4 ±2,7	<b>4,6</b> B
1%AA+0,5%AC	1,4 ±0,4	4,1 ±0,6	9,0 ±0,4	10,1 ±0,3	<b>6,2</b> C
2%AA+0,5%AC	0,9 ±0,2	3,1 ±0,3	7,0 ±1,1	8,0 ±1,2	<b>4,7</b> BC
0,5%Cys	0,5 ±0,1	1,9 ±0,2	4,7 ±0,7	5,2 ±0,7	<b>3,1</b> A
1%AA+0,5%Cys	1,2 ±0,1	3,0 ±0,2	6,4 ±0,6	7,5 ±0,8	<b>4,5</b> B
2%AA+0,5%Cys	1,2 ±0,2	2,9 ±0,5	6,6 ±1,1	7,9 ±1,4	<b>4,6</b> B
0,5%AC+0,5%Cys	0,7 ±0,2	2,5 ±0,3	5,5 ±0,4	6,2 ±0,4	<b>3,7</b> AB
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	1,1 ±0,4	2,7 ±0,3	5,67 ±0,2	6,3 ±1,4	<b>3,9</b> AB
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	1,0 ±0,4	2,6 ±0,3	5,7 ±0,1	6,7 ±0,1	<b>4,0</b> AB
<b>Promedio</b>	<b>0,9</b> a	<b>2,8</b> b	<b>6,2</b> c	<b>7,1</b> d	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamiento.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

### Tasa respiratoria

En el Cuadro 7 se presentan los valores de la tasa respiratoria de los distintos tratamientos después de 1 hora del procesamiento y luego de 8 días de almacenamiento a 5°C. En este cuadro se observa que el promedio de los tratamientos obtenidos inmediatamente después del procesamiento mínimo es más de 4 veces superior al de los días posteriores, llegando incluso a ser 6 a 7 veces superior en los tratamientos 0,5% AC; 0,5 % Cys y % AA + 0,5% AC + 0,5% Cys.

**Cuadro 7.** Evolución de la tasa respiratoria de en cascós de peras cv. Packham's Triumph, tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días.

Tratamiento	1 hora después del procesamiento	8 días de almacenamiento	Promedio
	(mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )		
Testigo	18,8 ±1,5	7,9 ±0,7	13,4
1% AA	28,4 ±2,8	9,3 -	18,9
2% AA	37,8 ±1,6	8,1 ±0,6	23,0
0,5% AC	40,5 ±6,5	6,6 ±0,4	23,6
1% AA+0,5% AC	39,5 ±3,2	7,9 ±0,8	23,7
2% AA+0,5% AC	41,1 ±0,9	7,4 ±0,3	24,3
0,5% Cys	36,3 ±1,7	6,1 ±0,3	21,2
1% AA+0,5% Cys	27,5 ±4,3	7,1 ±0,5	17,3
2% AA+0,5% Cys	33,3 ±3,5	6,1 ±1,2	19,7
0,5% AC+0,5% Cys	27,4 ±0,2	4,9 ±0,5	16,2
1% AA+0,5% AC+0,5% Cys	42,8 ±1,8	6,2 ±0,9	24,5
2% AA+0,5% AC+0,5% Cys	21,5 ±2,7	9,1 -	15,3
<b>Promedio</b>	32,9	7,2	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

El daño a un tejido vegetal causa un incremento de la tasa respiratoria y eleva la producción de etileno, lo que acelera el deterioro y la senescencia de estos tejidos (Brecht, 1995; Fonseca *et al.*, 2002). El estrés producido por las operaciones de pelado y cortado a las que los vegetales mínimamente procesados son sometidos genera un incremento de la tasa respiratoria 2 a 3 veces mayor en piezas de manzana que en la fruta entera (Lakakul *et al.*, 1999).

Las peras enteras tienen una tasa de respiración que varía entre 10 a 20 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (Kader, 2007). De esta manera, se observa que el procesamiento mínimo de las peras cv. Packham's Triumph provocó un incremento de la tasa respiratoria.

La temperatura es el factor más importante en la mantención de la calidad en los vegetales frescos cortados. Cuando la temperatura se incrementa de 0 a 10°C la tasa respiratoria se incrementa sustancialmente, con un Q<sub>10</sub> que varía entre 3,4 y 8,3 en

varios productos mínimamente procesados (Watada *et al.*, 1996). Gorny *et al.* (2000) determinaron que al aumentar la temperatura de almacenamiento de 0 a 10°C el  $Q_{10}$  de distintas variedades de peras mínimamente procesadas varía entre 1,8 a 4,4. Por su parte, Moretti *et al.* (2002) observaron una disminución en la actividad respiratoria en diferentes cultivares de patatas dulces mantenidas a 3°C, luego de 2-3 horas del procesamiento mínimo.

Rocculi *et al.* (2007) concluyeron que la aplicación de AA, AC y Cys aumenta la actividad metabólica en papas frescas cortadas, siendo este último el que presenta el efecto más notorio, lo que concuerda con lo observado en esta experiencia.

Sin embargo, Kato-Noguchi (1997) reportó un descenso en las tasas de consumo de oxígeno y de producción de  $CO_2$  al aplicar ácido cítrico a tejidos de zanahorias, contrario a lo observado en el presente experimento.

No obstante, en esta experiencia no se observó un efecto claro del uso de inhibidores de pardeamiento en la tasa respiratoria de cascos de pera cv. Packham's Triumph.

## Parámetros químicos

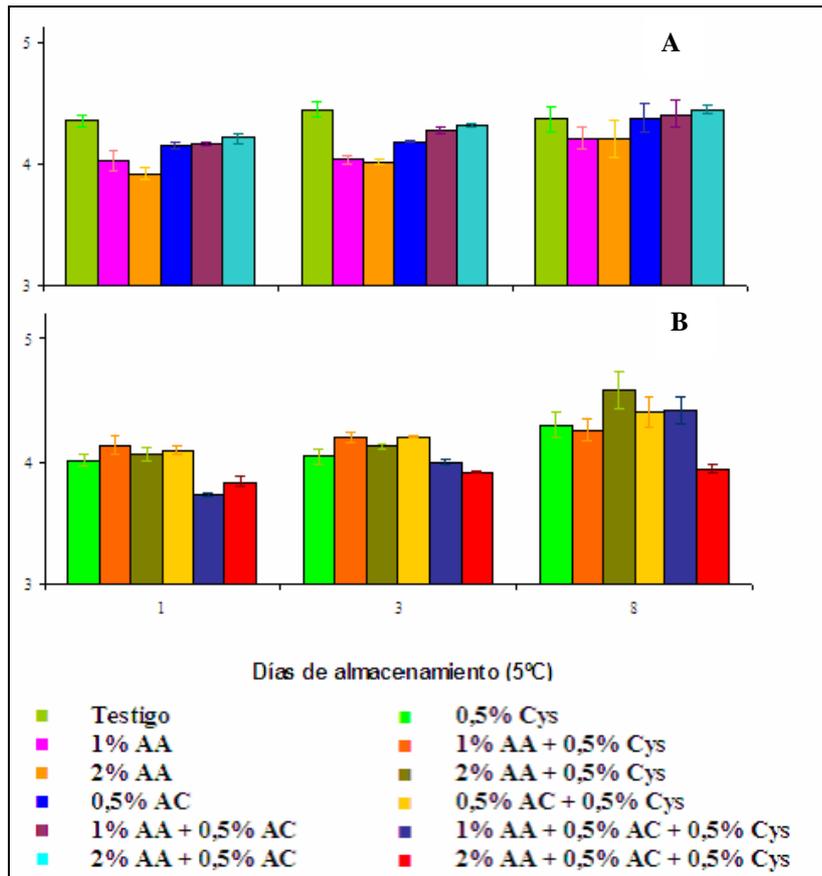
### pH

La Figura 8 muestra la evolución del pH durante el almacenamiento a 5°C. Se observa que este parámetro aumenta con el tiempo desde valores promedio entre 3,7 y 4,3 después de un día de almacenamiento, hasta valores promedio entre 3,9 y 4,6, por lo que el pH se mantuvo en valores menores a la neutralidad.

El tratamiento testigo no presentó variaciones de pH significativas a lo largo del tiempo al igual que los tratamientos 1% AA, 1% AA + 0,5% Cys, 0,5% AC + 0,5% Cys, y 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys.

Los tratamientos 0,5% AC, 1% AA + 0,5% AC, 2% AA + 0,5% AC, 1% AA + 0,5% Cys y 0,5% AC + 0,5% Cys obtuvieron valores similares al Testigo. Luego de 8 días de almacenamiento, la mayoría de los tratamientos presentaron valores similares al testigo, a excepción del tratamiento 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys, que tuvo valores significativamente menores al resto de los tratamientos.

Los valores que dieron origen a la figura 8 pueden observarse en cuadro del Apéndice V. En este cuadro también se presentan las letras de significancia y las desviaciones estándar.



**Figura 8.** Evolución del pH en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento, almacenados a 5°C durante 8 días. A) Tratamientos sin L-cisteína. B) Tratamientos con L-cisteína. AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína. Las barras representan el error estándar.

### Acidez titulable

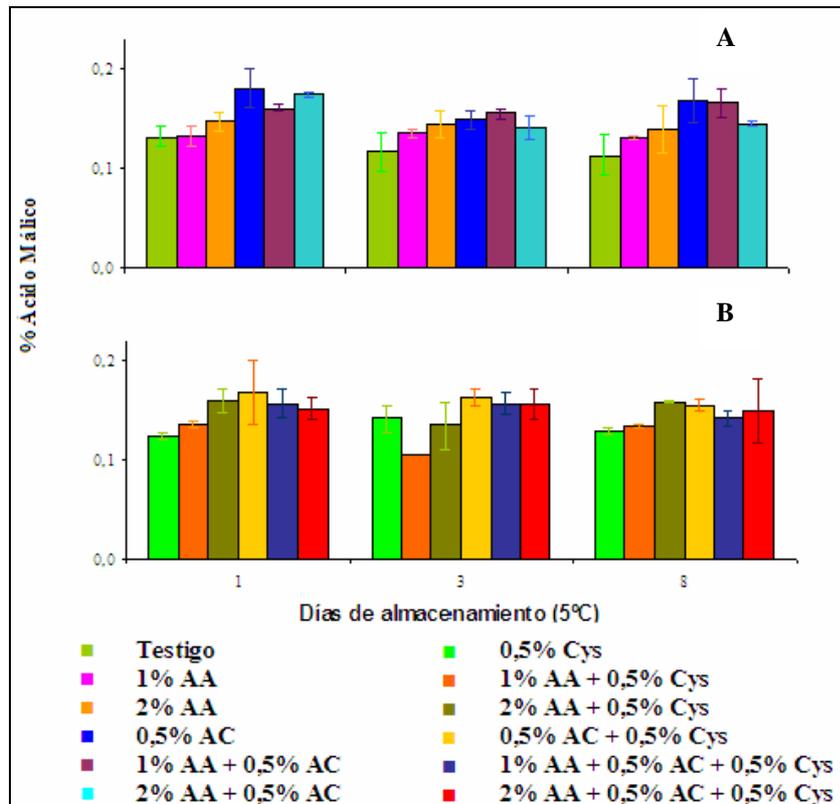
Se observó una leve disminución del promedio de todos los tratamientos en el tiempo, desde valores promedio entre 0,12 y 0,18% luego de 1 día de almacenamiento, hasta valores promedio entre 0,11 a 0,17% luego de 8 días. Los tratamientos con L-cisteína en conjunto con ácido ascórbico y ácido cítrico tuvieron valores significativamente mayores a los obtenidos por el tratamiento Testigo, y al resto de los tratamientos (Figura 8), debido a la mayor concentración de inhibidores de pardeamiento utilizada. La AT aumenta al aumentar la concentración de compuesto inhibidor de pardeamiento, lo que es más evidente en los tratamientos que poseen AA.

Los valores que dieron origen a la figura 9 pueden observarse en cuadro del Apéndice VI. En este cuadro también se presentan las letras de significancia y las desviaciones

estándar. En este caso no se encontró interacción entre los factores tiempo y solución, por lo que ambos se analizaron en forma independiente.

Escalona *et al.* (2006) no observaron variaciones en pH ni acidez en bulbos de hinojo enteros tratados con AA y AA, ambos compuestos en concentraciones de 0,5%, lo que no concuerda con lo observado en el presente experimento.

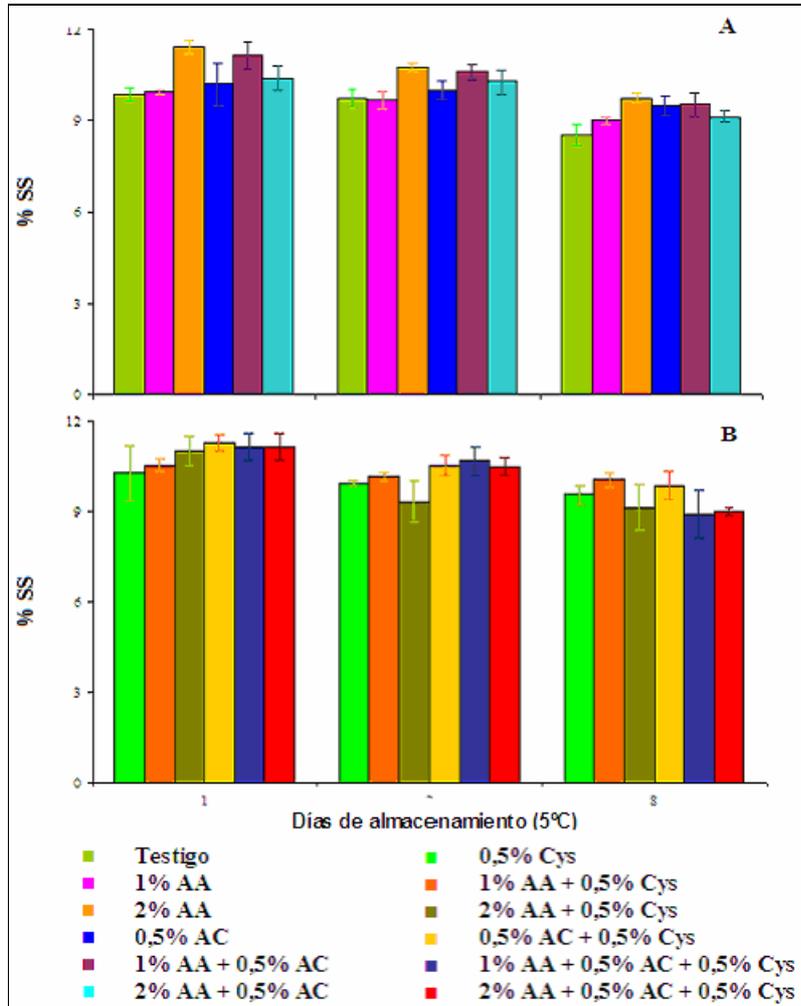
Martínez-Damián y Cantwell (2002) observaron una reducción en la acidez titulable y un incremento de pH en hojas de espinaca conservadas en atmósfera controlada a 7,5°C. Por otra parte, Gil *et al.* (2002) también observaron una disminución de la acidez en tomates frescos cortados, almacenados a 0 y 5 °C bajo atmósfera modificada durante 10 días. Los resultados en los dos estudios mencionados anteriormente se conciden con lo obtenido en esta experiencia.



**Figura 9.** Evolución de la acidez titulable en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento, almacenados a 5°C durante 8 días. A) Tratamientos sin L-cisteína. B) Tratamientos con L-cisteína. AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína. Las barras representan el error estándar.

### Sólidos solubles totales (SS)

La Figura 10 muestra la evolución del contenido de sólidos solubles totales de cascos de pera almacenados a 5°C. Se observó que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que los inhibidores de pardeamiento no tuvieron efecto sobre este parámetro. Sin embargo, se advierte una disminución de su valor durante el almacenamiento, desde valores promedio entre 9,4 y 11,4% luego de 1 día de almacenamiento hasta valores promedio entre 8,5 a 10,3% luego de 8 días.



**Figura 10.** Evolución del contenido de sólidos solubles totales en cascos de pera tratados con inhibidores de pardeamiento almacenados a 5°C durante 8 días. A) Tratamientos sin L-cisteína. B) Tratamientos con L-cisteína.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína. Las barras representan el error estándar.

Los valores que dieron origen a la figura 10 pueden observarse en cuadro del Apéndice VII. En este cuadro también se presentan las letras de significancia y las desviaciones estándar. El factor solución no fue significativo para este parámetro, por lo que sólo se analizó el factor tiempo.

Al igual que lo observado en esta experiencia, Oms-Oliu *et al.* (2008) estudiaron el efecto de distintas atmósferas modificadas en peras var. 'Flor de invierno' mínimamente procesadas observando una importante disminución del contenido de azúcares en la fruta almacenada en altas concentraciones de O<sub>2</sub>, concluyendo que ésta se puede deber a un mayor consumo de carbohidratos derivados de una tasa respiratoria elevada. Rivera-López *et al.* (2005) compararon el comportamiento de papaya mínimamente procesada almacenada a 5, 10 y 20°C, y determinaron que las muestras almacenadas a una mayor temperatura presentaron los valores más bajos de contenido de SS.

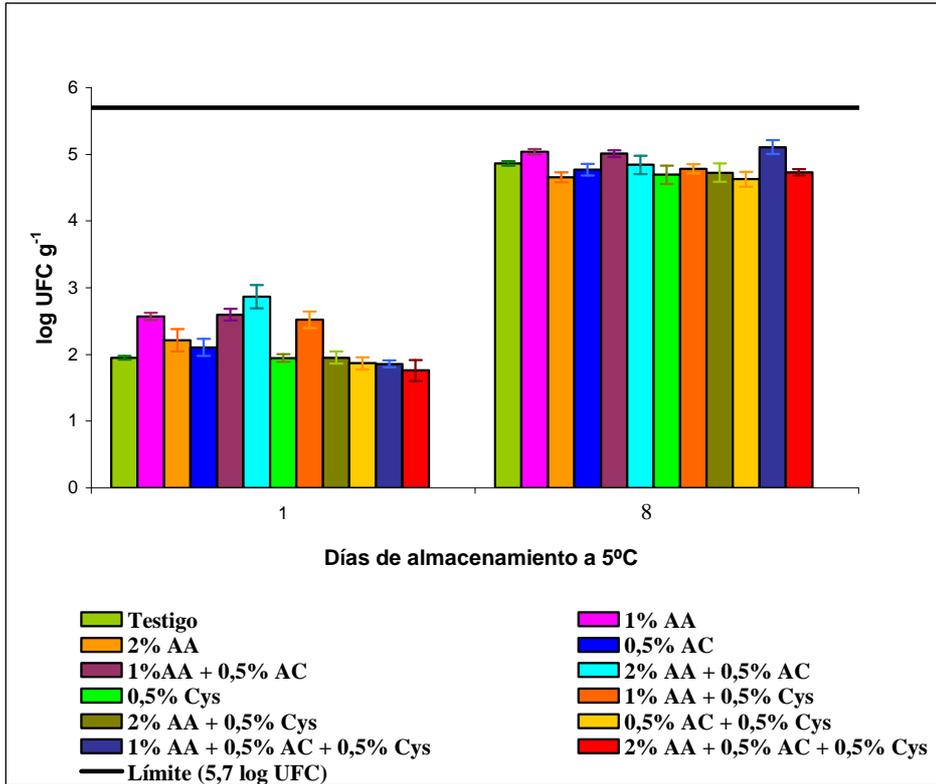
## **Recuento de microorganismos**

### **Aerobios mesófilos**

Los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos se presentan en la Figura 11. Aquí puede observarse que durante el almacenamiento a 5°C la población de estos microorganismos aumenta, desde valores entre 1,8 y 2,6 log UFC g<sup>-1</sup> luego de 1 día de almacenamiento hasta valores promedio entre 4,6 y 5,1 log UFC g<sup>-1</sup>, luego de 8 días. De esta manera, existió un incremento entre 2 y 3 unidades logarítmicas durante los 8 días de almacenamiento a 5°C.

El Reglamento Sanitario de los Alimentos (Ministerio de Salud, 2009), para el recuento de bacterias aerobias mesófilas en frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo, establece 5,7 log UFC g<sup>-1</sup> como el valor sobre el cual el alimento representa un riesgo para la salud. Luego de 8 días de almacenamiento, los recuentos de este parámetro microbiológico fueron menores a los límites establecidos.

Francis y O'Beirne (2002) observaron que una solución de 1% de AC reduce la densidad de la población de microorganismos mesófilos en 1,5 log CFU g<sup>-1</sup> en 5 minutos en lechugas. Luo y Barbarosa-Cánovas (1996), concluyeron que el uso de AA tuvo un efecto inhibitorio de crecimiento para bacterias aeróbicas en rebanadas de manzana.



**Figura 11.** Recuento de microorganismos aerobios mesófilos (log UFC g<sup>-1</sup>) en cascos de pera cv. Packham's Triumph, tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días.

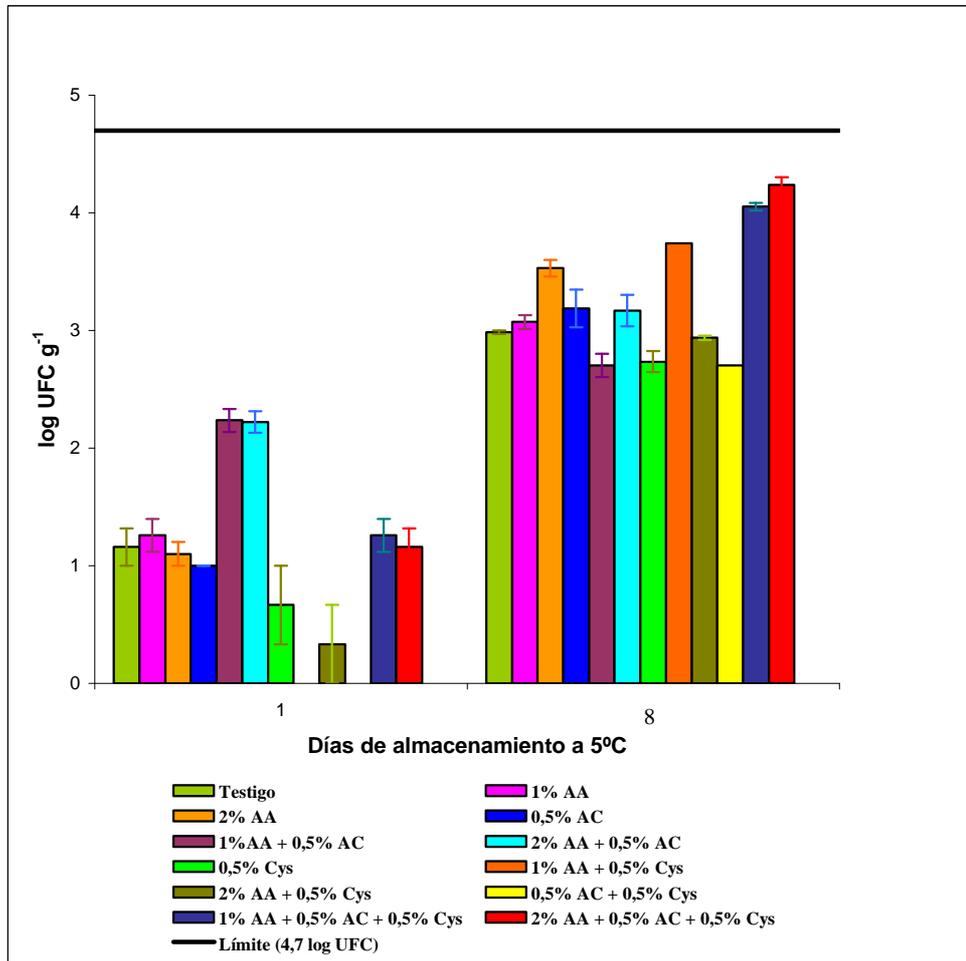
AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína. El límite máximo permitido por el Ministerio de Salud está representado con una línea horizontal negra. Las barras representan el error estándar.

### Enterobacterias

Los recuentos de enterobacterias se presentan en la Figura 12. En esta figura es posible observar que, al igual que en el caso de los aerobios mesófilos, la población de enterobacterias aumenta durante el almacenamiento a 5°C, donde se obtuvieron valores promedio entre 0,1 y 1,3 log UFC g<sup>-1</sup> luego de 1 día de almacenamiento y valores entre 2,7 y 4,2 log UFC g<sup>-1</sup> luego de 8 días. De esta manera, hubo un incremento 1 y 3 unidades logarítmicas durante el almacenamiento a 5°C

El Reglamento Sanitario de los Alimentos (Ministerio de Salud, 2009), para el recuento de bacterias aerobias mesófilas en frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo, establece 4,7 log UFC g<sup>-1</sup> como el valor sobre el cual el alimento representa un riesgo para la salud. Luego de 8 días de almacenamiento, los recuentos de este parámetro microbiológico fueron menores a los límites establecidos.

Durante las operaciones de transformación de los productos vegetales se liberan hacia el exterior sustancias ricas en nutrientes, que, junto con la alta humedad relativa de estos productos propician condiciones idóneas para el crecimiento de microorganismos, por lo que es especialmente importante asegurar la inocuidad de los vegetales mínimamente procesados (Berbesí *et al.*, 2006; Rojas, 2006; Artés *et al.*, 2009).



**Figura 12.** Recuento de enterobacterias (log UFC g<sup>-1</sup>) en cascós de pera cv. Packham's Triumph, tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días.

AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína. El límite máximo permitido por el Ministerio de Salud está representado con una línea horizontal negra.

Una de las principales herramientas utilizadas para el control de los microorganismos es el uso de las bajas temperaturas (Martín-Belloso *et al.*, 2007). La mantención de la cadena de frío durante los 8 días de almacenamiento, en conjunto con las operaciones que implica el procesamiento mínimo, siendo las más importantes el pelado y el lavado,

impidieron el desarrollo de microorganismos aerobios mesófilos y de enterobacterias a valores que representen un riesgo para la salud.

Por otra parte, estudios determinan que el uso de los ácidos ascórbico y cítrico ayuda a prevenir el desarrollo de microorganismos en frutas y hortalizas mínimamente procesadas, al disminuir el pH del medio (Yildiz, 1994; Mastromatteo *et al.*, 2009). Sin embargo, en los resultados obtenidos en esta experiencia no se observa una relación clara entre la concentración de inhibidor de pardeamiento utilizado y los recuentos de microorganismos.

Además, para que las soluciones de ácidos orgánicos sean efectivas en disminuir la población de microorganismos, es necesario un tiempo prolongado de exposición (5-15 minutos), por lo que no son alternativas interesantes para la industria de vegetales mínimamente procesados (Ölmez y Kretzschmar, 2009).

### Aerobios psicrófilos

El Cuadro 8 muestra el resultado de los recuentos de microorganismos aerobios psicrófilos obtenidos luego de 8 días de almacenamiento, para los distintos tratamientos. El promedio fue de 2,6 log UFC g<sup>-1</sup>.

**Cuadro 8.** Recuento de microorganismos aerobios psicrófilos en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días.

Tratamiento	Día 8 (log UFC g <sup>-1</sup> )
Testigo	2,3 ±0,2
1%AA	2,6 ±0,3
2%AA	2,2 ±0,4
0,5%AC	2,6 ±0,3
1%AA+0,5%AC	2,5 ±0,2
2%AA+0,5%AC	2,4 ±0,4
0,5%Cys	2,8 ±0,2
1%AA+0,5%Cys	2,9 ±0,1
2%AA+0,5%Cys	2,5 ±0,2
0,5%AC+0,5%Cys	3,0 ±0,2
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	2,7 ±0,2
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	2,8 ±0,2
<b>Promedio</b>	2,6

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína

Berbesí *et al.* (2006) determinaron un recuento promedio de microorganismos psicrófilos de 7,45 log UFC g<sup>-1</sup> en melones mínimamente procesados expandidos en

supermercados, valor superior al obtenido en esta experiencia. Radziejewska-Kubzdela *et al.* (2007), determinaron que los recuentos de aerobios mesófilos y psicrófilos disminuían al incrementar la concentración de AA en la solución, debido a la disminución del pH. Algunos ácidos orgánicos, entre ellos el ácido cítrico, han sido descritos como inhibidores del desarrollo de microorganismos aerobios mesófilos y psicrófilos (Uyttendaele *et al.*, 2004; Bari *et al.*, 2005).

### Hongos y levaduras

El Cuadro 9 muestra los resultados obtenidos de los recuentos de hongos y levaduras luego de 8 días de almacenamiento. El promedio fue de 2,5 log UFC g<sup>-1</sup>.

Luo y Barbarosa-Cánovas (1996), estudiaron el efecto del AA sobre la calidad microbiológica de frutas y hortalizas mínimamente procesadas, y determinaron que tuvo un efecto inhibitor de crecimiento para bacterias aeróbicas y anaeróbicas, pero no tuvo efecto sobre levaduras y hongos. Ukuku *et al.* (2005) concluyeron que el uso de una solución H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (1%) + nisina (25 µg/mL) + NaL (1%) + AC (0,5%) fue más efectiva en prevenir en desarrollo de aerobios mesófilos y de hongos y levaduras, que lavados con agua, o con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2,5%).

**Cuadro 9.** Recuento de hongos y levaduras en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días.

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 8 (log UFC g<sup>-1</sup>)</b>
Testigo	2,7 ±0,3
1%AA	2,9 ±0,0
2%AA	2,1 ±0,2
0,5%AC	2,6 ±0,2
1%AA+0,5%AC	2,1 ±0,2
2%AA+0,5%AC	2,2 ±0,3
0,5%Cys	2,9 ±0,0
1%AA+0,5%Cys	2,6 ±0,1
2%AA+0,5%Cys	2,6 ±0,1
0,5%AC+0,5%Cys	2,7 ±0,2
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	2,5 ±0,2
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	2,2 ±0,2
<b>Promedio</b>	<b>2,5</b>

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína

Pese a que el Reglamento Sanitario de los Alimentos no contempla el recuento de hongos y levaduras para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo, es importante controlar el crecimiento de estos microorganismos debido a

que pueden causar deterioro de la calidad de los productos mínimamente procesados, principalmente pudriciones (Lamikanra, 2002).

Soliva-Fortuny y Martín-Belloso (2003) determinaron una carga inicial de hongos y levaduras de  $2,3 \log \text{ UFC g}^{-1}$  al inicio del almacenamiento en cubos de peras cv. Conference, almacenadas a 4°C bajo atmósfera modificada, valores que se mantuvieron en un rango cercano a éste durante 20 días de almacenamiento.

## Parámetros sensoriales

### Apariencia

El Cuadro 10 muestra el efecto del uso de inhibidores de pardeamiento sobre la apariencia de cascos de pera almacenados a 5°C. El valor 0 corresponde a una apariencia extremadamente mala y el valor 15 a una apariencia extremadamente buena. En este cuadro se observa que este parámetro disminuye durante el almacenamiento, tomando valores promedio entre 6,8 y 12, 9 luego de un día de almacenamiento y valores entre 4,8 y 10,0 luego de 6 días de almacenamiento.

Después de 1 día de almacenamiento los tratamientos con mezclas de AA y AC y los con Cys presentaron valores significativamente mayores de apariencia que el tratamiento testigo, siendo similares entre ellos. Luego de 3 días de almacenamiento los tratamientos 0,5% Cys, 0,5% AC + 0,5% Cys, 1% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys y 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys tuvieron valores de apariencia significativamente mayores que el tratamiento testigo. Luego de 6 días de almacenamiento, el tratamiento 2% AA presentó valores significativamente menores al tratamiento testigo y el tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys obtuvo valores significativamente mayores los tratamientos 2% AA, 0,5% AC, 1% AA + 0,5% AC, 2% AA + 0,5% Cys y 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys.

Existe una relación entre los valores obtenidos en apariencia, luminosidad y tono. El tratamiento 2% AA obtuvo los valores promedio más bajos de apariencia, luminosidad y tono, mientras que el tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys obtuvo los valores promedio más altos en estos tres parámetros.

La evolución de la apariencia puede observarse claramente en la fotografía que se adjunta en el Apéndice VIII. En esta fotografía se advierte que durante el almacenamiento de los cascos de pera se desarrollaron coloraciones oscuras típicas del pardeamiento enzimático, lo que fue más rápido en el testigo, y la aparición de tonalidades rojizas en los tratamientos con 1% AA + 0,5% AC, 2% AA + 0,5% Cys y 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys.

Tal como ocurrió en esta experiencia, Apintanapong *et al.* (2007) observaron que jueces entrenados asignaron valores de apariencia mejores a aquellos tratamientos con L-cisteína, que a las muestras Testigo, pero presentaban sabores extraños.

**Cuadro 10.** Evolución de la apariencia en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratado con inhibidores de pardeamiento almacenados a 5°C durante 8 días.

Tratamiento	Día 1	Día 3	Día 6	Promedio
Testigo	6,8 ±2,5 a A <sup>Z</sup>	7,4 ±2,6 a AB	8,1 ±1,5 a BC	7,4
1%AA	9,9 ±2,4 b ABCD	6,7 ±2,2 a AB	7,2 ±3,3 a ABC	7,9
2%AA	7,8 ±2,3 b AB	5,6 ±2,1 ab A	4,8 ±2,7 a A	6,1
0,5%AC	8,2 ±2,0 a ABC	8,1 ±2,2 a ABC	6,5 ±2,2 a AB	7,6
1%AA+0,5%AC	10,4 ±2,3 b BCD	9,5 ±2,5 b BCD	6,8 ±2,3 a AB	8,9
2%AA+0,5%AC	11,4 ±2,1 b CD	9,7 ±2,2 ab BCD	7,5 ±2,6 a ABC	9,6
0,5%Cys	12,5 ±2,1 b D	12,4 ±1,9 b D	7,9 ±3,1 a ABC	10,9
1%AA+0,5%Cys	12,7 ±2,4 b D	9,3 ±2,3 a BCD	7,2 ±2,9 a ABC	9,7
2%AA+0,5%Cys	12,6 ±2,1 c D	9,7 ±2,5 b BCD	6,0 ±2,7 a AB	9,4
0,5%AC+0,5%Cys	12,8 ±2,0 b D	12,1 ±2,5 ab D	10,0 ±3,8 a C	11,6
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	12,2 ±2,3 b D	11,1 ±3,0 b CD	6,9 ±2,3 a ABC	10,1
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	12,2 ±1,9 c D	9,3 ±2,8 b BCD	6,4 ±2,8 a AB	9,3
<b>Promedio</b>	10,8	9,2	7,1	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

### Pardeamiento

El Cuadro 11 muestra los resultados otorgados por el panel entrenado en el parámetro pardeamiento. El valor 0 corresponde a fruta sin pardeamiento, y el valor 15 a fruta extremadamente pardeada. Se observa que el promedio de todos los tratamientos aumenta durante el almacenamiento, desde valores entre 1,1 y 7,4 luego de 1 día de almacenamiento hasta valores entre 3,3 y 10,2 luego de 6 días de almacenamiento.

Existe una relación entre este parámetro y los parámetros colorimétricos. Se observa que el tratamiento 2% AA fue el que obtuvo un promedio mayor de pardeamiento y los valores promedio menores de luminosidad y tono, mientras que el tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys obtuvo el promedio más bajos en pardeamiento, y los valores más altos en luminosidad y tono.

En este cuadro se observa que luego de un día de almacenamiento ciertos tratamientos ya presentaban pardeamiento. Así, los tratamientos con L-cisteína, con excepción del tratamiento 2% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys, presentaron valores significativamente menores que el testigo. Después de 3 días de almacenamiento, los tratamientos 0,5% Cys, 0,5% AC + 0,5% Cys y 1% AA + 0,5% AC + 0,5% Cys presentaron valores significativamente menores al tratamiento Testigo. Luego de 6 días de almacenamiento, los tratamientos 2% AA y 2% AA + 0,5% Cys presentaron valores significativamente

mayores al tratamiento Testigo, mientras que los demás tratamientos obtuvieron valores similares. Los tratamientos Testigo, 1% AA, 0,5% AC, 1% AA + 0,5% AC y 0,5% AC + 0,5% Cys no presentaron diferencias significativas en el tiempo.

**Cuadro 11.** Evolución del pardeamiento en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días.

Tratamiento	Día 1	Día 3	Día 6	Promedio
Testigo	6,4 ±4,0 a CD <sup>Z</sup>	6,6 ±3,9 a BC	4,6 ±3,1 a AB	5,9
1%AA	5,3 ±3,4 a BCD	7,3 ±2,6 a BC	8,2 ±3,3 a BCD	6,9
2%AA	7,4 ±2,6 a D	9,1 ±2,7 ab C	10,2 ±2,6 b D	8,9
0,5%AC	7,2 ±3,6 a D	6,3 ±2,4 a BC	7,3 ±3,0 a BCD	6,9
1%AA+0,5%AC	5,4 ±4,6 a BCD	4,9 ±3,5 a AB	7,6 ±3,3 a BCD	6,0
2%AA+0,5%AC	3,1 ±2,9 a ABC	4,5 ±3,0 ab AB	6,3 ±3,4 b ABC	4,6
0,5%Cys	1,7 ±2,2 a AB	1,7 ±2,6 a A	5,3 ±3,3 b AB	2,9
1%AA+0,5%Cys	1,1 ±1,6 a A	4,3 ±3,0 b AB	7,6 ±2,9 c BCD	4,3
2%AA+0,5%Cys	1,2 ±1,9 a A	4,2 ±3,5 b AB	9,4 ±2,9 c CD	5,0
0,5%AC+0,5%Cys	1,3 ±2,0 a A	1,5 ±2,4 a A	3,3 ±4,1 a A	2,1
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	2,4 ±2,8 a AB	1,5 ±2,0 a A	7,9 ±2,4 b BCD	3,9
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	2,6 ±2,9 a ABC	3,8 ±2,6 a AB	8,5 ±3,3 b BCD	5,0
<b>Promedio</b>	3,8	4,6	7,2	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

Pérez-Gago *et al.* (2006) concluyeron que la calidad visual de manzanas mínimamente procesadas se mantuvo como 'muy buena' durante 9 días al aplicar recubrimientos comestibles a los que se les adicionó compuestos antioxidantes, por lo que al igual que lo ocurrido en este experimento, el uso de inhibidores de pardeamiento enzimático ayuda a mantener valores de apariencia altos durante un período de almacenamiento más prolongado.

### Firmeza

En el Cuadro 12 se muestran los resultados para la firmeza obtenidos por cada tratamiento. Se observa una disminución en la percepción de este parámetro por parte de los jueces durante el almacenamiento. Los tratamientos 2% AA y 2% AA + 0,5% Cys presentaron valores significativamente menores al testigo mientras que los demás fueron similares al testigo.

No se encontró interacción entre los factores, por lo que se analizó cada uno de ellos de manera independiente (Cuadro 10). En el Apéndice I se muestran los resultados del análisis multifactorial.

**Cuadro 12.** Evolución de la firmeza percibida por panelistas entrenados en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento almacenados a 5°C durante 8 días.

Tratamiento	Día 1	Día 3	Día 6	Promedio
Testigo	12,0 ±1,4	10,1 ±2,7	10,1 ±2,3	10,7 CD <sup>Z</sup>
1%AA	11,2 ±1,9	8,9 ±2,9	9,5 ±2,2	9,9 ABCD
2%AA	9,6 ±1,9	9,8 ±2,9	7,2 ±2,9	8,8 A
0,5%AC	11,7 ±2,2	10,8 ±2,3	9,7 ±2,1	10,7 BCD
1%AA+0,5%AC	10,4 ±2,5	9,4 ±2,8	10,1 ±2,0	10,0 ABCD
2%AA+0,5%AC	11,4 ±2,5	10,9 ±2,5	9,6 ±2,8	10,6 BCD
0,5%Cys	11,1 ±1,9	9,7 ±2,1	10,3 ±3,1	10,4 ABCD
1%AA+0,5%Cys	11,5 ±1,7	10,5 ±2,7	10,7 ±2,7	10,9 ABCD
2%AA+0,5%Cys	8,4 ±1,1	9,5 ±2,1	9,1 ±2,0	9,0 AB
0,5%AC+0,5%Cys	11,8 ±2,2	11,4 ±1,9	10,9 ±2,0	11,4 D
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	9,9 ±2,5	9,7 ±2,2	9,6 ±2,6	9,7 ABCD
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	8,8 ±1,7	9,7 ±1,7	9,2 ±2,8	9,2 ABCD
<b>Promedio</b>	10,7 <sup>b</sup>	10,0 <sup>a</sup>	9,7 <sup>a</sup>	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan en sentido horizontal y las letras mayúsculas en sentido vertical.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

Salina-Hernández *et al.* (2007) evaluaron el comportamiento de distintos parámetros sensoriales en fresas mínimamente procesadas, almacenadas a distintas temperaturas, y observaron que la firmeza fue uno de los parámetros que menos varió durante el almacenamiento, en comparación con el pardeamiento, la apariencia general y la aparición de sabores extraños.

### Sabores extraños

Durante el primer día de evaluación, el panel de evaluadores entrenados percibió la presencia de sabores extraños al degustar las muestras de cascos de pera, por lo que se decidió agregar este parámetro en las evaluaciones posteriores. El Cuadro 13 muestra los valores luego de 3 y 6 días de almacenamiento. Se observa que no hay diferencias en el tiempo de este parámetro. Sólo el tratamiento 1% AA + 0,5% Cys presentó valores significativamente mayores que el tratamiento Testigo pero similares a los obtenidos en los demás tratamientos.

Gorny *et al.* (2002) determinó que peras sumergidas en solución con 2% AA + 1% lactato de calcio y 0,5% Cys ajustada a pH 7, inhibieron el pardeamiento en peras Barlett, sin producir sabores extraños. Algo similar ocurrió en el presente experimento, donde los evaluadores otorgaron valores altos de apariencia a los cascos tratados con L-cisteína, y los sabores extraños fueron menores al límite comercial.

González-Aguilar *et al.* (2005) analizaron los cambios fisiológicos y de calidad de piñas frescas cortadas tratadas con inhibidores de pardeamiento, y determinaron que los mejores resultados fueron los obtenidos usando ácido isoascórbico, seguido de N-acetilcisteína y luego el ácido ascórbico, sin que ninguno de estos compuestos afectara los atributos organolépticos, y no produjeron sabores extraños.

En este caso, el factor tiempo no fue significativo, por lo que se analizó sólo diferencias entre las soluciones (Cuadro 11). En el Apéndice I se muestran los resultados del análisis multifactorial.

**Cuadro 13.** Evolución de la percepción de sabores extraños en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días.

Tratamiento	Día 3		Día 6		Promedio
Testigo	1,0	±1,3	1,5	±1,5	1,2 A <sup>Z</sup>
1% AA	1,3	±1,8	2,7	±2,7	2,0 AB
2% AA	2,2	±2,3	1,4	±1,5	1,8 AB
0,5% AC	2,9	±2,9	0,8	±0,8	1,9 AB
1% AA+0,5% AC	1,6	±1,7	2,2	±2,5	1,9 AB
2% AA+0,5% AC	1,9	±2,5	2,0	±2,6	1,9 AB
0,5% Cys	3,0	±2,8	3,0	±2,3	3,0 AB
1% AA+0,5% Cys	4,2	±2,9	3,2	±2,6	3,7 B
2% AA+0,5% Cys	3,8	±3,1	3,0	±2,1	3,4 AB
0,5% AC+0,5% Cys	1,8	±2,0	2,5	±3,0	2,1 AB
1% AA+0,5% AC+0,5% Cys	1,8	±2,5	4,2	±2,7	3,0 AB
2% AA+0,5% AC+0,5% Cys	3,3	±3,1	2,9	±2,1	3,1 AB
<b>Promedio</b>	2,4		2,4		

Valores representan el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

### Sabor

No hubo diferencias significativas para el parámetro sabor, ni entre los distintos días de evaluación, ni entre tratamientos. Los promedios se encontraron entre 6,9 y 7,3 (datos no mostrados).

## Ensayo II

De acuerdo a los resultados obtenidos en los parámetros colorimétricos y en la evaluación sensorial del pardeamiento y la apariencia de las peras mínimamente procesadas, se escogieron cuatro tratamientos para repetir la experiencia: Testigo; 0,5% Cys; 0,5% Cys + 1% AA y 0,5% Cys + 0,5% AC.

El Cuadro 14 muestra los valores de los parámetros obtenidos en la caracterización de la materia prima utilizada en el Ensayo II.

**Cuadro 14.** Parámetros físicos, químicos en peras enteras cv. Packham's Triumph.

Parámetro		Promedio
Peso de los frutos (g)		150,4 ±14,0
Diámetro polar (mm)		77,1 ±3,2
Diámetro ecuatorial (mm)		64,2 ±2,2
Color de la piel	L	76,7 ±1,9
	C*	16,3 ±2,2
	H <sub>ab</sub>	101,9 ±1,2
Color de la pulpa	L	70,4 ±3,8
	C*	48,0 ±2,1
	H <sub>a</sub> *	99,8 ±1,9
Firmeza (kg-f)		3,5 ±0,8
pH		4,0 ±0,3
AT (% ácido málico)		0,1 ±0,0
Sólidos solubles (%)		13,8 ±1,5

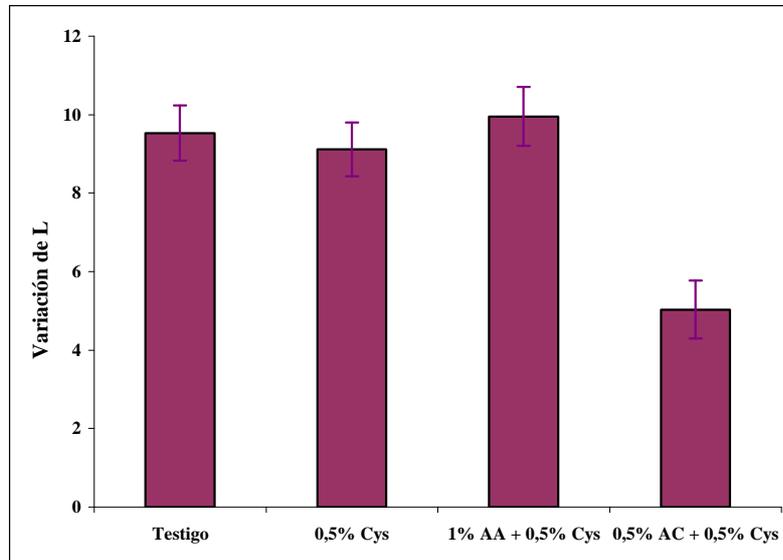
Valores indican el promedio ± desviación estándar.

### Color

#### Luminosidad (L)

En la Figura 13 se muestra la variación del valor de L para los distintos tratamientos, luego de 8 días de almacenamiento a 5°C bajo atmósfera modificada, tomando como referencia el valor obtenido durante la caracterización de la fruta. Los tratamientos más efectivos en inhibir el pardeamiento enzimático son aquellos que presentan una menor variación. Se observa que los tratamientos 0,5% Cys y 1% AA + 0,5% Cys no tuvieron diferencias significativas con el tratamiento testigo, lo que indica que no fueron efectivos en retardar la descenso de L, mientras que el tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys obtuvo un valor de variación significativamente menor que el del tratamiento Testigo.

Tal como se indicó anteriormente, la variación del parámetro de L es frecuentemente utilizado para estimar el pardeamiento en peras mínimamente procesadas (Soliva-Fortuny *et al.*, 2002a; Son *et al.*, 2002; Arias *et al.*, 2008; Oms-Oliu *et al.*, 2008).



**Figura 13.** Variación del valor de L respecto al valor inicial en cascos de pera var. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

<sup>Z</sup>Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), según el Test de Tukey. AA: ácido ascórbico. AC: ácido Cítrico. Cys: L-cisteína. Las barras representan el error estándar

Apintanapong *et al.* (2007), determinaron que rebanadas de plátano, tratadas con 0,5% Cys combinado con 1% AC sufrieron una menor variación de L que en combinaciones con 1% de AA, y 1% de ácido láctico, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta experiencia.

Campos-Vargas *et al.* (2008) estudiaron el efecto de la L-cisteína en chirimoyas mínimamente procesadas, y encontraron que una dosis de 0,5% de este compuesto fue efectiva para retardar el descenso de L. Son *et al.* (2001) determinaron que el ácido ascórbico tiene una capacidad de inhibición del pardeamiento similar al del ácido cítrico, pero menor al aminoácido L-cisteína, en manzanas frescas cortadas. Por otra parte, el uso de soluciones de aminoácidos azufrados como N-acetilcisteína ha sido efectivo para inhibir el pardeamiento en peras 'Flor de invierno' mínimamente procesadas (Oms-Oliu *et al.*, 2006). Sin embargo, en este ensayo, el uso individual de L-cisteína no fue efectivo para retardar el descenso de L.

El ácido ascórbico y la L-cisteína son antioxidantes que actúan a nivel de sustratos en la reacción de pardeamiento, mientras el ácido cítrico, con su capacidad de quelar el cobre del sitio activo de la enzima PPO y de disminuir el pH, actúa a nivel de enzima y del medio (Bello, 2000; Pérez 2003). Es posible que el tratamiento con ácido cítrico y cisteína sea más efectivo por los mecanismos de acción complementarios de estos dos compuestos.

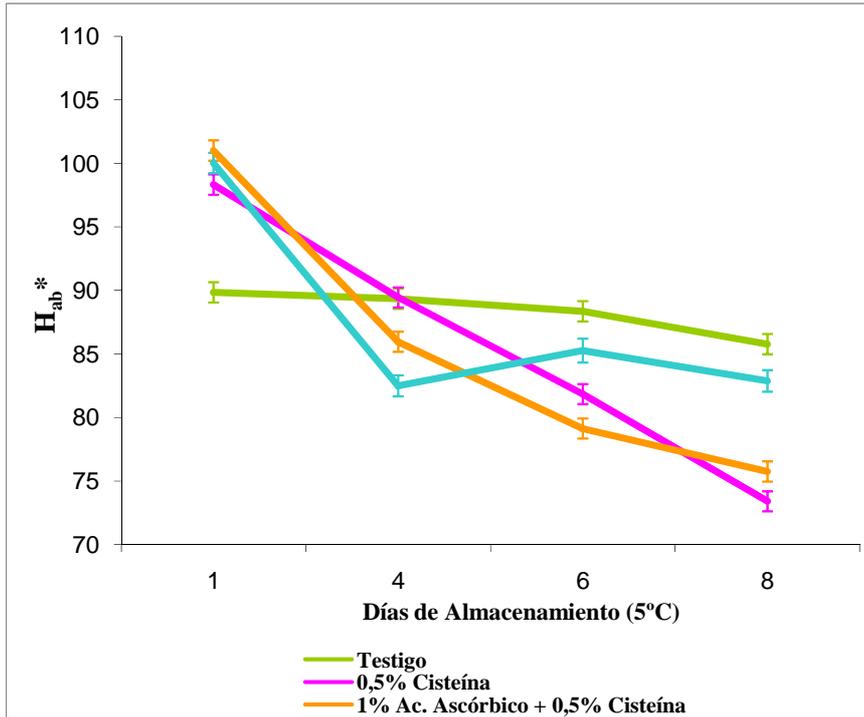
### **Tono ( $H_{ab}$ )**

La Figura 14 muestra la evolución del tono durante el almacenamiento a 5°C bajo atmósfera modificada. Se observa que los tratamientos con compuestos inhibidores de pardeamiento enzimático durante el primer día mantuvieron un valor de  $H_{ab}$  más alto que el del tratamiento testigo, con valores sobre 95°, lo que significa tonalidades amarillo-verdosas, para luego presentar un descenso brusco a partir del cuarto día de almacenamiento. Esto evidencia la rápida aparición de tonalidad rojizas extrañas, que presentaron los tratamientos con L-cisteína, mientras que el tratamiento testigo presentó un pardeamiento evidente luego de 1 día de almacenamiento, pero sin coloraciones rojizas extrañas, manteniendo un valor relativamente constante durante los primeros 6 días para caer levemente a los 8 de almacenamiento. Esto puede observarse en la fotografía adjuntada en el Apéndice IX

Los tratamientos 0,5% Cys y 1% AA + 0,5% Cys fueron los que presentaron un menor valor final de  $H_{ab}$ , alcanzando valores inferiores menores a 80°, que representa coloraciones rojizas. El tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys obtuvo valores intermedios entre estos dos tratamientos y el testigo.

El tono es una coordenada colorimétrica útil para estimar el pardeamiento, al disminuir con la aparición de coloraciones pardo-rojizas típicas del pardeamiento enzimático (Pérez, 2003).

Campos-Vargas *et al.* (2008) obtuvieron valores de  $H_{ab}$  mayores para los tratamientos con dosis mayores a 0,25% de L-cisteína que el Testigo, luego de 6 días de almacenamiento a 0°C, mientras que Oms-Oliu *et al.* (2006) al estudiar el efecto de compuestos antioxidantes sobre pera var. 'Flor de invierno' mínimamente procesadas, evitaron la aparición de tonalidades rojizas al aplicar tratamientos con L-cisteína ajustando el pH de las soluciones a 7. La aparición de coloraciones rojizas extrañas está relacionada con la regeneración de fenoles, proceso favorecido por la presencia de aminoácidos azufrados, como la cisteína (Richard-Forget *et al.*, 1992; Pérez, 2003).



**Figura 14.** Evolución del tono en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

AA: ácido ascórbico. AC: ácido Cítrico. Cys: L-cisteína. Las barras indican el error estándar.

### Saturación (C\*)

El Cuadro 15 muestra los valores de la saturación durante el almacenamiento a 5°C bajo atmósfera modificada. Se observa que en forma general, C\* aumenta durante el almacenamiento desde valores promedio entre 15,4 y 20,7 luego de un día de almacenamiento hasta valores entre 21,9 y 20,3 luego de 8 días de almacenamiento.

El testigo presentó un promedio mayor al resto de los tratamientos. Además, durante los primeros cuatro días de almacenamiento los tratamientos con compuestos inhibidores de pardeamiento tuvieron valores de C\* significativamente menores al tratamiento Testigo. Luego de 8 días, sólo los tratamientos de L-cisteína en mezcla con ácidos orgánicos presentaron valores significativamente menores al Testigo.

**Cuadro 15.** Evolución de la saturación (C\*) en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

Valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar.

<sup>2</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

Para interpretar mejor los valores de C\* obtenidos durante esta experiencia, en el Cuadro 16 se presentan los valores de a\* obtenidos durante el almacenamiento.

**Cuadro 16.** Evolución de a\* en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

---

$\pm\pm$

Valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar.

<sup>2</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

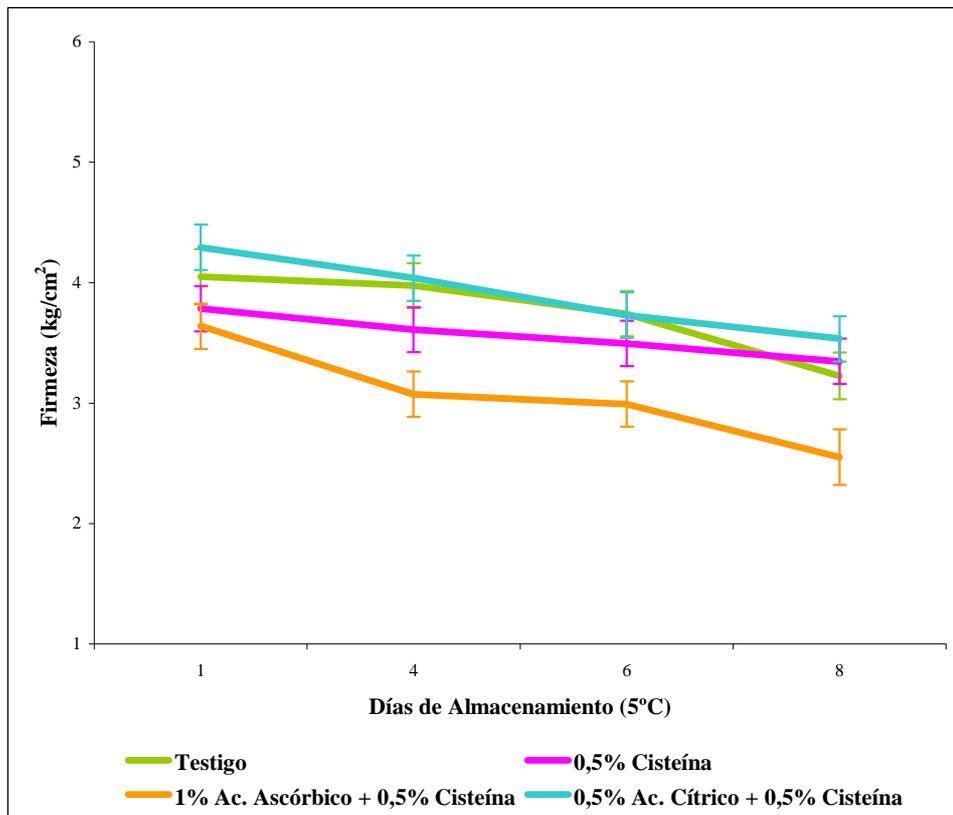
Se observa que, con excepción del tratamiento Testigo, el valor de a\* aumenta desde valores negativos, es decir, coloraciones amarillo-verdosas, hasta valores positivos, lo que representa coloraciones más rojizas. A medida que aumenta el valor de C\*, el valor de a\* va siendo cada vez más positivo, lo que indica colores más puros en tonalidades rojizas. Durante el primer día de almacenamiento, los tratamientos con compuestos inhibidores de pardeamiento mantuvieron valores de a\* negativos, mientras que el testigo ya alcanzaba valores positivos. Luego de 8 días de almacenamiento, los tratamientos 0,5% Cys y 1% AA + 0,5% Cys presentaron valores de a\* significativamente mayores a los del Testigo, mientras que el tratamiento 0,5% AC + 0,5% Cys fue similar a éste.

Al igual que lo observado en este experimento, Zuo *et al.* (2008) obtuvieron un incremento del valor de  $C^*$  en cubos de manzanas mínimamente procesadas, almacenadas a 4°C, al estudiar el efecto de los ácidos cítrico y ascórbico como inhibidores de pardeamiento.

Sin embargo, el parámetro  $C^*$  no tiene un comportamiento como los demás componentes colorimétricos. Así, Campos- Vargas *et al.* (2008) obtuvieron un aumento de  $a^*$  durante el almacenamiento de chirimoyas mínimamente procesadas, evidenciando valores significativamente menores en el tratamiento con 0,5% de L-cisteína que en el Testigo, mientras que  $C^*$  aumentaba o disminuía según el estado de madurez.

### Firmeza

En la Figura 15 se presenta la firmeza determinada mediante la resistencia a la penetración. Se observa una disminución gradual de este parámetro durante el almacenamiento a 5°C. El tratamiento de L-cisteína combinado con ácido ascórbico presentó un promedio significativamente menor a los demás tratamientos.



**Figura 15** Evolución de la firmeza en cascos de pera tratado con inhibidores de pardeamiento almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína. Las barras representan el error estándar.

La firmeza es un parámetro que afecta de manera importante la calidad sensorial de la fruta mínimamente procesada, por lo que es de interés encontrar alternativas que ayuden a mantener su estabilidad (Pérez, 2003). Los daños producidos por el procesamiento mínimo aceleran los procesos de pérdida de firmeza (Defilippi y Campos, 2006).

Gourney *et al.* (2002) concluyeron que una inmersión en una solución de 2% de ácido ascórbico + 0,5% de cisteína +1% de lactato de calcio, fue efectiva para inhibir el desarrollo de pardeamiento y evitar la pérdida de firmeza. Oms-Oliu *et al.* (2006), al estudiar el efecto de soluciones inhibitoras de pardeamiento, observaron que concentraciones mayores a 1,5% de AA promueven una mayor pérdida de firmeza que inmersiones en agua en peras mínimamente procesadas var. 'Flor de invierno', lo que concuerda con lo observado en este experimento. De esta misma manera, Gorny *et al.* (2002) observaron en trozos de peras var. Barlett mínimamente procesadas sumergidos en soluciones de AA en una concentración de 2%, presentaron valores de firmeza significativamente menores que los obtenidos por la muestra testigo.

Comentario [la1]: capítulo 7

Comentario [la2]: TRBM

## Parámetros sensoriales

### Apariencia

El Cuadro 17 muestra los valores de apariencia obtenidos por los distintos tratamientos durante el almacenamiento bajo atmósfera modificada a 5°C. Se observa una disminución general en los promedios de este parámetro a través del tiempo, siendo 15 un valor para fruta con apariencia extremadamente buena y 0 para una apariencia extremadamente mala, y un valor de 7,5 como límite de su calidad comercial.

**Cuadro 17.** Evolución de la percepción de la apariencia en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C en atmósfera modificada durante 8 días.

Tratamiento	Día 1	Día 4	Día 6	Promedio
Testigo	7,3 ±1,2 a A <sup>Z</sup>	5,4 ±3,4 a A	5,5 ±2,6 a A	6,0
0,5% Cys	11,7 ±1,6 b B	8,7 ±2,1 a B	8,2 ±2,7 a B	9,5
0,5% Cys+1% AA	12,5 ±1,3 c B	9,0 ±3,1 b B	6,2 ±2,3 a AB	9,3
0,5% Cys+0,5% AC	12,4 ±1,4 b B	10,0 ±2,6 a B	8,1 ±2,5 a B	10,1
<b>Promedio</b>	11,0	8,3	7,0	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

Durante los primeros 4 días, los tres tratamientos con compuestos inhibitoras de pardeamiento obtuvieron puntajes significativamente menores al tratamiento Testigo, pero, luego de 6 días, el tratamiento con L-cisteína y ácido ascórbico alcanzó los valores

obtenidos por el Testigo. Los tratamientos 0,5% Cys y 0,5% Cys + 0,5% AC, luego de 6 días mantuvieron valores superiores a 7,5 pese a presentar coloraciones extrañas, lo que indicaría que las coloraciones oscuras, típicas del pardeamiento enzimático, son más influyentes en la apariencia que las coloraciones rojizas extrañas.

Campos-Vargas *et al.* (2008) observaron que una dosis de 0,5% de L-cisteína fue efectiva para mantener valores de apariencia elevados y de pardeamiento reducidos en chirimoyas mínimamente procesadas, almacenadas a 0°C, sin otorgar sabores ni aromas extraños, similar a lo obtenido desde este experimento.

### Pardeamiento

El Cuadro 18 muestra los valores de pardeamiento obtenidos por los distintos tratamientos durante el almacenamiento bajo atmósfera modificada a 5°C. Se observa un aumento general en los promedios de este parámetro a través del tiempo, siendo 15 un valor para fruta extremadamente pardeada y 0 para fruta sin pardeamiento, y un valor de 7,5 como límite de su calidad comercial. Los tratamientos con compuestos inhibidores de pardeamiento obtuvieron valores significativamente menores al Testigo durante los primeros cuatro días de almacenamiento. Luego de 6 días, no hubo diferencias significativas entre ningún tratamiento, y todos superaron el valor 7,5.

En la fotografía que se presenta en el Apéndice IX se observa claramente que el testigo presentó coloraciones oscuras producto del pardeamiento enzimático luego del primer día de almacenamiento, mientras los tratamientos con L-cisteína desarrollaron tonalidades rojizas.

**Cuadro 18.** Evolución del pardeamiento en cascotes de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

Tratamiento	Día 1	Día 4	Día 6	Promedio
Testigo	7,9 ±2,6 a B <sup>Z</sup>	10,7 ±1,7 b B	9,8 ±2,4 ab A	9,5
0,5% Cys	1,7 ±2,3 a A	5,9 ±2,8 b A	8,0 ±2,7 b A	5,2
0,5% Cys+1% AA	0,8 ±0,9 a A	5,8 ±3,5 b A	9,7 ±2,0 c A	5,4
0,5% Cys+0,5% AC	1,5 ±2,8 a A	3,9 ±2,8 b A	7,9 ±3,0 c A	4,5
<b>Promedio</b>	3,9	6,6	8,8	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

Moretti *et al.* (2002), también obtuvieron un incremento del pardeamiento, al analizar la calidad sensorial en diferentes variedades de patatas dulces almacenadas a 3°C.

### Firmeza

En el Cuadro 19 se observan los valores de firmeza obtenidos por los distintos tratamientos durante el almacenamiento bajo atmósfera modificada a 5°C. Se observa

que no hay variaciones significativas en este parámetro a lo largo del tiempo, siendo 15 un valor para fruta extremadamente firme y 0 para fruta sin firmeza, y un valor de 7,5 como límite de su calidad comercial. Ningún tratamiento tuvo diferencias significativas con el tratamiento Testigo, pero el tratamiento 0,5% Cys + 1% AA obtuvo valores de firmeza significativamente menores al tratamiento 0,5% Cys+0,5% AC.

Gorny *et al.*, (1998) también obtuvieron una disminución de la firmeza en rebanadas de pera almacenadas bajo atmósfera modificada. Estos autores observaron que un atmósfera con 0,5% de O<sub>2</sub> combinado con tratamientos de 1% de CaCl<sub>2</sub> fue la más efectiva en retardar el descenso de este parámetro. Por otra parte, Oms-Oliu *et al.* (2006), observaron que concentraciones mayores a 1,5% de AA promueven una mayor pérdida de firmeza que inmersiones en agua en peras var. 'Flor de invierno' mínimamente procesadas.

El factor tiempo no fue significativo para este parámetro, por lo que se analizaron las diferencias para el factor soluciones (cuadro 19).

**Cuadro 19.** Evolución de la firmeza sensorial en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

Tratamiento	Día 1	Día 4	Día 6	Promedio
Testigo	9,6 ±2,8	8,7 ±2,9	7,4 ±2,5	8,6 AB <sup>Z</sup>
0,5% Cys	10,5 ±2,8	8,0 ±2,9	8,3 ±2,8	8,9 AB
0,5% Cys+1% AA	8,6 ±2,9	8,1 ±2,6	7,6 ±2,9	8,1 A
0,5% Cys+0,5% AC	9,7 ±2,7	9,4 ±3,4	10,5 ±2,5	9,9 B
<b>Promedio</b>	9,6	8,6	8,4	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

## Sabor

El Cuadro 20 muestra los valores obtenidos en el parámetro sabor por los distintos tratamientos, durante el almacenamiento bajo atmósfera modificada a 5°C. Se observa que no hay variaciones significativas en este parámetro a lo largo del tiempo, siendo 15 un valor para fruta extremadamente sabrosa y 0 para fruta sin sabor, y un valor de 7,5 como límite de su calidad comercial. Sólo el tratamiento 0,5% Cys+0,5% AC tuvo valores significativamente menores al tratamiento testigo, pero no presentó diferencias significativas con los demás tratamientos.

El factor tiempo no fue significativo para este parámetro, por lo que se analizaron las diferencias para el factor soluciones (cuadro 19).

Gorny *et al.* (2002) determinaron que un panel de 100 jueces no entrenados no fue capaz de distinguir el tratamiento lactato de calcio + ácido ascórbico + cisteína de un

testigo en rebanadas de peras 'Barlett', y el 94% de los participantes dijo preferir las peras con tratamiento.

**Cuadro 20** Evolución del sabor en cascós de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

Tratamiento	Día 1	Día 4	Día 6	Promedio
Testigo	9,1 ±2,5	9,0 ±2,7	8,4 ±2,0	8,9 B <sup>Z</sup>
0,5% Cys	8,0 ±2,6	8,1 ±2,2	7,7 ±1,9	7,9 AB
0,5% Cys+1% AA	8,3 ±2,2	7,7 ±1,9	8,3 ±1,9	8,1 AB
0,5% Cys+0,5% AC	7,5 ±2,2	7,4 ±2,0	7,4 ±2,6	7,4 A
<b>Promedio</b>	8,2	8,0	7,9	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

### Sabores extraños

El parámetro sabores extraños no presentó diferencias entre tratamiento, ni a lo largo del tiempo, pero obtuvo una alta desviación estándar (Cuadro 21). Sin embargo, los promedios se mantuvieron bajo el límite comercial 7,5. Además, se observa que estos parámetros pueden estar más influidos por sabores extraños producidos por la atmósfera modificada que por los tratamientos, al observarse que el tratamiento Testigo no obtuvo diferencias con ningún otro tratamiento.

**Cuadro 21.** Evolución de los sabores extraños en cascós de pera cv: Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

Tratamiento	Día 1	Día 4	Día 6	Promedio
Testigo	0,7 ±0,7	1,1 ±1,3	1,4 ±1,7	0,7 ±0,7
0,5% Cys	0,9 ±1,4	1,1 ±1,4	1,2 ±1,5	0,9 ±1,4
0,5% Cys+1% AA	0,9 ±1,4	1,6 ±1,5	1,2 ±1,4	0,9 ±1,4
0,5% Cys+0,5% AC	1,4 ±1,3	1,1 ±1,1	1,6 ±1,6	1,4 ±1,3
<b>Promedio</b>	1,0	1,2	1,3	1,0

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína.

Gorny *et al.* (2002) determinaron que el uso de soluciones con 2% AA + 1% lactato de calcio y 0,5% Cys ajustadas a pH 7 inhibieron el pardeamiento en peras 'Barlett', sin producir sabores extraños. González-Aguilar *et al.* (2005) analizaron los cambios

fisiológicos y de calidad de piñas frescas cortadas tratadas con inhibidores de pardeamiento, entre ellos el ácido ascórbico, y determinaron que fueron efectivos para inhibir el pardeamiento, sin alterar el sabor.

### Parámetros químicos

En los Cuadros 22 y 23 se muestran los valores para acidez titulable y pH. Se observa que no hubo diferencias significativas entre ni dentro de los tratamientos durante los 8 días de almacenamiento, manteniendo valores similares a los de la fruta entera (ver Cuadro 14).

**Cuadro 22.** Evolución de la acidez titulable en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

Tratamiento	% Ácido málico						Promedio
	Día 1		Día 4		Día 8		
Testigo	0,1	±0,0	0,1	±0,0	0,1	±0,0	0,1
0,5% Cys	0,1	±0,0	0,1	±0,0	0,1	±0,0	0,1
1% AA+ 0,5% Cys	0,1	±0,0	0,1	±0,0	0,1	±0,0	0,1
0,5% AC + 0,5% Cys	0,1	±0,0	0,1	±0,0	0,1	±0,0	0,1
<b>Promedio</b>	0,1		0,1		0,1		

Valores indican el promedio ± desviación estándar.  
AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína

Los valores de pH fueron cercanos a 4. Estudios realizados en diferentes especies y variedades, determinan que la mayoría de las PPO tienen una baja actividad en estos pH (Gundogmaz *et al.*, 2003; Altunkaya y Gökmen, 2008).

**Cuadro 23.** Evolución del pH en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

Tratamiento	Día 1		Día 4		Día 8		Promedio
Testigo	4,0	±0,3	4,0	±0,2	4,1	±0,1	4,0
0,5% Cys	3,9	±0,2	4,0	±0,1	4,0	±0,1	4,0
1% AA+ 0,5% Cys	4,0	±0,1	4,0	±0,2	4,0	±0,2	3,9
0,5% AC + 0,5% Cys	3,8	±0,2	4,0	±0,1	4,0	±0,1	4,0
<b>Promedio</b>	3,9		3,9		4,0		

Valores indican el promedio ± desviación estándar.  
AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína

El contenido de sólidos solubles tampoco varió durante el almacenamiento, y tampoco hubo diferencias entre de los tratamientos (Cuadro 24).

Pittia *et al.* (1999) observaron un incremento de los sólidos solubles en peras mínimamente procesadas, almacenadas en atmósfera modificada, debido a la pérdida de agua desde los tejidos vegetales. Así mismo, Bico *et al.* (2009) también obtuvieron un incremento de los azúcares solubles, al estudiar el efecto de inmersiones con inhibidores de pardeamiento y recubrimientos comestibles en plátanos mínimamente procesados.

**Cuadro 24** Evolución del contenido de sólidos solubles totales en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

Tratamiento	Día 1		Día 4		Día 8		Promedio
	%						
Testigo	10,7	±0,4	12,3	±1,1	11,3	±3,8	11,4
0,5% Cys	11,7	±0,6	12,8	±0,9	13,0	±0,9	12,5
1% AA+ 0,5% Cys	10,4	±1,5	12,10	±0,1	10,3	±2,5	10,8
0,5% AC + 0,5% Cys	10,2	±1,0	10,4	±0,4	10,3	±2,6	10,3
Promedio	10,8		11,9		11,3		

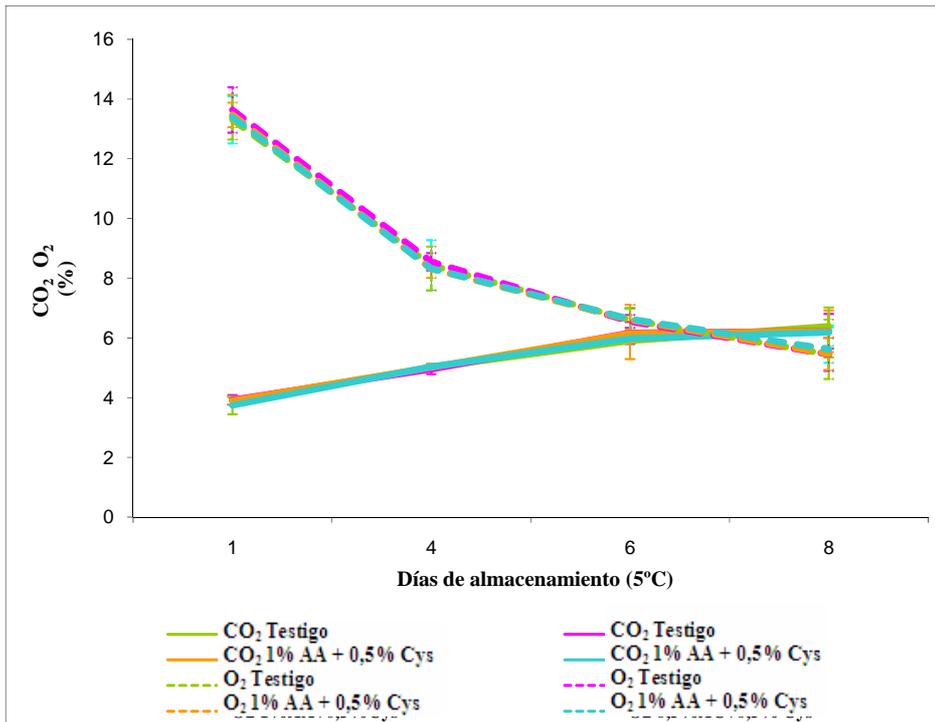
Valores indican el promedio ± desviación estándar.

AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína

### Concentración de gases

En la Figura 16 se observa los porcentajes de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> alcanzados durante el almacenamiento a 5°C. No hubo diferencias significativas entre los distintos tratamientos para ninguno de los dos gases. Los valores de CO<sub>2</sub> de los primeros 4 días de almacenamiento son significativamente menores que los de los días 6 y 8, días en los que tiende a estabilizarse en valores cercanos al 6,3%. Por otra parte, los valores de O<sub>2</sub> de los primeros 4 días de almacenamiento son significativamente mayores que los de los días 6 y 8. Durante el almacenamiento, la concentración de O<sub>2</sub> tiende a estabilizarse, con valores cercanos al 6%.

Por lo tanto, no fue posible alcanzar, luego de 8 días de almacenamiento, las concentraciones recomendadas por algunos autores para peras mínimamente procesadas, las cuales son 0,5% de O<sub>2</sub> y 2% de CO<sub>2</sub> (Gorny *et al.*, 2000; Soliva-Fortuny, 2004; Escalona y Luchsinger, 2008).



**Figura 16.** Evolución de la atmósfera circundante en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína. Las barras indican el error estándar.

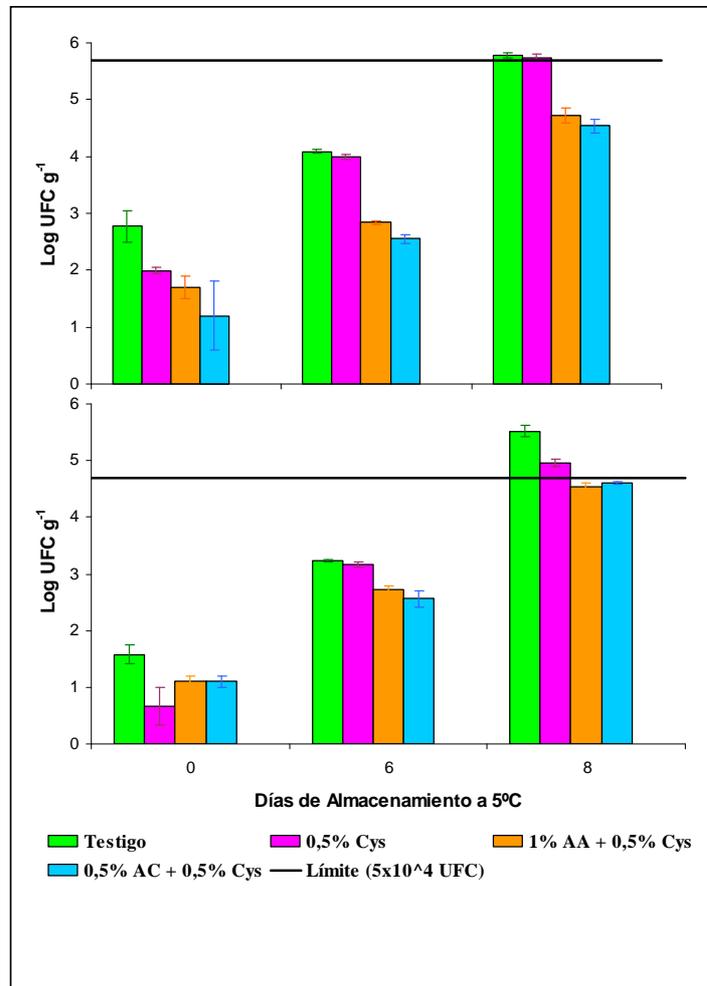
Aguayo *et al.* (2010) concluyeron que el uso de atmósfera modificada durante el almacenamiento de manzanas mínimamente procesadas ayuda a mantener la calidad de las propiedades químicas, visuales y sensoriales.

Soliva-fortuny *et al.* (2002) estudiaron la evolución de la actividad de la enzima PPO en peras 'Conference' mínimamente procesadas, almacenadas a 4°C bajo atmósferas de 0% O<sub>2</sub> y 2,5% O<sub>2</sub> y 7% CO<sub>2</sub>, envasadas utilizando películas plásticas de distinta permeabilidad y se observó una mayor estabilidad en la calidad en aquellas peras envasadas con 0% O<sub>2</sub> con plástico de baja permeabilidad al oxígeno (15 cm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>. bar<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>). Por otra parte, Arias *et al.* (2007), al estudiar el efecto de la composición atmosférica sobre la vida útil de pera mínimamente procesada, concluyeron que atmósferas con un contenido de 10% de CO<sub>2</sub> fueron efectivas para inhibir el pardeamiento enzimático.

### Microbiología

En la Figura 17 se muestran los resultados para el recuento de aerobios mesófilos y enterobacterias. El límite máximo permitido por el Ministerio de Salud de Chile (2009) para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo para

aerobios mesófilos y enterobacterias es de  $5 \times 10^5$  y  $5 \times 10^4$  unidades UFC  $g^{-1}$ , respectivamente. Este límite está representado como una línea horizontal, en su valor logarítmico. Es posible observar que luego de seis días de almacenamiento todos los tratamientos estuvieron por debajo de ese máximo permitido, pero luego de 8 días, el límite fue sobrepasado.



**Figura 17.** Recuento de Microorganismos aerobios mesófilos y de enterobacterias en cascotes de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días en atmósfera modificada.

AA: ácido ascórbico AC: ácido cítrico Cys: L-cisteína. El límite máximo permitido por el Ministerio de Salud está representado con una línea horizontal negra. Las barras representan el error estándar.

El uso de atmósfera modificada ha demostrado ser efectiva para reducir el crecimiento de microorganismos que puedan reducir la vida útil de los vegetales mínimamente procesados o ser potencialmente patógenos (Lamikanra, 2002; Berger y Galleti, 2007; Arias *et al.*, 2008).

Arias *et al.* (2007), observaron que una atmósfera con un 10% de CO<sub>2</sub> y un 2% de O<sub>2</sub> controló eficazmente el crecimiento microbiano. Por otra parte, Oms-Oliu *et al.* (2007) concluyeron que una atmósfera de 2,5 kPa O<sub>2</sub> + 7 kPa de CO<sub>2</sub> logró una estabilidad microbiológica durante más de 10 días.

Puesto que en esta experiencia las concentraciones de los gases no alcanzaron los valores recomendados, la atmósfera modificada no fue efectiva para asegurar la calidad microbiológica por más de seis días.

## CONCLUSIONES

Es posible retardar el desarrollo de pardeamiento enzimático en cascos de pera 'Packham's Triumph' mediante la utilización de compuestos inhibidores de pardeamiento, como la L-cisteína.

El tratamiento con L-cisteína (0,5%) combinado con ácido cítrico (0,5%) permite retardar los cambios en el color y el desarrollo de pardeamiento enzimático, manteniendo una buena apariencia, sin alterar la firmeza ni sabor.

Las concentraciones de gases alcanzadas en el equilibrio (6,3% O<sub>2</sub> y 6% CO<sub>2</sub>) no fueron suficientes para retardar el deterioro de la calidad de cascos de pera cv. Packham's Triumph. Se requiere estudiar nuevas combinaciones de atmósfera modificada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott J. and G. Buta. 2002. Effect of antibrowning treatment on color and firmness of fresh-cut pears'. *Journal of Food Quality* 25: 333-341.
- Aguayo, E., V. Escalona and F. Artés. 2004. Metabolic behavior and quality changes of whole and fresh processed melon. *Journal of Food Science* 69 (4): 148-155.
- Aguayo, E., C. Requejo-Jackman, R. Stanley and A. Wolf. 2010. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology* 57(1): 52-60.
- Altunkaya A. and V. Gökmen. 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry* 107: 1173–1179.
- Apintanapong, M., K. Cheachumluang, P. Suansawan and N. Thongprasert. 2007. Effect of antibrowning agents on banana slices and vacuum-fried slices. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 5(3-4): 151-157.
- Arias, E., J. González, R. Oria, and P. Lopez-Buesa. 2007. Ascorbic acid and 4-hexylresorcinol effects on pear PPO and PPO catalyzed browning reaction. *Journal of Food Science* 72(8): 422-429.
- Arias, E., J. González, P. López-Buesa and R. Oria. 2008. Optimization of processing of fresh-cut pear. *Journal of Science of Food and Agriculture* 88: 1755-1763.
- Artés, F. 2000. Productos vegetales procesados en fresco. En: *Aplicación del frío a los alimentos*, Mundi Prensa. Madrid. Cap. 5: 127-14.
- Artés, F., P. Gómez, E. Aguayo, V. Escalona and F. Artés-Hernández. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology* 51: 287-296.
- Bari M. L., D. O. Ukuku, T. Kawasaki, Y. Inatsu, K. Isshiki and S. Kawamoto. Combined efficacy of nisin and pediocin with sodium lactate, citric acid, phytic acid, and potassium sorbate and EDTA in reducing the *Listeria monocytogenes* population of inoculated fresh-cut produce. *Journal of Food Protection* 68:1381–1387.
- Bello, J. 2002. *Ciencia bromatológica: principios generales*. Ediciones Díaz de Santos, España. 577 p.
- Berbesí, M. E., R. Díaz, L. Guevara y M. S. Tapia. 2006. Calidad higiénica y patógenos asociados con melones mínimamente procesados expendidos en supermercados. I Simposio Ibero-Americano de Vegetáis Frescos Cortados. Brasil. p. 47-54.

- Berger, H. y L. Galletti. 2007. Procedimientos utilizados en investigación para lograr inocuidad en vegetales frescos cortados. *Mundo alimentario* 1: 15-21.
- Bico, S., M. Raposo, R. Morais and A. Morais. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control* 20: 508-514.
- Brecht, J. K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30(1): 18-21.
- Campos-Vargas, R., B. G. Defilippi, P. Romero, H. Valdés, P. Robledo and H. Prieto. 2008. Effect of harvest time and L-cysteine as an antioxidant on flesh browning of fresh-cut chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Chilean Journal of Agriculture Research* 68 (3): 217-227.
- Catalá, R. 2003. Conservación de Frutas y Hortalizas en atmósfera controlada y modificada. *Agroeconómico* 45: 15-19.
- Defilippi B. y R. Campos. 2006. Poscosecha de fruta mínimamente procesada. *Tierra Adentro* 71: 20-21.
- Dong, X., R. E. Wrolstad and D. Sugar. 2000. Extending shelf life of fresh-cut pears. *Journal of Food Science* 65(1): 181-186.
- Dorantes-Álvarez, L. and A. Chiralt, 2000. Color of minimally processed fruits and vegetables as affected by some chemical and biochemical changes. En: Alzamora, S. M.; M. S. Tapia y A. López- Malo (Eds): *Minimally processed fruits and vegetables*. Aspen Publication. Gaithersburg, Maryland. p. 111-126.
- Escalona, V., E. Aguayo y F. Artés. 2006. Reducción del pardeamiento enzimático en hinojos enteros y mínimamente procesados. *Alimentaria* 4: 89-95.
- Escalona, V., E. Aguayo, F. Artés-Hernández and F. Artés. 2003. Designing a diffusion membrane system for modified atmosphere storage of fruits and vegetables at pallet. The case of bell pepper. En: *XXI Internacional Congress of refrigeration*. Washington. EE.UU.
- Escalona, V. y L. Luchsinger, 2008. Una revisión sobre frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco. *Aconex* 99: 23-28.
- Escriche, I. 2006. Gestión del autocontrol en la industria agroalimentaria. Ed. Universidad Politécnica. Valencia. España. 233 p.
- Fonseca, S., F. Oliveira and J. Brecht. 2002. Modeling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering* 52: 99-119.

- Francis, G. A. and D. O'Beirne. 2002. Effects of vegetable type and antimicrobial dipping on survival and growth of *Listeria innocua* and *E. coli*. *International Journal of Food Science and Technology* 37(6):711-718.
- García, E. L. and D. M. Barrett. 2002. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: Lamikanra, O. (Ed.), *Fresh-cut fruits and vegetables science, technology and market*. EE.UU. CRC Press. p. 267-303.
- Gil, M. I., M. A. Conesa and F. Artés. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 25: 199-207.
- González-Aguilar, G. A., S. Ruiz-Cruz, H. Soto-Valdez, F. Vázquez-Ortiz, R. Pacheco-Aguilar y Ch. Yi-Wang. 2005. Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 377-383.
- Gorny, J. R., M. I. Gil and A. A. Kader. 1998. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* 96: 231-36.
- Gorny, J. R., B. Hess-Pierce, R. A. Cifuentes and A. A. Kader. 2002. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology* 24: 271-278.
- Gorny, J. R., R. Cifuentes, B. Hess-Pierce, A. Kader. 2000. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size, and storage regime. *Journal of Food Science* 65(3): 541-544.
- Gundogmaz, G., S. Dogan and O. Aíslan. 2003. Some kinetic properties of polyphenol oxidase obtained from various *Salvia* species (*Salvia viridis* L., *Salvia virgata* Jacq. and *Salvia tomentosa* Miller). *Food Science and Technology International* 9(4): 309-315.
- Kader, 2007. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. Tercera edición. Universidad de California. EE.UU. 570 p.
- Kato-Noguchi, H. 1997. Effects of citrate on respiratory gas exchange and metabolism in carrot root tissues. *Phytochemistry* 45(2): 225-227.
- Lakakul, R., R. M. Beaudry and R. J. Hernández. 1999. Modeling respiration of apple slices in modified-atmosphere packages. *Journal of Food Science* 64(1): 105-110.
- Lamikanra, O. 2002. *Fresh-cut fruit and vegetables: science, technology, and market*. USA. CRC Press. 467 p.
- Liu, S., J. E. Manson, I. M. Lee, S. R. Cole, C. H. Hennekens, W. C. Willet y J. E. Buring. 2000. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the women's health study. *American Journal of Clinical Nutrition* 72: 922-928.

- Luo, Y. and G. V. Barbosa-Canovas. 1996. Preservation of apple slices using ascorbic acid and 4-hexylresorcinol. *Food Science and Technology International* 2: 315–321.
- Martínez-Damián M. T. y M. Cantwell. 2002. Cambios de calidad en espinaca almacenada en atmósferas controladas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(1): 49-62.
- McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *Hortscience* 27(12): 1254-1255.
- Ministerio de Salud, República de Chile. 2009. Reglamento Sanitario de los alimentos. Título V: de los criterios microbiológicos. pp. 66-84.
- Mónaco, E.; A. Chiesa, G. Trincherro, and A. Frascina. 2005. Selección de películas poliméricas para su empleo con lechuga en atmósfera modificada. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 34 (1): 59-70.
- Martín-Belloso, O., R. Soliva-Fortuny y G. Oms- Oliu. 2007. Avances en la mejora de la calidad comercial de los frutos frescos cortados: aspectos físico-químicos y microbiológicos. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. pp. 862-868.
- Mastromatteo, M., A. Conte and M. A. Del Nobile. 2009. Preservation of fresh-cut produce using natural compounds. *Stewart Postharvest Review* 4(4): 1-7.
- Moggia, C., M. Pereira, J. Yuri, y M. Moya. 2005. Evolución de madurez en pre y poscosecha y potencialidad de almacenaje de peras Packham's Triumph. *Agricultura Técnica* 65(3): 246-247.
- Moretti, C. L., A. L. Araújo, W. A. Marouelli and W. L. Silva. 2002. Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes. *Horticultura Brasileira* 20(3): 497-500.
- Olivares, S., L. Lera y N. Bustos. 2008. Etapas del cambio, beneficios y barreras en actividad física y consumo de frutas y verduras en estudiantes universitarios de Santiago de Chile. *Revista Chilena de nutrición* 35(1): 225-233.
- Ölmez, H. and U. Kretschmar. 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *Food Science and Technology* 42: 686–693.
- Oms-Oliu, G. 2008. Alternativas de envasado de pera y melón frescos cortados en atmósfera modificada. Tesis doctoral. Universidad de Lleida. España. 354 p.
- Oms- Oliu, G., I. Aguiló- Aguayo y O. Martín-Belloso. 2006. Inhibition of browning of fresh-cut pear wedges by natural compounds. *Journal of Food Science* 71(3): 216-224.

- Oms-Oliu, G., I. Odriozola-Serrano, R. Soliva-Fortuny, y O. Martín-Belloso. 2008. Antioxidant content of fresh-cut pears stored in high-O<sub>2</sub> active packages compared with conventional low-O<sub>2</sub> active and passive modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 932–940.
- Oms-Oliu, G., R. M. Martínez, R. Soliva-Fortuny y O. Martín Belloso. 2007. Effect of superatmospheric and low oxygen atmospheres on shelf-life extensión of fresh-cut melon. *Food Control* 19(2):191-199.
- Pérez, L. 2003. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (var. Blanquilla) mínimamente procesada. Tesis doctoral. Universidad de Lleida, España. 256 p.
- Pérez-Gago M. B., M. Serra and M. A. Del Río. 2006. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39 (1) 84-92.
- Pittia, P., M. C. Nicoli, G. Comi and R. Massini. 1999. Shelf-life extension of fresh-like ready-to-use pear cubes. *Journal of Science of Food and Agriculture* 79: 955-960.
- Radziejewska-Kubzdela E., J. Czapski and K. Czaczyk. 2007. The effect of pretreatment of shredded celeriac using solutions of enzymatic browning inhibitors on the quality of minimally processed product. *Journal of Food Quality* 30: 594–608.
- Richard-Forget, F. C., P. M. Goupy and J. J. Nicolas. 1992. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. Kinetic studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 2108-2113.
- Rivera-López, J., F. Vázquez-Ortiz, F. Ayala-Zavala, R. Sotelo-Mundo and G. González-Aguilar. 2005. Cutting shape and storage temperature effect overall quality of fresh-cut papaya cv. "Maradol". *Journal of Food Science* 70: 482-489.
- Robards, K., P. D. Prenzler, G. Tucker, P. Swatsitand, and G. Glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* 66: 401-436.
- Rocculi, P., F. Gómez, F. Mendoza, L. Wadsö, S. Romani, M. Dalla and I. Sjöholm. 2007. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology* 43: 151–157.
- Rojas, M. A. 2006. Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: una nueva estrategia de conservación. Tesis doctoral. Universidad de Lleida, España. 76 p.
- Salinas-Hernández, R., S. Reyes, N. Sabbag, S. Costa, G. González-Aguilar y M. E. Pirovani. 2007. Modelado de los cambios en los atributos sensoriales de fresas frescas cortadas. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. p. 760-769.

- Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 279-292.
- Sapers, G. and R. Miller. 1998. Browning inhibition in fresh-cut pears. *Journal of Food Science* 63(2): 342-346.
- Soliva-Fortuny, R. y O. Martín-Belloso. 2002. Microbiological and biochemical changes in minimally processed fresh-cut Conference pears. *European Food Research and Technology* 217: 4-9.
- Soliva-Fortuny R., M. Biosca-Biosca, N. Grigelmo-Miguel and O. Martín-Belloso. 2002a. Browning, polyphenol oxidase activity and headspace gas composition during storage of minimally processed pears using modified atmosphere packaging. *Journal of Science of Food and Agriculture* 82: 1490-1496.
- Soliva-Fortuny, R., N. Grigelmo-Miguel, I. Hernando, M. A. Lluch and O. Martín-Belloso. 2002b. Effect of minimal processing on the textural and structural properties of fresh-cut pears. *Journal of Science of Food and Agriculture* 82:1682-1688.
- Soliva-Fortuny, R., N. Grigelmo-Miguel, I. Odriozola-Serrano, Sh. Gorinstein and Olga Martín-Belloso. 2001. Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging. *J. Agric. Food Chem* 4: 3685-3690.
- Soliva-Fortuny, R., P. Elez-Martinez, O. Martín-Belloso. 2004. Microbial and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging. *Innovative Food Science and Preserving Technologies* 5: 215-224.
- Son, M. S., K. D. Moon and C. Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry* 73: 23-30.
- Ukuku. D., M. L. Bari, S. Kawamoto and K. Isshiki. 2005. Use of hydrogen peroxide in combination with nisin, sodium lactate and citric acid for reducing transfer of bacterial pathogens from whole melon surfaces to fresh-cut pieces. *International Journal of Food Microbiology* 104: 225- 233.
- Uyttendaele M., K. Neyts, Y. Vanderswalmen, E. Notebaert and J. Debevere. 2004. Control of *Aeromonas* on minimally processed vegetables by decontamination with lactic acid, chlorinated water and thyme essential oil solution. *International Journal of Food Microbiology* 90: 263-271.
- Vamos-Vigyazo, L. 1995. Prevention of enzymatic browning in fruits and vegetables. A review of principles and practices; ACS symposium Series. *Enzymatic Browning Symposium*; American Chemical Society. Washington. EE.UU. p. 49-62.
- Vargas, L., A. Centurión, E. Tamayo, J. Tamayo, C. Saucedo y E. Sauri. 2007. Variación de la respiración y producción de etileno de rebanadas de pitahaya.

(*Hylocereus undatus*). V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. p. 790-794.

Watada, A. E., N. P. Ko and D. A. Minota. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9: 115-125.

Watada, A. E. and L. Qi. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 15: 201-205.

Wiley, R. C. 1994. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. En: Wiley, R. C. (eds). *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman & Hall. New York. EE.UU. p. 1-14.

Yildiz, F. 1994. Initial preparation, handling and distribution of minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: En: Wiley, R. C. (eds). *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman & Hall. New York. EE.UU. p. 15-49.

Zacarías, I., L. Rodríguez, L. Lera, R. Hill, A. Domper y D. González. 2009. Consumo de verduras y frutas en centros de salud y supermercados, de la región metropolitana de Chile: programa 5 al día. *Revista Chilena de Nutrición* 36(2): 159-168.

Zuo, L., E. Ju- Seog and J. Ho-Lee. 2008. Effects of ascorbic and citric acids on CIE color value of fresh-cut apple cubes. *Journal of Food Technology* 6 (1): 20-24.

## ANEXOS

**Anexo I. Pauta evaluación de calidad panel entrenado**

Instrucciones:

Por favor, indique con una línea vertical la intensidad de su sensación para cada una de ellas.

Muestra N° \_\_\_\_

Aspecto visual

Apariencia

0	15
Extremadamente Mala	Extremadamente Buena

Pardeamiento

0	15
Sin pardeamiento	Extremadamente pardeado

Aspecto gustativo

Firmeza

0	15
Sin firmeza	Extremadamente firme

Sabor

0	15
Sin Sabor	Extremadamente sabroso

Sabores extraños

0	15
Sin sabores extraños	Sabores extremadamente extraños

Comentarios: \_\_\_\_\_

**Anexo II.** Propiedades de la bolsa utilizada para envasado de cascos de pera cv. Pakcham's Triumph.

<b>Gauge (mils)</b>	1.25
<b>Minimum Use Temperature</b>	0°F.
<b>Maximum Storage Temperature (2 years maximum)</b>	90°F.
<b>Density @ 73° F. (g/cc)</b>	0.92
<b>Clarity (%)</b>	75
<b>Haze (%)</b>	6.5
<b>Gloss (%)</b>	84
<b>Oxygen Transmission Rate cc/m<sup>2</sup>/24 hrs. (73°F., 1 atm)</b>	7,000 (450 cc/100 sq. i
<b>Carbon Dioxide Transmission Rate, cc/m<sup>2</sup>/24 hrs. (73°F., 1 atm)</b>	21,000 (1355 cc/100 sq.
<b>Water Vapor Transmission Rate gms/100 sq. in./24 hrs. (73° F., 100% RH)</b>	0.90-1.10
<b>Ball Burst Impact Strength (cm/kg)</b>	26
<b>Coefficient of Friction, Film to film, Static</b>	0.25
<b>Tensile Strength (psi)</b>	12,000
<b>Elongation @ Break (%)</b>	105
<b>Modulus of Elasticity (psi)</b>	33,000
<b>Tear Propagation (gms)</b>	30

Fuente: CRYOVAC, Chile.

## APÉNDICES

**Apéndice I.** Análisis multifactorial de los parámetros evaluados durante el tiempo de almacenamiento. Niveles de significancia: < 0,05\*; < 0,01\*\*;< 0,001\*\*\*;< 0,0001\*\*\*\*; >= 0,05 NS. T: Tratamiento, t: tiempo.

**Ensayo I**

Parámetro	Source	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F	Significancia
L*	T	11	1857,1	22,1	<,0001	****
	t	3	1809,1	79,0	<,0001	****
	T*t	33	949,3	3,8	<,0001	****
a*	T	11	313,6	27,6	<,0001	****
	t	3	2021,3	651,9	<,0001	****
	T*t	33	495,3	14,5	<,0001	****
C*	T	11	1143,1	23,5	<,0001	****
	t	3	1597,9	120,2	<,0001	****
	T*t	33	594,1	4,1	<,0001	****
H <sub>ab</sub>	T	11	4271,2	30,8	<,0001	****
	t	3	31122,6	822,8	0,0000	****
	T*t	33	8684,2	20,9	<,0001	****
Firmeza	T	11	118,3	23,0	<,0001*	****
	t	3	34,2	24,4	<,0001*	****
	T*t	33	20,4	1,3	0,1102	NS
pH	T	11	1,9	18,8	<,0001*	****
	t	2	1,3	71,1	<,0001*	****
	T*t	22	0,7	3,3	<,0001*	****
Acidez Titulable	T	11	0,0	10,1	<,0001	****
	t	2	0,0	4,7	0,0123	*
	T*t	22	0,0	1,4	0,1402	NS
SS	T	11	16,2	2,4	0,0136	*
	t	2	27,2	22,1	<,0001*	****
	T*t	22	13,7	1,0	0,4602	NS

(Continúa)

(Continuación)

Parámetro	Source	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F	Significancia
Apariencia	T	11	978,7	14,7	<,0001*	****
	t	2	973,3	80,2	<,0001*	****
	T*t	22	408,3	3,6	<,0001*	****
	T*t	22	656,6	3,3	<,0001*	****
Firmeza (sensorial)	T	11	254,6	4,3	<,0001	*
	t	2	71,9	6,7	0,0013	**
	T*t	22	130,9	1,1	0,3285	NS
Sabores extraños	T	11	147,9	2,4	0,0083	**
	t	1	0,2	0,0	0,8475	NS
	T*t	11	85,9	1,4	0,1836	NS
Sabor	T	11	37,1	0,9	0,5565	NS
	t	2	7,3	0,9	0,3838	NS
	T*t	22	67,5	0,8	0,7219	NS

**Ensayo II**

Parámetro	Source	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F	Significancia
L*	T	3	337,9	6,6	0,0002	***
	t	3	3674,1	72,3	<,0001	****
	T*t	9	712,5	4,7	<,0001	****
a*	T	3	100,6	11,0	<,0001	****
	t	3	2571,5	282,5	<,0001	****
	T*t	9	937,2	34,3	<,0001	****
C*	T	3	646,5	41,2	<,0001	****
	t	3	1136,4	72,4	<,0001	****
	T*t	9	251,8	5,3	<,0001	****
H <sub>ab</sub>	T	3	851,8	12,4	<,0001	****
	t	3	24309,2	354,2	<,0001	****
	T*t	9	10158,7	49,3	<,0001	****
Firmeza	T	3	26,2	13,7	<,0001	****
	t	3	20,5	10,7	<,0001	****

(Continúa)

(Continuación)

Parámetro	Source	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F	Significancia
	T*t	9	2,9	0,5	0,8583	NS
%O <sub>2</sub>	T	3	0,0	0,0	0,9976	NS
	t	3	445,6	141,1	<,0001	****
	T*t	9	0,4	0,0	1	NS
%CO <sub>2</sub>	T	3	0,1	0,0	0,99	NS
	t	3	43,4	29,7	<,0001	****
	T*t	9	0,2	0,1	1	NS
AT	T	3	0,0	0,4	0,7213	NS
	t	2	0,0	1,1	0,3493	NS
	T*t	6	0,0	0,2	0,9806	NS
pH	T	3	0,1	1,5	0,2412	NS
	t	2	0,1	2,3	0,1232	NS
	T*t	6	0,1	0,2	0,9843	NS
SS	T	3	23,1	2,7	0,0716	NS
	t	2	7,6	1,3	0,2852	NS
	T*t	6	4,0	0,2	0,96	NS
Apariencia	T	3	455,7	27,6	<,0001	****
	t	2	497,8	45,2	<,0001	****
	T*t	6	89,4	2,7	0,0155	*
Pardeamiento	T	3	73,1	3,0	0,0304	*
	t	2	49,0	3,1	0,0494	*
	T*t	6	63,1	1,3	0,2537	NS
Firmeza	T	3	73,1	3,0	0,0304	*
	t	2	49,0	3,0	0,0494	*
	T*t	6	63,1	1,3	0,2537	NS
Sabores extraños	T	3	2,4	0,4	0,7364	NS
	t	2	3,2	0,9	0,4254	NS
	T*t	6	4,2	0,3	0,895	NS

(Continúa)

(Continuación)

<b>Parámetro</b>	<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Sum of Squares</b>	<b>F Ratio</b>	<b>Prob &gt; F</b>	<b>Significancia</b>
Sabor	T	3	43,2	2,9	0,0378	*
	t	2	2,4	0,2	0,7848	NS
	T*t	6	6,8	0,2	0,9671	NS

**Apéndice II.** Evolución de L en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días. (Ensayo I)

Tratamiento	Día 1		Día 3		Día 6		Día 8		Promedio
Testigo	75,5 ±2,9	b BC <sup>Z</sup>	76,2 ±0,8	b BCDE	74,0 ±2,8	a ABCD	73,0 ±3,6	a A	<b>74,7</b>
1% AA	74,8 ±2,9	b AB	74,9 ±2,7	b AB	73,1 ±2,9	a AB	72,8 ±3,3	a A	<b>73,9</b>
2% AA	73,5 ±3,1	a A	74,2 ±2,7	a A	73,2 ±2,9	a AB	73,3 ±2,7	a AB	<b>73,6</b>
0,5% AC	76,6 ±2,3	b CD	76,0 ±3,2	b BCD	74,5 ±3,6	a BCD	74,2 ±3,1	a ABC	<b>75,3</b>
1% AA+0,5% AC	75,3 ±2,2	c BC	74,9 ±2,3	bc AB	73,0 ±2,8	a AB	73,6 ±3,2	ab ABC	<b>74,2</b>
2% AA+0,5% AC	76,4 ±2,5	b CD	75,3 ±2,6	ab ABC	75,3 ±2,7	ab D	75,0 ±3,1	a CD	<b>75,5</b>
0,5% Cys	76,3 ±2,3	a BCD	76,8 ±2,1	a CDE	75,4 ±1,7	a DE	76,3 ±2,0	a DE	<b>76,2</b>
1% AA+0,5% Cys	76,7 ±2,5	b CD	76,8 ±1,7	b CDE	74,6 ±3,0	a BCD	75,2 ±2,7	a CD	<b>75,8</b>
2% AA+0,5% Cys	77,5 ±1,6	b D	77,7 ±2,5	b E	75,0 ±2,9	a CD	74,8 ±3,4	a BCD	<b>76,3</b>
0,5% AC+0,5% Cys	77,6 ±2,0	a D	77,2 ±2,1	a DE	77,1 ±1,5	a E	77,3 ±1,6	a E	<b>77,3</b>
1% AA+0,5% AC+0,5% Cys	76,6 ±2,3	b CD	75,8 ±2,7	b ABCD	72,3 ±2,7	a A	72,6 ±2,0	a A	<b>74,3</b>
2% AA+0,5% AC+0,5% Cys	76,3 ±3,0	b BCD	76,1 ±1,6	b BCDE	73,5 ±2,2	a ABC	73,0 ±2,4	a A	<b>74,7</b>
<b>Promedio</b>	<b>76,0</b>		<b>76,0</b>		<b>74,3</b>		<b>74,3</b>		

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

**Apéndice III.** Evolución de  $H_{ab}$  ( $^{\circ}$ ) en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a  $5^{\circ}\text{C}$  durante 8 días. (Ensayo I)

Tratamiento	Día 1		Día 3		Día 6		Día 8		Promedio
Testigo	96,1	$\pm 3,4$ b AB <sup>Z</sup>	96,7	$\pm 3,5$ b ABC	91,8	$\pm 3,2$ a BC	91,4	$\pm 2,7$ a DE	<b>94,0</b>
1%AA	97,2	$\pm 4,9$ c BC	95,0	$\pm 4,0$ b AB	90,5	$\pm 4,0$ a B	90,3	$\pm 4,7$ a D	<b>93,2</b>
2%AA	94,4	$\pm 4,3$ b A	94,8	$\pm 4,7$ b A	93,1	$\pm 4,0$ b CD	90,4	$\pm 2,4$ a D	<b>93,2</b>
0,5%AC	96,5	$\pm 3,5$ b ABC	95,3	$\pm 3,8$ b AB	91,3	$\pm 4,8$ a BC	91,3	$\pm 4,2$ a DE	<b>93,6</b>
1%AA+0,5%AC	98,5	$\pm 3,5$ c CD	96,2	$\pm 4,1$ b ABC	91,3	$\pm 3,0$ a BC	90,9	$\pm 3,7$ a D	<b>94,2</b>
2%AA+0,5%AC	100,2	$\pm 3,7$ d DE	95,1	$\pm 3,6$ b AB	92,9	$\pm 4,1$ c CD	89,9	$\pm 3,9$ a CD	<b>94,6</b>
0,5%Cys	103,1	$\pm 1,6$ d FG	101,4	$\pm 1,7$ c E	95,2	$\pm 3,5$ b E	93,3	$\pm 3,4$ a EF	<b>98,3</b>
1%AA+0,5%Cys	103,1	$\pm 1,7$ c FG	97,9	$\pm 2,2$ b CD	91,5	$\pm 4,3$ a BC	89,9	$\pm 4,1$ a CD	<b>95,6</b>
2%AA+0,5%Cys	104,8	$\pm 1,7$ c GH	97,0	$\pm 3,6$ b BC	89,9	$\pm 4,6$ a B	88,1	$\pm 4,9$ a BC	<b>94,9</b>
0,5%AC+0,5%Cys	102,2	$\pm 1,7$ c EF	99,5	$\pm 2,2$ b DE	94,9	$\pm 2,3$ a DE	93,8	$\pm 3,6$ a F	<b>97,6</b>
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	105,3	$\pm 1,7$ c H	99,8	$\pm 3,5$ b DE	86,6	$\pm 3,9$ a A	86,5	$\pm 3,9$ a B	<b>94,6</b>
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	104,8	$\pm 1,7$ d GH	98,0	$\pm 2,1$ c CD	87,6	$\pm 4,5$ b A	84,2	$\pm 3,8$ a A	<b>93,7</b>
<b>Promedio</b>	<b>100,5</b>		<b>97,2</b>		<b>91,4</b>		<b>90,0</b>		

Valores indican el promedio  $\pm$  desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína

**Apéndice IV.** Evolución de la firmeza (kg-f) en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días. (Ensayo I)

Tratamiento	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8	Promedio	
Testigo	5,8 ±0,6	5,3 ±0,5	5,2 ±0,4	5,0 ±0,6	<b>5,3</b>	C <sup>Z</sup>
1%AA	4,7 ±0,8	4,5 ±0,5	4,6 ±0,8	4,2 ±0,9	<b>4,5</b>	A
2%AA	4,7 ±0,8	4,4 ±0,6	4,5 ±0,7	4,1 ±0,7	<b>4,4</b>	A
0,5%AC	5,6 ±0,6	5,6 ±0,6	5,0 ±0,6	5,0 ±0,5	<b>5,3</b>	BC
1%AA+0,5%AC	5,1 ±0,7	4,4 ±0,7	4,2 ±0,8	3,9 ±0,7	<b>4,4</b>	A
2%AA+0,5%AC	5,3 ±0,8	4,9 ±0,7	4,9 ±0,6	4,8 ±0,6	<b>5,0</b>	BC
0,5%Cys	4,6 ±0,8	4,4 ±0,7	4,5 ±0,7	4,5 ±1,0	<b>4,5</b>	A
1%AA+0,5%Cys	5,0 ±0,7	5,0 ±0,3	4,9 ±0,6	5,0 ±0,6	<b>5,0</b>	B
2%AA+0,5%Cys	5,3 ±0,8	5,1 ±0,4	5,0 ±0,9	4,5 ±0,9	<b>5,0</b>	B
0,5%AC+0,5%Cys	5,2 ±0,7	5,2 ±0,5	5,0 ±0,6	5,0 ±0,6	<b>5,1</b>	BC
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	4,9 ±0,4	4,1 ±0,7	4,2 ±0,9	4,0 ±0,8	<b>4,3</b>	A
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	4,8 ±0,9	4,0 ±0,6	3,9 ±0,7	4,0 ±0,7	<b>4,2</b>	A
<b>Promedio</b>	<b>5,1</b> c	<b>4,8</b> b	<b>4,7</b> ab	<b>4,5</b> a		

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

**Apéndice V.** Evolución del pH en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días (Ensayo I).

Tratamiento	Día 1	Día 6	Día 8	Promedio
Testigo	4,4 ±0,1 a E	4,4 ±0,1 a E	4,4 ±0,2 a BC <sup>Z</sup>	<b>4,4</b>
1%AA	4,0 ±0,1 a BCD	4,0 ±0,1 a ABC	4,2 ±0,2 a B	<b>4,1</b>
2%AA	3,9 ±0,1 a ABC	4,0 ±0,0 a ABC	4,2 ±0,3 b AB	<b>4,0</b>
0,5%AC	4,2 ±0,1 a CDE	4,2 ±0,0 a BCDE	4,4 ±0,2 b BC	<b>4,2</b>
1%AA+0,5%AC	4,2 ±0,0 a CDE	4,3 ±0,0 ab CDE	4,4 ±0,2 b BC	<b>4,3</b>
2%AA+0,5%AC	4,2 ±0,1 a DE	4,3 ±0,0 ab DE	4,4 ±0,1 b BC	<b>4,3</b>
0,5%Cys	4,0 ±0,0 a BCD	4,0 ±0,1 a ABC	4,3 ±0,1 b B	<b>4,1</b>
1%AA+0,5%Cys	4,1 ±0,0 a CDE	4,2 ±0,0 a BCDE	4,3 ±0,1 a B	<b>4,2</b>
2%AA+0,5%Cys	4,1 ±0,1 a BCD	4,1 ±0,0 b ABCD	4,6 ±0,1 b C	<b>4,3</b>
0,5%AC+0,5%Cys	4,1 ±0,0 a BCDE	4,2 ±0,0 b BCDE	4,4 ±0,1 b BC	<b>4,2</b>
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	3,7 ±0,0 a A	4,0 ±0,0 b AB	4,4 ±0,2 c BC	<b>4,1</b>
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	3,8 ±0,0 a AB	3,9 ±0,0 a A	3,9 ±0,1 a A	<b>3,9</b>
<b>Promedio</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,3</b>	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

**Apéndice VI.** Evolución de la acidez titulable (% ácido málico) en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días (Ensayo I)

Tratamiento	Día 1	Día 6	Día 8	Promedio
Testigo	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	<b>0,1</b> C <sup>Z</sup>
1%AA	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	<b>0,1</b> C
2%AA	0,2 ±0,0	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	<b>0,1</b> BC
0,5%AC	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	<b>0,2</b> BC
1%AA+0,5%AC	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	<b>0,2</b> BC
2%AA+0,5%AC	0,2 ±0,0	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	<b>0,2</b> BC
0,5%Cys	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	<b>0,1</b> BC
1%AA+0,5%Cys	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	0,1 ±0,0	<b>0,1</b> ABC
2%AA+0,5%Cys	0,2 ±0,0	0,1 ±0,0	0,2 ±0,0	<b>0,2</b> AB
0,5%AC+0,5%Cys	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	<b>0,2</b> A
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	0,1 ±0,0	<b>0,2</b> A
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	0,2 ±0,0	<b>0,2</b> A
<b>Promedio</b>	<b>0,2</b> b	<b>0,1</b> ab	<b>0,1</b> a	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey. Las letras minúsculas comparan entre días y las letras mayúsculas entre tratamientos.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

**Apéndice VII.** Evolución del contenido de sólidos solubles totales (%) en cascos de pera cv. Packham's Triumph tratados con inhibidores de pardeamiento y almacenados a 5°C durante 8 días (Ensayo I).

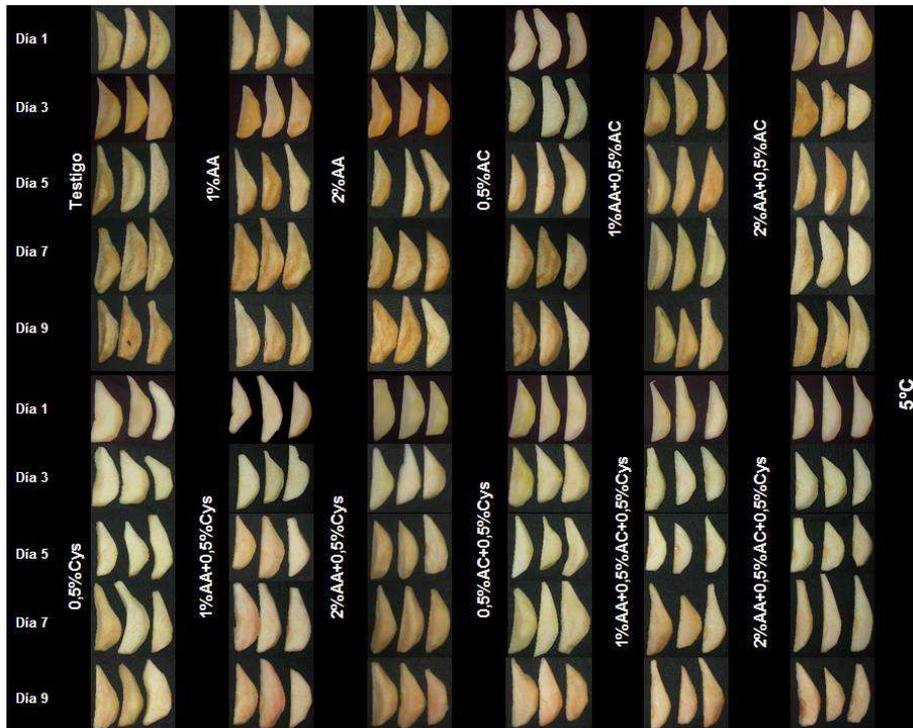
Tratamiento	Día 1	Día 6	Día 8	Promedio
Testigo	9,9 ±0,4	9,7 ±0,5	8,5 ±0,6	<b>9,4</b>
1%AA	9,9 ±0,1	9,7 ±0,5	9,0 ±0,2	<b>9,5</b>
2%AA	11,4 ±0,4	10,7 ±0,2	9,7 ±0,3	<b>10,6</b>
0,5%AC	10,2 ±1,2	10,0 ±0,5	10,3 ±1,5	<b>10,2</b>
1%AA+0,5%AC	11,1 ±0,8	10,6 ±0,4	9,5 ±0,6	<b>10,4</b>
2%AA+0,5%AC	9,5 ±1,7	10,3 ±0,7	9,1 ±0,3	<b>9,6</b>
0,5%Cys	10,3 ±1,6	9,9 ±0,1	9,5 ±0,6	<b>9,9</b>
1%AA+0,5%Cys	10,5 ±0,3	10,1 ±0,2	10,1 ±0,4	<b>10,2</b>
2%AA+0,5%Cys	11,0 ±0,9	9,3 ±1,2	9,1 ±1,3	<b>9,8</b>
0,5%AC+0,5%Cys	11,3 ±0,5	10,5 ±0,6	9,9 ±0,8	<b>10,6</b>
1%AA+0,5%AC+0,5%Cys	11,1 ±0,8	10,7 ±0,8	8,9 ±1,4	<b>10,2</b>
2%AA+0,5%AC+0,5%Cys	11,1 ±0,8	10,5 ±0,5	9,0 ±0,2	<b>10,2</b>
<b>Promedio</b>	<b>10,6</b> b	<b>10,2</b> b	<b>9,4</b> a	

Valores indican el promedio ± desviación estándar.

<sup>Z</sup>Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según el Test de Tukey entre.

AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

**Apéndice VIII.** Evolución de los distintos tratamientos con inhibidores de pardeamiento en cascos peras de peras mínimamente procesados cv. Packham's Triumph (Ensayo I).



AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.

**Apéndice VIII.** Evolución de los distintos tratamientos con inhibidores de pardeamiento en cascós peras de peras mínimamente procesados cv. Packham's Triumph (Ensayo II).



AA= ácido ascórbico; AC= ácido cítrico; Cys= L-cisteína.