

CAPITULO I. Revisión bibliográfica

1.1- Antecedentes generales

Actualmente existe un aumento en la conciencia por parte de los consumidores, en mantener una buena salud y se observa un creciente interés acerca del rol de los alimentos y su efecto en el bienestar del ser humano (Beltrán *et al.*, 2005). Existe una asociación entre el consumo de frutas y hortalizas frescas y la disminución del riesgo de sufrir enfermedades crónicas no transmisibles (Martín-Diana *et al.*, 2007). Asimismo, se observa una marcada tendencia por adquirir alimentos con características sensoriales que reflejen una mínima intervención de procesos industriales, especialmente cuando el alimento comercializado es una fruta o una hortaliza (Trujillo *et al.*, 2001). Estas tendencias, más el acelerado ritmo de la vida actual y la falta de tiempo para la elaboración de los alimentos han incrementado el interés por parte de los consumidores por frutas y hortalizas mínimamente procesadas, principalmente porque son productos frescos y por su fácil consumo (Piga *et al.*, 2003; Devlieghere *et al.*, 2004; Martín-Diana *et al.*, 2007; Xiao *et al.*, 2010). La conveniencia y calidad de los productos mínimamente procesados son factores claves en el aumento de su consumo (Son *et al.*, 2001; Dea *et al.*, 2010).

Este tipo de productos conocidos como mínimamente procesados en fresco (MPF), precortados, cuarta gama o “fresh-cut” representan una etapa de transición entre aquellos completamente procesados (congelados, enlatados o conservas) y los llamados productos frescos. Estos productos se definen como aquellas frutas y hortalizas crudos, sin sus partes no comestibles, perfectamente lavados, pelados y en ciertos casos, trozados, rebanados o rayados, posteriormente embolsados en plástico y conservados a temperaturas de refrigeración, garantizando una duración mínima de siete días para su consumo inmediato (López y Moreno, 1994; Ahvenainen, 1996).

Los productos mínimamente procesados que actualmente se encuentran disponibles en los supermercados del país se han orientado de manera casi exclusiva a especies hortícolas, donde destacan la lechuga, el repollo, el apio y la zanahoria. Respecto a frutas, sólo se ha incursionado en algunas especies con poca propensión al pardeamiento, como es la piña (Defilippi y Campos, 2006). Sin embargo, en países más

desarrollados pueden encontrarse mezclas de frutas como sandías, uvas, kiwis, y naranjas y su consumo está creciendo anualmente debido a la conveniencia en ahorro de tiempo por su preparación, pero también por los beneficios de higiene y la reducción de desechos, ya que en las operaciones de elaboración de estos productos se llega a eliminar entre un 40 y un 50% de la materia prima original; además del ya mencionado cambio de conducta de los consumidores (Martín-Diana *et al.*, 2007). Uno de los mayores retos que enfrenta el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas es el poder combinar adecuadamente distintos factores de preservación a fin de generar productos inocuos, pero que al mismo tiempo garanticen las características sensoriales de frescura que desea el consumidor (Trujillo *et al.*, 2001).

Según el catastro frutícola, en Chile existen 264.819 hectáreas plantadas con frutales, con una producción asociada de 4.152 toneladas (ODEPA-CIREN, 2007). En Chile, investigaciones realizadas en diferentes niveles socioeconómicos, advierten que a pesar de existir una amplia disponibilidad de frutas y hortalizas ricas en vitaminas, minerales y antioxidantes, aun su consumo es reducido; y está disminuyendo (Piga *et al.*, 2003; Rojas *et al.*, 2008).

En una publicación del Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer y el Instituto Americano para la Investigación del Cáncer (Glade, 1999), que recopila más de 700 estudios sobre alimentación, nutrición, actividad física y prevención del cáncer, se plantea que al menos un 30% de ellos pueden ser prevenidos con una alimentación saludable, donde predominen frutas y hortalizas, debido al contenido de compuestos antioxidantes que poseen (Oms-Oliu *et al.*, 2008a). Las frutas y hortalizas son ricas en antioxidantes naturales, y su consumo se asocia a bajas tasas de mortalidad relacionadas con enfermedades crónicas no transmisibles como cáncer, enfermedades cerebro-vasculares, hipertensión arterial, diabetes, entre otras. Estudios recientes han mostrado que la actividad antioxidante de frutas y hortalizas proviene mayoritariamente de flavonoides y otros compuestos fenólicos (Block *et al.*, 1992; Gil *et al.*, 1998). Su actividad biológica se basa en su capacidad para disminuir el daño oxidativo y secuestrar especies reactivas de oxígeno. Las células humanas están constantemente expuestas a una gran variedad de agentes oxidantes, algunos de los cuales son

necesarios para la vida, como el aire, la comida, el agua o incluso las propias actividades metabólicas de las células (Liu, 2007). Estos agentes oxidantes dan lugar a la generación de radicales libres, los cuales son especies muy reactivas e inestables. El exceso de radicales libres pueden reaccionar con determinados componentes celulares como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Parr y Bolwell, 2000), causando un daño oxidativo en estas biomoléculas, que conducen progresivamente a una disfunción celular y aumentando el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles (Liu, 2007). Por ello y con el fin de prevenir o retrasar el estrés oxidativo inducido por radicales libres, se necesitan ingerir suficientes cantidades de antioxidantes.

En base a lo antes mencionado, nació la campaña mundial “5 al día”, que consiste en promover el consumo de frutas y hortalizas a lo menos cinco veces en un día con el objeto de prevenir, no sólo cánceres, sino también enfermedades degenerativas. El consumo de las 5 porciones mencionadas equivalen a los 400 gramos que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el mínimo que debe consumir una persona para mantenerse sana (Olivares, 2008).

De acuerdo con estos antecedentes, se hace evidente que la industria de los alimentos debe desarrollar distintos tipos de productos innovadores para hacerlos accesibles a los consumidores en los lugares a los que éstos concurren, sean el trabajo, estudio o recreación, y así dar una opción de elegir frente a la oferta de comida de alta densidad energética y pobre en nutrientes que sí se encuentran en todo momento y lugar, a muy bajo costo (Vio, 2008); es por esto que los productos MPF representan una excelente alternativa.

Sin embargo, existen ciertas consideraciones que deben tenerse en cuenta a cerca de estos productos; su tiempo de comercialización es limitado debido a la corta vida útil que presentan y al rápido deterioro de los tejidos dañados como resultado de las actividades propias del procesamiento del producto, por ejemplo: lavado, pelado, y principalmente corte (Beltrán *et al.*, 2005; Martín-Diana *et al.*, 2007; Xiao *et al.*, 2010). Las frutas y hortalizas MPF son, en esencia, elementos vivos que interaccionan con su entorno; su fisiología es la de un tejido dañado y para obtener resultados de calidad es

necesario conocer los efectos que su preparación puedan ejercer sobre su fisiología, y sus implicancias en la calidad final del producto (Watada y Qi., 1999; Silveira, 2009). Por tanto la extensión de la vida útil de los productos MPF es fundamental, tanto para la industria debido a los impactos económicos, como para los consumidores (Luna-Guzmán y Barrett, 2000).

En base a lo anterior es que se hace necesaria la comprensión a fondo de los procesos que conducen al deterioro y pérdida de calidad; y es fundamental desarrollar conocimientos o aproximaciones que los reduzcan al mínimo (Toivonen y Brummell, 2008). Reconociendo y controlando los factores que afectan la fisiología y deterioran la calidad de los productos mínimamente procesados, se puede lograr una buena y suficiente vida útil de estos productos (Watada y Qi, 1999).

1.2- Fisiología de los productos MPF

Las operaciones preliminares requeridas para obtener productos MPF, como la selección, pelado, descorazonado y cortado, resultan en el rompimiento y pérdida de la compartimentalización celular, con el consecuente aumento en la actividad enzimática y la aceleración de reacciones fisiológicas; como el incremento en la respiración, la cual causa un consumo acelerado de azúcares, lípidos y ácidos orgánicos, además de aumentar la producción de etileno, el cual induce la maduración y finalmente causa la senescencia. También ocurre deshidratación, acumulación de metabolitos secundarios, formación de radicales libres, pardeamiento enzimático, y pérdida de firmeza. Al mismo tiempo se proveen las condiciones para el crecimiento microbiano (Wiley, 1997; Wright y Kader, 1997; Piga *et al.*, 2003; Beltrán *et al.*, 2005, Oms-Oliu *et al.*, 2008a; Silveira, 2009). A continuación se revisan los principales procesos fisiológicos afectados en mayor medida por el mínimo proceso

1.2.1- Tasa respiratoria

La tasa respiratoria de los productos MPF es mucho más alta que los productos enteros, lo cual depende, entre otros factores del tipo de producto, la temperatura de almacenamiento y el grado de corte (Ahvenainen, 1996). Como consecuencia de las

operaciones propias del procesamiento se produce un alza inicial de la tasa respiratoria, para luego disminuir (Silveira, 2009); la intensidad y duración de esta alza depende de factores como el estado de madurez, las condiciones previas al proceso, así como la intensidad del corte y temperatura de almacenamiento (O'Beirne, 1995). El manejo de la temperatura es una herramienta útil, básica y disponible para minimizar los efectos del daño. Las reacciones metabólicas se reducen de dos a tres veces por cada 10°C de reducción en temperatura (Bretch, 1995).

1.2.2- Emisión de etileno

La producción de etileno se estimula cuando los tejidos sufren estrés, tales como el corte (Watada y Qi, 1999). Esta fitohormona contribuye a la síntesis de enzimas involucradas en la maduración de la fruta como el ablandamiento de la pulpa, cambios de color en la piel del fruto, y desarrollo de sabor y aroma del mismo (Hiwasa *et al.*, 2003; Moggia *et al.*, 2005; Razeto, 2006). La emisión de etileno varía dependiendo del tipo de producto, lo que es de especial interés al enfrentarse al mínimo proceso de un fruto climatérica, como manzana o pera, que presentan un alza en la respiración, o a otras que no presentan esta alza y no experimentan un cambio marcado en sus características de calidad postcosecha (Gorny *et al.*, 2000; Toivonen y Brummell, 2008).

1.2.3- Pardeamiento enzimático

El pardeamiento enzimático se produce cuando se corta el tejido vegetal, lo cual produce ruptura celular y liberación de la enzima polifenoloxidasa, la cual cataliza la reacción entre el oxígeno y las moléculas libres de polifenoles, causando el pardeamiento del tejido (Bretch, 1995; Wiley, 1997; Hiwasa *et al.*, 2003; Changwen *et al.*, 2009). El pardeamiento enzimático consiste en la oxidación de substratos fenólicos a O-quinonas, moléculas muy reactivas que condensan rápidamente combinándose con otros grupos amino o sulfhidrilo de las proteínas y con azúcares reductores, dando lugar a polímeros pardos, rojizos o negros, de alto peso molecular y estructura desconocida (Pérez, 2003; He y Luo, 2007).

1.2.4- Ablandamiento

El ablandamiento de los productos MFP ocurre como consecuencia de la disminución de la turgencia de los tejidos producto del corte, en parte por la degradación de la pared celular primaria donde se produce la solubilización y despolimerización de pectinas y hemicelulosas (Toivonen y Brummell, 2008), y en parte por la pérdida de agua que ocurre durante la postcosecha de la fruta.

1.2.5 Crecimiento microbiano.

Durante las operaciones de mínimo proceso como selección, corte, envasado y distribución la superficie de los tejidos son expuestos a la posible contaminación de bacterias, hongos y levaduras (Allende *et al.*, 2009). La alta humedad y el gran número de superficies de corte, así como las características propias de pH de los productos MPF proveen el ambiente ideal para la proliferación de microorganismos (Ahvenainen, 1996).

1.3- Mínimo proceso de frutos de pera

La pera (*Pyrus communis L.*) es una pomácea originaria de Europa y la zona norte de Irán. En la actualidad, los principales países productores de pera a nivel mundial son: China, Italia, Estados Unidos, Francia y Japón (Reid y Serek, 1999; Razeto, 2006). Según el Censo Agropecuario y Forestal; (2007), en Chile existen aproximadamente 6.590 hectáreas plantadas con peral, distribuidas principalmente entre la V y VII región (ODEPA, 2007).

La pera tiene un amplio mercado, que comprende la industria de conservas, jugos, deshidratados y consumo fresco, tanto para producción interna como para exportación. Este fruto se caracteriza por su gran contenido de agua y fibra, y en cuanto a sus características funcionales las peras poseen una baja capacidad antioxidante en comparación con otros frutos (Prior *et al.*, 2000); los compuestos fenólicos mayoritarios presentes en este fruto son el ácido clorogénico, epicatequina y catequina (Pérez, 2003; Tanriöven y Ekşi, 2005).

La pera presenta un agradable sabor, una atractiva pulpa blanca y una alta digestibilidad, razones por las cuales resulta en un excelente producto MPF (Dong *et al.*, 2000; Oms-Oliu *et al.*, 2007a; Bai *et al.*, 2009; Salta *et al.*, 2010). Además, existe una gran similitud entre peras y manzanas, fundamentalmente porque ambas pertenecen a la misma familia (Pomáceas), crecen en climas similares, presentan similar firmeza y textura crujiente, lo cual representa un gran oportunidad para la producción de peras MPF, ya que actualmente los mercados americanos y europeos han aumentado rápidamente la producción de manzanas MPF, con el fin de incorporarlas a su oferta de productos y menús en las cadenas de supermercados y restaurantes; por tanto las peras MPF representan una potencial alternativa a las manzanas MPF (Bai *et al.*, 2009). Es por esta razón que productores y comercializadores han mostrado un gran interés en el desarrollo de peras MPF (Dong *et al.*, 2000).

Una variedad interesante para el mínimo proceso en el mercado nacional es la variedad Packham's Triumph, debido a su extensa disponibilidad durante el año (aproximadamente desde enero hasta octubre), su textura firme y su pulpa extremadamente blanca, características de gran interés para la industria. Sin embargo, la producción de peras MPF representa un gran desafío dada su propensión al pardeamiento enzimático y al ablandamiento de los tejidos durante el almacenamiento y procesado, los cuales tienen efecto directo sobre la calidad y vida útil de estos productos (Sapers y Miller, 1998; Dong *et al.*, 2000).

1.3.1- Tecnologías para la mantención de la calidad de peras MPF

Las investigaciones en peras MPF se han enfocado en el uso de tratamientos químicos por inmersión como la adición de agentes antipardeantes (ácido ascórbico, cítrico, etc.), agentes para mantener la firmeza (sales de calcio) y el uso de envases de atmósfera modificada con reducidos niveles de oxígeno (Dong *et al.*, 2000; Abreu *et al.*, 2003; Bai *et al.*, 2009). Si bien muchos de estos tratamientos han resultado efectivos, existe una tendencia por parte de los consumidores que demanda la reducción total del uso de agentes químicos en productos frescos. Por tanto, se han

estudiado métodos alternativos como tratamientos térmicos suaves, que puedan extender la vida útil de los productos MPF (Gorny *et al.*, 2002; Bai *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2009).

– **Tratamientos de inmersión:** Los tratamientos de inmersión en soluciones como ácido ascórbico, cítrico y sales de calcio solas o combinadas se han utilizado en peras MPF por Gorny *et al.* (1998); estos autores reportaron una significativa reducción en la incidencia del pardeamiento de los tejidos dañados y en la pérdida de firmeza de peras MPF tratadas con 2% de ácido ascórbico y 1% de lactato de calcio durante un minuto. Así como Gorny *et al.* (2002), realizaron tratamientos de inmersión durante 5 minutos a peras MPF en una combinación de ácido ascórbico (2%), lactato de calcio (1%) y cisteína (0,5%) las cuales también fueron efectivas para extender la vida útil de peras cortadas almacenadas a 0°C, durante 10 días, inhibiendo la pérdida de firmeza y previniendo el pardeamiento.

– **Envasado en atmósfera modificada:** El uso de atmósferas modificadas involucra la disminución de los niveles de oxígeno (O₂) bajo 5 kPa y un aumento en los de dióxido de carbono (CO₂) por sobre 3 kPa (Kader y Salveit, 2003). Oms-Oliu *et al.* (2008b) observaron que atmósferas de 2,5 kPa O₂ + 7 kPa CO₂ inhibieron la síntesis de etileno, redujeron la emisión de CO₂ y lograron recuentos de hongos y levaduras bajos en peras MPF, en comparación con aquellas envasadas sin ningún tipo de atmósfera. Asimismo el uso de atmósferas con 0,5 kPa O₂ redujeron la pérdida de firmeza y el pardeamiento en rebanadas de pera MPF de la variedad Bartlett almacenada a 0°C (Gorny *et al.*, 2002). Gorny *et al.* (1998) estudiaron atmósferas de aire + 5 kPa CO₂, aire + 10 kPa CO₂ combinadas con cloruro de calcio por un minuto, las cuales no contribuyeron a la mantención de la firmeza, ni evitaron el pardeamiento de cascos de pera.

– **Tratamientos térmicos:** Los tratamientos con calor son generalmente efectivos en inhibir reacciones enzimáticas y la carga microbiana, pero su utilización en productos MPF no es frecuente debido a su efecto negativo sobre el sabor, textura y la mantención de la frescura de la pera. Sin embargo, Abreu *et al.* (2003) observaron que

la firmeza de peras mínimamente procesadas, se mantuvo cuando se aplicaron tratamientos de inmersión con temperaturas de agua entre 36 - 42 °C.

En base a los antecedentes recabados, se hace evidente que es posible obtener productos MPF de alta calidad, identificando primero el estado de madurez idóneo para el procesamiento, la elección de la variedad adecuada, los puntos críticos de control durante la línea de procesamiento, y las condiciones de almacenamiento tras conocer su comportamiento metabólico. Por otro lado, estos antecedentes han arrojado que es clave el uso de soluciones antipardeantes, así como soluciones de calcio, sumado al uso de atmósferas modificadas que de forma combinada que permitan asegurar una adecuada vida útil de peras MPF, y el mantenimiento de sus características organolépticas muy similares al producto fresco, con una baja carga microbiológica. Además, es necesario el estudio de nuevas técnicas como la aplicación de calor, para ofrecer a la industria nuevas y mejores técnicas que permitan conservar las peras MPF por más tiempo, y llegar a la mesa de los consumidores con las mejores y más similares características de la fruta fresca.

CAPÍTULO II. Efecto del tipo de corte y temperatura de almacenamiento sobre la tasa respiratoria y el color de peras Packham's Triumph mínimamente procesadas en fresco.

RESUMEN

La velocidad de deterioro de las frutas mínimamente procesadas en fresco es proporcional a su tasa respiratoria; donde la temperatura de conservación es uno de los factores más influyentes. El daño causado por el corte incrementa la respiración y el pardeamiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres tipos de corte (cascos, cubos y mitades) conservados en atmósfera de aire durante 7 días a 5 y 8 °C sobre la tasa respiratoria y parámetros de color de trozos de pera variedad Packham's Triumph, envasadas en envases de polietileno con tapa (120 g). Tras el procesamiento la tasa respiratoria mostró diferencias significativas entre los tratamientos siendo las más altas los cascos almacenados a 8 °C y cubos almacenados a 5 y 8 °C (12,4-13,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹); la tasa respiratoria de cascos conservados a 5 °C fue la más baja con valores de 5,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Al término del período de almacenamiento, se observó que los cortes almacenados a 5 °C presentaron tasas respiratorias entre 6-6,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, mientras que aquellos almacenados a 8 °C los valores fueron 8,6-10,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Tras 1 día de almacenamiento sólo el tipo de corte tuvo efecto sobre los valores de L, donde mitades y cubos fueron los cortes con un L más alto (75,4-75,9), mientras que los cascos presentaron valores más bajos (72,8), los cuales representarían la presencia de colores pardos sobre la zona de corte. Tras 7 días la fruta almacenada a 5 °C mostró valores de L mayores que aquellas conservadas a 8°C. Los parámetros a*, C* y H_{ab} presentaron comportamientos similares a L, todos indicaron presencia de pardeamiento sobre todo en cascos almacenados 8 °C. En general, la tasa respiratoria se vio mayormente incrementada cuando la temperatura de almacenamiento fue más alta (alrededor de un 62% más) y los cambios de color fueron mayores cuando la temperatura aumentó de 5 a 8 °C; por tanto se recomienda evitar aumentos de temperatura, pues una diferencia de tres grados por sobre 5 °C afectaron negativamente la calidad de las peras mínimamente procesadas.

Palabras clave: Respiración, conservación refrigerada, pardeamiento, IV gama, daño mecánico.

ABSTRACT

The deterioration rate of minimally processed fresh fruit is proportional to its respiration rate being temperature of storage one of the most influential factors. In addition, damage caused by the cut increases respiration and biochemical reactions such as browning. The aim of this study was to evaluate the effect of three types of cuts (wedges, dices and halves) preserved under air atmosphere during 7 days at 5 and 8 °C on respiration rate and color parameters of Packham's Triumph pear packed in polyethylene trays with lid (120 g). After processing, respiration rate showed differences among treatments where wedges at 8 °C and dices at 5 and 8°C had respiration rates higher (12,4 – 13,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) than the other treatments; the respiration rate of wedges at 5°C was the lowest value (5,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). At the end of the storage, the cuts at 5 °C showed respiration rates between 6-6,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, whereas at 8 °C were 8, 6-10,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. After 1 day the type of cut affected L parameter, where dices and halves had the highest values (75,4- 75,9), whereas wedges with L values lower showed browning color (72,8) according to color scale. After 7 days, the cuts at 5°C showed L values higher than cuts at 8 °C. The color parameters a*, C* and H_{ab} showed similar trend compared to L values, all color parameters indicated presence of browning specially in wedges at 8 °C. In general, respiration rate was largely increased when storage temperature was high (around 62% more) and color changes were highest when storage temperature increased from 5 to 8 °C. Therefore is recommended to avoid temperature increases, because a difference of 3 °C above 5°C had negative effect on the quality of fresh-cut pears.

Keywords: Respiration, cold storage, browning, cut type, minimally processed.

INTRODUCCION

La industria de fruta mínimamente procesada es un sector que ha crecido rápidamente en los últimos años debido a que otorgan al consumidor un producto fresco, conveniente y saludable. Sin embargo, el mayor obstáculo para la comercialización de estos productos es su corta vida útil debido a que sufren severos daños durante su procesamiento (Oms-Oliu *et al.*, 2008a; Xiao *et al.*, 2010). No obstante, la intensidad de la respuesta al daño depende de muchos factores: especie, variedad, estado de madurez, entre otros (Beirão-da-Costa *et al.*, 2006). Las operaciones preliminares para obtener una fruta mínimamente procesada, son la selección, pelado, descorazonado y corte, etapas que alteran el metabolismo, aumentando la tasa respiratoria, emisión de etileno (C₂H₄), deshidratación, descompartimentalización celular y pardeamiento enzimático de la fruta (Bretch, 1995; Piga *et al.*, 2003).

La respiración es el proceso a través del cual las reservas acumuladas por el fruto se convierten en energía; estas reservas corresponden principalmente a almidón, lípidos, ácidos orgánicos y proteínas (Wiley, 1997); en diversos estudios se ha observado que a una mayor tasa respiratoria está asociado un mayor consumo de ácidos y azúcares y a un incremento del pH (Abreu *et al.*, 2003; Beirão-da-Costa *et al.*, 2006; Aguayo *et al.*, 2010). El incremento de la tasa respiratoria en estos productos se debe al aumento de producción de etileno por parte del tejido dañado. El etileno estimula la respiración, sobretodo en frutos climatéricos (Silveira, 2009). Watada *et al.* (1996) observaron que la respiración de kiwi cortado en rodajas fue el doble de la respiración de kiwi entero. Por lo general la tasa respiratoria de los productos mínimamente procesados es mucho más alta que la de los productos enteros, en especial, a altas temperaturas y como resultado de la situación de estrés que se genera por el procesado (Bretch, 1995; Oms-Oliu *et al.*, 2008a; Silveira, 2009); por ejemplo rebanadas de frutillas y peras mínimamente procesadas mostraron tasas respiratorias más altas que el fruto entero luego de 7 días a 2,5 °C (Rosen y Kader, 1989). Debido a la naturaleza enzimática de los procesos involucrados en la respiración, la temperatura afecta directamente su tasa de

producción. Es así que con cada aumento de 10 °C de temperatura hay un incremento de dos a tres veces la velocidad de reacción, lo que se conoce como coeficiente de temperatura (Q_{10}). Por otro lado cada reducción de 10 °C en la temperatura proporciona un descenso similar en la velocidad de reacción entre dicho margen biológico (Wiley, 199). Watada *et al.* (1996) observaron que las tasas respiratorias de melones cortados almacenados a 0, 5 y 10 °C fueron similares; mientras que a 20°C fueron significativamente más altas. Esto significa que las bajas temperaturas son una herramienta útil como para reducir la tasa respiratoria de fruta mínimamente procesada (Wiley, 1997; García y Barret, 2002).

El pardeamiento enzimático es consecuencia del rompimiento celular, producido por el procesamiento, donde el número de cortes por área y la calidad de los equipos utilizados tienen efecto directo sobre la intensidad del daño provocado a los tejidos (Dong *et al.*, 2000; Oms-Oliou *et al.*, 2008a). El rompimiento celular produce la descompartimentación de enzimas y sustratos que al entrar en contacto reaccionan formando compuestos activos. Los compuestos fenólicos de la fruta son oxidados hasta O-quinonas mediante reacciones catalizadas por enzimas denominadas genéricamente polifeniloxidasas. Las O-quinonas son moléculas muy reactivas que condensan rápidamente, combinándose con otros grupos químicos, dando lugar a polímeros pardos, rojizos o negros, de alto peso molecular y estructura desconocida. La formación de O-quinonas es una reacción reversible que en presencia de agentes reductores dan lugar a O-difenoles incoloros. Los O-difenoles pueden experimentar procesos de polimerización que dan lugar a compuestos coloreados denominados melaninas, produciendo pardeamiento superficial del producto y disminuyendo su calidad visual (Bretch, 1995; Oms-Oliu, 2008; Changwen *et al.*, 2009). La intensidad del pardeamiento, depende de factores como la actividad oxidativa de la enzima, la concentración del sustrato del oxígeno molecular (O_2) junto con apropiadas condiciones de pH, temperatura y actividad de agua (Toivonen and Brummel, 2008).

Existen diversas herramientas para extender la vida útil de peras mínimamente procesadas tales como el uso de agentes antipardeantes, películas comestibles y atmósfera controlada (Dong *et al.*, 2000; Gorny *et al.*, 2002); sin embargo el manejo de

la temperatura y la disminución del número de cortes por área son herramientas muy básicas y disponibles para minimizar los efectos del daño (Bretch, 1995; Barry-Ryan y O'Beirne, 1998; García y Barrett, 2002). Las bajas temperaturas durante el procesamiento y almacenamiento reducen considerablemente la actividad bioquímica y el crecimiento microbiano. En general la temperatura recomendada para estos productos es cercana a 0 °C, aunque por costos económicos se procesan, transportan y almacenan entre 5 y 10 °C (Schlime, 1995; Del Caro *et al.*, 2004). La producción de peras mínimamente procesadas presentan un desafío mayor que algunas otras frutas, debido a que tienen una gran tendencia al pardeamiento enzimático, sumado al incremento de la tasa respiratoria producto del procesamiento en sí (Dong *et al.*, 2000; Changwen *et al.*, 2009). De acuerdo a Kader (2002), la pera es un fruto que presenta una velocidad de respiración moderada, es decir su emisión de CO₂ es de 10-20 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; sin embargo cuando la pera es cortada estos valores pueden aumentar entre 25-30% dependiendo, entre otros factores la intensidad del corte (Rosen y Kader, 1989; Gorny *et al.*, 2000). Es por esto que se hace interesante estudiar el efecto de distintos tipos de corte y temperaturas de almacenamiento sobre la tasa respiratoria y parámetros de color de peras mínimamente procesadas.

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

El tipo de corte y temperatura de almacenamiento afectan la tasa respiratoria y los parámetros de color de peras MPF variedad Packham's Triumph.

Objetivos

Evaluar el efecto tres tipos de corte: cubos, cascos y mitades sobre la tasa respiratoria y parámetros de color (L , a^* , C^* y H_{ab}) de peras MPF.

Evaluar el efecto de dos temperaturas de almacenamiento (5 y 8 °C) sobre la tasa respiratoria y parámetros de color (L , a^* , C^* y H_{ab}) de peras MPF.

Evaluar el efecto de tres tipos de corte (cascos, cubos y mitades) y dos temperaturas de almacenamiento (5 y 8 °C) sobre los valores de pH, sólidos solubles y acidez titulable de peras MPF.

MATERIALES Y METODOS

2.1- Materiales

Se utilizaron frutos provenientes suministrados por la empresa Inversiones Kiwi del Sur Ltda; provenientes de huertos ubicados en la VI Región de O'Higgins, Provincia de Cachapoal, Comuna de Coltauco y VII Región del Maule, Provincia de Linares, cosechados en los meses de febrero y marzo, respectivamente. Los índices de cosecha fueron color de cubrimiento mayor o igual a 80% y firmeza de 7,7-8,2 kg de acuerdo a lo propuesto por Moggia *et al.* (2005). Una vez cosechada la fruta, las condiciones de almacenamiento fueron -1,5 a -0,5 °C y 90 a 95% HR de acuerdo a lo recomendado por Reid y Serek (1999).

Las peras MPF se envasaron en tarrinas transparentes de polietileno con tapa y una capacidad de 500 mL. Estas tarrinas se adquirieron en una tienda especializada en equipamiento gastronómico (Cherry, Chile).

2.2- Método

2.2.1- Caracterización de fruta entera

Previo al procesamiento se realizó una caracterización inicial de la fruta entera de acuerdo con lo propuesto por Oms-Oliu *et al.* (2007a) con algunas modificaciones; para ello se cogieron 24 frutos a los cuales se les determinaron los siguientes parámetros físico y químicos: tamaño, peso, color de fondo y de pulpa, firmeza, contenido de sólidos solubles totales, pH y acidez titulable (Cuadro 2.1).

Parámetros físicos

–Tamaño: Se determinó mediante un pie de metro (Bull Tools, China) y se expresó en milímetros.

–Peso: Se determinó mediante una balanza electrónica (Precisa, Suiza) y se expresó en gramos.

– Color de piel: Se determinó con un colorímetro portátil tri-estímulo Minolta modelo CR-200 (Minolta, Japón), con una fuente iluminante D₆₅, un ángulo de observador de 0°, utilizando el sistema CIELab. Adicionalmente los valores de a* y b* se transformaron a valores de saturación (C*, croma) y tono (H_{ab}), donde $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ y $H_{ab}=\tan^{-1}(b^*/a^*)$ (Mc Guire, 1992). Se realizaron tres mediciones por fruto en la zona ecuatorial.

– Color de pulpa: Se determinó con un colorímetro portátil tri-estímulo siguiendo la metodología para color de fondo. El color se evaluó sobre la pulpa en mitades de pera (sin la zona calicinal) realizando 3 mediciones por mitad.

– Firmeza, se determinó con un texturómetro FTA (TR, Italia), utilizando un émbolo de 7,9 mm. Se realizaron en la zona ecuatorial del fruto, previa remoción de la piel, y se expresó como kg·f.

Parámetros químicos

– Sólidos solubles totales: Se determinaron a partir de una muestra de jugo representativa obtenida de 4 frutos mediante un refractómetro termo-compensado (Atago, Japón). Los resultados se expresaron en porcentaje de sólidos solubles totales.

– pH: Se determinó con un potenciómetro electrónico (Schott, Alemania) utilizando una muestra del jugo utilizado para la determinación de sólidos solubles.

– Acidez titulable (AT): Se determinó 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.

2.2.2- Procesamiento

El día previo al procesamiento la fruta se almacenó a 0 °C y 95% de humedad relativa. Desde la cámara de almacenamiento, la fruta se trasladó a la sala de manipulación y acondicionamiento, la cual fue previamente sanitizada al igual que los utensilios utilizados con una solución de hipoclorito de sodio (100 mg L^{-1}), donde se trabajó a una temperatura entre 5 y 8 °C de acuerdo a lo propuesto por Cocci *et al.* (2006).

Antes de procesar las peras se les realizó un lavado con agua potable a 5 °C durante 5 min, con el objetivo de eliminar cualquier material extraño sobre ellas y mantener las bajas temperaturas durante el proceso; a continuación los frutos enteros se colocaron sobre mallas de acero inoxidable para eliminar el exceso de agua. Posteriormente se procedió al pelado, eliminación de la zona calicinal y cortado manual con cuchillos lisos y afilados; se realizaron tres tipos de corte: cascos de aproximadamente 5 x 1,5 cm, cubos de aproximadamente 2 x 2 cm y mitades de aproximadamente 6 x 5 cm (Figura 2.1). Luego, los distintos cortes se lavaron con agua potable a 5 °C, durante 5 min, para ser drenados sobre una malla de acero inoxidable por un período de 5 min. Finalmente los distintos cortes se envasaron en envases de polietileno con tapa y se almacenaron a 5 y 8 °C durante 7 días.

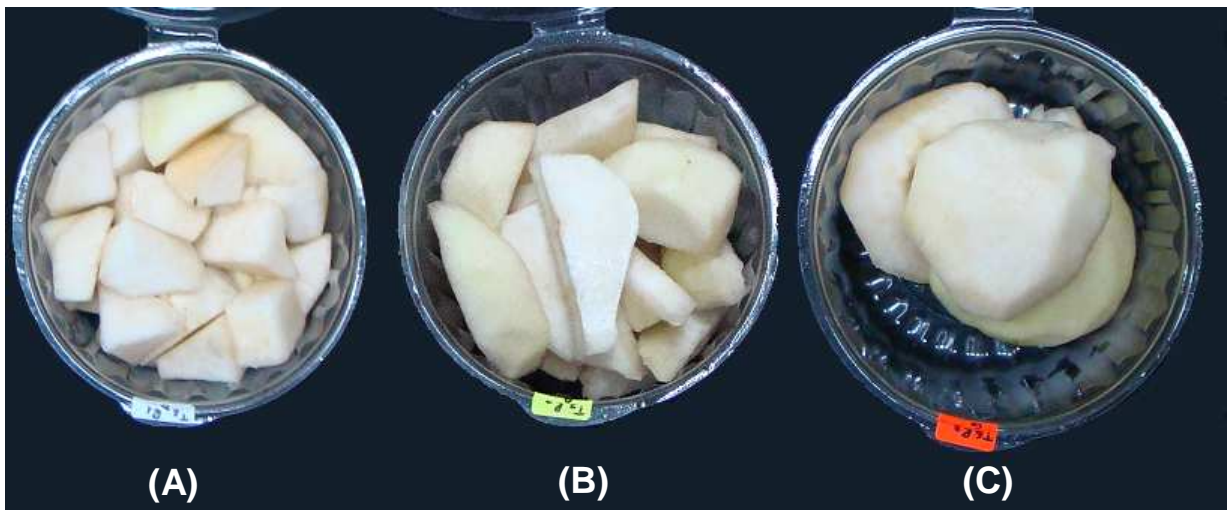


Figura 2.1. Cortes realizados: (A) cubos, (B) cascos y (C) mitades de pera mínimamente procesada.

2.2.3- Parámetros medidos

2.2.3.1- Tasa respiratoria:

Se determinó mediante un sistema estático a 5 y 8 °C en aire. Se colocaron aproximadamente 200 g de trozos de fruta en frascos de vidrio de 500 mL herméticamente sellados, provistos de un septum de silicona en su tapa a través del cual se tomaron muestras gaseosas de 10 mL con jeringas de plástico (Nitro, Argentina) al cabo de 1 h de cierre de acuerdo a lo propuesto por Escalona *et al.* (2006a). La composición del espacio de cabeza se monitoreó mediante el uso de un cromatógrafo de gases (CG) (Hewlett Packard 5890 Serie II, E.E.U.U.) provisto de un detector de conductividad térmica (Hewlett Packard, E.E.U.U.). Las temperaturas del inyector, horno y detector fueron 50°, 50° y 200 °C respectivamente. El gas transportador fue helio (Indura, Chile) a una presión de 50 psi. Se utilizó un estándar de CO₂ de 10% (Indura, Chile) como patrón. La tasa respiratoria se expresó como la producción de CO₂ (mg kg⁻¹ h⁻¹) y se realizaron mediciones por triplicado, los días 0 (2-4 h tras el procesamiento), 1, 2, 4 y 7 tras el proceso.

Para determinar los mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ se empleó la siguiente expresión:

$$\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = \frac{\Delta \text{CO}_2 \%}{100} \times \frac{\text{volumen libre (mL)}}{\text{Peso de la muestra (kg)}} \times \frac{1}{\text{Tiempo (h)}}$$

Para convertir los mL CO₂ a mg CO₂ se multiplicaron los mL por un factor que varía según la temperatura utilizada (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Factores de conversión de mL a mg de CO₂ según temperatura.

Temperatura (°C)	mg mL ⁻¹ CO ₂
5	1,94
8	1,92

Fuente: Adaptado de Kader (2002).

2.2.3.2- Parámetros de color:

Se determinaron con un colorímetro portátil tri-estímulo Minolta CR-200 siguiendo la metodología para color de piel descrita en el punto 2.2.1. En el caso de los cubos, el color se midió en todas las caras; para los cascos se midió en ambas caras del corte y las mitades se midieron en dos puntos de la zona de corte (zona ecuatorial). Se realizaron mediciones a todos los trozos de cada envase, por triplicado, los días 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Con el objetivo de medir el grado de pardeamiento de la pera MPF, se elaboró una escala de pardeamiento (Apéndice I, Figura 1). Para realizar la escala se midió el color de 8 cascos representativos, en donde se obtuvo el promedio de los parámetros de color (L, a*, C* y H_{ab}) de éstos. Los valores representan a cada puntuación de la escala: 1= Pardeamiento extremo, 7= límite de aceptabilidad y 15= Ausencia de pardeamiento.

2.2.3.3- Parámetros químicos:

– Sólidos solubles: Se determinaron a partir de una muestra de jugo representativa obtenida de las muestras utilizadas en la medición de color, mediante un refractómetro termo-compensado (Atago, Japón). Los resultados se expresaron en porcentaje de sólidos solubles totales (SST) . Se realizaron mediciones por triplicado, los días 1, 4 y 7.

– pH: Se determinó con un potenciómetro electrónico (Schott, Alemania), a partir de las mismas muestras utilizadas para la determinación de sólidos solubles. Se realizaron mediciones por triplicado, los días 1, 4 y 7.

–Acidez titulable (AT): Se determinó mediante la titulación de 10 mL de jugo, de las muestras utilizadas para determinar pH y sólidos solubles, 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. Se realizaron mediciones por triplicado, los días 1, 4 y 7.

Tanto el procesamiento, como las evaluaciones se realizaron en los laboratorios del Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de

la Universidad de Chile.

2.2.4- Diseño de experimentos y análisis estadístico

Se estableció un diseño completamente al azar, con estructura factorial 2 x 3, con tres repeticiones por tratamiento; el primer factor fue la temperatura de conservación (5 y 8 °C), y el segundo factor fue el tipo de corte (cubos, cascos y mitades); con un total de seis tratamientos (Cuadro 2.3). La unidad experimental correspondió a un envase plástico de aproximadamente 250 g.

Los datos obtenidos se evaluaron con un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza de 95%; al existir diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

Todos los resultados de las determinaciones se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab Release 15.

Cuadro 2.3. Tratamientos con diferentes tipos de cortes y diferente temperatura de almacenamiento.

Tratamientos	Tipo de corte	Temperatura de almacenamiento (°C)
T1	Cubos	8
T2	Cubos	5
T3	Cascos	8
T4	Cascos	5
T5	Mitades	8
T6	Mitades	5

RESULTADOS Y DISCUSION

2.3.1- Caracterización de fruta entera

La firmeza de pulpa y los SST son los principales parámetros utilizados comercialmente para determinar el inicio de la cosecha de peras, con valores recomendados de 7,7 kg·f y 13% (Gil y Zoffoli, 1989); sin embargo, tras la cosecha las peras son almacenadas durante hasta 6 meses bajo sistemas controlados, por lo que la fruta continúa lentamente con el proceso de maduración; según Moggia *et al.* (2005) las variables de firmeza y SST son los mejores indicadores de evolución de la madurez. En el cuadro 2.1 se observa una disminución en la firmeza de la pulpa y SST, en comparación a los criterios de cosecha antes mencionados, lo que podría deberse al efecto almacenamiento de la fruta.

Cuadro 2.1. Caracterización de fruto entero

Parámetros físicos		Parámetros químicos	
Tamaño (mm)	70,1 ± 0,5 ^a	SST (%)	12,2 ± 0,1 ^b
Peso (g)	183,3 ± 0,2 ^a	pH	4,1 ± 0,1 ^b
Color de fondo		AT (%)	0,1 ± 0,0 ^b
L	64,3 ± 0,3 ^a		
a*	-13,3 ± 0,6 ^a		
b*	42,2 ± 0,2 ^a		
C*	44,6 ± 0,2 ^a		
H _{ab}	107,4 ± 0,4 ^a		
Color de piel			
L	81,8 ± 0,2 ^a		
a*	-3,1 ± 0,1 ^a		
b*	12,2 ± 0,2 ^a		
C*	12,6 ± 0,2 ^a		
H _{ab}	104,2 ± 0,5 ^a		
Firmeza (kg·f)	5,2 ± 0,1 ^a		

^a Corresponde a la media de 24 muestras ± ES.

^b Corresponde a la media de 8 muestras ± ES.

2.3.2- Tasa respiratoria

Tras el procesamiento (día 0), la tasa respiratoria mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Apéndice, Cuadro 2.1); donde, cascos almacenados a 8°C y cubos a 5 y 8°C presentaron las tasas respiratorias más altas (12,4-13,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), las cuales fueron alrededor de un 60,7% superiores a cascos almacenados a 5°C (5,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Figura 2.3).

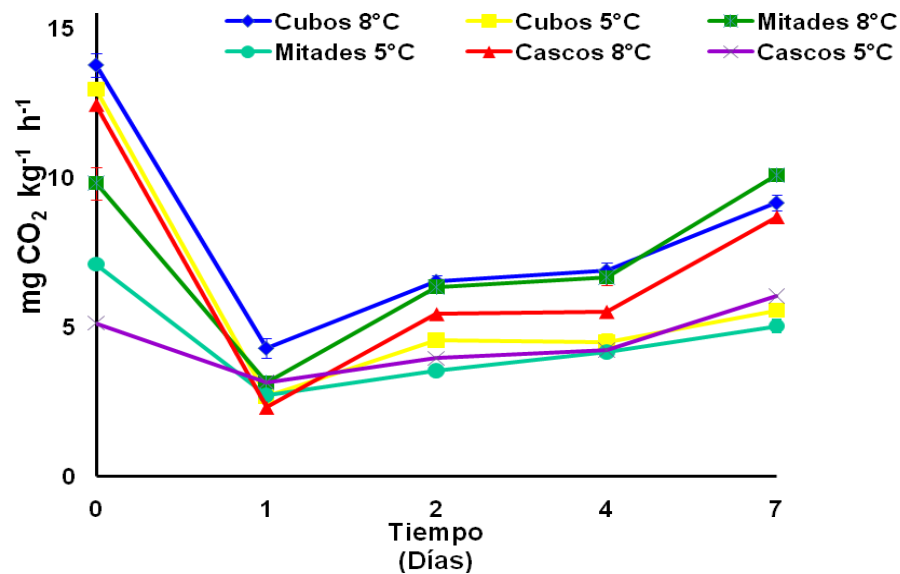


Figura 2.3. Tasa respiratoria (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de peras sometidos a tres tipos de corte y almacenados a dos temperaturas. Los valores son la media (n=3) ± ES.

Entre los días 1 y 4, se observaron diferencias significativas entre todos los tratamientos; durante este período cubos y mitades almacenados a 8°C presentaron tasas respiratorias más altas (4,3-6,9 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) las cuales fueron entre un 32-36% más altas que el resto de los tratamientos (2,6-5,5 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Apéndice, Cuadro 2.1).

Todos los tratamientos disminuyeron su tasa respiratoria a lo largo del almacenamiento, logrando una estabilización entre los días 2 y 4, con una variación máxima de 0,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ durante estos días; para luego aumentar al término del período.

Al término del período de almacenamiento (día 7), sólo la temperatura tuvo un efecto significativo sobre la tasa respiratoria de los distintos cortes, observándose que aquellos almacenados a 5°C presentaron tasas respiratorias un 33% más bajas (6-6,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) que aquellos almacenados a 8°C (8,6-10,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹).

Los altos valores obtenidos tras el corte, podrían deberse al estrés producido por las operaciones propias del procesamiento tales como pelado y corte (Beltrán *et al.*, 2005; Beirão-da-Costa *et al.*, 2006). Saavedra *et al.* (2006) observaron que tras el procesamiento de rábanos, estos alcanzaron tasas respiratorias un 30% más altas que rábano entero a 5 °C. Rivera *et al.* (2005) observaron que para papayas sometidas a distintos tipos de corte y distintas temperaturas la tasa respiratoria fue alta (52-78 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) tras el corte de cubos y rebanadas, para luego disminuir los siguientes días.

Después del estrés provocado por el procesamiento, se produjo una estabilización de la tasa respiratoria; lo cual pudo deberse a que el tejido se adaptó a las nuevas condiciones tanto de almacenamiento, como de estructura física (corte); esta estabilización tras el corte ha sido observada por diversos autores como Rivera *et al.* (2003) en papaya cortada, Saavedra *et al.* (2006) en rábano, Silveira (2009) en melón.

El hecho que cubos y mitades almacenados a 8 °C presentaran las tasas respiratorias más altas, durante los días 1 y 4, podría tener explicación en que el grado de procesamiento (superficie expuesta) que sufrieron tuvo efecto directo sobre la magnitud de daño del tejido (Rosen y Kader, 1989; Barry-Ryan y O'Beirne, 1998; Saavedra *et al.*; 2006); ya que a mayor alteración de los tejidos la tasa respiratoria media se incrementa entre tres y siete veces respecto al tejido intacto (Wiley, 1997). La lechuga Iceberg cortada presentó alzas en sus tasas respiratorias de 30-40% más que aquellas no cortadas (O'Beirne, 1995); zanahorias peladas manualmente presentaron un alza en la tasa respiratoria de un 15% en comparación con zanahorias no peladas (García and Barrett, 2002).

Las diferencias encontradas tras 7 días de almacenamiento entre las dos temperaturas

de conservación podría estar relacionadas con que a una menor temperatura permite disminuir la tasa respiratoria. (Schlime 1995; Silveira, 2009). Mercado-Silva *et al.* (2006) observaron que la calidad de jícama mínimamente procesada estuvo determinada por la temperatura de almacenamiento; asimismo Rivera *et al.* (2005) señalan que una temperatura de 5 °C disminuyó la tasa respiratoria de cubos y rebanadas de papaya, en comparación con aquellas conservadas a 10 y 20 °C que presentaron alzas significativas, en esta misma experiencia no se encontraron diferencias significativas entre los cortes. Watada *et al.* (1996) también reportaron que la tasa respiratoria de melones mínimamente procesados se incrementó al aumentar la temperatura de almacenamiento. Saavedra *et al.* (2006) señalaron que, independiente del tipo de corte, las tasas respiratorias de rábanos almacenados a 1 y 5 °C fueron significativamente más bajas que aquellos almacenados a 10 °C. Koukounaras *et al.* (2007) determinaron que las tasas respiratorias de rúcula almacenada a 5 °C fueron un 35% más bajas que aquellas almacenadas a 10 °C.

2.3.3-Parámetros de color

– **Luminosidad (L):** los tratamientos mantuvieron los valores de L durante todo el período de almacenamiento, excepto cubos almacenados a 8 °C y cascos a 5 °C (Apéndice, Cuadro 2.2); luego de un día de almacenamiento se observó que sólo el tipo de corte presentó diferencias significativas, siendo mitades y cubos los cortes con un L más alto (75,4-75,9), mientras que los cascos presentaron valores de L más bajos (72,8), lo cuales se consideran como presencia de pardeamiento en base a la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 2.1). Asimismo, tras dos días de almacenamiento, el tipo de corte fue significativo, con un comportamiento similar al del día uno (Figura 2.4). Entre los días 3 y 5 no se observaron diferencias entre los tratamientos; los valores de L estuvieron entre 73 y 77. Tras 6 días, los tratamientos presentaron valores de entre 75 y 77, excepto cascos almacenados a 8 °C, los cuales presentaron los valores más bajos (73) (Apéndice, Cuadro 2.3). Al término del período de almacenamiento los cascos y mitades conservados a 8 °C presentaron valores de 72-74, mientras que el resto de los tratamientos presentó valores de 75 a 77.

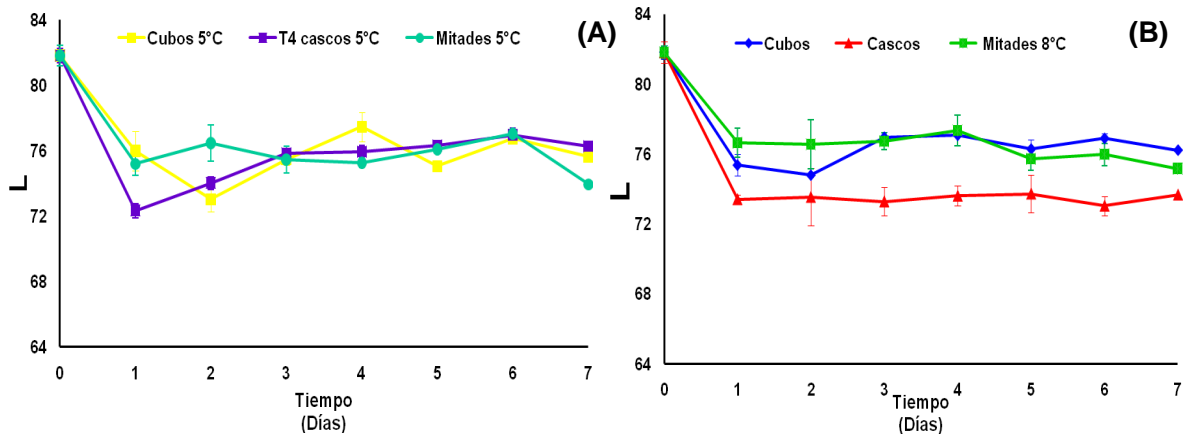


Figura 2.4. Variación del parámetro L en peras sometidas a tres tipos de corte y almacenadas a (A) 5 °C y (B) 8 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

– **a*:** Entre los días 1 y 3 no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores de a estuvieron entre -1,2 y -2 (Apéndice, Cuadro 2.4). Luego de 4 días, sólo la temperatura presentó un efecto significativo sobre los valores de a*; los cascocs almacenados a 8 °C presentaron los valores más altos asociados a mayor pardeamiento. Los días 5 y 6 cascocs almacenados a 8 °C presentaron los valores más altos, más cercanos a cero, el resto de los tratamientos se mantuvieron en el rango de -1,0 a -2,1 (Apéndice, Cuadro 2.4). Al fin del almacenamiento, los cortes almacenados a 5 °C presentaron valores medios de -1,0, mientras que a 8 °C los valores medios fueron de -0,6.

– **Croma (C*):** El tipo de corte tuvo efecto significativo sobre los valores de croma al comienzo del período de almacenamiento; cubos y cascocs presentaron valores de 18 y 18,6 respectivamente; las mitades valores de 16,2 (Apéndice, Cuadro 2.5). Tras 5 días, los valores más altos, relacionados con mayor grado de pardeamiento, se observaron en cubos y cascocs a 8°C, mientras que los demás tratamientos no presentaron diferencias entre sí (Apéndice, Cuadro 2.5). El último día de almacenamiento sólo la temperatura tuvo efecto sobre el croma; los cortes a 5 °C presentaron valores de 17,8, mientras que a 8 °C presentaron valores de 19,2 (Figura 2.5)

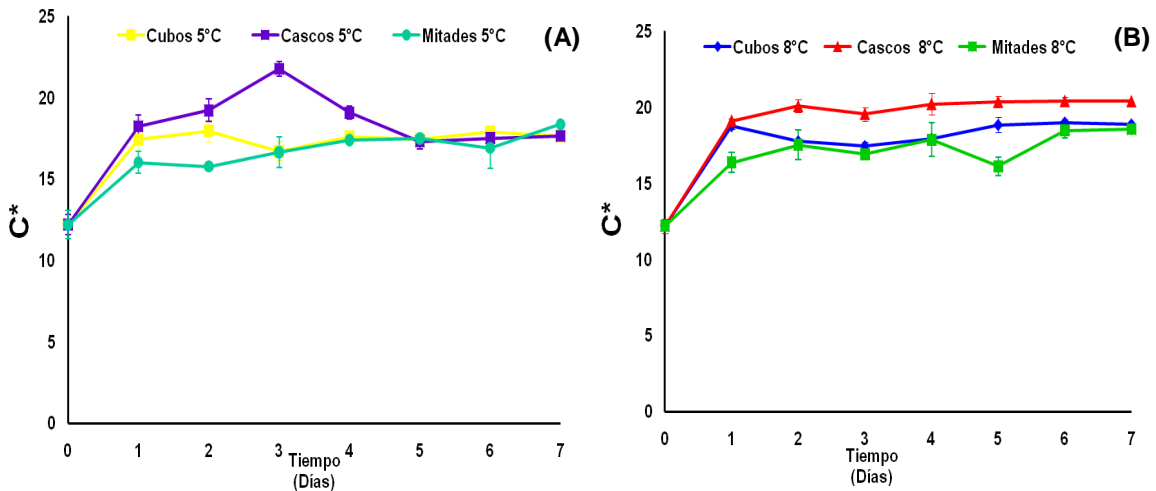


Figura 2.5. Variación del parámetro C^* en peras sometidas a tres tipos de corte y almacenadas a: (A) 5 °C y (B) 8 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

H_{ab}: Se observó que en todos los tratamientos disminuyó el H_{ab} durante el almacenamiento (Apéndice, Cuadro 2.6). Tras 1 día no se observaron diferencias significativas entre tratamiento, los valores de H_{ab} fueron de 94- 97. Entre los días 4 y 7 se observó que sólo la temperatura tuvo efectos significativos sobre los valores de H_{ab}; en este período los cortes a 5°C presentaron los valores H_{ab} más bajos, asociados a un menor grado pardeamiento, mientras que a 8 °C estos valores fueron superiores (Apéndice, Cuadro 2.6).

En base a la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) todos los tratamientos comenzaron el período de almacenamiento (día 1) con una puntuación “12”, ninguno presentó ausencia total de pardeamiento. Tras 7 días sólo cascós y cubos a 8 °C se ubicaron en el límite de la aceptabilidad con respecto al pardeamiento (puntuación “7”), el resto de los tratamientos obtuvieron puntajes de “12” y “9”, es decir no presentaron pardeamiento de los tejidos.

Los resultados obtenidos indican que en general, el efecto de la temperatura de almacenamiento fue superior al efecto del tipo de corte sobre los parámetros de color, sobre todo al término del período de almacenamiento; esto podría deberse a que la velocidad de las reacciones catalizadas por las enzimas, como el pardeamiento enzimático, están controladas en gran medida por la temperatura (Varoquaux y Wiley,

1997). Estos resultados concuerdan con Rivera *et al.* (2005) quienes señalaron que en papaya sometida a distintos tipos de corte y distintas temperaturas de almacenamiento, el tipo de corte no tuvo efecto significativo sobre el color, no así la temperatura. Koukounaras *et al.* (2007) determinaron que rúcula almacenada a 5 °C presentó menos pérdida de color, que la almacenada a 10 °C.

Al comienzo del almacenamiento se observó que el tipo de corte tuvo efecto sobre los parámetros L y C*, esto pudo deberse a que el pardeamiento ocurre como consecuencia del rompimiento celular, producto del pelado y corte, donde se produce la descompartimentalización de las células provocando que enzimas y sustratos entren en contacto (Bretch, 1995; Beltrán *et al.*, 2005; Changwen *et al.*, 2009). El pardeamiento en trozos de pera es causado por la acción de la enzima polifenoloxidasas sobre compuestos fenólicos que son liberados durante el proceso de corte (Gorny *et al.*, 2002). Según Gorny *et al.* (1998); Sapers y Miller (1998), Dong *et al.* (2000), Abreu *et al.* (2003); Oms-Oliu *et al.* (2008c) la disminución de los valores de L, indicaría presencia de pardeamiento de los trozos de pera. El aumento de los valores de a* se debería a la incidencia de pardeamiento sobre las superficies de corte; lo cual coincide con lo observado por Sapers y Miller; (1998), Gorny *et al.* (2000); Abreu *et al.* (2003). La disminución observada de los valores de tono se asocia a la presencia de pardeamiento (Dong *et al.*, 2000; Gorny *et al.*, 2002; Oms-Oliu *et al.*, 2008a).

2.3.4- Parámetros químicos

–**Sólidos solubles totales (SST):** Se observó que durante el almacenamiento en todos los tratamientos disminuyó significativamente el contenido de sólidos solubles, excepto en cascos almacenados a 5°C (Apéndice, Cuadro 2.7). Asimismo, durante todo el período, sólo la temperatura tuvo efecto significativo sobre el contenido de sólidos solubles de los diferentes cortes de pera (Apéndice, Cuadro 2.8). Aquellos trozos conservados a 5 °C presentaron valores superiores (11-12,4), a 8 °C los valores fueron más bajos (10,4-11,6) (Figura 2.6).

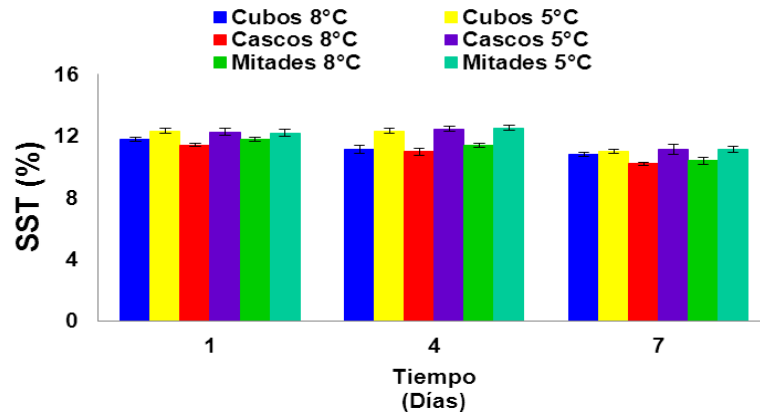


Figura 2.6. Variación del contenido de sólidos solubles (%) en peras sometidas a tres tipos de corte y almacenadas a dos temperaturas. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

– **pH:** El efecto de los distintos cortes y temperaturas no tuvo efecto significativo sobre los valores de pH durante todo el período de almacenamiento (Apéndice , Cuadro 2.9); asimismo el efecto del período de almacenamiento tampoco fue significativo (Apéndice, Cuadro 2.7).

– **Acidez titulable (AT):** Durante el período de conservación, no se observaron cambios significativos sobre el porcentaje de acidez entre los tratamientos (Figura 2.7) (Apéndice, Cuadros 2.7 y 2.10).

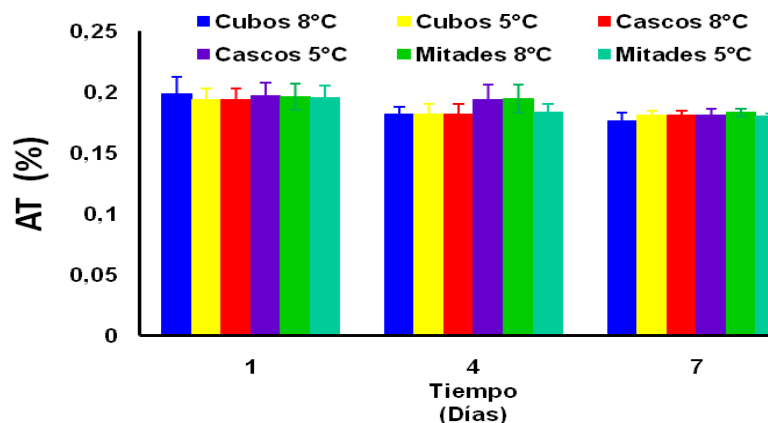


Figura 2.7. Variación de la acidez titulable (%) en peras sometidas a tres tipos de corte y almacenadas a dos temperaturas. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

El efecto que tuvo la temperatura de almacenamiento de 8°C sobre los SST de los distintos cortes de pera, podría asociarse a las tasas respiratorias altas que presentaron las peras almacenadas a esta temperatura, ya que a 5°C, este parámetro se vio menos afectado. Rivera *et al.* (2005) reportaron una mayor pérdida en el contenido de SST en papaya mínimamente procesada almacenada a 20°C, en relación con aquellas almacenadas a 10 y 5°C. Resultados similares encontraron Aguayo *et al.* (2008) quienes señalaron que un aumento en el contenido de ciertos azúcares en melón, debido a que los azúcares son utilizados en el proceso respiratorio de los vegetales, además de utilizarse para reparar el daño provocado por el corte y esta podría ser la razón del comportamiento observado.

Con respecto al pH y la acidez titulable, éstos no presentaron variaciones significativas entre tratamientos ni tampoco durante el período de almacenamiento. Saavedra *et al.* (2006) tampoco reportaron diferencias significativas en el pH y acidez titulable de rebanadas de rábano almacenado a distintas temperaturas; mientras que Koukounaras *et al.* (2007) señalaron que la temperatura de almacenamiento afectó el contenido de sólidos solubles de rúcula cortada, la reducción de SST fue mayor a 10 °C que a 0°C; estos autores no observaron efectos sobre la acidez.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la hipótesis y objetivos planteados en este trabajo se establece que:

- Una temperatura de 5 °C redujo de manera significativa la tasa respiratoria de cubos, cascos y mitades de peras mínimamente procesadas en fresco en comparación con 8 °C.
- Los parámetros de color L, a*, C* y H_{ab} se vieron afectados significativamente por la temperatura de almacenamiento, lo que se tradujo en un mayor grado de pardeamiento de los tejidos en los cortes de pera almacenados a 8 °C.
- La intensidad del daño (tipo de corte) afectó de manera significativa a los parámetros de color, aumentando los valores de L y H_{ab}, y disminuyendo los de a* y C*, al comienzo del período de almacenamiento.
- La disminución del contenido de sólidos solubles se vio afectada por el aumento de la temperatura, asociada al aumento de la tasa respiratoria.
- Los valores de pH y acidez titulable no se vieron afectados de manera significativa por el tipo de corte, ni tampoco por la temperatura de almacenamiento.

CAPITULO III. Efecto de la aplicación de tratamientos térmicos suaves sobre la calidad de peras mínimamente procesadas.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación de tratamientos térmicos suaves sobre la tasa respiratoria, parámetros de color, firmeza, parámetros químicos, aspectos microbiológicos y calidad sensorial peras mínimamente procesadas conservadas 7 u 8 días a 5 °C. Se realizaron dos experiencias independientes, en una primera experiencia se evaluó el efecto de una temperatura del agua de 45 °C durante distintos tiempos de inmersión y un testigo en agua a 5 °C, estos tratamientos se aplicaron, de manera independiente: previo al procesamiento, sobre fruta entera y posterior al procesamiento, sobre cascos de pera lo que se conservaron a 5 °C durante 7 días. En la segunda experiencia se evaluó el efecto de dos temperaturas de agua de 50 y 60 °C y distintos tiempos de inmersión y un testigo en agua a 5 °C; e estos tratamientos se aplicaron previo al procesamiento sobre la fruta entera, para luego cortar la fruta en cascos y almacenarla a 5 °C durante 8 días. La aplicación de los tratamientos térmicos fue efectiva sobre fruta entera y no sobre la fruta cortada. Una temperatura de 60°C fue efectiva en reducir la tasa respiratoria de los cascos de peras. La reducción del pardeamiento fue más efectiva en aquellos tratamientos con agua a 60 °C, excepto cuando el tiempo de inmersión fue de 15 min, debido al daño provocado a los tejidos por exceso de exposición al tratamiento térmico. La pérdida de firmeza se vio más afectada cuando la temperatura fue de 45 y 60 °C, mientras que a 5°C ésta se mantuvo. Los aspectos microbiológicos indicaron que 60 °C podría ser la temperatura más eficiente en reducir los recuentos de aerobios mesófilos, enterobacterias, hongos y levaduras. En cuanto a la calidad sensorial no se observaron diferencias cuando se utilizó agua a 5 y 45 °C; sin embargo a 5, 50 y 60 °C hubo diferencias en los atributos de apariencia y pardeamiento, siendo los tratamientos térmicos efectivos en preservar los atributos mencionados. La aplicación de tratamientos térmicos con agua a 60 °C fue efectiva en reducir la tasa respiratoria, el pardeamiento y recuentos microbiológicos, además de mantener la calidad sensorial de cascos de peras.

Palabras clave: Tratamiento térmico, pardeamiento, vida útil, mínimo proceso, peras.

ABSTRACT

The effect of heat treatments was evaluated on respiration rate, color parameters, flesh firmness, chemicals parameters, microbiological aspects and sensorial quality of pear wedges stored at 5 °C during 7 or 8 days. Two independent experiments were conducted; in the first experiment the effect of water temperature of 45°C during different times of immersion on whole pear and pear wedges stored at 5 °C during 7 days was evaluated. In the second experiment the effect of two water temperature (50 and 60 °C) during different times on immersion on whole pear stored at 5°C during 8 days was evaluated. In general, it was more effective application of heat treatments on whole fruit instead of cut fruit. A water temperature of 45°C was not effective in reducing the respiration rate of pear wedges, whereas 60 °C was. Browning decrease was more effective in treatments with water at 60 °C, except when immersion time was 15 min, probably due to tissue damage produced by excessive exposure to heat treatment. Loss of firmness was affected when water temperature was 45 and 60°C, whereas at 5°C maintained. Microbiological aspects indicated a water temperature of 60 °C could be more efficient in reducing mesophilic, enterobacterias, and yeast and molds counts. No differences were observed in sensory quality of pear wedges when water temperature was 5 and 45°C, however, when water temperature was 5, 50 and 60 °C the differences were higher in sensory parameters of appearance and browning being heat treatments most effective in preserve these parameters. Heat treatments of 60 °C was effective in reducing respiration rate, browning, microbiological counts and preserving sensory quality of pear wedges.

Keywords: Heat treatment, browning, shelf-life, minimally processed, pears.

INTRODUCCION

Las características de conveniencia y calidad de los productos mínimamente procesados han sido factores claves en el aumento del consumo de estos productos (Dea *et al.*, 2010). Para reducir el crecimiento microbiano, el pardeamiento enzimático, la pérdida de firmeza en fruta mínimamente procesada; existen distintos métodos, como el uso de bajas temperaturas, películas comestibles, envasado en atmósfera modificada, agentes químicos (Bai *et al.*, 2004).

El uso de tratamientos térmicos suaves es un método de conservación físico alternativo que se está estudiando para frutas MPF. Estos tratamientos son generalmente efectivos en inhibir reacciones enzimáticas y reducir el crecimiento microbiano (Wiley, 1997; Abreu *et al.*, 2003; Beirão-da- Costa *et al.*, 2006; He y Luo; 2007). Esta técnica ya fue utilizada en postcosecha de fruta entera, y demostró ser eficiente en evitar pudriciones, desinfectar, inhibir el crecimiento fúngico, prolongar el período de almacenamiento al retrasar los cambios de madurez y los daños por frío (Fallik *et al.*, 1993; Abreu *et al.*, 2003; Beirão-da- Costa *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2009, Dea *et al.*, 2010).

En fruta mínimamente procesada se han utilizado tratamientos térmicos suaves (45 a 60 °C) para inhibir pardeamiento enzimático, evitar la pérdida de firmeza y reducir el crecimiento microbiano; no obstante se ha observado que pueden presentar efectos negativos sobre el sabor y la textura (Abreu *et al.*, 2003; He y Luo; 2007). El calor se puede aplicar en forma de agua caliente, vapor de agua o aire seco (Fallik *et al.*, 1993; He y Luo; 2007). Comúnmente estos tratamientos se aplican sobre fruta entera, para luego ser procesada, debido a que en fruta cortada la aceleración metabólica es mayor, producto del estrés del corte, y las medidas de sanitización deben ser más estrictas ya que se elimina la barrera natural que es la piel (Bai *et al.*, 2004). Diversos autores han realizado experiencias con este tipo de tratamientos. Beirão-da- Costa *et al.* (2006) señalaron que la inmersión de frutos de kiwi en agua a 40 °C durante menos de 25 min mejoró la retención de la firmeza. Lamikanra *et al.* (2005) reportaron que la aplicación

de tratamientos térmicos sobre cubos de melón redujo los recuentos de aerobios mesófilos y hongos y levaduras cuando se compararon con el testigo a 5°C. Abreu *et al.* (2003) señalaron que la aplicación de tratamientos de inmersión en agua a 35-45 °C durante más de 30 min redujeron el pardeamiento de los tejidos y previnieron la pérdida de firmeza de peras cortadas en cuartos. Según Barrancos *et al.* (2003) mediante la aplicación de tratamientos con agua 34-42 °C por menos de 70 min es posible evitar el pardeamiento de trozos de manzana. Murata *et al.* (2004) observaron que la aplicación de tratamientos térmicos suaves sobre lechuga redujeron significativamente la acción de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL); la consecuente acumulación de compuestos fenólicos y por tanto el pardeamiento enzimático. Loaiza-Velarde *et al.* (2003), reportaron un aumento de la enzima PAL producto de las operaciones del mínimo proceso en cilantro, pero que, tras la aplicación de tratamientos térmicos suaves de 50 °C durante 90 segundos se redujo significativamente la actividad de la PAL y por tanto el pardeamiento.

Los tratamientos térmicos retrasan la pérdida de firmeza por medio de la activación de la enzima pectin metil estearasa (PME), lo cual ocurre entre 55-70 °C. La enzima PME produce la liberación de grupos carboxilo, los cuales forman puentes con los iones de calcio presentes en los tejidos, promoviendo la formación de enlaces iónicos de la pared, aumentando la firmeza de los tejidos (Luna-Guzmán y Barrett; 2000; Abreu *et al.*, 2003). Aguayo *et al.* (2008) obtuvieron un incremento en el contenido de calcio al interior de los tejidos de rodajas de melón, con el consecuente aumento de la firmeza de los tejidos, cuando se aplicaron tratamientos de inmersión a 60 °C, en comparación con inmersiones a 5°C. Asimismo, Luna-Guzmán *et al.* (1999) observaron texturas más firmes en cilindros de melón tratados con agua a 60 °C, en comparación con baños a 40 y 20 °C.

La aplicación de tratamientos térmicos suaves en la producción de peras cortadas, podría ser un método adaptable para la industria, ya que presentan una especial propensión al pardeamiento enzimático y a la pérdida de firmeza (Abreu *et al.*, 2003). Su estudio se hace necesario debido a que es escasa la información disponible acerca de tratamientos térmicos suaves en peras enteras y mínimamente procesadas.

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

La aplicación de tratamientos térmicos suaves mejora la calidad de cascos de peras.

Objetivos

Evaluar el efecto de la aplicación de tratamientos térmicos suaves sobre cascos de pera y su tasa respiratoria, parámetros de color, firmeza, aspectos microbiológicos y calidad sensorial.

MATERIALES Y METODO

3.1- Materiales

El origen, parámetros de cosecha y condiciones posteriores de almacenamiento de los frutos utilizados para la realización de este trabajo corresponden a los mencionados en la sección 2.1

Para la aplicación de los tratamientos térmicos se utilizó agua potable, calentada por medio de gas licuado, en recipientes de acero inoxidable de 50 L.

Los cascos de pera se envasaron en tarrinas transparentes de polietileno con tapa y una capacidad de 500 mL. Estas tarrinas se adquirieron en una tienda especializada en equipamiento gastronómico (Cherry, Chile).

3.2- Método

3.2.1- Caracterización de fruta entera

La caracterización de fruta entera y la determinación de los parámetros físicos y químicos se realizaron de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.1

3.2.2- Procesamiento

Tanto las condiciones previas al procesamiento así como las condiciones de la sala de manipulación y utensilios se realizó de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.2.

Para la aplicación de los tratamientos térmicos se realizaron, de manera independiente, dos experiencias.

Previo al procesamiento de ambas experiencias se realizó la caracterización de la fruta entera para conocer las condiciones iniciales de la fruta (Cuadro 3.1 y 3.2).

Se realizó un lavado con agua potable a 5 °C durante 5 min de las peras enteras, con el objetivo de eliminar cualquier material extraño sobre ellas y mantener las bajas temperaturas durante el proceso; a continuación los frutos se colocaron sobre mallas de acero inoxidable para eliminar el exceso de agua. Posteriormente, se procedió a la aplicación de los tratamientos térmicos sobre fruta entera y fruta cortada, donde la temperatura del agua fue de 5 y 45 °C y los tiempos de inmersión fueron de 0,5, 1, 3, 5 y 6 min, para la Experiencia I (Figura 3.1). Para la Experiencia II, los tratamientos térmicos se aplicaron sólo sobre fruta entera, la temperatura del agua fue de 5, 50 y 60°C y los tiempos de inmersión fueron de 0,5, 5, 10 y 15 min (Figura 3.2). A continuación, en el caso de la fruta entera se realizó el pelado y corte manual con cuchillos lisos y afilados; de cada pera se obtuvieron entre 6-8 cascos (Figura 3.3). Luego, los cascos de pera se lavaron con agua potable a 5 °C, durante 5 min, y se drenaron sobre una malla de acero inoxidable por un período de 5 min (adaptado de Beirão-da-Costa *et al.*, 2006). Finalmente los cascos de los distintos tratamientos se envasaron en tarrinas de polietileno (250 g) (Figura 3.3) y se almacenaron a 5 °C durante 7 u 8 días.

En la Figura 3.1 se observa el diagrama que describe el procesamiento de la Experiencia I.

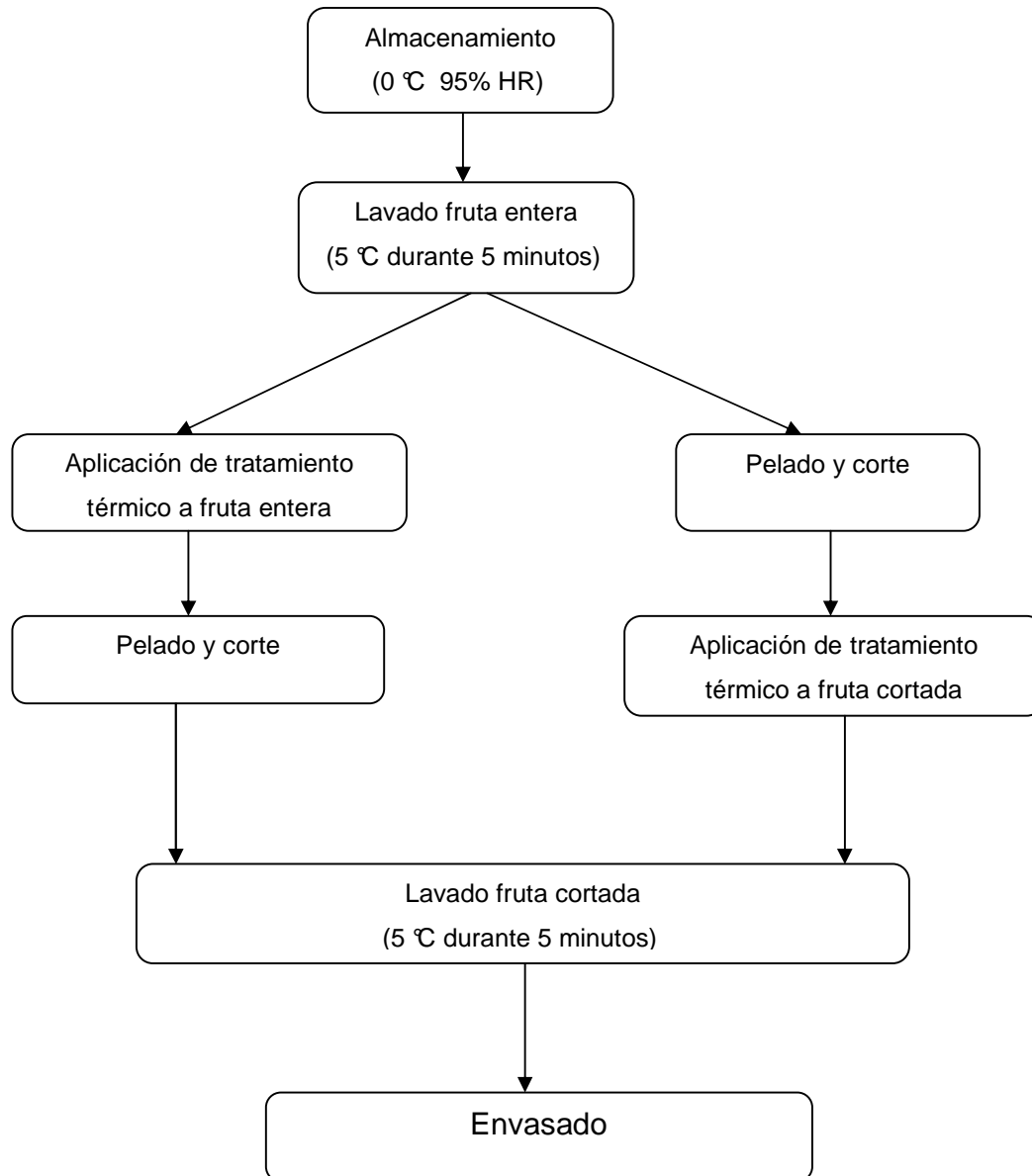


Figura 3.1. Diagrama de flujo de peras sometidas a tratamientos térmicos suaves (Experiencia I).

En la Figura 3.2 se observa el diagrama que describe el procesamiento.

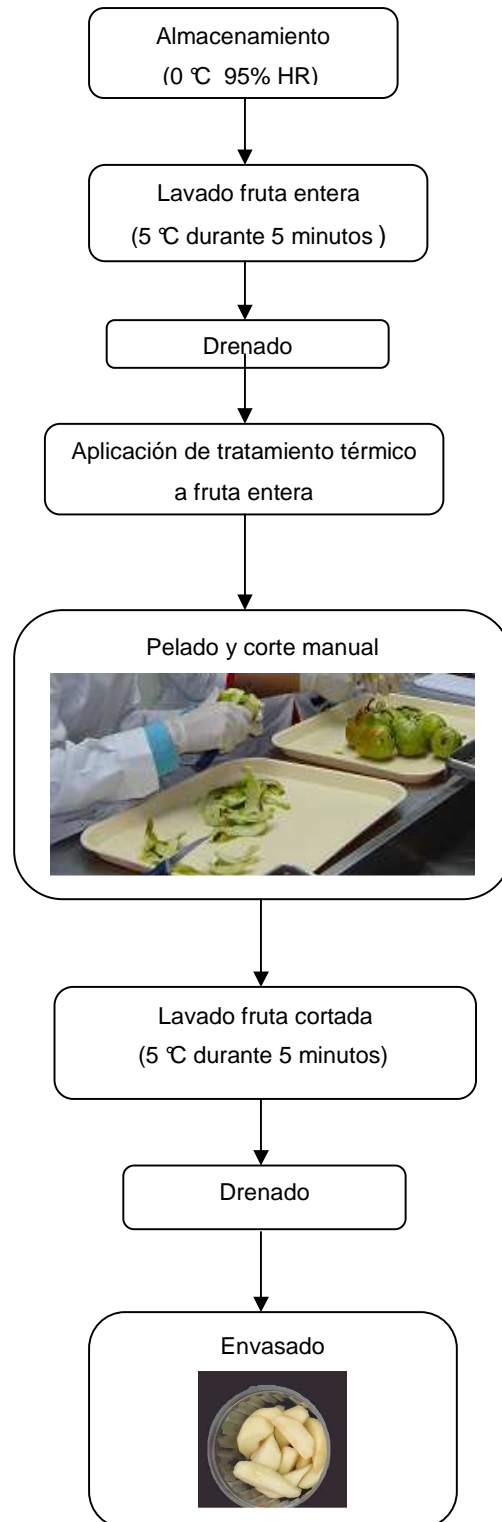


Figura 3.2 Diagrama de flujo de peras sometidas a tratamientos térmicos suaves (Experiencia II).

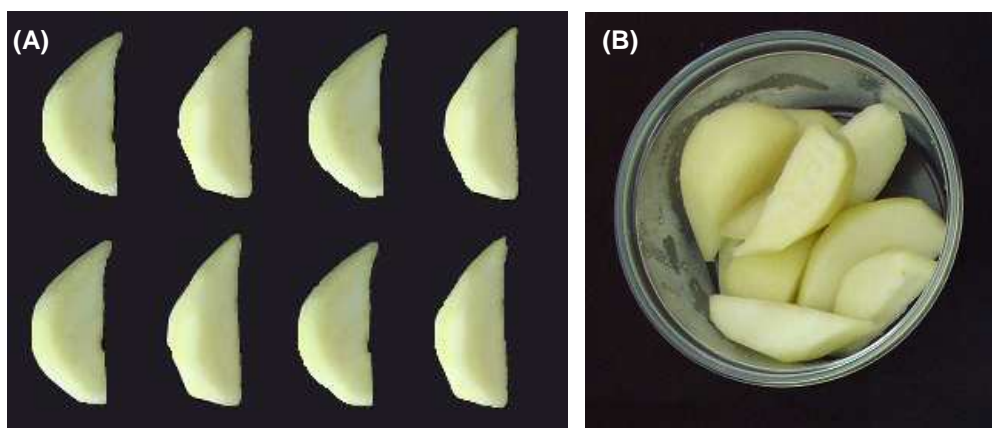


Figura 3.3. Cascos de pera obtenidos tras el corte de fruta entera (A) y cascos de pera envasados en tarrina de polietileno (B).

3.2.3- Parámetros medidos

3.2.3.1- Tasa respiratoria:

La tasa respiratoria se determinó de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.3.1. Las mediciones se realizaron los días 0, 5 y 7 tras el procesamiento para la Experiencia I y los días 0, 1, 3 y 6 para la Experiencia II.

3.2.3.2-Parámetros de color:

Los parámetros de color se determinaron de acuerdo a lo descrito en la sección 2.2.3.2. Las mediciones se realizaron los días 1, 3 y 7 para la Experiencia I; mientras que en la Experiencia II las mediciones se realizaron los días 1, 3, 5 y 8.

3.2.3.3-Firmeza:

Se determinó por medio de la resistencia a la penetración con un texturómetro FTA (TR, Italia), utilizando un émbolo de 7,9 mm sobre 8 trozos de pera, y se expresaron como kg.f. Las mediciones se realizaron, para la Experiencia I, al principio (día 1) y al término del período de almacenamiento (día 7); mientras que para la Experiencia II los días 1,3, 5 y 8.

3.2.3.4-Parámetros químicos

Los parámetros químicos se determinaron de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.3.3. Las mediciones se realizaron, para la Experiencia I, al principio (día 1) y al término del período de almacenamiento (día 7); mientras que para la Experiencia II los días 1,3, 5 y 8.

3.2.3.5- Análisis microbiológico

Se realizaron recuentos de bacterias aerobias mesófilas, psicrófilas y enterobacterias, hongos y levaduras en ambas experiencias, de acuerdo con lo descrito por Venegas *et al.* (1990) con algunas modificaciones. Se tomaron dos muestras por tratamiento, de 10 g cada una y se colocaron en bolsas estériles independientes. Los medios de cultivo, temperaturas y tiempo de incubación utilizados se detallan en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Condiciones de incubación y medios de cultivo utilizados para los recuentos de microorganismos.

Microorganismos	Medio de cultivo ¹	Tiempo de incubación	Temperatura de incubación (°C)
Aerobios mesófilos (RAM)	Plate Count Agar (PCA)	48 horas	37
Bacterias psicrófilas	Plate Count Agar (PCA)	7 días	5
Enterobacterias	Eosin metil Blue (EMB)	48 días	37
Hongos y levaduras	Agar Papa Dextrosa (PD) ²	3 y 5 días	22

¹ Medios de cultivo (marca MERCK).

² Medio acidificado con ácido láctico para llevar su pH a 3,5.

Se realizaron recuentos microbiológicos para las experiencias I y II, al comienzo y al término del período de almacenamiento. Los recuentos microbiológicos se expresaron

como el log de la unidad formadora de colonia por gramo ($\log \text{ufc}\cdot\text{g}^{-1}$).

El análisis de recuentos de aerobios mesófilos y enterobacterias se evaluó de acuerdo a los criterios microbiológicos establecidos por la Legislación Chilena (Ministerio de Salud, 1997) para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo (Anexo 1).

3.2.3.6- 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 (Anexo 1). Las muestras se entregaron randomizadas en pocillos de color blanco identificados con un código de numérico. Los resultados fueron expresados de acuerdo a Araya (1997) (Anexo 2).

Tanto el mínimo proceso, como las evaluaciones se realizaron en los laboratorios del Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

3.2.4- Diseño de experimentos y análisis estadístico

Experiencia I:

Se estableció un diseño completamente al azar de los tratamientos, con tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 3.4). La unidad experimental correspondió a un envase de aproximadamente 250 g de fruta.

Todos los datos obtenidos, excepto los análisis microbiológicos, se evaluaron con un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza de 95%; al existir diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

Todos los resultados de las determinaciones se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab Release 15.

Cuadro 3.4. Experiencia I: tratamientos térmicos aplicados a peras mínimamente procesadas.

Tratamientos	Temperatura del agua (°C)	Tiempo de inmersión (min)
T1	45	1
T2	45	3
T3	45	6
T4	45	0,5 (fruta cortada)
T5	5	5
T6	5	5 (fruta cortada)

Experiencia II:

Se estableció un diseño completamente al azar de los tratamientos, con estructura factorial 2 x 4, con tres repeticiones por tratamiento; el primer factor fue la temperatura de inmersión (50 y 60 °C), el segundo factor fue el tiempo de inmersión (0,5, 5, 10, 15 min), con un total de ocho tratamientos más un testigo (5 °C durante 5 min) (Cuadro 3.5). La unidad experimental correspondió a una tarrina de aproximadamente 250 g de fruta.

Todos los datos obtenidos, excepto los análisis microbiológicos, se evaluaron con un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza de 95%; al existir diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

Para poder comparar el efecto de los tratamientos sólo contra el testigo se utilizó la Dócima de Dunnet.

Los resultados de los análisis sensoriales además, se evaluaron con un análisis de componentes principales.

Todos los resultados de las determinaciones, excepto el análisis sensorial, se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab

Release 15.

El análisis de componentes principales se analizó mediante el programa JMP 8.

Cuadro 3.5. Experiencia I: tratamientos térmicos aplicados a peras mínimamente procesadas

Tratamientos	Temperatura del agua (°C)	Tiempo de inmersión (min)
T0	5	5
T1	50	0,5
T2	50	5
T3	50	10
T4	50	15
T5	60	0,5
T6	60	5
T7	60	10
T8	60	15

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1- Experiencia I

3.3.1.1- Caracterización de fruta entera

En el Cuadro 3.1.1 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de los frutos de pera.

Cuadro 3.1.1. Caracterización de fruta entera Experiencia I

Parámetros físicos		Parámetros químicos	
Tamaño (mm)	86,1 ± 0,8 ^a	SST (%)	12,4 ± 0,3 ^b
Peso (g)	185,3 ± 0,9 ^a	pH	4,1 ± 0,0 ^b
Color de piel		AT (%)	0,1 ± 0,0 ^b
L	65,0 ± 0,5 ^a		
a*	-13,3 ± 0,3 ^a		
b*	44,2 ± 0,3 ^a		
C*	46,2 ± 0,2 ^a		
H _{ab}	106,7 ± 0,4 ^a		
Color de pulpa			
L	80,0 ± 0,6 ^a		
a*	-3,0 ± 0,1 ^a		
b*	13,7 ± 0,4 ^a		
C*	14,0 ± 0,4 ^a		
H _{ab}	102,7 ± 0,4 ^a		
Firmeza (kg-f)	5,0 ± 0,1 ^a		

^a Corresponde a la media de 24 muestras ± ES.

^b Corresponde a la media de 8 muestras ± ES.

En general, los parámetros medidos no muestran grandes diferencias con los determinados en el Capítulo II, lo que era esperable, debido a que los frutos provenían de los mismos huertos y se cosecharon en la misma época.

3.3.1.2- Tasa respiratoria

Tras la aplicación de los tratamientos térmicos los cascotes de pera obtenidos de fruto enteros tratados con agua a 45 °C durante 6 min presentaron tasas respiratorias un 60% más altas (34 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) que aquellos obtenidos de peras enteras tratadas

con agua a 45 °C durante 3 min que presentaron las tasas más bajas (13,8 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Apéndice, Cuadro 3.1.1). Luego de 5 días de almacenamiento los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 1 min, los cascos y tratados con agua a 45°C durante 0,5 min y 5 °C durante 5 min presentaron tasas de 2,9 - 6,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, mientras que los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con 45 °C durante 3 min presentaron las tasas más altas (10,2 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). Después de 7 días, los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 6 min presentaron tasas un 66% más altas (16,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) que los cascos provenientes de peras enteras tratadas con agua a 5 °C durante 5 min, que presentaron las tasas más bajas (5,6 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Figura 3.1.4).

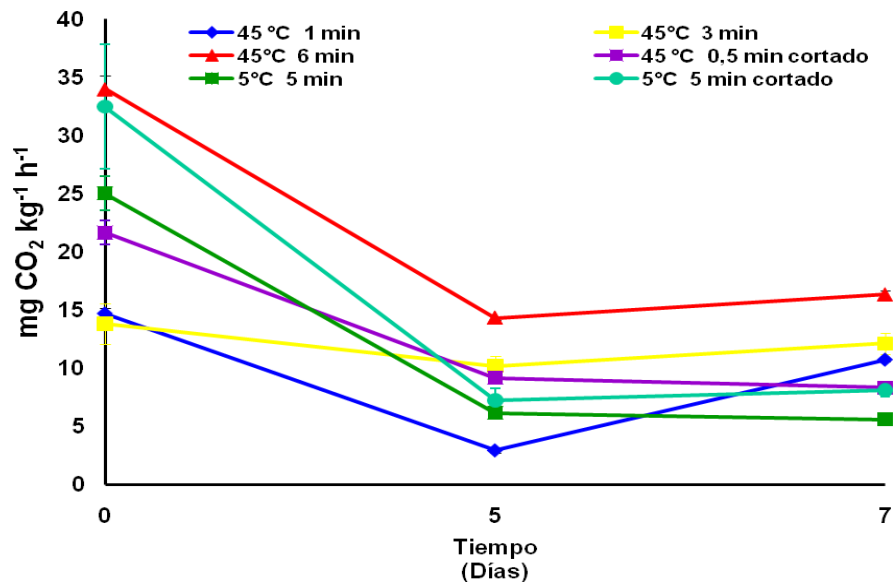


Figura 3.1.4. Tasa respiratoria (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de cascos de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento. Los valores son la media (n=3) ± ES.

En general todos los tratamientos se vieron significativamente afectados por el tiempo de almacenamiento (Apéndice, Cuadro 3.1.1).

Los valores altos observados tras el procesamiento podrían deberse a las operaciones de corte, es decir al estrés provocado en el tejido producto del corte (Beltrán *et al.*, 2005; Beirão-da-Costa *et al.*, 2006). Asimismo, se podría esperar que esta alza también

se deba al efecto de la temperatura del agua sobre la fisiología de los tejidos de pera. Al comparar los resultados obtenidos en el Capítulo II de este trabajo con los resultados del presente capítulo, se observa que las tasas respiratorias iniciales de los cascos de pera del Capítulo II, los cuales se lavaron con agua a 5°C, son hasta un 63% más bajas que las observadas en esta experiencia. Dea *et al.* (2010) observaron un alza de alrededor de un 50% en la tasa respiratoria de rebanadas de mango tratadas con agua caliente a 46 °C versus mangos no tratados (agua a 5 °C).

3.3.1.3- Parámetros de color

– **Luminosidad (L):** Tras 1 día de almacenamiento, se observó que los cascos de pera obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 5 °C durante 5 min presentaron valores de L mayores (75,8), mientras que los valores mínimos los obtuvieron los cascos tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min (68,1); de acuerdo a la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) estos valores se consideran bajo el límite de pardeamiento ($L < 72,4$). Luego de 3 de almacenamiento, los cascos de pera obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 5 °C durante 5 min y los cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min presentaron valores de 75,2 y 73,3 respectivamente, mientras que los demás tratamientos presentaron valores de 66,1-72,1 (Apéndice, Cuadro 3.1.2). Tras 7 días, los cascos de pera obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 5 °C durante 5 minutos presentaron valores de 73, mientras que los demás tratamientos valores de 66,8- 72. En los cascos de pera obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45°C durante 6 min y 5°C durante 5 min se observó una disminución significativa de los valores de L en el tiempo, en el resto de los tratamientos los valores se mantuvieron (Apéndice, Cuadro 3.1.2) (Figura 3.1.5).

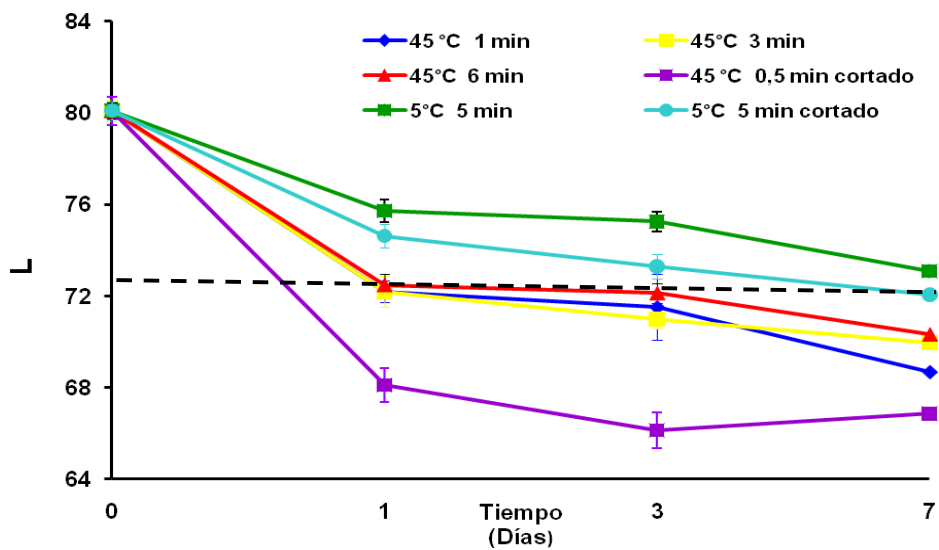


Figura 3.1.5. Valores de L de cascos de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (Línea punteada indica el valor límite para considerar pardeamiento aceptable $L=72,42$).

– **a***: Tras 1 día no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, alcanzando valores entre -2,6 a -3,9 (Apéndice, Cuadro 3.1.2). Luego de 3 días, los cascos de peras tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min presentaron valores de -2,2; mientras que el resto de los tratamientos presentó valores de -3,1 a -3,9. Tras 7 días, los cascos tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min valores altos de a^* (-2,5), mientras que los demás tratamientos presentaron valores de -3,2 a -4,5. El efecto del tiempo de almacenamiento fue significativo sobre los valores de a^* sólo para aquellos cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45°C durante 6 min (Apéndice, Cuadro 3.1.2).

– **Croma (C*)**: Luego de 1 día los cascos de peras provenientes de peras enteras tratadas con agua a 5 °C durante 5 min y cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min presentaron valores de 22-23, mientras que en el resto de los tratamientos los valores estuvieron entre 24 y 26 (valores altos de C^* se asocian a desarrollo de pardeamiento). Según la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) a partir de un $C^*=24$ indicaría un grado de pardeamiento no aceptable. Durante los días 3 y 7 se observó un comportamiento similar al observado el día 1, de peras provenientes de

peras enteras tratadas con agua a 5 °C durante 5 min y cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min presentaron C^* inferiores: 21-22 el día 3 y 22 el día 7; el resto de los tratamientos presentó valores de C^* de 24-26 el día 3 y 7.

– **H_{ab}**: Tras 1 día, los cascos de pera tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min presentaron valores de 96,6; este valor se considera como tejido pardeado, de acuerdo a la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1). Las peras tratadas con agua a 5 °C durante 5 min presentaron los valores más altos (101,1), mientras que en el resto de los tratamientos los valores estuvieron entre 96 y 100 (valores bajos de H_{ab} se asocian a desarrollo de pardeamiento). Transcurridos 3 los cascos de pera tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min presentaron valores altos de 122,6; los demás tratamientos valores de 98,5-107,5. Finalmente, luego de 7 días, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores estuvieron entre 95,8 y 109,1 (Apéndice, Cuadro 3.1.2).

El efecto de los tratamientos térmicos sobre los parámetros de color durante el almacenamiento fue leve, debido a que tanto los cascos de pera obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 5 °C y los cascos tratados con agua a 5 °C presentaron menor incidencia de pardeamiento. Este resultado podría deberse a que el tratamiento térmico (45 °C) no fue lo suficientemente alto o no tuvo el tiempo de inmersión necesario, como para inactivar la enzima PAL; con la consecuente disminución en la concentración de compuestos fenólicos, los cuales son sustratos para la acción de las enzimas polifenoloxidasas y peroxidasa, disminuyendo el pardeamiento (Loaiza-Velarde *et al.*, 2003; Fallik; 2004; He y Luo; 2007)

Los resultados obtenidos no concuerdan con Abreu *et al.* (2003), quienes observaron que cuartos de pera obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 40 °C durante 105 min, mantuvieron los valores de L y a*, sin presencia de pardeamiento. Kim *et al.* (1993) también observaron este comportamiento en manzanas tratadas con agua a 45°C durante distintos tiempos de inmersión. Barrancos *et al.* (2003) observaron que tratamientos con agua entre 34 y 42 °C durante menos de 70 min lograron disminuir el pardeamiento de rebanadas de manzana.

Otro factor que pudo haber influido en el comportamiento de los parámetros de color observados, es la metodología seguida para la aplicación de los tratamientos térmicos, ya que Abreu *et al.* (2003), Barrancos *et al.* (2003) y Beirão-da-Costa *et al.* (2006) realizaron la aplicación de los tratamientos y posteriormente mantuvieron la fruta a bajas temperaturas (2-4 °C) durante 24 hr, para luego procesarlas; en esta experiencia el mínimo proceso se realizó inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos. Lamikanra y Watson (2007) reportaron que cuando siguieron la metodología antes descrita, la actividad de la enzima peroxidasa (involucrada en procesos de pardeamiento enzimático) de cubos de melón disminuía, en comparación con el melón que era procesado inmediatamente después de la aplicación del tratamiento térmico.

3.3.1.4- Firmeza

Al comienzo del almacenamiento se observó que tanto los cascos obtenidos de peras enteras tratadas y aquellos cascos tratados directamente con agua a 5 °C durante 5 min presentaron valores de firmeza de 12 y 12,3 kg·f respectivamente, mientras que el resto de los tratamientos presentaron valores de 8,6-8,9 kg·f (Apéndice, Cuadro 3.1.3). Esta tendencia se observó tras 7 días de almacenamiento, los cascos obtenidos de peras enteras tratadas y aquellos cascos tratados directamente con agua a 5 °C durante 5 min presentaron valores de firmeza de 11,7 y 11,8 kg·f respectivamente, mientras que el resto de los tratamientos presentaron valores de 7,6-9,9 kg·f (Figura 3.1.6). El tiempo de almacenamiento sólo fue significativo para los cascos provenientes de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 1 min y los cascos tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min.

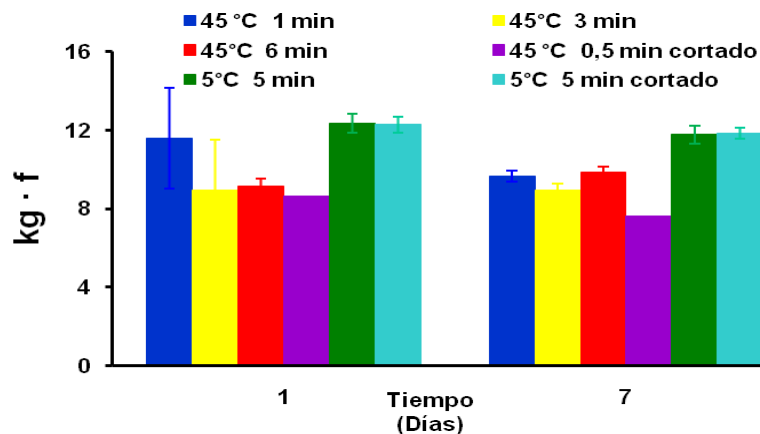


Figura 3.1.6. Valores de firmeza ($\text{kg} \cdot \text{f}$) de cascos de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

Los cascos provenientes de peras enteras y los cascos tratados con agua a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ presentaron los valores más altos de firmeza; esto pudo deberse a que el tratamiento térmico aplicado ($45\text{ }^{\circ}\text{C}$) no fue efectivo en activar la enzima PME; la cual tiene una temperatura óptima de acción $55 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Luna-Guzmán *et al.*, 1999), a estas temperaturas la enzima aumenta la unión entre el calcio (endógeno y no) y las moléculas de pectinas, formando así pectatos de calcio y aumentando la rigidez de la lamela media de la pared celular (Beirão-da-Costa *et al.*, 2006). Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Bai *et al.* (2004) quienes observaron que en manzanas tratadas con agua a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ la firmeza fue superior, e n comparación con aquellas tratadas con agua a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. Beirão-da-Costa *et al.* (2006) reportaron un aumento en la firmeza de rebanadas de kiwis cuando se aplicaron temperaturas por sobre $45\text{ }^{\circ}\text{C}$; además observaron que la firmeza disminuyó alrededor de un 30 % al séptimo día de conservación. Dea *et al.* (2010) no observaron efecto de la inmersión en agua a $46\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre la firmeza de mangos mínimamente procesados.

3.3.1.5- Parámetros químicos.

– **Sólidos solubles totales:** Tras 1 día los cascos provenientes de peras enteras y los cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min presentaron valores de 10,2 y 10,4 respectivamente, mientras que aquellos cascos provenientes de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 1 min presentaron valores más altos de 12,8 (Apéndice, Cuadro 3.1.4). Luego de 7 días, los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 1 min presentaron y los cascos tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min presentaron valores de 12,6-12,7 respectivamente; en el resto de los tratamientos los valores fueron entre 11,3 y 12,1. Sólo los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 3 y 6 min y agua 5 °C durante 5 min presentaron cambios significativos durante el tiempo de almacenamiento (Apéndice, Cuadro 3.1.4).

Los resultados obtenidos en la determinación de sólidos solubles totales podrían relacionarse con la tasa respiratoria de los distintos tratamientos. Aquellos tratamientos que presentaron el contenido de sólidos solubles más alto (45 °C durante 1 min) presentaron también la tasa respiratoria más baja. Esta relación se debe a que durante el proceso respiratorio se produce un mayor consumo de azúcares, lípidos, entre otros compuestos (Oms-Oliu *et al.*, 2008a). Este comportamiento ya ha sido reportado por Beirão-da-Costa *et al.* (2006) en kiwis tratados con agua entre 25-50 °C y por Dea *et al.* (2010) en mangos tratados con agua a 46 °C.

– **pH:** Al inicio del período de almacenamiento los cascos obtenidos de peras enteras y los cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min presentaron valores similares (4,34-4,30), mientras que en el resto de los tratamientos los valores estuvieron entre 3,8 y 3,9; esta misma tendencia se observó tras 7 días, donde los cascos obtenidos de peras enteras y los cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min presentaron los valores de pH altos (4,3), mientras que el resto de los tratamientos los valores más bajos (3,9-3,8) (Figura 3.1.7).

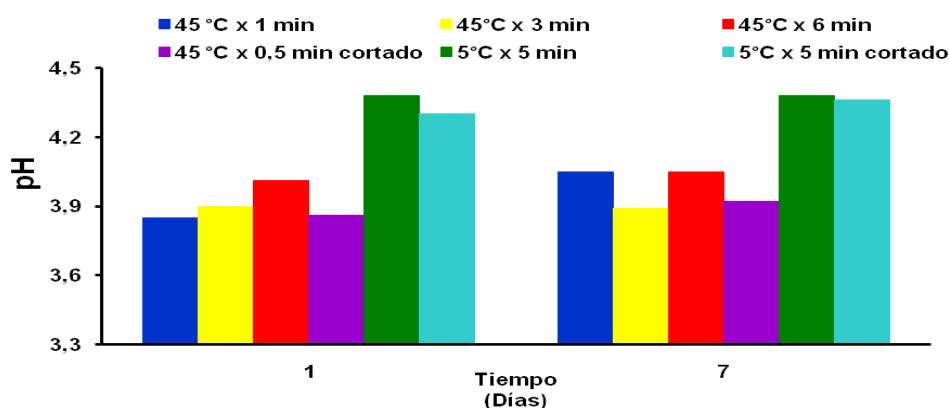


Figura 3.1.7. Valores de pH de cascos de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

Los valores altos de pH observados tanto al inicio como al término del almacenamiento en los cascos obtenidos de peras enteras y los cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min se podrían explicar por medio de la alta tasa respiratoria de estos cascos, que provocaría un mayor consumo de ácidos orgánicos, y un incremento en el pH. Esta respuesta fue reportada también por Kim *et al.* (1993) en manzanas tratadas con agua a 45°C y Fan *et al.* (2008) en melón sometido a tratamientos térmicos de 76 °C. Dea *et al.* (2010) no observó efecto sobre el pH de mangos sometidos a tratamientos térmicos (46 °C).

– **Acidez titulable (AT):** Tras 1 día los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 3 min presentaron la acidez más alta (0,15 %), mientras que el valor significativamente más bajo se presentó en los cascos obtenidos de peras enteras tratadas y cascos con agua a 5 °C durante 5 min. Al término del almacenamiento, los cascos tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min presentaron 0,14% de acidez, mientras con los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 6 min el valor fue 0,11%. El tiempo de almacenamiento fue significativo para los tratamientos, excepto en los cascos provenientes de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 6 min (Apéndice, Cuadro 3.1.4).

Se observó una disminución en todos los tratamientos del porcentaje de acidez, la cual estaría relacionada con la naturaleza de los tejidos vivos de los trozos de fruta, los cuales continúan respirando, y sufren un gran estrés fisiológico provocado por el corte y los choques térmicos y por ende aumentan su tasa respiratoria y continúan sus procesos de maduración y senescencia y consumo de ácidos orgánicos en el tiempo (Oms-Oliu *et al.*, 2008a; Silveria, 2009).

3.3.1.6- Análisis microbiológicos

– **Aerobios mesófilos (RAM):** Tras 1 días se observó que los cascos obtenidos de peras tratadas con agua a 45 °C durante 6 min presentaron los recuentos más bajos (1,8 log ufc g⁻¹), mientras que los más altos se observaron en los cascos de pera tratados con agua a 5 °C durante 5 min (2,5 log ufc g⁻¹) (Cuadro 3.1.5). Luego de 7 días, los recuentos más altos se presentaron en los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 6 min y los cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min (> 6,5 log ufc g⁻¹); en el resto de los tratamientos los valores estuvieron 4,3-4,9 log ufc g⁻¹.

– **Enterobacterias:** Tras 1 día, los recuentos menores se observaron en los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua 45 °C durante 6 min (1,2 log ufc g⁻¹), mientras que los más altos (2,4 log ufc g⁻¹) en los cascos provenientes de peras enteras tratadas con agua a 5 °C durante 5 min y los cascos tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min y 5 °C durante 5 min. Al término del período de almacenamiento todos los tratamientos presentaron recuentos > 6,5 log ufc g⁻¹ (Cuadro 3.1.5).

– **Hongos y levaduras:** Luego de 1 día, las cascos de pera tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min, junto con aquellos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 3 min presentaron los recuentos de hongos y levaduras más bajos (1,6 log ufc g⁻¹); los recuentos más altos se observaron los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 6 min y aquellos provenientes de peras enteras y cascos tratados con agua a 5 °C durante 5 min (2 log ufc g⁻¹). Al término del período de almacenamiento los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a

45 °C durante 3 min presentaron los recuentos de hongos y levaduras más altos (2,9 log ufc g⁻¹), mientras que el resto de los tratamientos presentaron recuentos entre 2,1 y 2,8 log ufc g⁻¹ (Cuadro 3.1.5).

Los resultados obtenidos en el recuento de aerobios mesófilos al inicio del almacenamiento podrían deberse a que la exposición prolongada (6 minutos) a altas temperaturas pudo tener un efecto sobre parte los microorganismos presentes en los tejidos, mientras que una temperatura de 5 °C no se ría efectiva en reducir los RAM; se ha planteado que el efecto del corte junto con el choque térmico producirían la liberación de sustancias antimicrobianas (Luna-Guzmán *et al.*, 2000; Laminkanra *et al.*, 2005). Tras 7 días, la situación fue diferente, probablemente debido a que el efecto del tratamiento térmico no fue lo suficientemente permanente y por tanto ambos grupos de tratamientos no fueron eficaces en mantener bajos los recuentos de microorganismos. De acuerdo a las normas de la legislación chilena vigente (Ministerio de Salud, 1997), los recuentos obtenidos, tras 1 día se encontraron dentro de lo permitido (Anexo II, Cuadro 1); sin embargo, tras 7 días sólo las peras tratadas con agua a 45 °C durante 1 minuto y aquellas previamente cortadas y tratadas con agua a 5 °C durante 5 minutos se encuentran dentro de la norma, el resto de los tratamientos sobrepasa los límites máximos permitidos.

El menor recuento de enterobacterias luego de 1 día de almacenamiento se observó en peras tratadas con alta temperatura; lo cual evidencia la eficacia de los tratamientos térmicos en controlar el crecimiento microbiano. Esto fue observado por Laminkanra *et al.* (2005) en melones tratados con agua a 50 °C. Tras 7 días todos los tratamientos presentaron recuentos de enterobacterias superaron los límites máximos establecidos por la Legislación Chilena (Anexo 1).

Los recuentos de hongos y levaduras fueron bajos en todos los tratamientos tanto al inicio como al fin del período de almacenamiento; se ha observado que los tratamientos térmicos logran reducir los recuentos de hongos y levaduras. Fallik (2004) utilizó estos tratamientos para inhibir el crecimiento de *Botrytis cinérea* en tomate, mientras que Fan *et al.* (2008) lograron reducir el recuento de hongos y levaduras en melón tratado con

agua a 76 °C.

3.3.1.7- Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó sólo al comienzo del período de almacenamiento, debido a que tras 7 días la apariencia y el pardeamiento estuvieron muy por debajo de los límites aceptables (datos no mostrados).

– **Apariencia:** Los cascos de pera tratados con agua a 5 °C durante 5 min presentaron la puntuación más alta de todos los tratamientos, encontrándose en el rango de “más que regular” (Anexo 3), el resto de los tratamientos se encontró en los rangos “regular” y “menos que regular” (Apéndice, Cuadro 3.1.6).

– **Pardeamiento:** Los cascos tratados con agua a 45 °C durante 0,5 min y aquellos provenientes de peras enteras tratadas con agua a 45 °C durante 3 min presentaron puntajes en el rango “insuficiente” (Anexo 3), mientras que el resto de los tratamientos obtuvo puntajes en el rango “suficiente” (Apéndice, Cuadro 3.1.6).

Los resultados obtenidos en la evaluación de la apariencia podrían tener relación con los observados en los parámetros de color, donde en general, los tratamientos térmicos no fueron efectivos en mantener el color en los tejidos, afectando su apariencia.

Fan *et al.* (2008) no encontraron diferencias significativas entre tratamientos térmicos de 76 °C y el testigo a 5 °C con respecto a la apariencia de melones mínimamente procesados.

En la Figura 3.1.8 se observa que tras 1 día de almacenamiento no existieron grandes diferencias en cuanto al pardeamiento entre todos los tratamientos; esta podría ser la razón de por qué a la mayoría de ellos se otorgó la valoración de “suficiente”

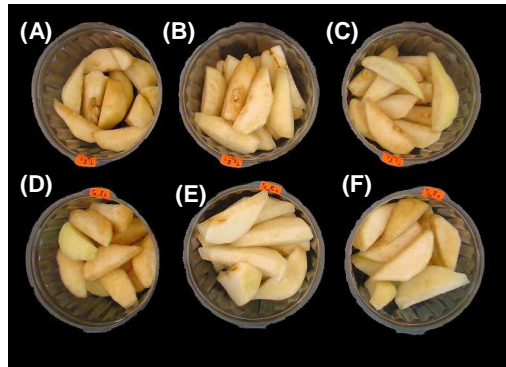


Figura 3.1.8. Cascos de pera sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento luego de 1 día de almacenamiento: (A) 45 °C 1 min, (B) 45 °C 3 min, (C) 45 °C 6 min, (D) 45 °C 0,5 min cortadas, (E) 5 °C 5 min, (F) 5 °C 5 min cortadas.

3.3.2- Experiencia II

3.3.2.1- Caracterización de fruta entera

En el Cuadro 3.2.2 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de los frutos de pera. En concordancia con lo reportado en la sección 3.3.1.1, los parámetros medidos no muestran diferencias con los determinados en el Capítulo II, lo que era esperable, debido a que los frutos provenían de los mismos huertos y se cosecharon en la misma época.

Cuadro 3.2.2. Caracterización de fruta entera Experiencia II.

Parámetros físicos		Parámetros químicos	
Tamaño (mm)	78,2 ± 0,6 ^a	SST (%)	14,0 ± 0,0 ^b
Peso (g)	160,9 ± 0,3 ^a	pH	3,9 ± 0,0 ^b
Color de piel		AT (%)	0,2 ± 0,0 ^b
L	63,5 ± 1,0 ^a		
a*	-18,4 ± 0,6 ^a		
b*	46,9 ± 0,4 ^a		
C*	50,4 ± 0,5 ^a		
H _{ab}	111,3 ± 0,6 ^a		
Color de pulpa			
L	78,9 ± 0,6 ^a		
a*	-7,9 ± 0,3 ^a		
b*	19,5 ± 0,4 ^a		
C*	21,0 ± 0,4 ^a		
H _{ab}	112,1 ± 0,6 ^a		
Firmeza (kg-f)	5,4 ± 0,3 ^a		

^a Corresponde a la media de 24 muestras ± ES.

^b Corresponde a la media de 8 muestras ± ES.

3.3.2.2.- Tasa respiratoria

Tras la aplicación de los tratamientos térmicos (2-4 h después) se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Apéndice, Cuadro 3.2.1). Los cascós obtenidos de peras tratadas con agua a 60 °C durante 15 min presentaron valores máximos de respiración (127,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) un 60% más altos que aquellos obtenidos de peras tratadas con agua a 50 °C durante 15 min (50,4 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹); el resto de los tratamiento con agua a 50 °C presentó valores entre 50,4-66,6 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, mientras que a 60 °C los valores fueron 78,9-97,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Cuando se realizó la comparación con respecto al testigo, todos los tratamientos fueron significativamente más altos (Apéndice, Cuadro 3.2.2). Tras 1 y 3 días no se observaron diferencias significativas entre tratamientos; los valores de tasa respiratoria fueron de 11,7-17,6 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Al término del período de almacenamiento los cascós obtenidos de peras tratadas con agua a 50 °C durante 0,5 min presentaron tasas respiratorias un 50% más altas que aquellos a 60 °C durante 15 min (Apéndice, Cuadro 3.2.1); no se observaron diferencias con respecto al testigo.

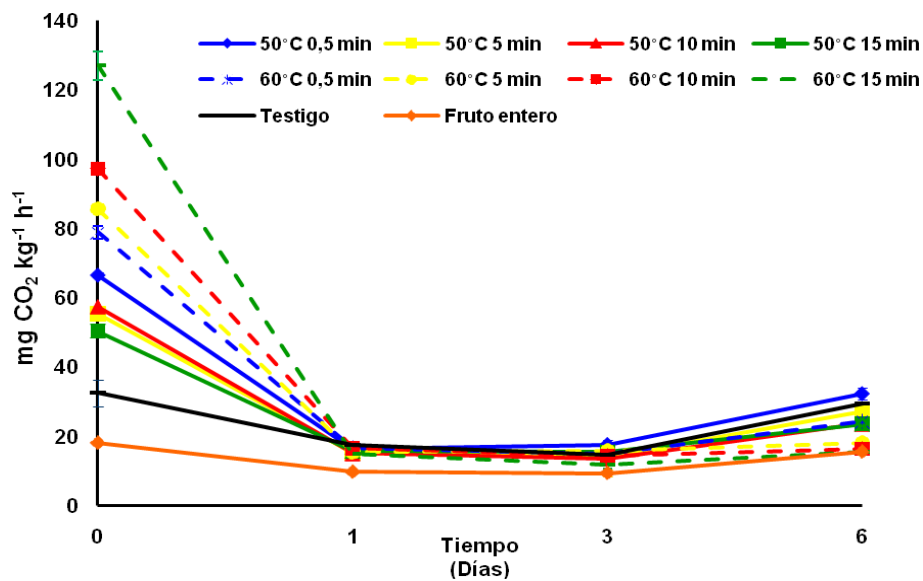


Figura 3.2.1. Tasa respiratoria de cascós de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos suaves. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

Todos los tratamientos llegaron a establecer un equilibrio en sus tasas respiratorias durante los días 1 y 3; para luego aumentar al término del período de almacenamiento (Apéndice, Cuadro 3.2.3). Kim *et al.* (1993) observaron la estabilización de la tasa respiratoria en manzanas tratadas con agua a 45 °C tras 5 días de almacenamiento.

La tasa respiratoria del fruto entero fue más baja que la observada en los tratamientos; este comportamiento se explica por el efecto del procesamiento y el choque térmico sobre los tejidos (Figura 3.2.1).

Los resultados obtenidos indican que los tratamientos térmicos tienen efecto sobre la tasa respiratoria; esto podría deberse al efecto sinérgico generado por el estrés producido por el corte más el efecto del tratamiento térmico (Abreu *et al.*, 2006 Escalona *et al.*, 2006b; Dea *et al.*, 2010). Este comportamiento se observó en la Experiencia I de este capítulo, donde peras tratadas con agua a 45 °C durante 6 minutos presentaron las tasas respiratorias más altas. Estos resultados no concuerdan con Lamikanra *et al.* (2005), quienes reportaron que los tratamientos térmicos suaves tuvieron un efecto protector sobre la tasa respiratoria y la emisión de etileno de cubos de melón, haciendo a los tejidos más íntegros y menos susceptibles al efecto del corte.

El aumento en la tasa respiratoria al término del período de almacenamiento podría deberse al deterioro esperado, producto del desarrollo de pudriciones, procesos de senescencia y aumento de la población de microorganismos. Escalona *et al.* (2006b) reportaron que la tasa respiratoria de tallos de colirrábano aumentó alrededor de un 30% al término del almacenamiento a 5°C. Asimismo Benedetti *et al.* (2007) observaron que secciones trapezoidales de melón aumentaron su tasa respiratoria tras 9 días de conservación a 5°C, estos autores asociaron esta alza al aumento del crecimiento microbiano.

3.3.2.3- Parámetros de color

– **Luminosidad (L):** Tras 1 día no se observaron diferencias entre tratamientos (Apéndice, Cuadro 3.2.4). Tras 3 días, los cascós obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 60 °C durante 5 min presentaron los valores de L más altos (73,2), mientras que en aquellos a 60 °C durante 15 min los valores fueron de 66,2; este valor, según la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) se consideró como pardeamiento (Figura 3.2.2).

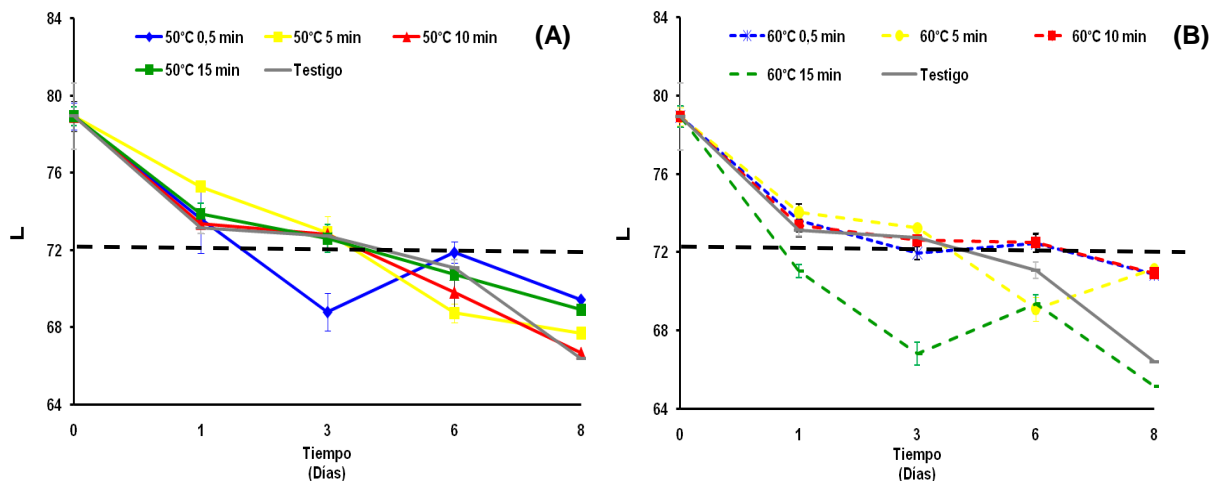


Figura 3.2.2. Valores de L de cascós de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos: (A) 50 °C, (B) 60 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES. (Línea punteada indica punteada indica el valor límite para considerar pardeamiento aceptable L=72,42).

Luego de 6 días de almacenamiento, los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 60 °C durante 0,5 y 10 min presentaron valores de 72,5 y las tratadas con agua a 50 °C durante 5 minutos valores de 68,7; en el resto de los tratamientos los valores fueron de 69,1-71,9 (Apéndice, Cuadro 3.2.4). Al término del período de almacenamiento los tratamientos con agua a 60 °C durante 0,5, 5 y 10 minutos presentaron valores de L de 70,9-71,1, mientras que el resto de los tratamientos, valores de 65,1-69,5, considerados como pardeados de acuerdo a la escala de pardeamiento (Apéndice, Cuadro 3.2.4).

– **a***: Luego de un día de almacenamiento se observó que sólo el tiempo de inmersión afectó significativamente los valores de a*; donde 15 min de inmersión presentó valores de -0,4, mientras que 5 minutos valores de -1,1 (Apéndice, Cuadro 3.2.5). Tras 3 y 6 días se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores estuvieron entre -0,9 y 0,9 para el día 3 y entre -0,1 y 1,7 respectivamente; en ambos días el tratamiento que presentó los valores más bajos fue 60 °C durante 10 min (valores bajos de a* se asocian a menor pardeamiento). Al término del período de conservación sólo las temperaturas de inmersión fueron significativas, 60 °C presentó valores promedio de -0,06, mientras que 50 °C valores de -1,2. Todos los tratamientos, mostraron un aumento significativo de los valores de a* durante el período de almacenamiento (Apéndice, Cuadro 3.2.6).

– **Croma (C*)**: Luego de 1 y 3 días sólo el tiempo de inmersión fue significativo sobre los valores de C*; los valores en el día 1 estuvieron entre 20,1- 21,2; mientras que en el día 3 los valores fueron entre 19,5-22,5 (Apéndice, Cuadro 3.2.7); según la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) estos valores no representan pardeamiento de los cascos de pera. Tras 6 días se observaron diferencias significativas entre tratamientos, donde cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 50 °C durante 5 min presentaron valores de 24; este valor se encuentra en el límite de pardeamiento. Al término del período de almacenamiento los valores más bajos (20,8) se presentaron en los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con 60 °C y 10 min de inmersión (asociado a menor pardeamiento), mientras que aquellas tratadas con 50 °C y 10 min los valores más altos (27) (Apéndice, Cuadro 3.2.7). En todos los tratamientos se

observó un aumento significativo de los valores de C^* durante el periodo de almacenamiento (Apéndice, Cuadro 3.2.6).

– H_{ab} : Luego de un día los valores estuvieron afectados por el tiempo de inmersión; siendo de 91,4- 93,5 (Apéndice, Cuadro 3.2.8). Tras 3 y 6 días, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos; en ambos días las peras tratadas con 60 °C y 10 min presentaron los valores más altos de 93,0 y 90,5 respectivamente (Apéndice, Cuadro 3.2.8). Luego de 8 días la temperatura de inmersión tuvo un efecto sobre H_{ab} ; donde a 60 °C los valores promedio fueron 90,2; mientras que a 50 °C valores de 87,2 (Figura 3.2.3) este último valor, según la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1), se considera como tejido pardeado.

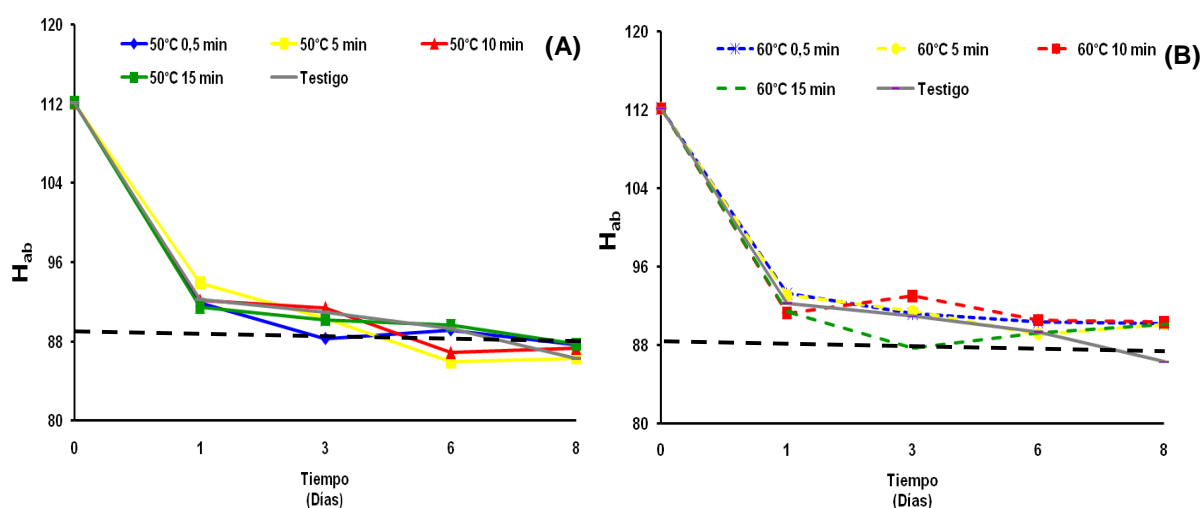


Figura 3.2.3. Valores de H_{ab} de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos: (A) 50 °C, (B) 60 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (Línea punteada indica el valor límite para considerar pardeamiento aceptable $H_{ab}=89,9$).

El efecto del tiempo de conservación fue significativo para todos los tratamientos (Apéndice, Cuadro 3.2.6), lo cual se vio reflejado en la disminución de los valores de H_{ab} (una disminución de los valores de H_{ab} están asociados a pardeamiento).

Los resultados obtenidos indican que el tiempo de almacenamiento tiene un efecto negativo sobre todos los parámetros de color, lo cual se puede relacionar directamente con la pérdida de calidad de un producto.

Los tratamientos térmicos preservaron el color de los cascos de pera, esto podría explicarse por la disminución de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) producto de la temperatura. Fallik (2004) observó que cuando se aplicaron tratamientos térmicos sobre lechuga, éstos previnieron el pardeamiento a través de la inhibición de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) y la consecuente acumulación de compuestos fenólicos, los cuales son substrato para la acción de la polifenoloxidasas. Loaiza-Velarde *et al.* (2003), reportaron un aumento de la enzima PAL producto del procesamiento de cilantro, pero tras la aplicación de tratamientos térmicos de 50 °C durante 90 segundos se redujo significativamente la PAL y por tanto el pardeamiento. Murata *et al.* (2004) estudiaron el efecto de tratamientos térmicos a 50 °C por 90 s sobre la calidad de lechuga, encontrando que el tratamiento térmico redujo significativamente la acción de la PAL y la consecuente acumulación de compuestos fenólicos

De acuerdo con Kim *et al.* (1993) y Abreu *et al.* (2003) el efecto de los tratamientos térmicos sobre los parámetros de color podría estar relacionado con la actividad de la polifenoloxidasas (PPO), enzima involucrada en los procesos de pardeamiento enzimático; esta enzima es estable en un rango de temperatura de 35-50 °C, siendo completamente inactivada a 80 °C. Además se sugiere que la reducción del pardeamiento puede deberse a cambios en la concentración interna de oxígeno y dióxido de carbono, los cuales también afectan la acción de la PPO, posiblemente inducidos por la temperatura.

En cuanto a la efectividad en el control del pardeamiento de los tratamientos aplicados, se observó que en general una inmersión en agua a 60 °C durante 5 y 10 min fue la más efectiva con respecto a los demás tratamientos. Zhang *et al.* (2009) observaron que brócoli tratado con agua a 55 °C fue la temperatura que mejor conservó valores del parámetro L; mientras que Kim *et al.* (1993) observaron que una inmersión en agua a 50 °C fue más efectiva que a 40 y 45 °C. Esto concuerda con lo observado en la Experiencia I de este capítulo, donde tratamientos térmicos de 45 °C no fueron suficientemente efectivos en el control del pardeamiento de los tejidos.

3.3.2.4- Firmeza

Al comienzo del período de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, los valores observados fueron entre 5,9- 6,6 (Apéndice, Cuadro 3.2.9) (Figura 3.2.4). Luego de 3 y 6 días se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, en el día 3 los valores más altos de firmeza se observaron en los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 50 °C y 15 min (6,8 kg-f), mientras que los valores más bajos fueron 5,6 y 5,7 kg-f en los tratamientos 60 °C y 10 y 15 min respectivamente (Apéndice, Cuadro 3.2.9).

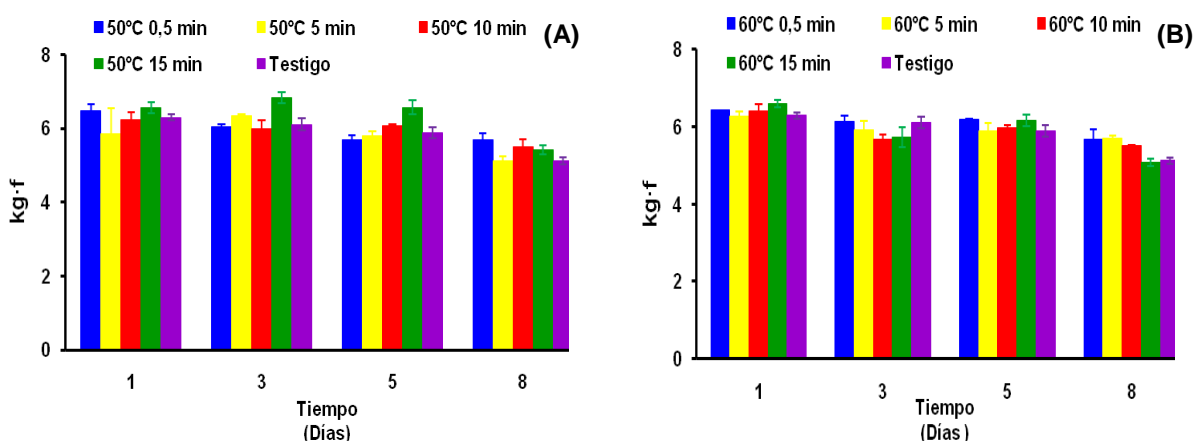


Figura 3.2.4. Valores de firmeza (kg-f) de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos: (A) 50 °C, (B) 60 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

Tras 8 días no se observaron diferencias entre los tratamientos, los valores estuvieron entre 5,1 y 5,7. Un 62% de los tratamientos no se vio afectado por el tiempo de almacenamiento (Apéndice, Cuadro 3.2.10)

Se observó un aumento inicial de la firmeza en peras tratadas con agua a 50 °C; estos resultados podrían explicarse en el hecho que por medio de la temperatura se produce la activación de la enzima PME, la cual ha demostrado tener una temperatura óptima alta (55-70 °C), lo cual puede conllevar a la liberación de grupos metoxilo. Los grupos pectin carboxilos formados están disponibles para secuestrar cationes libres, particularmente calcio endógeno (Ca^{2+}), dando origen a pectatos de calcio aumentando

así la rigidez de la lámina media y la pared celular (Luna-Guzmán *et al.*, 1999; Abreu *et al.*, 2003).

Parece ser que una temperatura de 60 °C no es efectiva en mantener la firmeza de los tejidos, probablemente porque excede lo tolerado por los tejidos de pera dañándolos. Algunas experiencias con temperaturas moderadas (hasta 50 °C) corroboran lo mencionado (Fallik *et al.*, 1993; Barrancos *et al.*, 2003). Esto no concuerda con lo observado por Laminkanra *et al.* (2007) y Aguayo *et al.* (2008) quienes determinaron que una temperatura de 60 °C fue la más efectiva en aumentar y mantener la firmeza de melones mínimamente procesados.

Al término del almacenamiento no se observaron efectos de los tratamientos térmicos sobre la firmeza, esto también fue observado por Dea *et al.* (2010) en mangos mínimamente procesados tratados con agua a 46 °C y por Fan *et al.* (2008) en melones tratados con agua a 76 °C. Bai *et al.* (2004) observaron que el testigo en agua fría fue más eficiente en retener la firmeza de rebanadas de manzana, que tratamientos de inmersión con agua a 38 °C.

3.3.2.5- Parámetros químicos

– **Sólidos solubles totales:** Tras 1 día se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores estuvieron entre 11,7 y 13,2. Los días 3 y 6 la temperatura de inmersión tuvo un efecto significativo, a 50 °C los valores fueron de 12,6 y 12,5 respectivamente; a 60 °C los valores fueron de 12,2 y 12,0 (Apéndice, Cuadro 3.2.11). Al término del almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores estuvieron entre 12,1 y 12,9. Tampoco se observó un efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles, excepto en el testigo, el cual disminuyó (Apéndice, Cuadro 3.2.12).

El contenido de sólidos solubles de todos los tratamientos disminuyó con respecto al fruto entero; estos resultados podrían estar relacionados con el incremento en la tasa respiratoria producto del estrés producido por el procesamiento (Kim *et al.*; 1993; Fan *et al.*

al., 2008). Los valores correspondientes a los tratamientos de inmersión de 60 °C fueron más bajos que a 50 °C, lo cual se explicaría por las diferencias observadas en la tasa respiratoria.

– **pH:** Al comienzo del almacenamiento se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores estuvieron entre 4 y 4,2 (Apéndice, Cuadro 3.2.13); los cuales fueron más altos que los determinados en el fruto entero (3,4) (Cuadro 3.2.2). Luego de 3 días no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Tras 6 días la temperatura tuvo un efecto significativo, a 50 °C los valores fueron de 3,9 mientras que a 60 °C fue de 4,0 (Apéndice, Cuadro 3.2.13). Al término del período, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

El pH observado al inicio del período fue más alto que el determinado en el fruto entero; esto también ha sido observado por Abreu *et al.* (2003), donde tratamientos térmicos produjeron un aumento del pH de hasta un 20% con respecto a la materia prima. El efecto sobre el pH de los tratamientos térmicos se podría explicar por la alta tasa respiratoria presentada, la cual produce consumo de ácidos orgánicos (Kim *et al.*, 1993).

– **Acidez titulable (AT):** Tras 1 día no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. En los días 3, 6 y 8 se observaron diferencias, los valores más altos se presentaron en peras a 50 °C y 5 min, mientras que los más bajos se presentaron en el tratamiento a 60 °C y 15 min (Apéndice, Cuadro 3.2. 14).

La acidez observada en los tratamientos fue menor que la observada en el fruto entero; esto podría deberse parcialmente, según Abreu *et al.* (2003) al lavado de ácidos contenidos en el fruto entero producidos por los tratamientos de inmersión, sumado al mayor consumo de ácidos orgánicos producto del alza en la tasa respiratoria.

3.3.2.6.- Análisis microbiológicos

– **Aerobios mesófilos (RAM):** Tras 1 día, los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 60 °C presentaron los RAM más bajos ($< 1 \log \text{ufc g}^{-1}$), mientras que los más altos se observaron en los tratamientos con agua a 50 °C y el testigo (1,5 y 1,6 $\log \text{ufc g}^{-1}$ respectivamente) (Apéndice, Cuadro 3.2.15). Luego de 8 días en todos los tratamientos aumentaron los recuentos, en especial en los tratamientos con agua a 60 °C por 10 y 15 minutos; sin embargo, todos los tratamientos estuvieron dentro de los límites permitidos por la Legislación Chilena (Anexo 2).

– **Psicrófilos:** Al inicio del período de almacenamiento, se observó que todos los tratamientos presentaron recuentos bajos de psicrófilos ($< 1 \log \text{ufc g}^{-1}$). Tras 8 días los tratamientos con agua a 50 °C por 0,5 y 5 minutos presentaron recuentos bajos ($< 1 \log \text{ufc g}^{-1}$); los demás tratamientos presentaron recuentos superiores a 5,3 $\log \text{ufc g}^{-1}$ (Apéndice, Cuadro 3.2.15).

– **Enterobacterias:** Luego de un día, todos los tratamientos presentaron recuentos inferiores a 1 $\log \text{ufc g}^{-1}$ (Apéndice, Cuadro 3.2.15). Tras 8 días, todos los tratamientos presentaron recuentos de enterobacterias por debajo del límite máximo establecido por la Legislación Chilena (Anexo 2), excepto los cascos de pera obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 50 °C por 0,5 min.

– **Hongos y levaduras:** Al inicio del período de almacenamiento, los cascos obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 50 °C por 0,5, 5 min y 60 °C por 5 min presentaron los recuentos más bajos de hongos y levaduras ($< 1 \log \text{ufc g}^{-1}$). Luego de 8 días, en todos los tratamientos se incrementó el recuento de hongos y levaduras (Apéndice, Cuadro 3.2.15).

Los resultados obtenidos indican que los tratamientos térmicos fueron capaces de reducir los recuentos, con respecto al testigo al inicio del período de almacenamiento; esto podría deberse a que el tratamiento térmico tiene un efecto de superficie sobre los tejidos, es decir tiene la capacidad de eliminar y/o limitar el crecimiento de bacterias. Esto concuerda con lo observado por Laminkanra *et al.* (2005) quienes reportaron que

tras 1 día de almacenamiento, los recuentos de aerobios mesófilos de mitades de melones tratados con agua a 50 °C durante 60 min fueron de $< 1 \log \text{ ufc g}^{-1}$, en comparación con los melones no tratados cuyos recuentos fueron de $3,9 \log \text{ ufc g}^{-1}$.

Debido al bajo pH de la fruta, la microflora que crece usualmente son hongos y levaduras (Luna-Guzmán y Barrett, 2000); sin embargo, tras un día de almacenamiento todos los tratamientos presentaron recuentos bajos de hongos y levaduras, esto probablemente debido al efecto del procesamiento y al efecto de los tratamientos térmicos. Se ha planteado que tras el estrés provocado por el corte, se produce la liberación de sustancias antimicrobianas (Luna-Guzmán y Barrett, 2000); y los tratamientos térmicos han sido utilizados en poscosecha para inhibir el crecimiento fúngico (Fallik *et al.*, 1993; Fallik, 2004; Fan *et al.*, 2008). Al término del periodo de almacenamiento se presentó una gran alza en los recuento de hongos y levaduras de todos los tratamientos.

3.3.2.7 Análisis sensorial

– **Apariencia:** Tras 1 día no se observaron diferencias entre los tratamientos (Apéndice, Cuadro 3.2.16), los cuales obtuvieron puntajes de 6,9 a 9,4; estos valores sitúan a los tratamientos en los rangos “menos que regular”, “regular” y “más que regular” (Anexo 3). Luego de 3 días, se observó que los tratamientos con agua a 60 °C por 0,5, 5 y 10 minutos obtuvieron la puntuación más alta de todos los tratamientos (9,7, 8,7 y 9,3 respectivamente) los cuales se encuentran en el rango de “bueno”; mientras que el testigo (5,2 unidades) presentó la puntuación más baja ubicándose en el rango de “menos que regular” (Apéndice, Cuadro 3.2.17). El resto de los tratamientos presentó puntajes entre 7 y 8 (Apéndice, Cuadro 3.2.16) ubicados en el rango de “regular”. Al cabo de 6 días no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice, Cuadro 3.2.16); sin embargo los rangos obtenidos para este día fueron: “deficiente”, “menos que regular” y “regular”. En general en todos los se observó una disminución de los puntaje en cuanto a la apariencia (Apéndice, Cuadro 3.2.18).

– **Pardeamiento:** Al inicio del período de almacenamiento se observaron diferencias

entre tratamientos los tratamientos; los cascotes obtenidos de peras tratadas con agua a 60 °C por 10 min obtuvieron el puntaje más bajo (asociado a ausencia de pardeamiento) (Anexo 3) de 4,5, el cual se encuentra en el rango de "suficiente", mientras que aquellas tratadas con agua a 60 °C por 15 min presentaron 7,9 las cuales corresponden al rango "insuficiente". El resto de los tratamientos obtuvo puntajes entre 4,7 y 7,3 (Apéndice, Cuadro 3.2.19). Tras 3 días se observó que el testigo junto con los cascotes obtenidos de peras enteras tratadas con 50 °C por 0,5 min presentaron la puntuación más alta para pardeamiento (9,9 y 9,5 respectivamente) ubicándose en el rango de "insuficiente"; los puntajes más bajos se observaron en cascotes obtenidos de peras enteras tratadas con agua a 60 °C por 10 min. Finalmente, luego de 6 días, todos los tratamientos se calificaron como de calidad "insuficiente". En general el pardeamiento aumentó significativamente en los tratamientos (Apéndice, Cuadro 3.2.18).

Los resultados obtenidos en el análisis de la apariencia y el pardeamiento podrían encontrarse relacionadas, debido a que uno de los aspectos más influyentes en la apariencia es el pardeamiento, lo cual además podría relacionarse con los resultados obtenidos en los parámetros de color, sobre todo L y a*. En general los tratamientos térmicos fueron más efectivos que el testigo en mantener la apariencia y el pardeamiento; lo cual concuerda con lo reportado por Aguayo *et al.* (2008) en secciones trapezoidales de melón. Sin embargo, en el último día de análisis todos los tratamientos se encontraron en rangos que podrían considerarse como no comerciales.

– **Firmeza:** Durante todos los días de análisis realizados no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, los puntajes obtenidos fueron entre 9,3- 11,9 (Apéndice, Cuadro 3.2.20) por tanto los rangos obtenidos fueron "bueno" y "muy bueno" para todos los tratamientos (Apéndice, Cuadro 3.2.20). Asimismo no se observó efecto significativo del tiempo de almacenamiento (Apéndice, Cuadro 3.2.18).

Con respecto a la firmeza, los resultados obtenidos no concuerdan con los obtenidos en la sección 3.3.2.4, esto podría deberse a que la pérdida de firmeza observada y medida en kg·f, no fue lo suficientemente acentuada como para ser detectada por el panel de

jueces entrenados; esto concuerda con lo observado por Fan *et al.* (2008) quienes no encontraron diferencias significativas entre tratamientos térmicos de 70 °C y el testigo a 5 °C con respecto a la firmeza sensorial de mitades de melón.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la hipótesis y objetivos planteados en este trabajo se establece que:

- La aplicación de tratamientos térmicos a 45 °C no fue efectiva para reducir la tasa respiratoria, controlar el pardeamiento, evitar la pérdida de firmeza, reducir el recuento de microorganismos y mantener la calidad sensorial de cascos de peras.
- La aplicación de tratamientos térmicos a 60 °C durante 0,5, 5 y 10 minutos fue efectiva para disminuir la tasa respiratoria, el pardeamiento, los recuentos microbiológicos y mantener la calidad sensorial de cascos de pera.
- La aplicación de tratamientos térmicos a 50 °C fue más efectiva que a 60 °C para evitar la pérdida de firmeza de peras mínimamente procesadas en fresco.
- Es necesario evaluar otras metodologías de aplicación de tratamientos térmicos, que contemplen distintas condiciones previas y posteriores a la aplicación, así como diferentes temperaturas y tiempos de inmersión sobre peras.

CAPITULO IV. Efecto de distintos agentes antipardeantes sobre la calidad de peras mínimamente procesadas.

RESUMEN

Se evaluó la inmersión de cascos de pera en cisteína (CIS) 5 g L⁻¹, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (1 g L⁻¹) y ácido cítrico (AC) (5 g L⁻¹) durante 5 minutos. Estos cascos se conservaron durante 8 días a 5°C; durante este periodo se evaluó su tasa respiratoria, los parámetros de color, la firmeza de la pulpa, parámetros químicos, calidad sensorial y aspectos microbiológicos. Los tratamientos fueron: CIS; EDTA; AC+CIS; EDTA+CIS; AC+EDTA; AC+CIS+EDTA. Tras 1 día los cascos con CIS, AC+CIS, CIS+EDTA, CIS+EDTA+AC presentaron valores de L y croma de 75-76 y 16-18, respectivamente, mientras que aquellos con EDTA y EDTA+AC presentaron valores de 71,3-71,9 y 22-25, respectivamente. El día 8 los valores más bajos de L se observaron en peras con EDTA (66); el resto de los tratamientos no presentó diferencias significativas (66,7-69), siendo éstos los más eficientes en la reducción del pardeamiento. Después de 1 día la tasa respiratoria alcanzó valores mínimos de 2,1-2,3 mg CO₂kg⁻¹h⁻¹ en cascos tratados con AC+EDTA y CIS+EDTA+AC, mientras que los máximos (5,1-5,6 mgCO₂kg⁻¹h⁻¹) se observaron en tratamientos con CIS y EDTA. Luego de 8 días no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (8-12 mg CO₂kg⁻¹h⁻¹). Luego del procesamiento (2-4 h) todos los tratamientos presentaron tasas respiratorias altas (13,2- 24,8 mg CO₂kg⁻¹h⁻¹). Tras 1 día los tratamientos con CIS y EDTA presentaron los recuentos más bajos de aerobios mesófilos (1,4 y 1 log ufc g⁻¹ respectivamente); el resto presentó recuentos superiores (2-3 log ufc g⁻¹). El día 8 todos los tratamientos presentaron recuentos de aerobios mesófilos y enterobacterias bajo el máximo permitido por la legislación chilena (5,6 y 4,6 log ufc⁻¹g respectivamente). El uso combinado de CIS, AC y EDTA mantuvo aceptable la calidad sensorial y microbiológica de cascos de pera durante 8 días a 5°C.

Palabras clave: Pardeamiento, vida útil, agentes químicos, IV gama, peras

ABSTRACT

The effect of immersion of pear wedges during 5 min in cysteine (CIS) (5 g L⁻¹), ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) (1 g L⁻¹) and citric acid (5 g L⁻¹) was evaluated. The wedges were stored for 8 days at 5 °C and during this period respiration rate, color parameters, flesh firmness, chemical parameters, sensory quality and microbiological aspects were evaluated. Treatments were: CIS; EDTA; AC + CIS; EDTA+CIS; AC+EDTA; AC+CIS+EDTA. After 1 day, wedges treated with CIS, AC+CIS, CIS+EDTA, CIS+EDTA+AC showed L and chroma values of 75-76 and 16-18 respectively, whereas wedges with EDTA and EDTA + AC showed values of 71,3-71,9 and 22-25 respectively. The eighth day wedges with EDTA showed values of L lowest (66), whereas no differences were observed in the other treatments (66, 7-69), being these treatments the most efficient in reducing browning. After 1 day respiration rate reached the lowest values 2,1-2,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ in wedges with AC+ EDTA and CIS+ EDTA + AC while maximum values (5,1-5,6 mgCO₂kg⁻¹h⁻¹) were observed in wedges with CIS and EDTA. After 8 days no difference were observed (8-12 mg CO₂kg⁻¹h⁻¹). After processing (2-4 h) treatments showed high respiration rates (13, 2- 24, 8 mg CO₂kg⁻¹h⁻¹). After 1 day, wedges with CIS and EDTA showed the lowest mesophilic count (1,4 y 1 log ufc g⁻¹ respectively), the other treatments showed higher counts (2-3 log ufc g⁻¹). The eighth day all treatments showed mesophilic and enterobacterias counts below of the legal maximum allowed by Chilean regulation (5,6 y 4,6 log ufc⁻¹g respectively). The combined use of CIS, AC and EDTA kept the sensory quality and microbiological aspects of pear wedges during 8 days at 5 °C.

Keywords: Browning, shelf-life, chemical agents, minimally processed, pears.

INTRODUCCION

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas ofrecen al consumidor un alto contenido nutricional, conveniencia y la frescura de un producto no procesado (Oms-Oliu *et al.*, 2008a; Xiao *et al.*, 2010). Sin embargo el gran obstáculo que presentan este tipo de productos es su limitada vida útil debido al rápido deterioro de los tejidos, como consecuencia de las operaciones propias del procesamiento, como el pelado y corte, que inducen el pardeamiento enzimático, el aumento en la síntesis de etileno y la tasa respiratoria, el ablandamiento de tejidos y la contaminación microbiológica; todos estas consecuencias han sido correlacionadas con la pérdida de calidad de peras mínimamente procesadas (Ahvenainen, 1996; Gorny *et al.*, 2002; Xiao *et al.*, 2010).

El pardeamiento enzimático se desencadena cuando, tras la operación de corte se produce la pérdida de la integridad celular y el rompimiento de las membranas celulares del tejido vegetal. Como consecuencia, entran en contacto substratos (como catequinas, polifenoles) con la enzima polifenoloxidasa (PPO) o fenol peroxidasa (Toivonen y Brummel, 2008; Changwen *et al.*, 2009). El pardeamiento enzimático puede describirse como un fenómeno que ocurre en dos etapas, una catalizada por enzimas y otra posterior no enzimática. La primera fase enzimática consiste en la oxidación de monofenoles a *o*-quinonas. En la segunda fase, de carácter no enzimático, las *o*-quinonas producidas en la primera etapa son inestables y reactivas; estas *o*-quinonas condensan combinándose con otros grupos amino o sulfhidrilo de las proteínas y con azúcares reductores; dando origen a polímeros pardos, rojizos o negros, de alto peso molecular y estructura desconocida. La formación de *o*-quinonas es una reacción reversible en presencia de agentes reductores como la cisteína dando lugar a *o*-difenoles incoloros; mientras que la polimerización posterior es irreversible (Oms-Oliu *et al.*, 2008a; He y Luo, 2007).

Para que el pardeamiento enzimático ocurra se requiere de la presencia de oxígeno molecular, substratos apropiados, la enzima polifenoloxidasa y la presencia de cobre en el centro activo de la enzima. Estos factores determinan la velocidad de pardeamiento (Laurila *et al.*, 1998). Otros factores que influyen en la acción de la enzima son

apropiadas condiciones de pH, T° y actividad de agua, además de factores intrínsecos como la especie, la variedad y el estado fisiológico de la fruta (Amiot *et al.*, 1992; He y Luo, 2007).

Los sulfitos han sido ampliamente utilizados para controlar el pardeamiento enzimático, controlar el crecimiento microbiano y actuar como agentes blanqueadores. Sin embargo, presentan efectos negativos sobre la salud de los consumidores debido a las reacciones alérgicas graves que provocan (Dong *et al.*, 2000; Escalona *et al.*, 2006a).

En base a lo anterior es necesario buscar alternativas a la aplicación de sulfitos, y por ello, en el presente trabajo se evaluó el efecto de tres agentes antipardeantes: cisteína, EDTA y ácido cítrico, los cuales se pueden clasificar de acuerdo al modo de acción que presentan sobre la PPO: la cisteína se ha clasificado como agente reductor; este compuesto demostró ser eficiente en el control del pardeamiento de papas (Gunes and Lee, 1997), chirimoya (Campos-Vargas *et al.*, 2008), pera (Pérez, 2003) entre otros. Según He y Luo; (2007) los agentes reductores son los más efectivos en el control del pardeamiento enzimático ya que son capaces de reducir las o-quinonas a difenoles incoloros. Se proponen tres explicaciones del modo de acción de la cisteína sobre la inhibición del pardeamiento: reducción de quinonas a hidroxifenoles, inhibición directa de la PPO o la formación de quinonas de baja coloración. Las limitantes de su utilización son la aparición de coloraciones rojizas en la superficie del producto (Sapers y Miller, 1998); además las cantidades requeridas para inhibir totalmente el pardeamiento son demasiado altas y pueden aparecer sabores y aromas no deseados, por esta razón es que se suele aplicar en combinación con otros compuestos (Gorny *et al.*, 2002; Pérez, 2003). El EDTA se ha empleado para mejorar el color y mantener la textura (Pérez, 2003). Se clasifica bajo el nombre de agente quelante o acomplejante, debido a que dentro de sus principales acciones está formar complejos altamente estables al secuestrar al ion Cu^{2+} del sitio activo de la enzima, además de formar quelatos de gran estabilidad con el Ca^{2+} y ser antimicrobiano. Las dosis más comúnmente utilizadas son 0,2-0,5% p/v. Este agente utilizó en el control de pardeamiento enzimático en papa y lechuga (Laurila *et al.*, 1998). El ácido cítrico se ha utilizado para prevenir el pardeamiento por medio de la disminución del pH alejándolo

del óptimo de acción de la enzima PPO, siendo uno de los procedimientos más directos para inhibir la actividad enzimática; por ello ha sido clasificado bajo el nombre de agente acidulante. Además, actúa como agente quelante de los átomos de Cu^{2+} ; es decir forma un complejo con los átomos de Cu^{2+} del centro activo de la enzima, modificando su configuración (Pérez, 2003; He y Luo, 2007; Oms-Oliu *et al.*, 2008a). Las dosis más utilizadas son 0,5-2% p/v (He y Luo, 2007). Sin embargo, es ampliamente combinado con otros compuestos tales como ácido ascórbico y cisteína en pera (Pérez, 2003) y manzana (Villegas-Ochoa *et al.*, 2005, Cocci *et al.*, 2006). Se ha observado que la inhibición del pardeamiento es más efectiva cuando se emplean mezclas de agentes antipardeantes para lograr un mecanismo de acción sinérgico, por ejemplo, mezclas de acidulantes, como ácido cítrico, con agentes antioxidantes como ácido ascórbico; una típica combinación de agentes antipardeantes es aquella que consiste en un agente reductor, un acidulante y un agente quelante (He y Luo, 2007).

Dada la gran susceptibilidad al pardeamiento enzimático que poseen los tejidos de peras mínimamente procesadas (Dong *et al.*, 2000; Changwen *et al.*, 2009) y en base a los antecedentes mencionados, es interesante estudiar el efecto de distintos agentes antipardeantes y sus combinaciones sobre la calidad de las mismas.

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

La inmersión en agentes antipardeantes es efectiva para inhibir el pardeamiento enzimático de cascotes de pera.

Objetivos

Evaluar el efecto de tres agentes antipardeantes y su combinación sobre: la tasa respiratoria, parámetros de color, firmeza, aspectos microbiológicos y la calidad sensorial de cascotes de peras.

MATERIALES Y METODO

4.1- Materiales

Se utilizaron frutos suministrados por la empresa Inversiones Kiwi del Sur Ltda. Los frutos provinieron un huerto ubicado en la VI Región, Provincia Cachapoal, comuna de Rengo, cosechados en febrero de 2010. Los índices de cosecha utilizados y las condiciones de almacenamiento fueron los descritos en la sección 2.1.

Los antipardeantes utilizados fueron los siguientes:

- Cisteína (CIS) (Sigma-Aldrich, EE.UU.)
- Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (Sigma-Aldrich, EE.UU.)
- Ácido cítrico (AC) (Granotec, Chile)

Estos antipardeantes fueron adquiridos en el comercio.

Para la aplicación de los tratamientos antipardeantes se prepararon soluciones empleando agua potable, en recipientes de acero inoxidable de 50 L.

Los cascos de pera se envasaron en envases transparentes de polietileno con tapa y una capacidad de 500 mL. Estos envases se adquirieron en una tienda especializada en equipamiento gastronómico (Cherry, Chile).

4.2- Método

4.2.1- Caracterización de fruta entera

La caracterización de fruta entera y la determinación de los parámetros físicos y químicos se realizaron de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.1

4.2.2- Procesamiento

Las condiciones de la sala de manipulación y utensilios y almacenamiento de los frutos se realizaron de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.2.

Previo al procesamiento, se realizó un lavado a las peras con agua potable a 5 °C durante 5 min, con el objetivo de eliminar cualquier material extraño sobre ellas y mantener las bajas temperaturas durante el proceso; a continuación el fruto entero se colocó sobre mallas de acero inoxidable para eliminar el exceso de agua. Luego se procedió al pelado y corte manual con cuchillos lisos y afilados; de cada pera se obtuvieron entre 8-6 cascos (Figura 4.1). Posteriormente, se realizaron los tratamientos de inmersión en agua (5 °C) con los distintos antiparceantes en disolución durante 5 min. Los tratamientos aplicados fueron: EDTA, CIS y AC y combinaciones de los mismos. Tras los tratamientos de inmersión los cascos de peras se drenaron sobre mallas de acero inoxidable por un período de 5 min. Finalmente los cascos de pera se envasaron en envases de polietileno con tapa y se almacenaron a 5 °C durante 8 días (Figura 4.2).

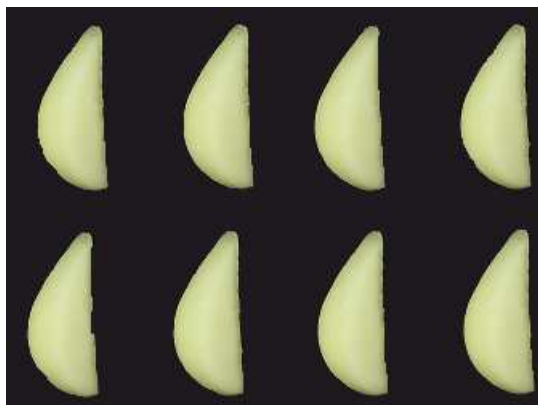


Figura 4.1. Cortes obtenidos de peras mínimamente procesadas.

En la Figura 4.2 se observa el diagrama que describe el procesamiento.

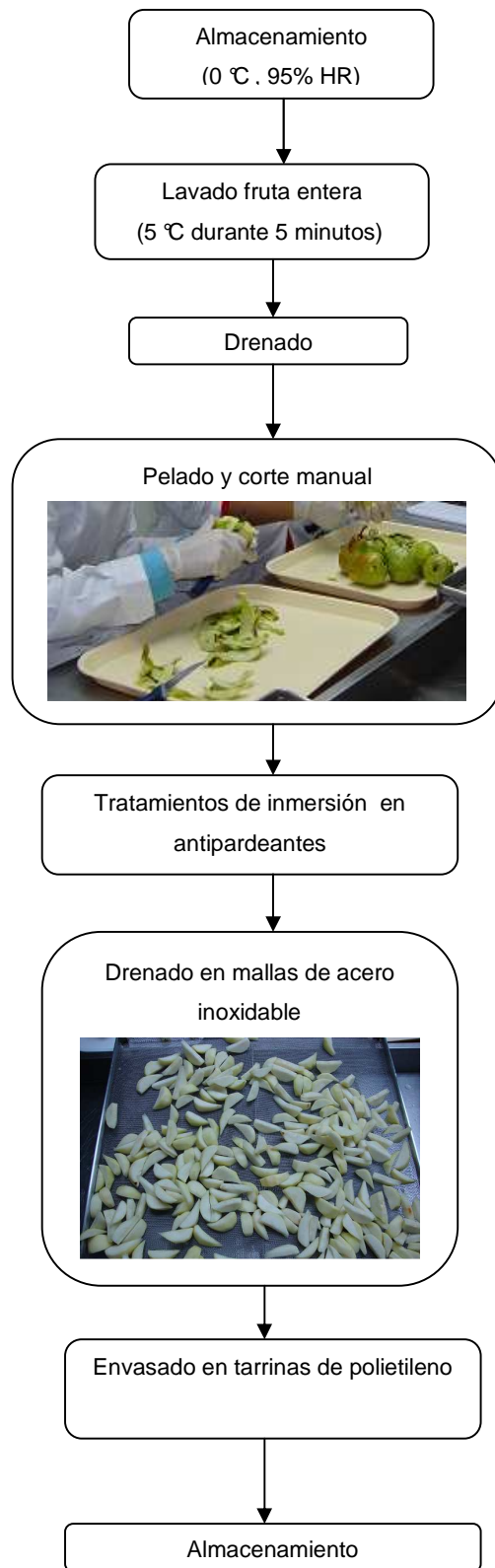


Figura 4.2. Diagrama de flujo de cascos sometidos a tratamientos antipardeckantes.

4.2.3- Parámetros medidos

4.2.3.1- Tasa respiratoria:

La determinación de la tasa respiratoria se realizó de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.3.1. Las mediciones se realizaron los días los días 0, 1, 3, 6 y 8 tras el proceso.

4.2.3.2- Parámetros de color:

Se determinaron con un colorímetro portátil tri-estímulo Minolta modelo CR-300 (Minolta, Japón), con una fuente iluminante D_{65} , un ángulo de observador de 0° , utilizando el sistema CIELab. Adicionalmente los valores de a^* y b^* se transformaron a valores de saturación (C^* , croma) y tono (H_{ab}), donde $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ y $H_{ab}=\tan^{-1}(b^*/a^*)$ (Mc Guire, 1992). Las mediciones se realizaron los días 1, 3, 6 y 8 tras el proceso.

4.2.3.3- Firmeza:

La firmeza de los trozos se determinó de acuerdo a la sección 3.2.2.3. Las mediciones se realizaron los días 1, 3, 6 y 8 tras el proceso.

4.2.3.4- Parámetros químicos

La determinación de los parámetros químicos se realizó de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.3.3. Las mediciones se realizaron los días 1, 3, 6 y 8 tras el proceso.

4.2.3.5- Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos de realizaron de acuerdo a los establecido en la sección 3.2.2.5. Los análisis se realizaron los días 1 y 8 tras el procesamiento.

4.2.3.6- Determinación de la calidad sensorial

La calidad sensorial se evaluó de acuerdo a lo establecido en la sección 3.2.2.6. En esta experiencia se evaluó apariencia, pardeamiento, firmeza, sabor típico y sabor extraño de los cascos de pera.

Tanto el mínimo proceso, como las evaluaciones se realizaron en los laboratorios del Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

4.2.4- Diseño de experimentos y análisis estadístico

Se estableció un diseño completamente al azar de los tratamientos, con tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 4.2). La unidad experimental correspondió a una envase de aproximadamente 250 g de fruta.

Todos los datos obtenidos, se evaluaron con un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza de 95%; al existir diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

Todos los resultados de las determinaciones se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab Release 15.

Cuadro 4.2. Tratamientos de inmersión con distintos agentes antipardeantes.

Tratamientos	Agentes antipardeantes	Concentración (g L⁻¹)
T1	CIS	5
T2	EDTA	1
T3	AC + CIS	5 + 5
T4	AC + EDTA	5 + 1
T5	CIS + EDTA	5 + 1
T6	CIS + EDTA + AC	5 + 1 + 5

RESULTADOS Y DISCUSION

4.3.1- Caracterización de fruta entera

En el Cuadro 4.1 se muestran los resultados de la caracterización del fruto entero, en general estos resultados no difieren con los registrados en los capítulos anteriores, a pesar de provenir de huertos distintos y haber sido cosechados en dos temporadas diferentes.

Cuadro 4.1. Caracterización de fruto entero

Parámetros físicos		Parámetros químicos	
Tamaño (mm)	68,1 ± 0,3 ^a	SST	14,6 ± 0,1 ^b
Peso (g)	163,3 ± 0,2 ^a	pH	3,8 ± 0,1 ^b
Color de piel		AT (%)	0,2 ± 0,0 ^b
L	66,8 ± 0,5 ^a		
a*	-10,4 ± 0,5 ^a		
b*	39,2 ± 0,4 ^a		
C*	40,6 ± 0,7 ^a		
H _{ab}	104,4 ± 0,5 ^a		
Color de pulpa			
L	76,8 ± 0,4 ^a		
a*	-5,8 ± 0,5 ^a		
b*	19,7 ± 0,6 ^a		
C*	20,8 ± 0,5 ^a		
H _{ab}	106,2 ± 0,5 ^a		
Firmeza (kg-f)	5,9 ± 0,3 ^a		

^a Corresponde a la media de 24 muestras ± ES.

^b Corresponde a la media de 8 muestras ± ES.

4.3.2- Tasa respiratoria

Tras el procesamiento y la inmersión en soluciones antipardeantes (2-4 h después) se observaron diferencias significativas entre tratamientos; los valores más altos se presentaron en los tratamientos EDTA, AC+CIS y CIS+ EDTA (19,6- 24,8 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), mientras que los más bajos en los cascos tratados con CIS, AC+ EDTA y CIS+ EDTA+ AC (13,2- 16,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). Luego de un día, los cascos tratados con CIS y EDTA presentaron valores máximos de respiración (5,6 y 5,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ respectivamente), mientras que el tratamiento con CIS + AC y CIS+ EDTA+ AC presentaron valores un 63% más bajos (2,3 y 2,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ respectivamente) (Apéndice, Cuadro 4.1). En los días 3, 6 y 8 no se observaron diferencias significativas

entre los tratamientos. Durante todo el período de almacenamiento se observaron cambios en la tasa respiratoria de los tratamientos; entre los días 1 y 3 se observó la estabilización de la respiración, para luego aumentar a partir del día 6 (Figura 4.3).

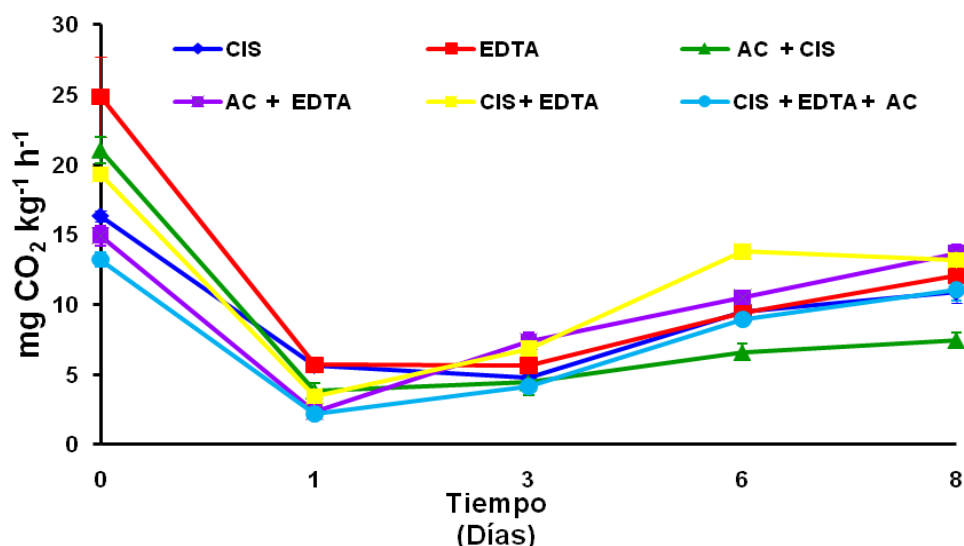


Figura 4.3. Tasa respiratoria de cascotes de pera sometidos a tratamientos con antipardecantes. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

Los altos valores observados tras el mínimo proceso podrían deberse a las operaciones de corte, las cuales dañan la integridad del tejido (Beltrán *et al.*, 2005; Beirão-da-Costa *et al.*, 2006; Oms-Oliu *et al.*, 2008a). Sin embargo, cuando se comparan las tasas respiratorias obtenidas en esta experiencia con las de la Experiencia II (Capítulo III, sección 3.3.2.2.) se observa que los tratamientos de inmersión en agentes químicos tienen un efecto promedio de 82% menor que las tasas respiratorias de los cascotes sometidos a tratamientos térmicos de 60 °C durante 0,5, 5, 10 y 15 min.

Luego de 1 día de almacenamiento se observaron diferencias entre tratamientos, donde los cascotes de pera tratados con CIS y EDTA sin combinación con otro antipardecante presentaron las tasas respiratorias más altas. Estos resultados no concuerdan con lo observado por Escalona *et al.* (2006a) quienes reportaron que la tasa respiratoria de mitades de hinojo tratado con EDTA (5 g L⁻¹) fueron bajas en comparación con mitades tratadas con ácido ascórbico y ácido cítrico.

Durante los días 1 y 3 se produjo la estabilización de las tasas respiratorias tras el corte y aplicación de los tratamientos; este comportamiento fue observado en los capítulos anteriores de este trabajo y ha sido reportado en diversos productos MPF (Kim *et al.*, 1993; Benedetti *et al.*, 2007; Silveira, 2009).

4.3.3- Parámetros de color

– **Luminosidad (L):** Tras 1 día los cascos de pera tratados con CIS, CIS + AC, CIS + EDTA y CIS + EDTA +AC presentaron valores altos (75,9-76,8), los cuales según la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) presentan ausencia de pardeamiento; mientras que los tratamientos con EDTA y AC + EDTA los valores fueron de 71,3 y 71,8 respectivamente, este valor corresponde pardeamiento, de acuerdo a dicha escala. En los días 3 y 6 no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice, Cuadro 4.2). Al término del período de almacenamiento, el tratamiento CIS + EDTA + AC presentó los valores más altos (69,8), mientras que los más bajos se observaron en cascos tratados con EDTA (66,6). Según la escala de pardeamiento, los tratamientos CIS, AC+ CIS, CIS + EDTA y CIS + EDTA+ AC lograron mantener los valores de L por sobre el límite de pardeamiento hasta el día 3. En todos los tratamientos se observó una disminución de los valores de L, donde tras 6 días la disminución fue más acentuada (Apéndice, Cuadro 4.2) (Figura 4.4).

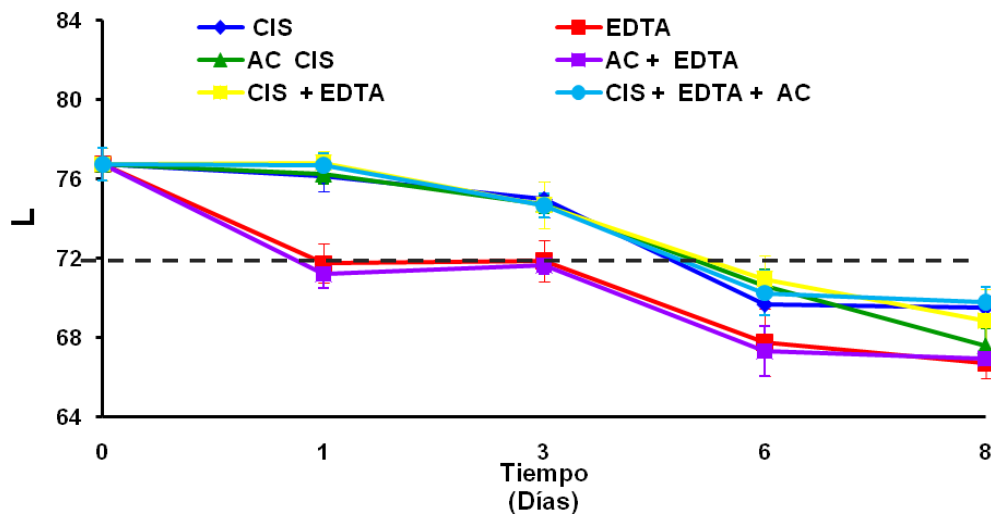


Figura 4.4. Valores de L de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (Línea punteada indica el valor límite para considerar pardeamiento aceptable $L=72,4$).

– **a***: Tras 1 día, el tratamiento AC + EDTA presentó valores altos de 0,9 (valores altos de a^* están asociados a desarrollo de pardeamiento), mientras que en los tratamientos AC + CIS y CIS + EDTA + AC los valores fueron -2,6; en el resto de los tratamientos los valores fueron de -2,2 a -0,3 (Apéndice, Cuadro 4.2). En los días 3 y 6 no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Finalmente, tras 8 días, los tratamientos AC + CIS y CIS + EDTA presentaron valores altos (4,1 y 36 respectivamente) asociados a la aparición de una coloración rojiza en la superficie de los cascos de pera, mientras que el tratamiento con EDTA presentó valores de 0,1 (Figura 4.5). En general el efecto del tiempo fue significativo en los tratamientos, excepto en aquellas peras tratadas con EDTA (Apéndice, Cuadro 4.2).



Figura 4.5. Peras tratadas con: (A) A.C + CIS, (B) CIS + EDTA, (C) EDTA tras 8 días de almacenamiento.

– **Croma (C*)**: Tras 1 día, los cascos de pera tratados con EDTA y AC + EDTA presentaron valores de 22,4 y 25,3 respectivamente; según la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) estos valores se encuentran por debajo del límite de aceptabilidad. En este mismo período el resto de los tratamientos presentó valores de 16,8-18,3; valores bajos de C* están asociados a menor pardeamiento. Luego de 3 días, los cascos tratados con AC + EDTA presentó los valores más altos de C* (23,9), mientras que los más bajos se observaron en cascos tratados con CIS + EDTA (17,8); el resto de los tratamientos presentó valores entre 18 y 21,2 (Apéndice, Cuadro 4.2). En los días 6 y 8 no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Con respecto al efecto del tiempo de almacenamiento sobre los valores de C*, en todos los tratamientos se observó un aumento de estos valores, excepto en el tratamiento con EDTA (Apéndice, Cuadro 4.2).

– **H_{ab}**: Tras 1 día, los cascos tratados con AC + CIS, CIS + EDTA y CIS + AC + EDTA presentaron los valores más altos (97,3-99,2); mientras que los tratados con AC + EDTA presentaron los valores más bajos (88), los cuales de acuerdo a la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) se encuentran por debajo de límite de aceptabilidad. Tras 3 y 6 días no se observaron diferencias entre tratamientos. Sin embargo, luego de 8 días se observó que los cascos tratados con EDTA presentaron los valores más altos (89,8), mientras que en el resto de los tratamientos los valores fueron de 80,5-84,6 (Apéndice, Cuadro 4.2). En todos los tratamientos se observó una disminución de los valores (Figura 4.6), excepto en el tratamiento con EDTA.

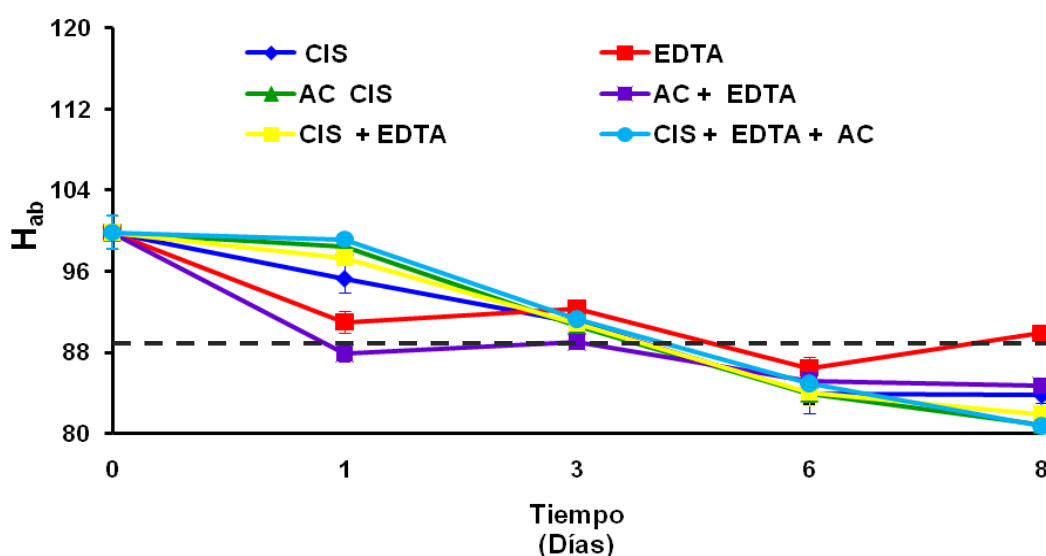


Figura 4.6. Valores de H_{ab} de peras sometidos a tratamientos con antipardeantes. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (Línea punteada indica el valor límite para considerar pardeamiento aceptable $H_{ab}=89,9$).

El valor de L es un útil indicador de pardeamiento durante el almacenamiento; además, los valores de a^* han sido correlacionados con los cambios de color en pera y manzana (Goupy *et al.*, 1995). Una disminución del valor de L y un aumento de los valores de a^* indican pardeamiento (Mastrocola y Lerici, 1991; Monsalve-González *et al.*, 1993).

Los resultados observados al inicio del período de almacenamiento sugieren que aquellos tratamientos que contenían CIS y combinaciones que contemplaron las CIS presentaron mayores valores L y H_{ab} y menores de a^* y C^* , todos estos asociados a menor pardeamiento de los tejidos. La efectividad de este compuesto ha sido observado en nísperos, mangos, dátiles y manzanas mínimamente procesadas (Ding *et al.*, 2002; González-Aguilar *et al.*, 2004; Eissa *et al.*, 2006; Sodchit *et al.*, 2008). Asimismo, se observó que las combinaciones de agentes antipardeantes tuvieron un efecto sinérgico sobre la inhibición del pardeamiento; según He y Luo; (2007) una combinación adecuada y efectiva de antipardeantes es aquella que consiste en un agente reductor, un acidulante y un agente quelante, como el tratamiento CIS (reductor) + EDTA (quelante) + A.C (acidulante). Cocci *et al.* (2006) sugirieron que la preservación del color es más efectiva cuando se emplean mezclas de sustancias, por ejemplo mezclas de acidulante, como ácido cítrico, con agentes antioxidantes como ácido

ascórbico; además el uso de estas sustancias podría considerarse como una manera de enriquecer los tejidos con sustancias antioxidantes, y por tanto contribuir a aumentar la actividad antioxidante normal de los tejidos. Diversos autores han realizado combinaciones de antipardeantes teniendo buenos resultados. Son *et al.* (2001) evaluaron el efecto de la combinación de distintos grupos de agentes antipardeantes sobre la calidad de rebanadas de manzana; Pérez (2003) estudió el efecto de la combinación de ácido cítrico con ácido ascórbico sobre rebanadas de pera; Cocci *et al.* (2006) reportaron que la combinación de agentes acidulantes con agentes reductores mejoraron la calidad de rebanadas de manzana.

No obstante lo anterior, luego de 8 días de almacenamiento, los tratamientos que contemplaron el uso de CIS presentaron una coloración rojiza, la cual elevó los valores de a^* . Según Richard-Forget *et al.* (1992), Sapers y Miller (1998) y Gorny *et al.* (2002) esta coloración rojiza se debe a la regeneración de los fenoles tras la degradación de la CIS; Richard-Forget *et al.* (1992) observaron que tras la aplicación de CIS sobre trozos de manzana este compuesto presentó una fuerte y rápida inhibición de la PPO, así como también una rápida degradación, lo que permitió la regeneración de compuestos fenólicos, con la consecuente aparición de coloraciones rojizas. Este cambio de coloración se podría prevenir alterando, por ejemplo, el pH de la solución (Gorny *et al.*, 2002). En este mismo período, se observó que el EDTA preservó los valores de a^* , C^* y H_{ab} , estos resultados concuerdan con Castaner *et al.* (1996), quienes reportaron que los parámetros de color de lechugas se preservaron tras 7 días de almacenamiento a 2 °C. Soliva-Fortuny *et al.* (2002) reportaron que la aplicación de EDTA en palta procesada mantuvo los valores de L durante 4 meses. Escalona *et al.* (2006a) observaron que los parámetros de color de mitades de hinojo tratados con EDTA se mantuvieron tras 8 días a 15°C.

Con respecto al ácido cítrico, no es posible discutir acerca de su efecto individual sobre el pardeamiento debido a que se utilizó combinado con CIS y EDTA. Este compuesto es ampliamente utilizado en el control del pardeamiento, ya que actúa como acidulante, pero además actúa como quelante de los átomos de Cu^{2+} del sitio activo de la enzima, además de ser de bajo costo (Pérez, 2003; Arias, 2007). Sin embargo diversos autores

sugieren que su efecto individual no es suficiente para inhibir el pardeamiento, sino que debe ser combinado con otros agentes (Rosen y Kader, 1989; Saper y Miller; 1998; Dong *et al.*, 2000; Son *et al.*, 2001; Pérez, 2003).

4.3.4- Firmeza

Tras 1 día no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, los valores fueron de 5,7- 6,9 kg·f. Luego de 3 días, los valores más altos se observaron en los cascos de pera tratados con CIS y EDTA (6,8 kg·f), mientras que los más bajos se observaron en cascos tratados con CIS + EDTA (5,3 kg·f) (Figura 4.7), en el resto de los tratamientos los valores fueron de 6,3 – 6,5 kg·f (Apéndice, Cuadro 4.3). En los días 6 y 8 no se observaron efectos significativos de los agentes antipardeantes sobre la firmeza de los cascos; así como tampoco se observó un efecto significativo del tiempo de almacenamiento.

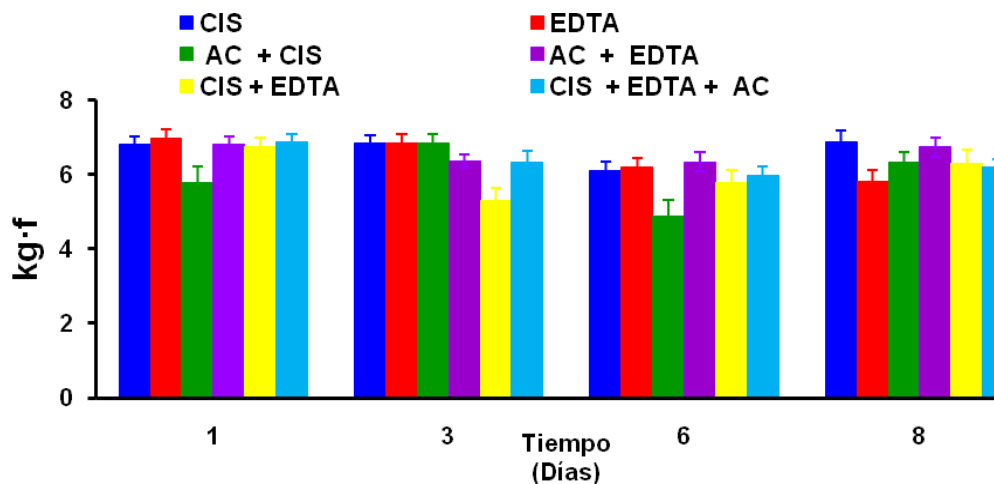


Figura 4.7. Valores firmeza (kg·f) de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes. Los valores son la media (n=3) ± ES.

No se observaron diferencias en el tiempo; esto podría explicarse por la baja temperatura de almacenamiento, la cual pudo frenar o minimizar los efectos del daño producido por el mínimo proceso como es la pérdida de firmeza producto de la ruptura de la integridad celular (Schlime, 1995; Soliva-Fortuny *et al.*, 2001; Beirão-da-Costa *et al.*, 2006; Silveira, 2009). Estos resultados concuerdan con lo reportado por González-Aguilar *et al.* (2004) en rebanadas de piña tratadas con cisteína, ácido ascórbico y ácido

cítrico, cuya firmeza no se vio afectada por la aplicación de distintos agentes antipardeantes durante 14 días a 10 °C.

4.3.5 -Parámetros químicos

– **Sólidos solubles totales (SST %):** Tanto al inicio como al término del período de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos; así como tampoco el tiempo de almacenamiento afectó significativamente el contenido de sólidos solubles de los cascos de peras (Apéndice, Cuadro 4.4).

En contenido de sólidos solubles se mantuvo constante durante todo el período de almacenamiento, sin embargo al comparar con el contenido inicial en la fruta entera (Cuadro 4.1), el contenido disminuyó, esto se podría explicar por medio del alza en la tasa respiratoria producto del estrés del corte (Beirão-da-Costa *et al.*, 2006; Oms-Oliu *et al.*, 2008a).

– **pH:** Tanto al inicio como al término del período de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos; así como tampoco el tiempo de almacenamiento afectó significativamente los valores de pH de las peras mínimamente procesadas (Apéndice, Cuadro 4.4).

– **Acidez titulable (AT):** Tras 1 día, los cascos tratados con EDTA y CIS + EDTA presentaron la acidez titulable más alta (0,6 y 0,5% respectivamente), mientras que en el resto de los tratamientos los valores fueron de 0,2 – 0,4% (Apéndice, Cuadro 4.4). Luego de 8 días, no se observaron diferencias entre tratamientos. El efecto del tiempo sólo fue significativo para los cascos tratados con EDTA y CIS + EDTA que presentaron un marcado descenso (Figura 4.8) (Apéndice, Cuadro 4.4).

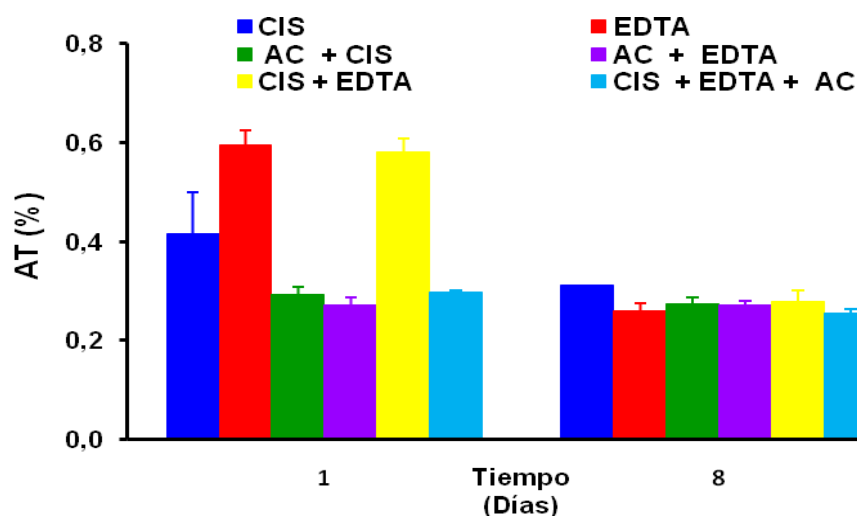


Figura 4.8. Acidez titulable (%) de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes. Los valores son la media (n=3) \pm ES.

En general los parámetros químicos no se vieron afectados por los agentes antipardeantes, esto podría explicarse por medio de la baja temperatura de almacenamiento, la cual disminuyó la tasa respiratoria de los tejidos y por ende el consumo acelerado de sustratos como azúcares y ácidos orgánicos (Silveira, 2009). Estos resultados concuerdan con los observado por Jiang *et al.* (2004) en frutos de litchi cortados tratados con ácido cítrico, cuyos parámetros químicos no se vieron afectados; Campos-Vargas *et al.* (2008) reportaron que luego de 6 a 12 días de conservación a 0 °C no se observaron cambios significativos en los SST ni AT en trozos de chirimoya tratada con agentes antipardeantes.

4.3.6- Análisis microbiológicos

– **Aerobios mesófilos (RAM):** Luego de 1 día, los recuentos más bajos se observaron en los cascos de pera tratados con EDTA ($1 \log \text{ufc g}^{-1}$), mientras que los más altos se observaron en el tratamiento AC + CIS ($3 \log \text{ufc g}^{-1}$); en el resto de los tratamientos los valores fueron $1,4 - 2,5 \log \text{ufc g}^{-1}$. Tras 8 días no se observaron diferencias entre los tratamientos (Apéndice, Cuadro 4.5). Al cabo de 8 días, en los tratamientos se incrementó el RAM (Figura 4.9); sin embargo, todos estuvieron dentro de los límites permitidos por la Legislación Chilena (Anexo 1).

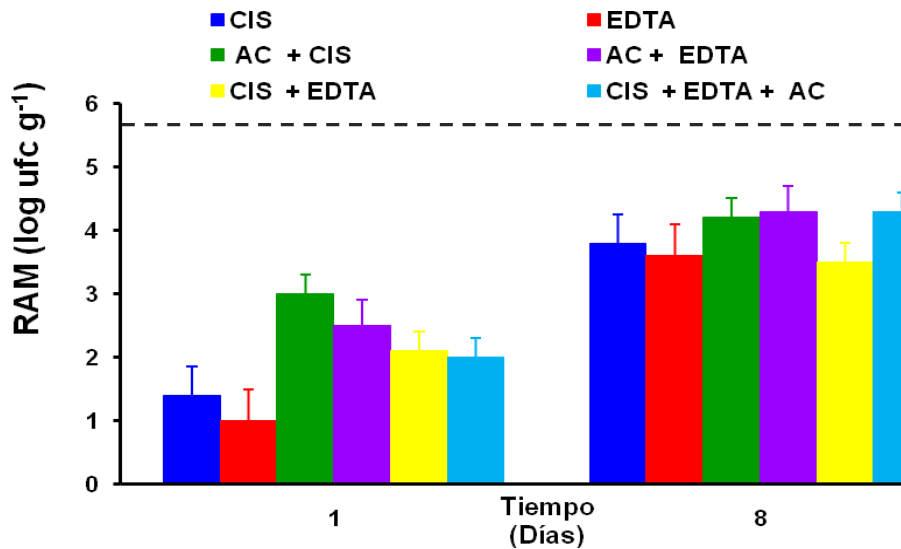


Figura 4.9. Recuentos de aerobios mesófilos ($\log \text{ufc g}^{-1}$) de cascos de pera sometidos a tratamientos con antiparodeantes. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (Línea punteada indica el límite superior aceptado por la Legislación Chilena para RAM, $M = 5,69 \log \text{ufc g}^{-1}$).

– **Enterobacterias:** Tras 1 día los recuentos los tratamientos presentaron recuentos bajos ($< 1 -1,3 \log \text{ufc g}^{-1}$) (Apéndice, Cuadro 4.5). Luego de 8 días, los recuentos más altos se observaron en los cascos tratados con AC + EDTA ($3,6 \log \text{ufc g}^{-1}$); asimismo los tratados con CIS + EDTA + AC presentaron recuentos de $3,3 \log \text{ufc g}^{-1}$. En el resto de los tratamientos los valores fueron de $1 - 1,7 \log \text{ufc g}^{-1}$. Con el transcurso del tiempo, en todos los tratamientos se incrementaron los recuentos de aerobios mesófilos (Figura 4.10); sin embargo, todos estuvieron dentro de los límites permitidos por la Legislación Chilena (Anexo 1).

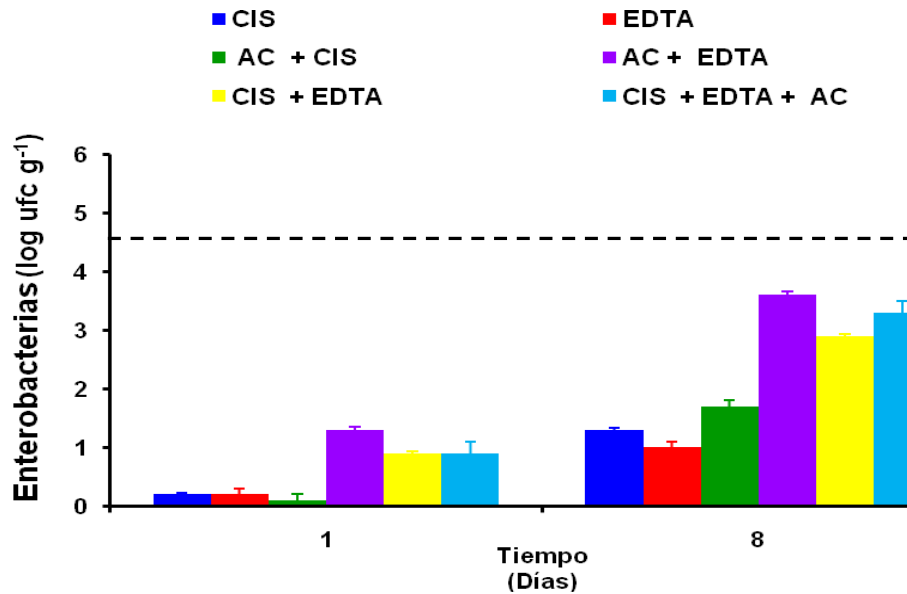


Figura 4.10. Recuentos de enterobacterias ($\log \text{ufc g}^{-1}$) de cascos de pera sometidos a tratamientos con antiparadeantes. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (Línea punteada indica el límite superior aceptado por la Legislación Chilena para enterobacterias, $M = 4,69 \log \text{ufc g}^{-1}$).

– **Psicrófilos:** Luego de 1 día, los cascos de pera tratados con EDTA presentaron los recuentos más bajos ($< 1 \log \text{ufc g}^{-1}$); mientras que el resto de los tratamientos presentó valores de $1,2 - 1,8 \log \text{ufc g}^{-1}$ (Apéndice, Cuadro 4.5). Tras 8 días, los cascos tratados con EDTA y CIS presentaron los recuentos más bajos (< 1 y $1,9 \log \text{ufc g}^{-1}$ respectivamente) en el resto de los tratamientos los recuentos fueron de $3,3 - 4,5 \log \text{ufc g}^{-1}$. El tiempo de almacenamiento presentó un efecto significativo en el aumento de los recuentos de psicrófilos (Figura 4.11), excepto en aquellas cascos tratados con EDTA (Apéndice, Cuadro 4.5).

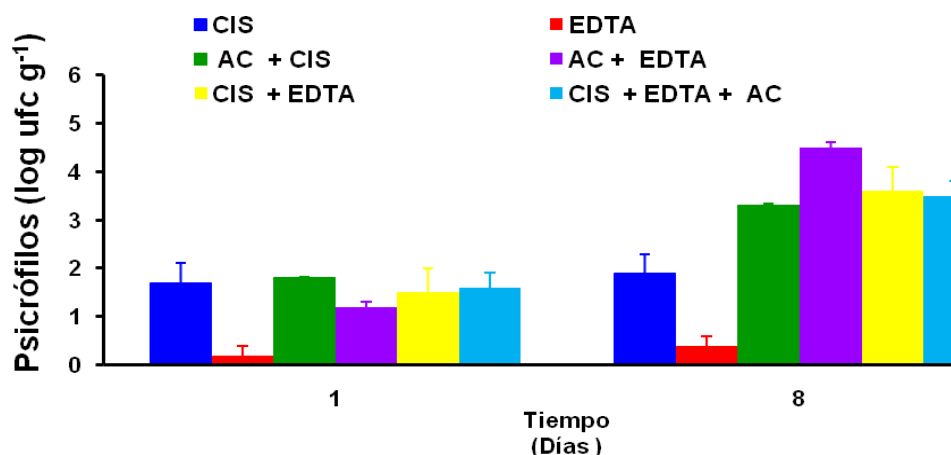


Figura 4.11. Recuentos de psicrófilos ($\log \text{ufc g}^{-1}$) de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

– **Hongos y levaduras:** Durante el período de almacenamiento el recuento de hongos y levaduras no superó las $2 \log \text{ufc g}^{-1}$; tampoco se observó efecto del tiempo de almacenamiento sobre los recuentos de hongos y levaduras (datos no mostrados).

Los resultados obtenidos indican que el EDTA sería un eficiente agente en el control del crecimiento microbiano, lo cual podría relacionarse con la mayor incidencia de pardeamiento de los tejidos tratados con este compuesto, ya que los polímeros coloreados se forman cuando un tejido se lesiona o cuando constituyen una defensa en contra la penetración de microorganismos (Cheftel y Cheftel, 1980). Sivakumar *et al.* (2008) reportaron que el EDTA fue efectivo en controlar el crecimiento microbiano en litchi almacenado durante 18 días a $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

El ácido cítrico ha sido mencionado como poseedor de un fuerte poder antimicrobiano, principalmente contra psicrófilos y mesófilos, su acción se debe a la fuerte reducción del pH que logran y los consecuentes cambios que se producen en la permeabilidad de la membrana celular (Corlett y Brown, 1980; Rico *et al.*, 2007).

4.3.7- Análisis sensorial

– **Apariencia:** Tras 1 día, los cascos tratados con EDTA y AC+ EDTA obtuvieron las puntuaciones más bajas (4,7 y 6,2), ambas bajo la categoría “regular” (Anexo 2); el resto de los tratamientos obtuvo puntuaciones entre 10,1 y 12,5 (categoría “más que buena”). Luego de 6 días, los cascos con CIS + EDTA + AC obtuvieron el puntaje más bajo (4,3, categoría “deficiente”); el resto de los tratamientos obtuvieron puntuaciones entre 7,3 y 10,4 (categoría “regular”) (Apéndice, Cuadro 6). Finalmente, tras 6 días, los cascos de pera tratados con AC + CIS obtuvieron puntajes de 7,6 (categoría “regular”), el resto de los tratamientos obtuvo puntajes por debajo de esta categoría (Apéndice, Cuadro 4.6). En todos los tratamientos se observó que la apariencia disminuyó con el transcurso del tiempo, excepto en los cascos tratados con EDTA (Figura 4.12 (A)).

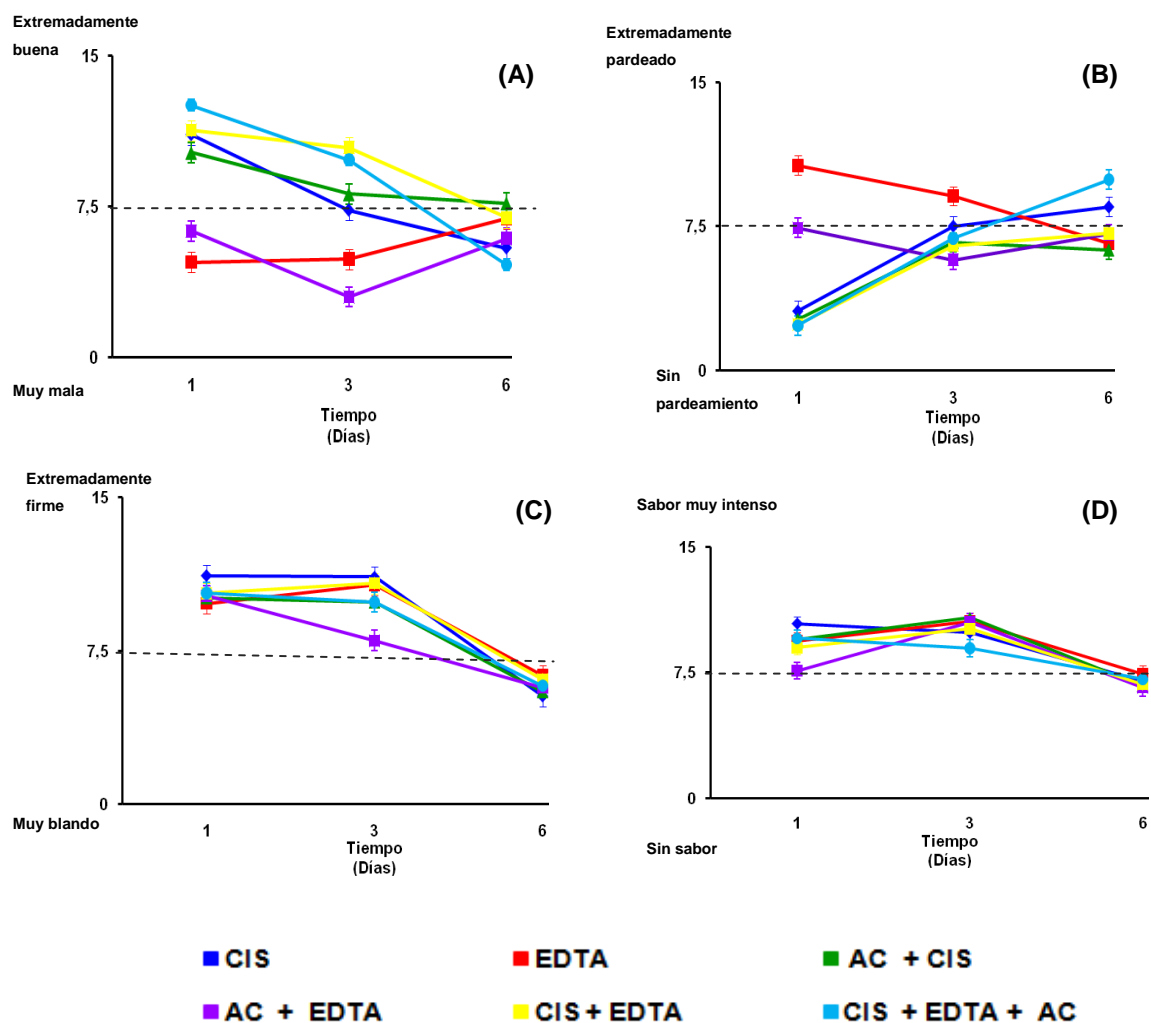


Figura 4.12. Atributos sensoriales de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes: (A) Apariencia, (B) Pardeamiento, (C) Firmeza y (D) Sabor típico. Los valores son la media \pm ES ($n=12$). (Línea punteada indica el límite comercial para cada atributo = 7,5).

– **Pardeamiento:** El día 1, los cascos de pera tratados con EDTA obtuvieron el puntaje alto 10,6 (categoría “malo”); el resto de los tratamientos presentaron puntajes de 1,2 a 7,4 (categorías “excelente” a “insuficiente”). Tras 3 días, los evaluadores no encontraron diferencias en los cascos de pera. Luego de 6 días, el tratamiento mejor evaluado, es decir, el que presentó menos pardeamiento fue EDTA y A.C + CIS con 6,6 y 6,2 respectivamente (categoría “suficiente”), mientras que en los demás los valores estuvieron por sobre 7 (categorizadas “insuficiente”). En general los tratamientos se

vieron afectados por efecto del tiempo de almacenamiento, es decir aumentó el pardeamiento, excepto en el tratamiento con EDTA, el cual disminuyó (Figura 4.12 (B)).

– **Firmeza:** Durante todo el período de evaluación no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice, Cuadro 4.6). Sin embargo, se observó una significativa disminución en el tiempo de los valores de firmeza, la cual fue, en promedio, de un 50 % (Figura 4.12 (C)).

– **Sabor típico:** Durante todo el período de evaluación no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice, Cuadro 4.6). Sin embargo, se observó un significativo aumento en el tiempo de los valores de sabor típico, el cual se acentuó con el tiempo (Figura 4.12 (D)).

– **Sabor extraño:** Durante todo el período de almacenamiento, sólo los cascos tratados con EDTA presentaron sabores extraños más altos categorizados como “suficiente”, el resto de los tratamientos presentó valores inferiores (categorías de “excelente” a “suficiente”). Los sabores extraños tendieron a aumentar significativamente durante el almacenamiento (Apéndice, Cuadro 4.6)

Análisis de los resultados por componentes principales (CP): Los primeros tres componentes principales (CP) permitieron explicar el 87% de la variabilidad total de los atributos sensoriales. El CP1, que explicó el 45% de la variabilidad total estuvo definido en su orientación positiva por el sabor típico y la firmeza, lo que permitió diferenciar a todos los tratamientos tras 3 días de almacenamiento; estos resultados permiten comprobar los obtenidos en el análisis univariante (ANDEVA), donde la firmeza y sabor típico luego de 3 días de almacenamiento, no presentaron diferencias significativas (Apéndice, Cuadro 4.6). En su orientación negativa, el CP1 estuvo definido por el atributo apariencia, lo que permitió diferenciar a los cascos de todos los tratamientos, excepto EDTA tras 1 día de almacenamiento; en dicho periodo los tratamientos presentaron puntajes altos, excepto EDTA, que presentó valores significativamente más bajos (Apéndice, Cuadro 4.6). El CP2, que explicó el 27% de la variabilidad total, estuvo

definido en su orientación positiva por el pardeamiento, esto permitió diferenciar los tratamientos EDTA tras 1 día de almacenamiento y CIS + EDTA + AC tras 6 días de almacenamiento; estos resultados permiten comprobar los obtenidos mediante el ANDEVA, donde se observó los tratamientos mencionados presentaron puntajes significativamente más altos, asociados a mayor pardeamiento (Apéndice, Cuadro 4.6). En su orientación negativa el CP2 estuvo definido por el sabor extraño de los cascos, diferenciando todos los tratamientos tras 6 días de almacenamiento, excepto CIS + EDTA + AC; estos resultados permiten comprobar los observados en el ANDEVA, donde el tratamiento CIS + EDTA + AC presentó los puntajes más bajos, asociados a menos sabor extraño de los cascos (Apéndice, Cuadro 4.6).

La Figura 4.13 muestra la representación gráfica de los CP 1 y 2:

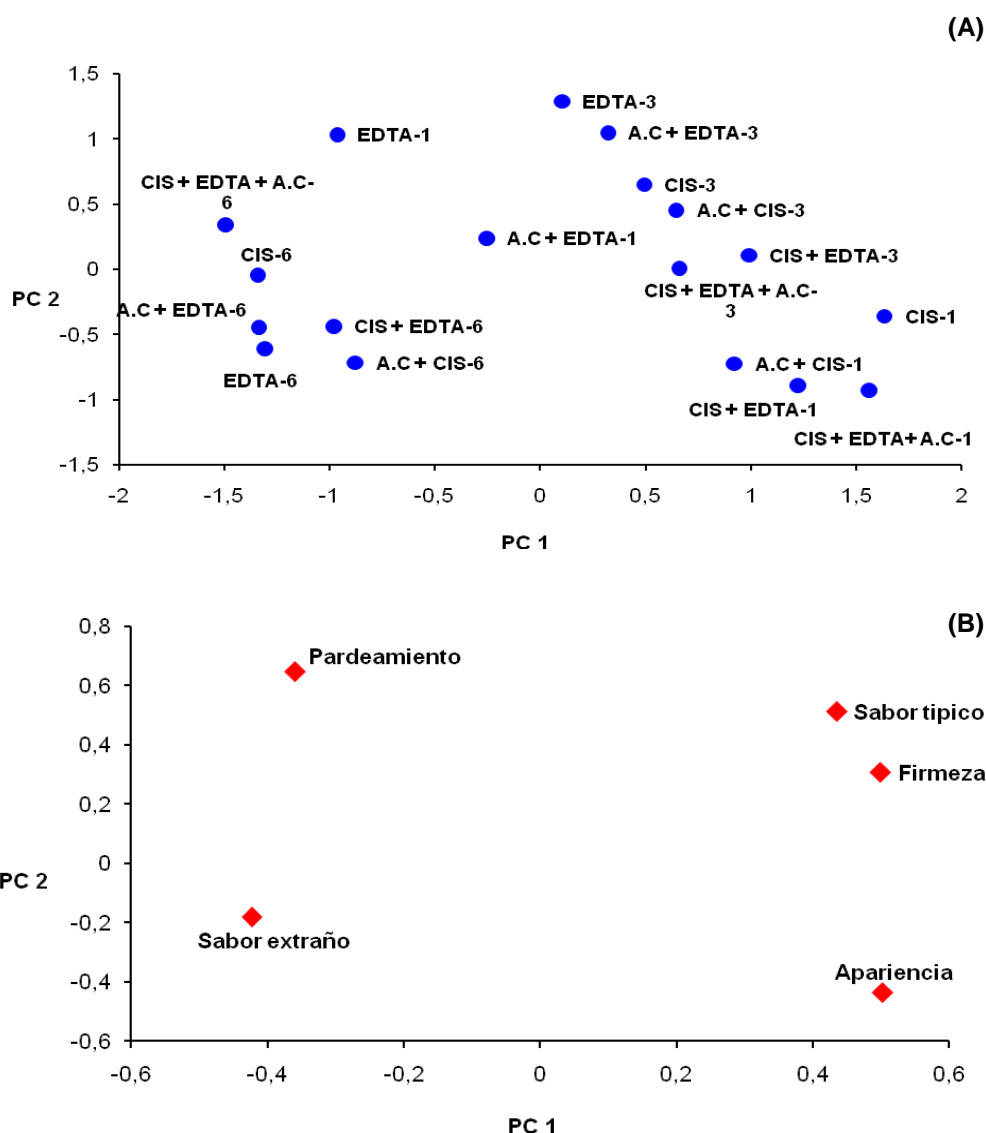


Figura 4.13. Análisis de componentes principales del análisis sensorial de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes (A) y (B). (El número a continuación del tratamiento indica el día de análisis).

Los resultados obtenidos en el análisis de pardeamiento y apariencia se pueden relacionar con lo observado en el análisis del parámetro de color a^* , el cual ha sido descrito como un buen indicador de pardeamiento y a la aparición de coloraciones rojizas al término del período de almacenamiento (Mastrocola y Lericci, 1991; Monsalve-González *et al.*, 1993; Sapers y Miller, 1998; Buta y Abbott, 2000).

Con respecto a los demás atributos observados se observó que el tiempo de almacenamiento fue el factor más determinante; esto ha sido observado por Escalona *et al.* (2006a) en mitades de hinojo y Aguayo *et al.* (2008) en trozos de melón, donde independiente del tratamiento aplicado se produjo una pérdida de los atributos.

Otros autores han asociado desarrollo de sabores extraños a la aplicación de EDTA y CIS (Dong *et al.*, 2000; Gorny *et al.*, 2002), mientras que Campos-Vargas *et al.* (2008) no observaron efecto de la aplicación de CIS sobre el sabor típico de chirimoya mínimamente procesada.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la hipótesis y objetivos planteados en este trabajo se establece lo siguiente:

- La aplicación de agentes antipardeantes no afectaron significativamente la tasa respiratoria y la firmeza de cascos de pera.
- La aplicación de CIS, AC+ CIS, CIS+ EDTA y CIS+ EDTA + AC lograron evitar el pardeamiento de cascos de pera durante 6 días de almacenamiento.
- La aplicación de agentes antipardeantes mantuvo los recuentos de aerobios mesófilos y enterobacterias, dentro de los límites establecidos por la Legislación Chilena.
- El tiempo de almacenamiento fue significativo sobre los atributos sensoriales de de cascos de pera.

CAPITULO V. Efecto de la aplicación de una sal cálcica y agentes antipardeantes sobre la calidad de peras mínimamente procesadas envasadas en atmósfera modificada.

RESUMEN

Se evaluó la aplicación de propionato de calcio (PCa) (1 g L^{-1}), ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (1 g L^{-1}), cisteína (CIS) (5 g L^{-1}) y ácido cítrico (AC) (5 g L^{-1}), sobre cascos de pera envasados en atmósfera modificada (AM), conservados a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 8 días. Se realizaron las siguientes determinaciones: tasa respiratoria, composición gaseosa, color, firmeza, parámetros químicos, análisis microbiológico y sensorial, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante. Los tratamientos fueron: testigo, lavado con agua (5°C), PCa + EDTA + CIS + AC; Pca + EDTA + CIS. La atmósfera deseada dentro de los envases fue de $0,5 \text{ kPa}$ de O_2 y $< 10 \text{ kPa}$ de CO_2 . Tras 1, 6 y 8 días, la tasa respiratoria del testigo fue, en promedio, un 42% más baja ($4,8\text{-}18,8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) que los cascos tratados con PCa y EDTA, CIS y AC ($10,8\text{-}25 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$). El día 1, la aplicación de PCa y EDTA, CIS y AC fueron efectivos en el control del pardeamiento de cascos de pera, presentando valores de L altos ($76,9\text{-}77,1$). Tras 8 días, en estos tratamientos se desarrollaron coloraciones rojizas, asociadas a un aumento de a^* . El contenido de fenoles totales se mantuvo durante el período de conservación; luego de un día no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($1,8$ a $2,4 \text{ mg EAG/ g p.f}$); estos valores fueron más bajos que el contenido determinado en pera fresca cortada ($2,8 \text{ mg EAG/ g p.f}$). Al término de la conservación los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS presentaron el contenido fenólico más alto ($2,1 \text{ mg EAG/ g p.f}$). Con respecto a la actividad antioxidante, no se observaron diferencias significativas durante la conservación, excepto en los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS, donde la actividad antioxidante fue un 67% más alta comparada con los demás tratamientos. Debido a las operaciones propias de mínimo proceso, la inmersión en agentes químicos y el envasado en AM el contenido de fenoles totales disminuyó con respecto a la fruta fresca. Sin embargo la combinación de PCa + EDTA + CIS en AM mantuvo el valor funcional de cascos de pera durante el almacenamiento.

Palabras clave: Compuestos fenólicos, actividad antioxidante, pardeamiento, pera, atmósfera modificada.

ABSTRACT

The effect of calcium propionate (PCa) (1 g L^{-1}), Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) (1 g L^{-1}), cystein (CIS) (5 g L^{-1}) and citric acid (AC) (5 g L^{-1}) on respiration rate, gas composition, color parameters, flesh firmness, chemical parameters, microbiological aspects, sensory quality, total phenol content and antioxidant capability of pear wedges were packed under modified atmosphere (MA) conditions stored at $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ during 8 days were evaluated. The treatments were control washed with water at $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (MA), PCa + EDTA + CIS + AC (MA) and Pca + EDTA + CIS (MA). The desired gas composition inside the MA bags was $0,5 \text{ kPa O}_2$ and $< 10 \text{ kPa CO}_2$. After 1, 3 and 8 days the respiration rate of control samples was 42% lower ($4,8\text{-}18,8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) than the pear wedges treated with PCa and EDTA, CIS and AC ($10,8\text{-}25 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$). The first day, the application of PCa and EDTA, CIS and AC was effective in controlling browning of pear wedges with L values of $76,9\text{-}77,1$. After 8 days, in these treatments pinkish-red colors were developed which are related to with high values of a^* parameter. The total phenol content was preserved along the storage period and after 1 day there were no differences observed among treatments ($1,8$ a $2,4 \text{ mg EAG/ g p.f}$); these values were lower than the content in peeled fresh pear ($2,8 \text{ mg EAG/ g p.f}$). At the end of the storage period the wedges treated with PCa + EDTA + CIS the highest phenolic content ($2,1 \text{ mg EAG/ g p.f}$). According to the antioxidant capability, non-significantly statistical differences were shown throughout shelf life, except those fruit treated with PCa + EDTA + CIS whose antioxidant capability was increased by 67%. After the minimally processed operations and the chemical agent immersions and MA packaging the total phenol content was diminished compared to initial fresh fruit. However, the PCa + EDTA + CIS and MA combination preserved the functional quality of pear wedges.

Keywords: phenolic compounds, antioxidant capability, browning, modified atmosphere, pears.

INTRODUCCION

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el procesamiento mínimo de frutas es el poder combinar adecuadamente distintos factores de preservación a fin de generar productos inocuos, pero que al mismo tiempo garanticen las características sensoriales de frescura que desea el consumidor (Trujillo *et al.*, 2001); es así como diversos autores han sugerido que el envasado en atmósfera modificada (AM) en combinación con agentes antipardeantes y sales cálcicas logran mantener la calidad de peras mínimamente procesadas (Rosen and Kader, 1989; Sapers and Miller, 1998; Gorny *et al.*, 1998; Gorny *et al.*, 2002; Oms-Oliu *et al.*, 2007b).

El uso de antipardeantes como cisteína, EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), ácido ascórbico, ácido cítrico, entre otros ha sido ampliamente estudiado como alternativa a los sulfitos, debido a su efecto negativo sobre la salud humana (Gunes y Lee, 1997; Jiang y Fu; 1998; Pérez, 2003; Campos-Vargas *et al.*, 2008).

La aplicación de sales de calcio también ha sido ampliamente estudiada en diversas especies como melón, pera y frutilla (Saftner *et al.*, 2003; Aguayo *et al.*, 2008; Gorny *et al.*, 1998; Pérez, 2003; Rosen y Kader, 1989). El calcio está involucrado en la mantención de la textura de frutas y hortalizas ya que los iones calcio forman puentes entre los grupos carboxílicos libres de las cadenas de pectinas, resultando en un aumento de la rigidez de la pared celular. Los complejos de calcio de la pared celular y los residuos de ácido poligalacturónico de la lamela media mejoran la integridad celular (Fennema, 1985 citado por Dong *et al.*, 2000; Martín-Diana *et al.*, 2007).

El rol del calcio como agente preservante de la firmeza de los tejidos vegetales da lugar, además, a la aparición de otros efectos derivados de éste, como la disminución del pardeamiento y del crecimiento microbiano (Pérez, 2003). La acción del calcio como antipardeante se sustenta en el hecho que el calcio fortalece las paredes y membranas celulares, por lo cual se produce una menor liberación de enzimas y substratos por

parte de las superficies cortadas (Rosen y Kader, 1989). Gorny *et al.* (1998) reportaron que aplicaciones de 1% cloruro de calcio en combinación con ácido ascórbico redujeron el pardeamiento de peras mínimamente procesadas. El propionato de calcio es ampliamente utilizado como aditivo alimenticio antimicrobiano y se ha demostrado que bajas concentraciones de este aditivo no producen sabores ni texturas indeseadas (Saftner *et al.*, 2003).

La modificación de la atmósfera al interior de los envases es una tecnología que permite prolongar significativamente la vida útil de los productos mínimamente procesados (Oms-Oliu, 2008). El envasado en atmósfera modificada de productos frescos se basa en la modificación de la atmósfera dentro del envase lograda a través de la interacción natural de dos procesos, la respiración del producto y la transferencia de gases a través del envase, que conduce a una atmósfera rica en dióxido de carbono y pobre en oxígeno (Mahajan *et al.*, 2007; Oms-Oliu *et al.*, 2008b). Esta atmósfera generada disminuye la tasa respiratoria del producto, la producción de etileno, así como también contribuye a controlar el pardeamiento enzimático, la pérdida de firmeza, por medio de la reducción de la pérdida de agua (Oms-Oliu *et al.*, 2007b). El uso de AM en el envasado de productos mínimamente procesados ha sido ampliamente utilizado, debido a que preserva la frescura y otras cualidades de los productos (Soliva-Fortuny *et al.*, 2007).

Debido a la importancia nutricional de los compuestos fenólicos presentes en las frutas y hortalizas frescas se hace interesante la evaluación de los cambios que sufren estos compuestos con diversos tratamientos postcosecha (Gil *et al.*, 1998a; Liu *et al.*, 2000; Block *et al.*, 1992). Frutas y hortalizas son ricas en antioxidantes naturales y su consumo se ha asociado a bajas tasas de mortalidad relacionadas con cáncer y otras enfermedades crónicas no transmisibles. Diversos estudios han mostrado que la actividad antioxidante de frutas y hortalizas proviene mayoritariamente de flavonoides y otros compuestos fenólicos. Su actividad biológica se basa en su capacidad de disminuir el daño oxidativo y secuestrar especies reactivas de oxígeno (ROS) (Havsteen, 2002; Oms-oliu *et al.*, 2008d; Palomo *et al.*, 2009).

Según Gil *et al.* (2007) el procesamiento tiene un mínimo impacto sobre el contenido de compuestos antioxidantes de frutas y hortalizas; Bottino *et al.* (2009) reportaron que los compuestos fenólicos y el contenido de vitamina C de espinaca cortada no sufrieron grandes cambios tras el procesamiento y luego de 72 h de almacenamiento en frío. Asimismo Piga *et al.* (2003) no observaron que el contenido de fenoles totales y ácido ascórbico de rebanadas de tuna disminuyó tras 9 días almacenadas a 4 °C.

Por otro lado, existen pocos estudios donde se haya examinado el efecto de la conservación en AM sobre el contenido en compuestos bioactivos de alimentos de IV gama; sin embargo, una óptima atmósfera de conservación es una de las claves para mantener la calidad sensorial y nutricional, así como la seguridad microbiológica de los productos de IV gama (Gil *et al.*, 2007).

En base a los antecedentes mencionados es que se hace interesante evaluar el efecto combinado de agentes antipardeantes, una sal cálcica y envasado en AM sobre la calidad, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante total de cascos de pera.

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

La aplicación de una sal cálcica y agentes antipardeantes mejoran la calidad de cascos de pera envasados en atmósfera modificada.

Objetivos

Evaluar el efecto de una sal cálcica, agentes antipardeantes y envasado en atmósfera modificada sobre: la tasa respiratoria parámetros de color, firmeza aspectos microbiológicos, calidad sensorial y compuestos bioactivos de cascos de pera.

MATERIALES Y METODO

5.1- Materiales

El origen, los índices de cosecha y las condiciones de almacenamiento fueron las descritas en la sección 4.1.

Los antipardeantes utilizados fueron los mencionados en la sección 4.1

La sal cálcica utilizada fue la siguiente:

- Propionato de calcio (PCa) (Granotec, Chile).

Para la aplicación de los tratamientos antipardeantes y la sal cálcica se prepararon soluciones empleando agua potable, en recipientes de acero inoxidable de 50 L.

Los cascos de pera se envasaron en bolsas plásticas, modelo PD-900 proporcionadas por la empresa CRYOVAC, Sealed Air Corporation Chile. La permeabilidad de la bolsa PD-900 a 23 °C y a 1 atm es de 3.000 mL m⁻² d⁻¹ para O₂ y de 9.800 mL m⁻² d⁻¹ para CO₂. Las dimensiones de las bolsas fueron 18 x 16 cm.

5.1.1- Diseño de un envase para peras mínimamente procesadas

El objetivo del diseño de un envase de AM fue definir las condiciones que crearan la mejor atmósfera para un producto determinado, minimizando el tiempo requerido para el logro de dicha atmósfera (Mahajan *et al.*, 2007). Un sistema de AM mal diseñado puede ser inefectivo o incluso acortar la vida útil de un producto, por dos motivos principales: si la atmósfera deseada no se alcanza rápidamente, el envasado no tiene ningún beneficio en el producto; si los niveles de O₂ y/o CO₂ no están dentro del rango óptimo tolerado por la especie vegetal se reduciría la calidad y vida útil del mismo (Watada *et al.*, 1996).

Con el propósito de diseñar un envase adecuado para prolongar la vida útil de los cascos de pera se aplicó un modelo matemático que permitió calcular la permeabilidad de la bolsa utilizada. Los cálculos se realizaron siguiendo el modelo planteado por Artés (1976, citado por Escalona, 2003).

Teniendo en cuenta la tasa respiratoria expresada en CO₂ emitido, la concentración de CO₂ esperada al interior del envase, la superficie conocida del envase y la masa del material utilizado, se aplicó la siguiente fórmula para calcular la permeabilidad al CO₂ que debiera tener la bolsa a utilizar:

$$RCO_2 \times M = S \times z \times CO_{2env} \times 1/24$$

$$z = \frac{RCO_2 \times M \times 24}{S \times CO_{2env}} \quad (1)$$

En donde:

RCO₂: actividad respiratoria CO₂ producido [mL/kg h]

M: masa del producto [kg]

S: superficie total del envase [m²]

CO_{2env}: concentración de CO₂ en el interior del envase [%]

1/24: conversión de horas a días [d/h]

z: permeabilidad al CO₂ de la película plástica [mL m⁻² d⁻¹]

Teniendo en cuenta la tasa respiratoria expresada en O₂ emitido, la concentración de O₂ esperada al interior del envase, la superficie conocida del envase y la masa del material vegetal utilizado, se aplicó la siguiente fórmula para calcular la permeabilidad al O₂ que debiera tener la bolsa a utilizar:

$$RO_2 \times M = S \times y \times (0,21 - O_{2env}) \times 1/24$$

$$y = \frac{RO_2 \times M \times 24}{S \times (0,21 - O_{2env})} \quad (2)$$

En donde:

RO_2 : actividad respiratoria O_2 consumido [mL/kg h]

M: masa del producto [kg]

S: superficie total del envase [m^2]

0,21: concentración de O_2 atmosférico [%]

O_{2env} : concentración de O_2 en el interior del envase [%]

1/24: conversión de horas a días [d/h]

y: permeabilidad al O_2 de la película plástica [$mL m^{-2} d^{-1}$]

De acuerdo a Kader (2002), trozos de pera de aproximadamente 1 cm presentan una tasa respiratoria de 6 a 9 mL $CO_2 Kg^{-1} h^{-1}$, y la AM recomendada para este tipo de productos es de 0,5 de O_2 y < 10% CO_2 .

Para los cálculos de permeabilidad se utilizó una tasa respiratoria de 9 mL $CO_2 kg^{-1} h^{-1}$. En este modelo se asumió un cuociente respiratorio (CR) o relación entre el CO_2 emitido y el O_2 consumido en la respiración de peras mínimamente procesadas igual a la unidad. Se consideró como una concentración gaseosa adecuada para mantener la calidad de las peras mínimamente procesadas un 5% de CO_2 y un 0,5% de O_2 .

Se confeccionaron bolsas de 18 x 16 cm ($0,028 m^2$) para una cantidad de 80 g (0,08kg) de cascos de pera.

Cálculo de permeabilidad:

- Tasa respiratoria: 9 mL CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹
- Concentración esperada CO₂: 5%
- Concentración esperada O₂: 0,5%
- Masa: 0,08 kg
- Superficie envase: 0,0364 m²

a) Permeabilidad al CO₂:

Sustituyendo los datos en la fórmula (1) se obtiene:

$$z = \frac{9 \text{ [mL/kg h]} \times 0,08 \text{ [kg]} \times 24 \text{ [h/d]}}{0,028 \text{ [m}^2\text{]} \times 0,05}$$

$$z = 12.343 \text{ mL m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ CO}_2$$

b) Permeabilidad al O₂:

Sustituyendo los datos en la fórmula (2) se obtiene:

$$y = \frac{9 \text{ [mL/kg h]} \times 0,08 \text{ [kg]} \times 24 \text{ [h/d]}}{0,028 \text{ [m}^2\text{]} \times (0,21 - 0,005)}$$

$$y = 3.010 \text{ mL m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ O}_2$$

De acuerdo a estos cálculos y a la disponibilidad en el mercado de películas plásticas, se eligió la bolsa plástica modelo PD-900, con una permeabilidad de 3.000 mL m⁻² d⁻¹

para O₂ y de 9.800 mL m⁻² d⁻¹ para CO₂, debido a que fue la más cercana al rango de permeabilidad deseada para el envasado de cascos de pera.

5.2- Método

5.2.1- Caracterización de fruta entera

La caracterización de la fruta entera se realizó de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.1.

5.2.2- Procesamiento

Las condiciones de la sala de manipulación y utensilios y almacenamiento de los frutos se realizaron de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.2.

El procesamiento se llevó a cabo según lo descrito en la sección 4.2.2, con la modificación de que se envasaron 80 g de cascos de pera en bolsas PD-900, las que sellaron con calor (Figura 5.1).

En la Figura 5.1 se observa el diagrama que describe el procesamiento.

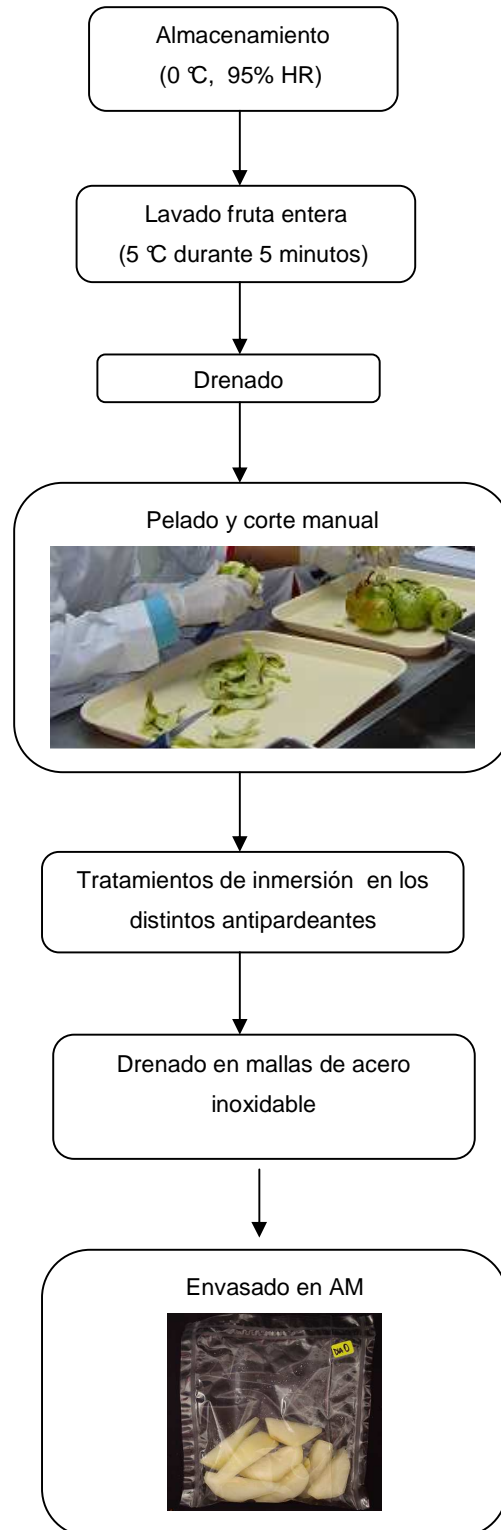


Figura 5.1. Diagrama de flujo de cascos de pera sometidos a una sal cálcica y agentes antipardeantes envasados en AM.

5.2.3- Parámetros medidos

5.2.3.1- Tasa respiratoria:

La determinación de la tasa respiratoria de los cascotes de pera se llevó a cabo de acuerdo a lo descrito en la sección 2.2.3.1. Se realizaron mediciones los días 0, 1, 3,6 y 8 tras el proceso.

5.2.3.2- Composición gaseosa:

Se evaluó la evolución de la concentración de O₂ y CO₂ al interior de las bolsas. La medición de los gases presentes en las bolsas se realizó con un analizador de gases (Dansensor, Dinamarca). Se realizaron mediciones por triplicado los días 0, 1, 3,6 y 8 tras el proceso y los valores fueron expresados como kPa de O₂ y CO₂.

5.2.3.3- Parámetros de color:

Los parámetros de color se determinaron de acuerdo a lo establecido en la sección 2.2.3.2. Se realizaron mediciones los días 1, 6 y 8 tras el proceso.

5.2.3.4- Firmeza:

La firmeza de los cascotes de pera se determinó de acuerdo a lo descrito en la sección 3.2.2.3. Se realizaron los días 1, 6 y 8 tras el proceso.

5.2.3.5- Parámetros químicos:

Los parámetros químicos se determinaron de acuerdo a lo descrito en la sección 2.2.3.3. Se realizaron los días 1, 6 y 8 tras el proceso.

5.2.3.6- Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó de acuerdo a lo descrito en la sección 3.2.2.5. Se realizaron mediciones los días 1, 6 y 8 tras el proceso.

5.2.3.7- Determinación de la calidad sensorial

La determinación de la calidad sensorial se llevó a cabo de acuerdo a lo establecido en la sección 3.2.2.6. Los atributos evaluados fueron apariencia, pardeamiento, firmeza,

sabor típico y sabor extraño. Se realizaron mediciones los días 1, 3 y 6 tras el proceso.

5.2.3.8- Determinación de compuestos bioactivos

– **Contenido de compuestos fenólicos totales:** Para la preparación de los extractos de pera, se tomó 1 g de trozos de pera por repetición, las cuales se homogeneizaron con un Ultra – Turrax IKA (T18 Basic, Alemania) en una solución hidroalcohólica de 9 mL de MeOH/H₂O (1:1) (v/v) durante 2 minutos a 13.500 g. Posteriormente, el homogenizado se centrifugó en una centrífuga (Hermle Labortechnik, Z326K, Alemania) durante 30 minutos a 10.000 g. El sobrenadante se recuperó y se filtró con papel Whatman n° 2 (Schleicher & Schuell, Inglaterra).

La determinación de fenoles totales se llevó a cabo según el método colorimétrico que utiliza el reactivo de Folin-Ciocalteu, con algunas modificaciones (Singleton y Rossi, 1965; Siriphanich y Kader, 1985). En un tubo falcon, previamente forrado con papel metálico, se mezclaron 500 µL de extracto de peras con una solución que contenía: (1:99) (v/v) de tartrato de sodio potasio 0,095 mol/L y de carbonato de sodio 0,073 mol/L; luego se agitó y se mantuvo durante 15 min en condiciones ambientales. Posteriormente, se agregó 1 mL de una solución de reactivo de Folin/H₂O 1:1 (v/v) la cual se agitó y se mantuvo durante 1 h en condiciones de oscuridad. Finalmente se midió la absorbancia a 660 nm en un espectrofotómetro UV-WIN (T 70 UV-Vis PG Instrument Ltd, Leicester, UK) utilizando como blanco de MeOH/H₂O 1:1 (v/v). Para la valoración de las absorbancias obtenidas se realizó una curva de calibración (Apéndice, Figura 2) en base a una solución madre de ácido gálico 0,06 M desde 0,425 hasta 0,085 mg/mL. Se realizaron mediciones por triplicado los días 1, 6 y 8 tras el proceso y los resultados se expresaron como mg equivalente ácido gálico/g peso fresco.

– **Actividad antioxidante total:** Para la preparación de los extractos de pera, se tomó 1 g de trozos de pera por repetición, los que fueron congelados con nitrógeno líquido (Indura, Chile) y posteriormente molidos en un mortero hasta obtener un polvo fino. Luego, se agregaron 9 mL de una solución hidroalcohólica de C₂H₆O/H₂O (1:1) y se centrifugaron en una centrífuga (Hermle Labortechnik, Z326K, Alemania) durante 30 minutos a 10.000 g. El sobrenadante se recuperó y se filtró con papel Whatman n° 2

(Schleicher & Schuell, Inglaterra).

La actividad antioxidante se evaluó sobre la capacidad reductora de los trozos de pera para reducir el Fe^{+3} hasta la forma ferrosa Fe^{+2} mediante el método FRAP propuesto por Benzie y Strain (1999) con algunas modificaciones. En un tubo previamente forrado con papel metálico, se agregaron 900 μL de una solución compuesta por buffer acetato 300mmol/L pH 3,5; solución acuosa de cloruro férrico hexahidratado 20mmol/L y TPTZ [2, 4, 6-(tri-(2-piridil-s-triazina))] 10 mmol/L en HCl 0,2 M en una proporción 10:1:1. Luego se añadieron con 80 μL de agua miliQ y posteriormente se agregaron 20 μL de extracto de trozos de pera.

Se midió la absorbancia a 593 nm en el programa UV-WIN (T 70 UV-Vis PG Instrument Ltd, Leicester, UK) cada 15 s durante 4 min, utilizando como blanco los mismos reactivos utilizados para la determinación FRAP, pero reemplazando el extracto de trozos de pera por agua miliQ. Para la valoración de las absorbancias obtenidas se preparó una curva de calibración (Apéndice, Figura 3) en base a una solución madre de Trolox 0,05 M desde 0,012 hasta 0,225 mg/mL. Se realizaron mediciones por triplicado los días 1, 6 y 8 tras el proceso y los resultados se expresaron como mg Trolox/g peso fresco.

Tanto el mínimo proceso, como las evaluaciones se realizaron en los laboratorios del Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

5.2.4- Diseño de experimentos y análisis estadístico

Se estableció un diseño completamente al azar de los tratamientos, con tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 5.1). La unidad experimental correspondió a una bolsa con 80 g de fruta.

Todos los datos obtenidos, se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza de 95%; al existir diferencias significativas entre tratamientos,

se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

Todos los resultados de las determinaciones se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab Release 15.

A los resultados del análisis sensorial se les realizó, además, un análisis de componentes principales mediante el software estadístico JMP 8.

Cuadro 5.1. Tratamientos de inmersión aplicados sobre cascos de pera

Tratamiento	Tratamiento de inmersión	Concentración (g L⁻¹)
T0	Agua	-
T1	PCa + EDTA+ CIS + AC	1 + 1+ 5+ 5
T2	PCa + EDTA + CIS	1 + 1 + 5

RESULTADOS Y DISCUSION

5.3.1- Caracterización de fruta entera

En el Cuadro 5.2 se muestran los resultados de la caracterización de cosecha; estos resultados no difieren mayormente con los obtenidos en los capítulos anteriores de este trabajo, lo cual significa que en todas las experiencias se trabajó con frutos de similar calidad y estado de madurez.

Cuadro 5.2. Caracterización de fruto entero

Parámetros físicos		Parámetros químicos	
Tamaño (mm)	64,1 ± 0,4 ^a	SST	13,7 ± 0,2 ^b
Peso (g)	140,5 ± 0,1 ^a	pH	4,1 ± 0,0 ^b
Color de fondo		AT (%)	0,3 ± 0,0 ^b
L	62,6 ± 0,3 ^a		
a*	-5,8 ± 0,5 ^a		
b*	41,1 ± 0,2 ^a		
C*	42,9 ± 0,6 ^a		
H _{ab}	98,9 ± 0,4 ^a		
Color de pulpa			
L	81,5 ± 0,3 ^a		
a*	-2,4 ± 0,4 ^a		
b*	17,9 ± 0,5 ^a		
C*	18,2 ± 0,6 ^a		
H _{ab}	97,5 ± 0,5 ^a		
Firmeza (kg-f)	4,8 ± 0,1 ^a		

^a Corresponde a la media de 24 muestras ± ES.

^b Corresponde a la media de 8 muestras ± ES.

5.3.2 -Tasa respiratoria:

Tras el procesamiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Apéndice, Cuadro 5.1). Luego de 1 día, el testigo presentó una tasa respiratoria un 33% más baja (10,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) que la observada en el tratamiento PCa + EDTA + CIS (15 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), mientras que en los cascotes de pera tratados con PCa + EDTA + CIS + AC la tasa respiratoria fue de 12,9 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Al cabo de 6 días, el testigo presentó la tasa respiratoria más baja (4,8 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), mientras que los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS presentaron valores más

altos (13,4 y 10,8 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente). Al término del período de almacenamiento, todos los tratamientos incrementaron sus tasas respiratorias significativamente (Figura 5.2).

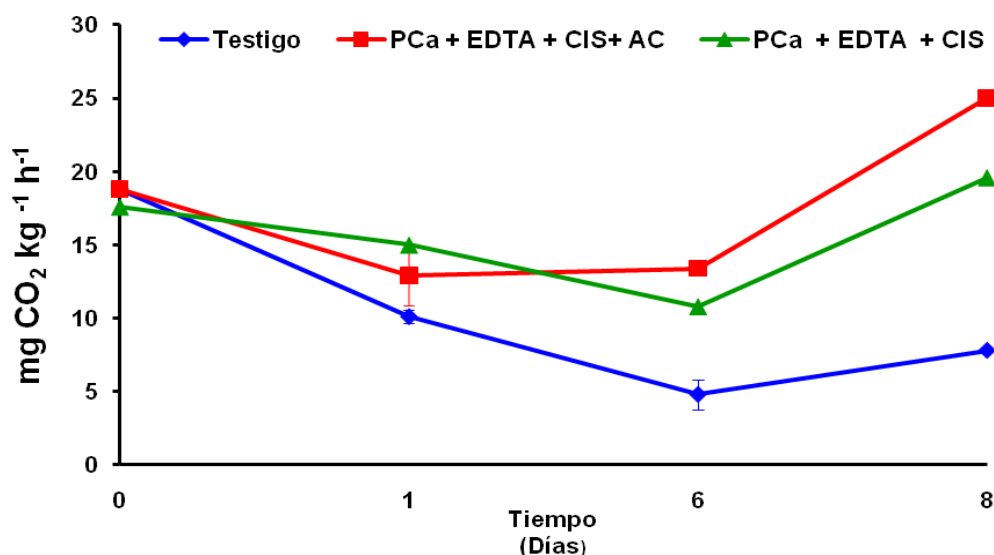


Figura 5.2. Tasas respiratorias (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) de cascós de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardecantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media (n=3) ± ES.

Los altos valores observados al inicio de la conservación podrían deberse al efecto del procesamiento sobre los tejidos, aumentando su tasa respiratoria y causando un consumo acelerado de azúcares, lípidos y ácidos orgánicos (Wiley, 1997; Beirão-da-Costa *et al.*, 2006; Oms-Oliu *et al.*, 2008). Este comportamiento fue similar a lo observado en los Capítulos II, III y IV de este trabajo, igualmente la disminución de la tasa respiratoria en todos los tratamientos luego de un día de almacenamiento también fue observada en los capítulos anteriores; esto podría deberse a la recuperación de los tejidos producto del daño provocado por el mínimo proceso (Saftner *et al.*, 2003; Aguayo *et al.*, 2008).

Durante el almacenamiento el testigo presentó tasas respiratorias inferiores a los cascós tratados, esto podría explicarse porque los agentes antipardecantes y la sal cálcica pudieron interferir en la regulación respiratoria de los tejidos, por ejemplo el

ácido cítrico produce una fuerte reducción del pH y cambios en la permeabilidad de la membrana celular (Rico *et al.*, 2007), lo cual podría afectar la emisión de CO₂ y O₂. Esto no concuerda con lo observado por Pérez (2003) quién observó que peras cortadas, tratadas con soluciones antipardecantes y la sal de calcio, presentaron una disminución en la tasa respiratoria, con respecto a peras no tratadas.

Al término del periodo se observó un aumento de la producción de CO₂ en todos los tratamientos, esta tendencia fue observada en los capítulos anteriores de este trabajo y pudo deberse al deterioro esperado de los cascos de pera, desarrollo de procesos de senescencia y al aumento del crecimiento microbiano (Saftner *et al.*, 2003; Escalona *et al.*, 2006b; Benedetti *et al.*, 2007; Martínez-Sánchez *et al.*, 2008).

5.3.3 -Composición gaseosa:

Como se esperaba, la utilización de un envasado en una película plástica del tipo utilizado en este estudio generó una AM por la combinación de la respiración del producto en el interior de las bolsas y la permeabilidad del polímero, conduciendo a una disminución del contenido de oxígeno y a un aumento de dióxido de carbono (Figura 5.3).

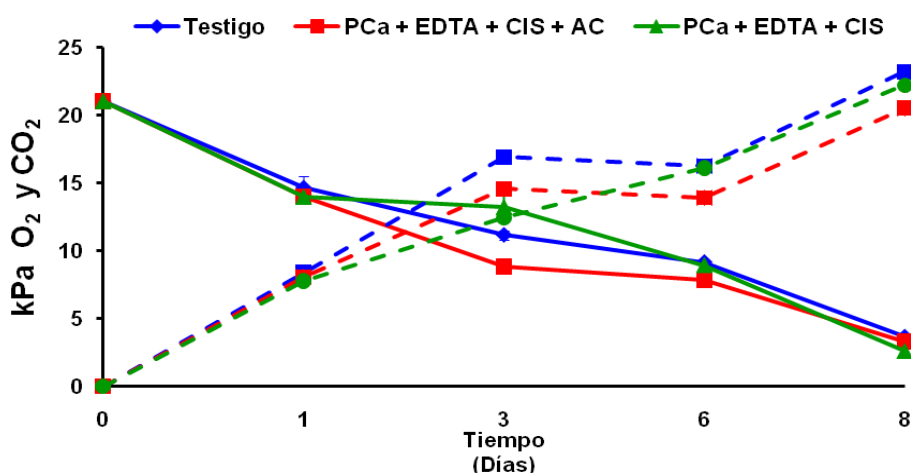


Figura 5.3. Evolución de la composición gaseosa (kPa) (CO₂ (---) y O₂ (—)) de las bolsas de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardecantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media (n=3) ± ES.

Durante el almacenamiento, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la composición gaseosa dentro de los envases; el contenido de O₂ dentro de los envases disminuyó significativamente, con el tiempo, en los tratamientos (Apéndice, Cuadro 5.2) desde aproximadamente 14 kPa hasta alrededor de 3 kPa. Los días 3 y 6 la concentración de O₂ se estabilizó en el testigo y en el tratamiento PCa + EDTA + CIS + AC.

La concentración de CO₂ inicial de las bolsas fue 7,8 a 8,4 kPa para los tratamientos. Durante los días 3 y 6 se observó una estabilización de la concentración de CO₂ en todos los tratamientos (Figura 5.3, Apéndice, Cuadro 5.2);

Al término del período de almacenamiento la concentración gaseosa dentro de los envases fue de alrededor de 3 kPa de O₂ y 20 kPa de CO₂ para todos los tratamientos (Apéndice, Cuadro 5.2).

Los similares niveles de O₂ y CO₂ se podrían explicar por el hecho que, a pesar de que las soluciones de inmersión sí afectaron a la tasa respiratoria, las diferencias no fueron lo suficientemente elevadas como para manifestarse en la composición gaseosa.

Según Kader (2002) la composición gaseosa recomendada para peras mínimamente procesadas es de 0,5 kPa de O₂ y < 10 kPa de CO₂, sin embargo la película plástica seleccionada no logró la composición recomendada al interior de las bolsas en combinación con la tasa respiratoria, probablemente debido a que la permeabilidad al CO₂ de la película plástica es demasiado alta para peras mínimamente procesadas. Soliva-Fortuny *et al.* (2007) observaron que atmósferas con bajo contenido de O₂ (<0,5 kPa) y alto CO₂ (> 10 kPa) produjeron sabores y aromas indeseados en peras mínimamente procesadas. Gorny *et al.* (1998) reportaron que atmósferas con alto contenido de CO₂ (10 y 20 kPa) fueron nocivas, aceleraron el pardeamiento y la necrosis de peras mínimamente procesadas. Por tanto, si se hubiese utilizado una película plástica que cumpliera los requerimientos de CO₂ y O₂ requerida para pera cortada, se hubiese logrado la atmósfera ideal para su conservación.

5.3.4-Parámetros de color:

– **Luminosidad (L):** Luego de 1 y 6 días, se observó que el testigo presentó valores más bajos (70) de acuerdo a la escala de pardeamiento (Apéndice, Figura 1) este valor se encuentra por debajo del límite aceptado de pardeamiento y por tanto ya se considera como pardeamiento, el resto de los tratamientos presentó valores entre 74 y 77. Tras 8 días, no se observaron diferencias entre tratamientos, los valores estuvieron por debajo del límite de pardeamiento, se consideraron como pardeados. En los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS se observó una significativa disminución de L en el tiempo, mientras que el testigo en agua mantuvo sus valores (Figura 5.4. Apéndice, Cuadro 5.3).

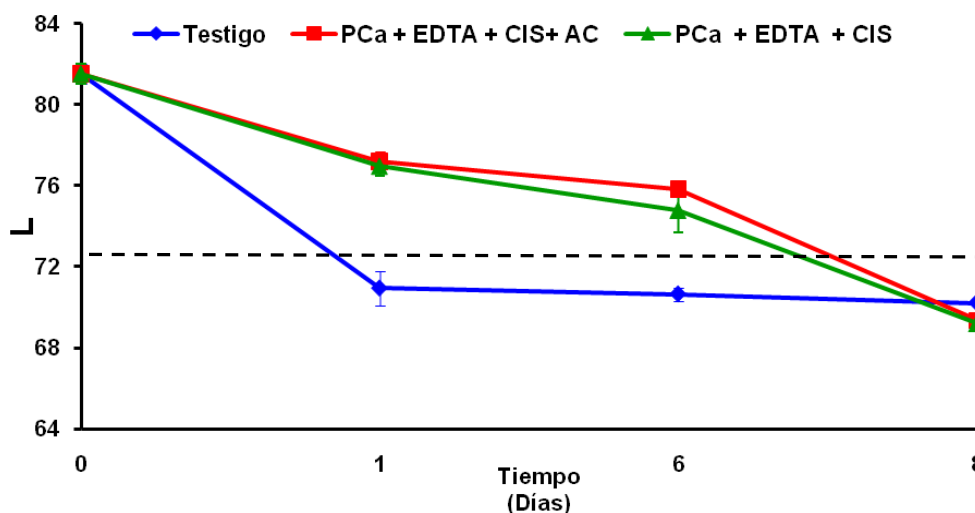


Figura 5.4. Valores de L de de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (La línea punteada indica el valor límite para considerar pardeamiento aceptable $L=72,4$).

– **a*:** Luego de 1 día, se observó que el testigo presentó valores de 1,2, mientras que en PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS los valores fueron de -3 y -3,3. Tras 6 días, no se observaron diferencias entre tratamientos (Apéndice, Cuadro 5.3); sin embargo al término del período de almacenamiento, los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS presentaron valores altos (7,6 y 7,7 respectivamente) considerados como pardeamiento y asociados a la aparición de coloraciones rojizas; el

testigo presentó valores de 1,6 (Figura 5.5). En los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS se observó un significativo aumento de a^* en el tiempo, mientras que el testigo mantuvo sus valores (Figura 5.5. Apéndice, Cuadro 5.3).



Figura 5.5. Cascos de pera tratados con: (A) Testigo en agua, (B) PCa + EDTA + CIS + A.C, (C) PCa + EDTA + CIS tras 8 días de almacenamiento.

– **Croma (C^*):** Durante el período de almacenamiento se observó que el testigo mantuvo sus valores entre 23,1 y 23,9 (límite de pardeamiento); mientras que los tratados con PCa + EDTA + CIS + A.C y PCa + EDTA + CIS presentaron un significativo aumento desde alrededor de 16 hasta 21,8 (Figura 5.6. Apéndice, Cuadro 5.3).

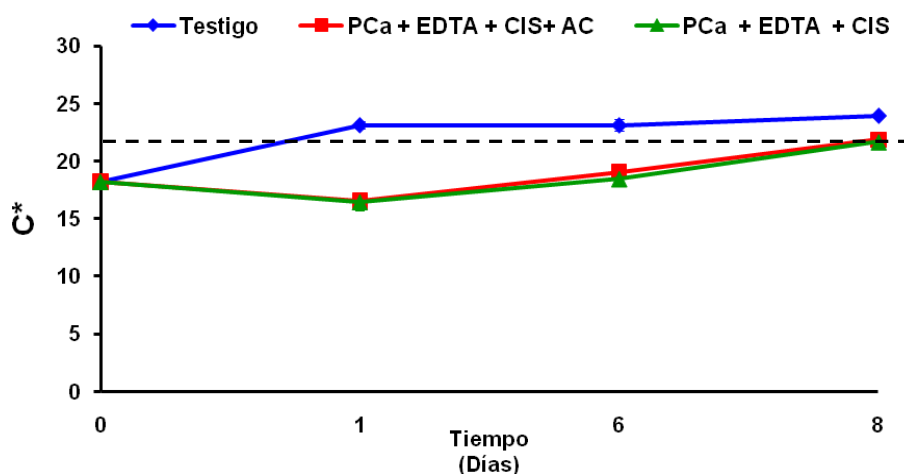


Figura 5.6. Valores de C^* de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (La línea punteada indica el valor límite para considerar pardeamiento aceptable $C^*=23,6$).

– H_{ab} : Luego de 1 día se observó que, el testigo presentó valores de 87,1, mientras que los cascos de pera tratados con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS presentaron valores más altos (100,4 y 101,4 respectivamente). Tras 6 días no se observaron diferencias entre tratamientos. Al término del período, se observó un significativo descenso de los valores de H_{ab} en los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS (Figura 5.7. Apéndice, Cuadro 5. 3). Los valores del testigo en se mantuvieron estables durante todo el almacenamiento.

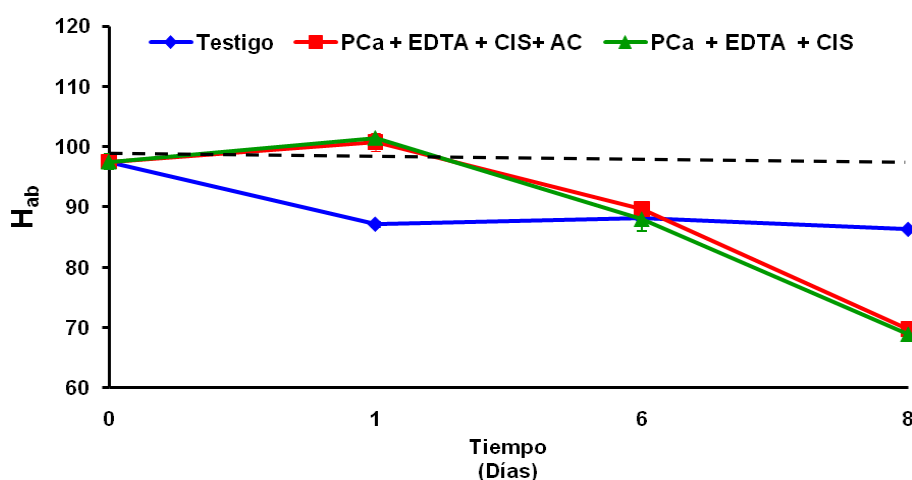


Figura 5.7. Valores de H_{ab} de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES. (La línea punteada indica el valor límite para considerar pardeamiento aceptable $H_{ab}=89,9$).

El efecto de la CIS, EDTA y AC sobre el color y más específicamente sobre la inhibición del pardeamiento, ya ha sido descrito en el Capítulo IV, sin embargo el efecto del calcio no. La acción del calcio como antipardeante se sustenta en el hecho que el calcio fortalece las paredes y membranas celulares, por lo cual se produce una menor liberación de enzimas y substratos por parte de las superficies cortadas (Rosen y Kader, 1989; Pérez, 2003). Saftner *et al.* (2003) observaron que el PCa fue la sal cálcica más eficiente, dentro de un amplia gama, en el control de pardeamiento de trozos de melón, presentando éstos mayores valores L y menores de C^* . Asimismo, Gorny *et al.* (1998) observaron que el uso de cloruro de calcio preservó mejor el color de peras que aquellas no tratadas, mientras que Pérez (2003) también encontró diferencias importantes en cuanto al color de peras tratadas y no tratadas con sales cálcicas.

Los resultados obtenidos al inicio del periodo de almacenamiento indicarían el efecto positivo de la combinación agentes antipardeantes, sal cálcica y envasado en AM en el control del pardeamiento, en comparación con un testigo en agua envasado en AM, donde se logró llegar hasta el día 6 de conservación sin pardeamiento. Este efecto sinérgico en peras mínimamente procesadas ha sido observado por Rosen y Kader,

1989; Sapers y Miller (1998); Gorny *et al.* (1998) Soliva-Fortuny *et al.* (2002); Gorny *et al.* (2002); asimismo Oms-Oliu *et al.* (2007d) observaron que el envasado en AM sólo, no tuvo efecto significativo sobre el pardeamiento en peras.

No obstante lo anterior, luego de 8 días, los tratamientos que contemplaron el uso de agentes antipardeantes y PCa presentaron una coloración rojiza, la cual se tradujo en un aumento en los valores de a^* y una disminución de H_{ab} ; la disminución de este parámetro indica la evolución desde coloraciones verdes ($> 90^\circ$) hacia coloraciones amarillo-rojizas ($< 90^\circ$) (Pérez, 2003). Según Sapers y Miller (1998) y Gorny *et al.* (2002), esta coloración rojiza se debe a la regeneración de los compuestos fenólicos tras la degradación de la CIS en los tejidos de pera.

Por otro lado, ninguno de los tratamientos logró mantener los parámetros de color los 8 días de conservación, esto podría deberse principalmente al efecto del envasado en AM; aparentemente la película seleccionada no fue la correcta, debido a su alta permeabilidad al CO_2 y el consecuente contenido alto de este gas al término del periodo de almacenamiento (20 kPa de CO_2). Esto ha sido observado por Gorny *et al.* (1998) y Gorny *et al.* (2002), quienes encontraron que altas concentraciones de CO_2 (10 y 20 kPa) fueron nocivas, ya que aceleraron el pardeamiento y la necrosis de peras mínimamente procesadas.

5.3.5 -Firmeza

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos tras 1 día de almacenamiento; sin embargo tras 6 días, los tratamientos con PCa presentaron valores de firmeza significativamente más altos (4,7-4,9) que el testigo (4,1). El efecto del tiempo de almacenamiento fue significativo sólo para el testigo, cuyos valores de firmeza cayeron significativamente (Figura 5.8. Apéndice, Cuadro 5.4).

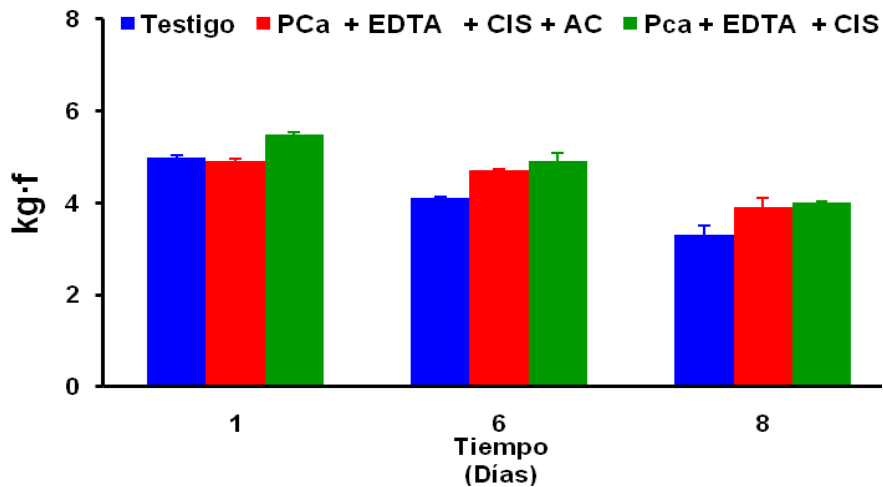


Figura 5.8. Valores de firmeza (kg·f) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

Como se esperaba, la utilización de PCa como agente promotor de la firmeza, fue efectiva en comparación con el testigo, en mejorar y preservar la firmeza de los cascos de pera. Rosen y Kader (1989) reportaron que la combinación de bajo contenido de oxígeno y una sal cálcica mantuvo la firmeza de peras mínimamente procesadas. Saftner *et al.* (2003) observaron que el PCa aumentó a más del doble el contenido de calcio en los tejidos de melón tuna cortada. Asimismo Aguayo *et al.* (2008) observaron que el PCa aumentó el contenido de calcio de los tejidos hasta el día 3, para luego disminuir. No obstante lo anterior, los resultados de firmeza obtenidos en la Experiencia II, Capítulo III, de cascos de pera tratados con agua a 50 y 60 °C durante 15 min son en promedio 1,8 kg·f más altos que los obtenidos en esta experiencia, sugiriendo que los tratamientos térmicos son más efectivos que la aplicación de PCa para mejorar la retención de firmeza de cascos de pera.

Parece ser que la AM por sí sola no tuvo efecto sobre la firmeza de los cascos, esto fue reportado por Oms-Oliu *et al.* (2007c) en cascos de pera, donde atmósferas de 2,5 kPa O₂ + 7,0 kPa CO₂ sin la adición agentes químicos, presentaron firmezas más bajas que los cascos sometidos a la misma atmósfera, pero con la adición agentes retenedores de la firmeza.

5.3.6- Parámetros químicos

– **Sólidos solubles:** Durante el almacenamiento se observó que los cascos de pera tratados con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS presentaron valores significativamente más bajos que el testigo (Apéndice, Cuadro 5.5); asimismo se observó que sólo en el testigo disminuyó el contenido de sólidos solubles, en los demás tratamientos los valores se mantuvieron (Figura 5.9).

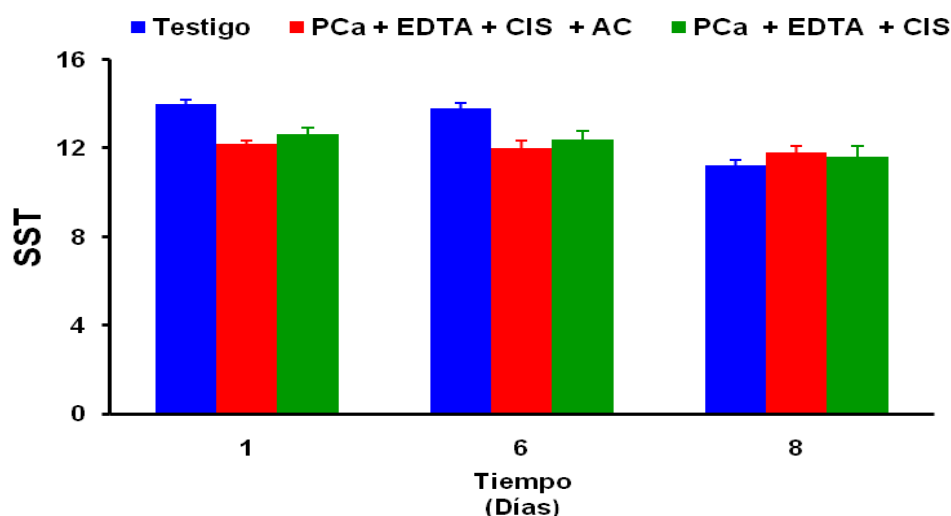


Figura 5.9. Contenido de sólidos solubles (SST) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

– **pH:** Durante el almacenamiento, se observó que los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS presentaron los valores más bajos (3,6-3,8) que los observados en el testigo (Figura 5.10). Asimismo no se observó un efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre los valores de pH de todos los tratamientos (Apéndice, Cuadro 5.5).

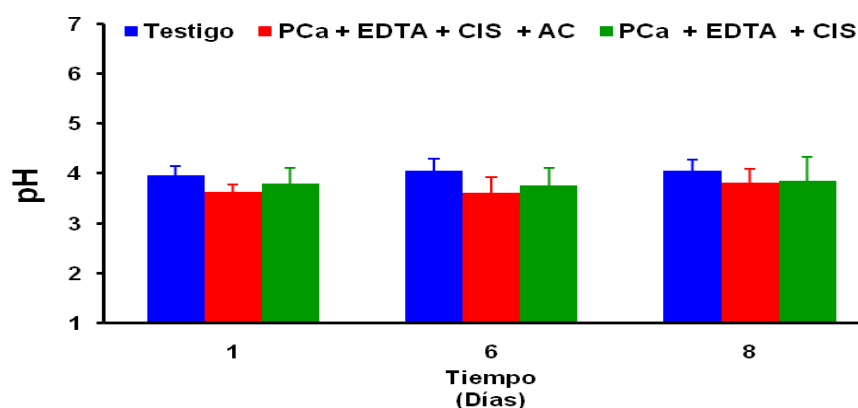


Figura 5.10. Valores de pH de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

– **Acidez titulable (AT):** Tras 1 día, se observó que las peras tratadas con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS presentaron valores de 0,24 y 0,22 % respectivamente, mientras que el testigo presentó valores de 0,19%. Luego de 6 y 8 días, se observó una significativa disminución de la acidez en los cascos de pera tratados con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS, mientras que el testigo mantuvo sus valores en el tiempo (Figura 5.11. Apéndice, Cuadro 5.5).

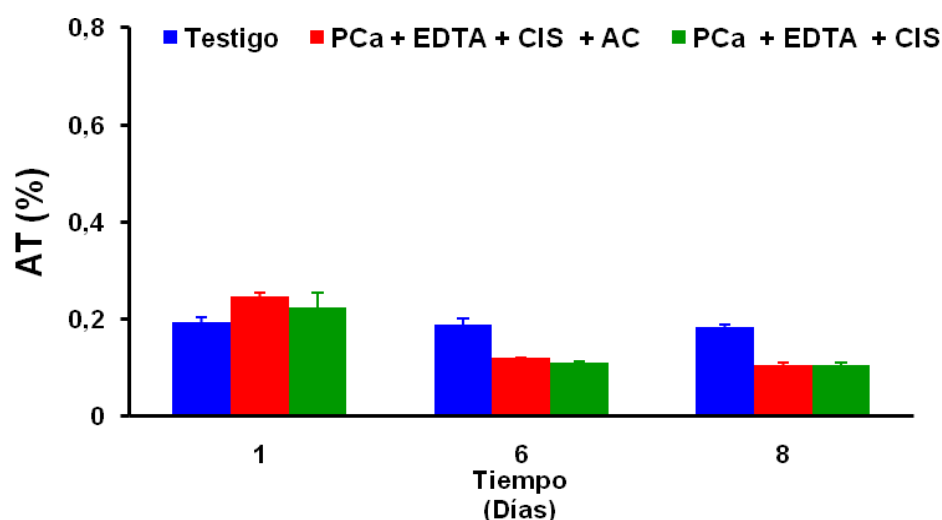


Figura 5.11. Acidez titulable (AT) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

La disminución del contenido de sólidos solubles, aumento en el pH y descenso en la acidez titulable de los cascos de pera tratados con agentes químicos, podría relacionarse con la alta tasa respiratoria que presentaron durante todo el almacenamiento, en comparación con el testigo, debido a que en el proceso respiratorio se produce la oxidación y consumo de sustratos como azúcares, lípidos y ácidos orgánicos (Kim *et al.*, 1993; Escalona *et al.*, 2007).

5.3.7- Análisis microbiológicos

– **Recuento de aerobios mesófilos (RAM):** Tras 1 día no se observaron diferencias entre tratamientos, pero si una reducción promedio de $1,9 \log \text{ ufc g}^{-1}$ con respecto a la materia prima ($3,8 \log \text{ ufc g}^{-1}$) (datos no mostrados). Luego de 6 días, los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS presentaron los recuentos más altos de $3,5 \log \text{ ufc g}^{-1}$, mientras que los cascos con PCa + EDTA + CIS + AC y el testigo presentaron recuentos de $2,9$ y $3,2 \log \text{ ufc g}^{-1}$ respectivamente. Tras 8 días, el testigo y los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS + AC presentaron recuentos altos ($5,1$ y $5 \log \text{ ufc g}^{-1}$ respectivamente), en comparación con las tratadas con PCa + EDTA + CIS (Apéndice, Cuadro 5.6). Durante el almacenamiento todos los tratamientos presentaron recuentos por debajo del límite permitido por la Legislación Chilena ($M= 4,69 \log \text{ ufc g}^{-1}$) (Anexo I); asimismo en todos los tratamientos se observó un aumento significativo de los recuentos durante el almacenamiento (Figura 5.12).

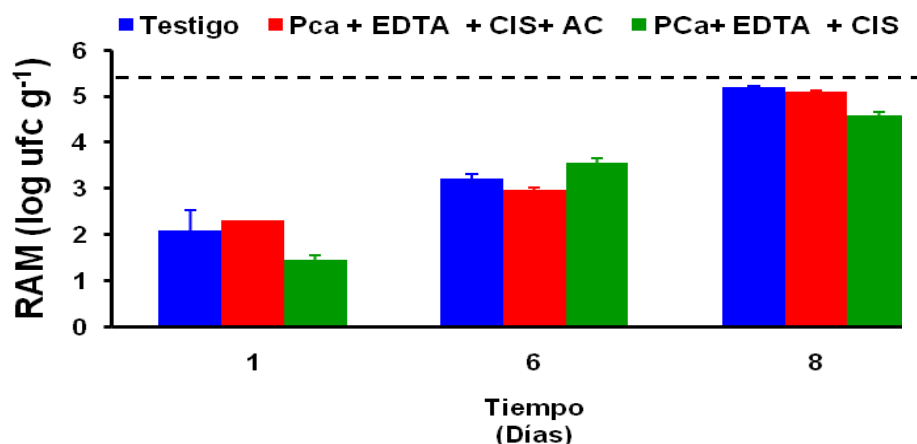


Figura 5.12. Recuento de aerobios mesófilos (RAM) (log ufc g⁻¹) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media (n=3) ± ES (La línea punteada indica el límite superior aceptado por la Legislación Chilena para RAM, M = 5,69 log ufc g⁻¹).

– **Psicrófilos:** Luego de 1 y 6 días, no se observaron diferencias entre tratamientos; sin embargo se observó una reducción promedio de 1,6 log ufc g⁻¹ con respecto a la materia prima (datos no mostrados). Al término del período, los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS presentaron los recuentos más altos (3,8 log ufc g⁻¹), mientras que los más bajos se observaron en los cascos con PCa + EDTA + CIS + AC (3,6 log ufc g⁻¹). El efecto del tiempo de almacenamiento fue significativo en todos los tratamientos, observándose un aumento en el recuento de psicrófilos (Apéndice, Cuadro 5.6).

– **Enterobacterias:** Luego de 1 día, no se observaron diferencias entre tratamientos, sin embargo se observó una reducción promedio de 1,5 log ufc g⁻¹ con respecto a la materia prima (datos no mostrados). Tras 6 días los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS presentaron recuentos de 2 log ufc g⁻¹, mientras que el testigo en agua recuentos de 2,6 log ufc g⁻¹. Al término del período, los recuentos de enterobacterias más altos se observaron en el testigo en agua (3,6 log ufc g⁻¹); en los demás tratamientos no se observaron diferencias significativas y los recuentos fueron más bajos (Apéndice, Cuadro 5.6).). Durante todo el periodo de almacenamiento todos los tratamientos presentaron recuentos bajo el límite permitido por la Legislación

Chilena (Anexo 1) (Figura 5.13). Durante el período de almacenamiento se observó un significativo aumento en el recuento de enterobacterias (Apéndice, Cuadro 5.6).

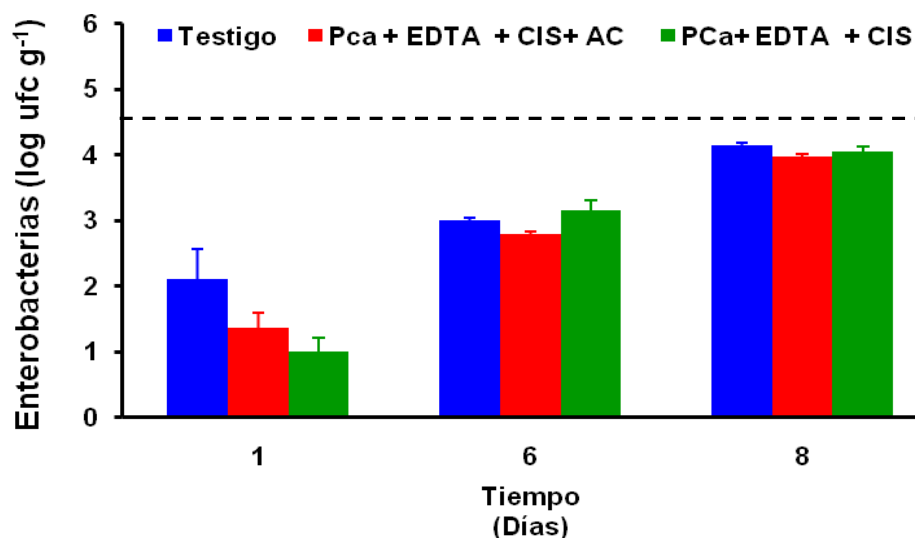


Figura 5.13. Recuento de enterobacterias (log ufc g⁻¹) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media (n=3) ± ES (La línea punteada indica el límite superior aceptado por la Legislación Chilena para enterobacterias, M = 4,69 log ufc g⁻¹).

– **Hongos y levaduras:** Durante el almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, se observó una reducción promedio de 1 log ufc g⁻¹ con respecto a la materia prima (datos no mostrados). El efecto del tiempo de almacenamiento influyó significativamente en el aumento del recuento de hongos y levaduras en todos los tratamientos (Figura 5.14 Apéndice, Cuadro 5.6)

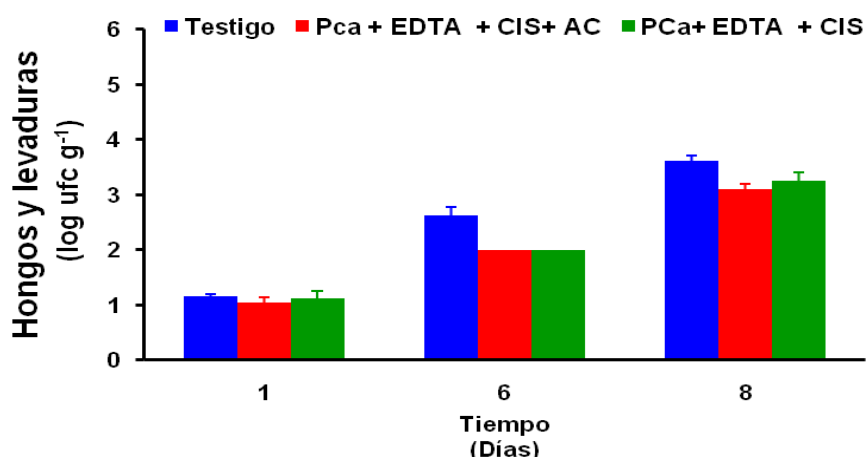


Figura 5.14. Recuento de hongos y levaduras (log ufc g⁻¹) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antiparadeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media (n=3) ± ES.

En general se observó que los tratamientos con agentes químicos lograron menores recuentos de microorganismos, esto podría deberse al efecto sinérgico del PCa, los agentes antiparadeantes y el envasado en AM; esto también ha sido reportado por Oms-Oliu *et al.* (2007b), quienes observaron una mayor reducción en el crecimiento de aerobios mesófilos, enterobacterias, hongos y levaduras en trozos de melón tratados con ácido ascórbico en combinación con cloruro de calcio, en comparación con melones no tratados.

El efecto del PCa en la disminución de la carga microbiana ha sido observado por Saftner *et al.* (2003), quienes reportaron que el PCa fue efectivo en controlar el crecimiento de hongos y levaduras y en menor medida bacterias aerobias y enterobiaceas de trozos de melón. Asimismo, Aguayo *et al.* (2008) reportaron que tratamientos con PCa fueron capaces de reducir el recuento bacterias en trozos de melón en comparación al testigo.

El bajo crecimiento de hongos y levaduras podría estar relacionado con el pH de los tejidos, el cual no fue óptimo para el crecimiento y proliferación de estos microorganismos; además, las correctas medidas de manipulación durante la aplicación de los tratamientos y la toma de muestra para análisis microbiológicos pudieron

controlar el crecimiento (Pérez, 2003).

El efecto de los agentes antipardeantes sobre el crecimiento microbiano ya ha sido revisado en el capítulo IV, pero se encuentra fundamentalmente relacionado con el efecto sobre el crecimiento microbiano de EDTA y AC sobre los trozos de pera (Cheftel y Cheftel, 1976; Corlett y Brown; Rico *et al.*, 2007; Sivakumar *et al.*, 2008)

Con respecto al envasado en AM, se ha reportado que contenidos bajos de oxígeno (no superiores a 5 kPa) en la atmósfera de envasado inhiben el crecimiento de microorganismos, como aerobios mesófilos, enterobacterias, psicrófilos. Asimismo niveles de CO₂ de 5 – 20 kPa pueden tener acción sobre las bacterias, por su efecto en la disminución del pH (Rosen y Kader, 1989; Trujillo *et al.*, 2001; Oms-Oliu *et al.*, 2007c Oms-Oliu, 2008). Sin embargo, si disminuyen excesivamente los niveles de O₂, puede estimularse el crecimiento de microorganismos anaeróbicos (Oms-Oliu *et al.*, 2008a).

5.3.8- Análisis sensorial

– **Apariencia:** Tras 1 día los cascos de pera tratados con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS obtuvieron puntajes de 13,7 y 14,2 respectivamente (categoría “Excelente”) (Anexo III), mientras que el testigo obtuvo 4,6 unidades (“deficiente”). Luego de 3 días, se observó un comportamiento similar al observado el día 1 (Figura 5.15 (A)), donde las peras tratadas con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS obtuvieron puntajes de 11,5 y 9 respectivamente (“más que regular” y “regular”); el testigo en agua obtuvo una puntuación de 3,2 unidades (“mala”). Al término del período de almacenamiento no se observaron diferencias entre tratamientos (Apéndice, Cuadro 4.7), todos los valores se encontraron en la categoría “Muy mala”. El efecto del tiempo de almacenamiento fue significativo en los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS, donde el pardeamiento aumentó significativamente; en el testigo los valores se mantuvieron (Apéndice, Cuadro 5.7)

– **Pardeamiento:** Tras 1 día, los jueces no detectaron presencia de pardeamiento en los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS, mientras que al

testigo le asignaron una puntuación de 13,5 (“malo”). Luego de 3 días, los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS obtuvieron puntajes de 2,7 y 2,5 (“bueno”), mientras que el testigo mantuvo su puntuación (13,6) (“muy malo”). Al término del período, no se observaron diferencias entre tratamientos, los jueces evaluaron como “insuficiente” el color de los cascos de pera, encontrando pardeamiento en todos los tratamientos. El efecto del tiempo de almacenamiento fue significativo en los tratamientos PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS, donde el pardeamiento aumentó significativamente; en el testigo los valores se mantuvieron (Figura 5.15 (B) Apéndice, Cuadro 5.7).

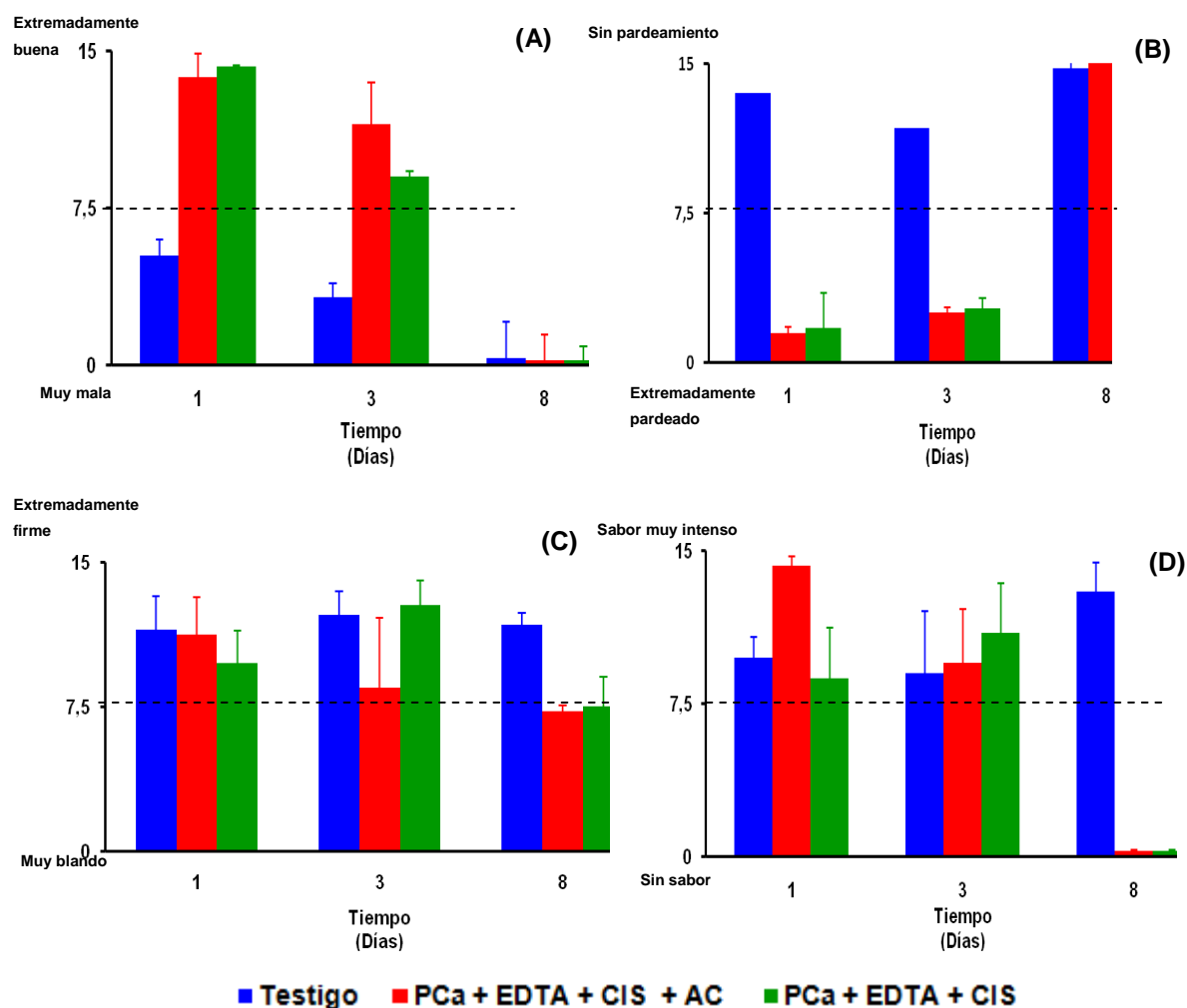


Figura 5.15. Atributos sensoriales medidos de peras tratadas con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasadas en AM: (A) Apariencia, (B) Pardeamiento, (C) Firmeza y (D) Sabor típico. Los valores son la media \pm ES ($n=12$). (Línea punteada indica el límite comercial= 7,5 unidades).

– **Firmeza:** Tras 1 y 3 días de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 5.15. (C)). Sin embargo, luego de 8 días, los jueces determinaron que el testigo fue significativamente más firme (11,7) que los demás tratamientos (alrededor de 7,3) (Apéndice, Cuadro 5.7).

– **Sabor típico:** Tras 1 y 3 días de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 5.15 (D)). Sin embargo, luego de 8 días, los jueces determinaron que el sabor del testigo fue significativamente más alto (13) que

los demás tratamientos (alrededor de 0,2) (Apéndice, Cuadro 5. 7).

Análisis de los resultados por componentes principales (CP): Los primeros dos componentes principales (CP) permitieron explicar el 97% de la variabilidad total de los atributos sensoriales. El CP1, que explicó el 60% de la variabilidad total estuvo definido en su orientación positiva por el sabor típico y la firmeza, lo que permitió diferenciar los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS tras 3 días de almacenamiento; estos resultados concuerdan con los mostrados en el Apéndice, Cuadro 5.7, el tratamiento mencionado obtuvo los puntajes más altos, asociados a mayor firmeza y sabor típico de los cascos de pera. En su orientación negativa, el CP1 estuvo definido por el atributo apariencia, lo que permitió diferenciar los tratamientos PCa + EDTA + CIS y PCa + EDTA + CIS + AC tras 1 día y PCa + EDTA + CIS + AC tras 3 días de almacenamiento; estos resultados comprueban los obtenidos en el ANDEVA (Apéndice, Cuadro 5.7), donde en ambos periodos los tratamientos mencionados presentaron los puntajes más altos, asociados a una mejor apariencia. El CP2, que explicó el 29% de la variabilidad total de los atributos sensoriales, estuvo definido en su orientación positiva por el pardeamiento, lo que permitió diferenciar los cascos del testigo durante todos los días de evaluación; estos resultados concuerdan con los mostrados en el Apéndice, Cuadro 5.7, donde el testigo presentó los puntajes más altos, asociados a un mayor pardeamiento.

La Figura 5.16 muestra la representación gráfica de los CP 1 y 2

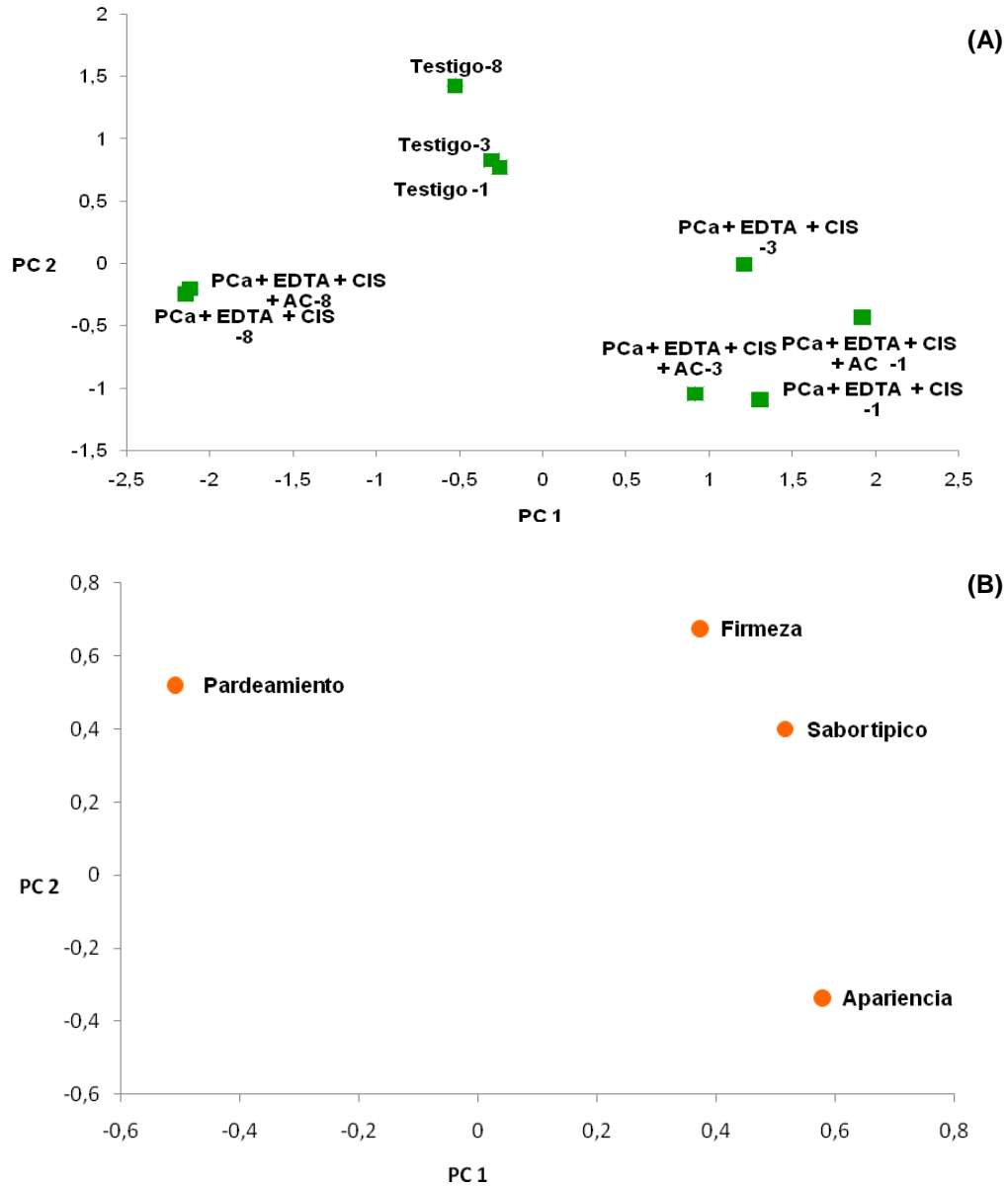


Figura 5.16. Análisis de componentes principales(A) y (B) del análisis sensorial de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes y una sal cálcica envasados en AM. (A) y (B). (El número a continuación del tratamiento indica el día de análisis).

Los resultados obtenidos en el análisis de pardeamiento y apariencia, luego de 8 días, obtenidos por los tratamientos con agentes químicos podrían relacionarse con los valores de a^* y H_{ab} observados en estos tratamientos, donde se observó la aparición de una coloración rojiza, la cual pudo haber afectado significativamente la apariencia de los trozos; este comportamiento también fue observado en las mediciones de color y aspectos sensoriales revisados en el capítulo IV. Los valores de a^* y H_{ab} se han descrito como buenos indicadores de pardeamiento y la aparición de coloraciones rojizas al término del período de almacenamiento (Mastrocola y Lerici, 1991; Monsalve-González *et al.*, 1993; Buta y Abbott, 2000).

El alto puntaje observado en la firmeza de los trozos tratados con PCa, podría estar relacionado con su efecto sobre los tejidos, el cual ya ha sido discutido. Saftner *et al.* (2003) y Aguayo *et al.* (2008) reportaron el aumento de la textura en trozos de melón tratados con PCa.

El sabor típico en los tratamientos con agentes antipardeantes se presentó con una marcada disminución tras 8 días de almacenamiento; esto podría relacionarse con la aparición de coloraciones rojizas en los tejidos; algunos autores han asociado el desarrollo de sabores atípicos a la aplicación de EDTA y CIS (Dong *et al.*, 2000; Gorny *et al.*, 2002), mientras que Campos-Vargas *et al.* (2008) no observaron efecto de la aplicación de CIS sobre el sabor típico de chirimoya mínimamente procesada.

5.3.9- Determinación de compuestos bioactivos

– **Contenido de compuestos fenólicos totales:** Tras 1 día no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo sí se observó una reducción promedio de 0,4 mg EAG g^{-1} p. f con respecto a una pera fresca recién cortada (datos no mostrados). Luego de 6 días, se observó que el testigo presentó un contenido de compuestos fenólicos totales más bajo (1,6 mg EAG g^{-1} p. f) que los cascos de pera tratados con PCa + EDTA + CIS + AC y PCa + EDTA + CIS (2,1 y 2,2 mg EAG g^{-1} p. f respectivamente). Al término del período el testigo y PCa + EDTA + CIS + AC presentaron valores de 1,6 y 1,4 mg EAG g^{-1} p. f respectivamente, mientras los cascos

tratados con PCa + EDTA + CIS presentaron valores más altos ($2,2 \text{ mg EAG g}^{-1} \text{ p. f.}$). El efecto del tiempo sobre el contenido fenólico fue significativo sólo en los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS, donde se observó una acentuada disminución (Figura 5.17. Apéndice, Cuadro 5.8).

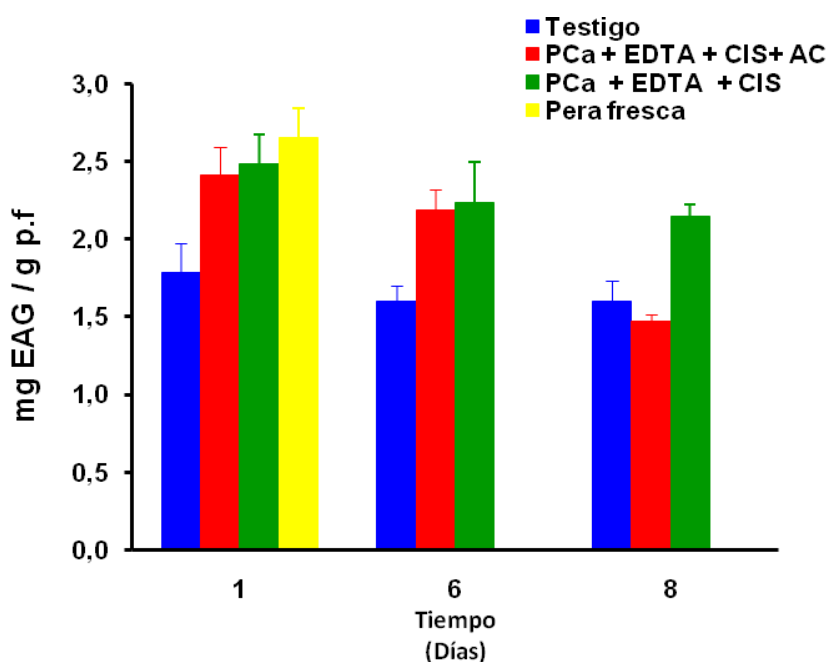


Figura 5.17. Contenido de compuestos fenólicos totales ($\text{mg EAG g}^{-1} \text{ p. f.}$) de cascos de pera tratados con agentes antipardecantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media \pm ES ($n=3$).

– **Actividad antioxidante total:** Tras 1 día la mayor actividad antioxidante se observó los cascos tratados PCa + EDTA + CIS ($1,1 \text{ mg TROLOX g}^{-1} \text{ p.f.}$), seguido por PCa + EDTA + CIS + AC ($1,0 \text{ mg TROLOX g}^{-1} \text{ p.f.}$) y por el testigo ($0,5 \text{ mg TROLOX g}^{-1} \text{ p.f.}$). Asimismo se observó una reducción promedio de $0,9 \text{ mg TROLOX g}^{-1} \text{ p.f.}$ con respecto a la actividad antioxidante total de una pera fresca recién cortada (datos no mostrados). Tras 6 días no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Al término del periodo el testigo en agua y PCa + EDTA + CIS + AC presentaron valores de $0,3$ y $0,6 \text{ mg TROLOX g}^{-1} \text{ p.f.}$ respectivamente, mientras los cascos tratados con PCa + EDTA + CIS presentaron valores más altos ($0,8 \text{ mg TROLOX g}^{-1} \text{ p.f.}$); con respecto al efecto del tiempo sobre la actividad antioxidante total, éste tuvo un efecto significativo sobre los cascos de pera tratados con PCa + EDTA + CIS, donde se observó una acentuada

disminución (Figura 5.18. Apéndice, Cuadro 5.8).

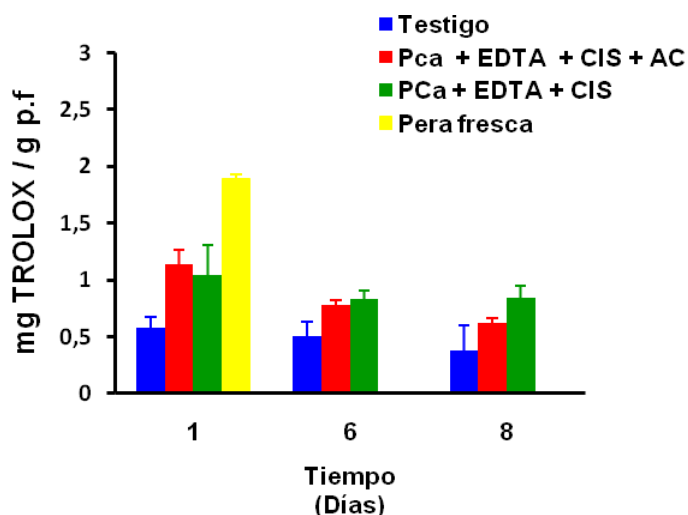


Figura 5.18. Actividad antioxidante total de cascós de pera tratados con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM. Los valores son la media \pm ES (n=3).

El efecto del envasado en AM sobre el contenido fenólico y la actividad antioxidante podría considerarse como negativo debido a la disminución en comparación con peras frescas recién cortadas, esto ha sido observado por diversos autores: Gil *et al.*, (1998b) reportaron que en lechugas cortadas envasadas en una atmósfera de 2-3 kPa O₂ y 12-14 kPa CO₂ no se vieron afectados los flavonoides ni tampoco las antocianinas presentes. Asimismo Lee y Kader (2000), observaron que atmósferas de 0,5, 2 ó 4 kPa O₂ disminuyeron la capacidad antioxidante de rebanadas de kiwi hasta en un 18%. Este fenómeno podría deberse a la rápida oxidación de los compuestos fenólicos de la superficie de corte los cuales están directamente en contacto con el oxígeno del envase. La oxidación enzimática de compuestos fenólicos como el ácido clorogénico catalizada por la PPO ha sido relacionada con el pardeamiento enzimático de peras cortadas (Gil *et al.*, 1998b; Galvis-Sánchez *et al.*, 2003)

Por otro lado, los resultados obtenidos en el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante total podrían corroborar lo propuesto por Cocci *et al.* (2006), quienes consideran que la aplicación de compuestos antioxidantes y antipardeantes

como EDTA, CIS y A.C podría enriquecer los tejidos con sustancias antioxidantes, y por tanto contribuir a aumentar la actividad antioxidante normal de los tejidos.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la hipótesis y objetivos planteados en este trabajo se establece lo siguiente:

- La inmersión en un sal cálcica y agentes antipardeantes aumentan la tasa respiratoria de cascos de pera envasadas en AM.
- El envasado en AM combinado con una sal cálcica y agentes antipardeantes son efectivos en controlar el pardeamiento enzimático de cascos de pera envasados en AM durante 6 días. Se podrían evaluar otras películas plásticas, sales cálcicas, agentes antipardeantes y sus combinaciones para lograr más días de conservación.
- La aplicación de PCa mejora y aumenta la retención de la firmeza de cascos de pera envasados en AM. Sin embargo, otras sales cálcicas podrían ser evaluadas.
- La aplicación de PCa y agentes antipardeantes disminuye y retrasa el crecimiento microbiano de cascos de pera envasadas en AM.
- El envasado en AM combinado con una sal cálcica y agentes antipardeantes mantienen el contenido de compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante total de cascos de pera durante el almacenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amiot, M.J.; Tacchini, M.; S. Aubert and J. Nicolas. 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *Journal of Food Science* 57: 958-962.
- Abreu, M.; Beirão-da-Costa, S.; Gonçalves, E.M.; M.L. Beirão-da-Costa and M. Moldão-Martins. 2003. Use of mild heat pretreatments for quality retention of fresh-cut "Rocha" pear. *Postharvest Biology and Technology* 30: 153-160.
- Aguayo, E., V.H. Escalona and F. Artés. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut "Amarillo" melon. *Postharvest Biology and Technology* 47: 397-406.
- Aguayo, E.; Requejo-Jackman, C.; R. Stanley and A. Woolf. 2010. Effect of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology* 57: 52-60.
- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 7: 179-187.
- Allende, A., McEvoy, J., J. Tao and Y. Luo. 2009. Antimicrobial effect of acidified, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. *Food Control* 20: 230-234.
- Araya, E. 1997. Guía de laboratorio curso: Evaluación sensorial de los alimentos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Agroindustria y Enología. 81 p.
- Bai, J.; Wu, P.; Manthey, J.; K. Goodner and E. Baldwin. 2009. Effect of harvest maturity

on quality fresh-cut pear salad. *Postharvest Biology and Technology* 51: 250-256.

Barrancos, S.; Abreu, M.; Gonçalves, E.M.; Beirão-da-Costa, S; M.L. Beirão-da-Costa and M. Moldão-Martins. 2003. The effect of heat pre-treatment on quality shelf-life apples. *Acta Horticulturae* 599: 595-601.

Barry-Ryan, C. and D. O'Beirne. 1998. Quality and shelf-life of fresh-cut carrot slice as affected by slicing method. *Journal of Food Science* 63: 851-856.

Beirão-da-Costa, S.; Steiner, A.; Correira, L.; J. Empis and M. Moldão-Martins. 2006. Effects of maturity stage and mild heat treatments on quality of minimally processed kiwifruit. *Journal of Food Engineering* 76: 616-625.

Beltrán, D., Selma, M.V., J.A. Tudela and M.I. Gil. 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stores under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology* 37: 37-46.

Benedetti, B.C.; Gómez, P.; Martins, M.; A. Conesa and F. Artés. 2007. Effect of pre-processing controlled atmosphere storage on quality of fresh-cut Galia melons. *Food Science and Technology International* 14:13-19

Benzie, F.F.; and J.J. Strain. 1999. Ferric reducing/ antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology* 299: 15-23.

Block, G., B. Patterson and A. Subar. 1992. Fruits and vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer* 18: 1-29.

Bottino, A.; Degl' Innocenti, E.; Guidi, L.; G. Graziani and V. Flogiano. 2009. Bioactive compounds during storage of fresh-cut spinach: the role of endogenous ascorbic acid in the improvement for product quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57:

2925-2931.

Brecht, J. 1995. Physiology of lightly processed fruit vegetables. *HortScience* 30: 18-21.

Buta, J.G.; and J.A. Abbott. 2000. Browning inhibition of fresh-cut 'Anjou', 'Bartlett' and 'Bosc' pears. *HortScience* 35: 1111-1113

Campos-Vargas, R.; Defilippi, B.; Romero, P.; Valdés, H.; P. Robledo and H. Prieto. 2008. Effect of harvest time and L-cysteine as an antioxidant on flesh browning of fresh-cut cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Chilean Journal of Agricultural Research* 68: 217-227.

Castaner, M.; Gil, M.I.; F. Artés and F.A. Tomas-Barberán. 1996. Inhibition of browning of harvested head lettuce. *Journal of Food Science* 61: 314-316.

Changwen, L.; V. Cureatz and P. Toivonen. 2009. Improved quality retention of packaged "Anjou" pear slices using a 1-methylcyclopropene (1-MCP) co-release technology. *Postharvest Biology and Technology* 51: 378-383.

Cheftel, J.; y H. Cheftel. 1980. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Zaragoza, Acribia. 333p.

Cocci, E.; Rocculi, P.; S. Romani and M. Dalla Rosa. 2006. Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology* 39: 265-271.

Corlett, D.A.; and M.H. Brown. 1980. Effect of pH on growth of microorganisms. In: *Microbial Ecology of Foods* (Silliker J.K. Ed) Academic Press. London.

Dea, S.; Bretch, J.K.; M.C. Nunes and E. Baldwin. 2010. Quality of fresh-cut "Kent" mango slices prepared from hot water or non-hot water-treated fruit. *Postharvest Biology and Technology* 56: 171-180.

Defilippi, B. y R. Campos. 2006. Poscosecha de fruta mínimamente procesada. Tierra Adentro. Nov-Dic. Pág 20-21.

Del Caro, A.; Piga, A.; V. Vacca and M. Agabbio. 2004. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. Food Chemistry 84: 99-105.

Devlieghere, F., Ragaert, P., J. Debevere and W. Verbeke. 2004. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. Food Quality and Preference 15: 259-270.

Ding, C.K.; Chachin, K.; Y. Ueda and C. Wang. 2002. Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydryl compounds. Food Chemistry 76: 213-218.

Dong, X. R.E. Wrolstad and D. Sugar. 2000. Extending shelf life of fresh-cut pears. Journal of Food Science 65: 181-186.

Eissa, H.; Fadel, H.; Ibrahim, G.E.; I.M. Hassan and A.A. Elrashid. 2006. Thiol containing compounds as a controlling agents of enzymatic browning in some apple products. Food Research International 39: 855-863.

Escalona, V.H. 2003. Innovaciones tecnológicas en la conservación y procesado en hinojo fresco y colirrábano mediante refrigeración y modificación de la atmósfera. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería de Alimentos y Equipamiento Agrícola. Cartagena, España. 280 p.

Escalona, V.H.; E. Aguayo y F. Artés. 2006a. Reducción del pardeamiento enzimático en hinojos enteros y mínimamente procesados. Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos 375: 89-100.

Escalona, V.H.; E. Aguayo and F. Artés. 2006b. Metabolic activity and quality changes of whole and fresh-cut kohlrabi (*Brassica oleracea* L. gongylodes group) stored under

controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 41: 181-190.

Escalona, V.H.; E. Aguayo and F. Artés. 2007. Modified atmosphere packaging improved quality of kohlrabi stems. *Swiss Society of Food Science and Technology* 40: 397-403.

Fallik, E., Klein, J., Grinberg, S.; Lomaniec, S.; S. Lurie and A. Lalazar. 1993. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 77: 985-988.

Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biology and Technology* 32: 125-134.

Fan, X.; Annous, B.; J. Beaulieu and J. Sites. 2008. Effect of hot water surface pasteurization of whole fruit on shelf life and quality of fresh-cut cantaloupe. *Journal of Food Science* 73: 91-98.

Galvis-Sánchez, A.C.; A. Gil-Izquierdo and M.I. Gil. 2003. Comparative study of six pear cultivars in terms of their phenolic and vitamin C contents and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 995-1003.

García, E. and D. Barrett. 2002. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. 32 p. *In*: Lamikanra, O. *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market*. CRC Press. Florida, United States of America.

Gil, G., y J.P. Zoffoli. 1989. Madurez de consumo de peras. *Revista Frutícola* 10:14-16.

Gil, M.I., Ferreres, F., and F.A. Tomás-Barberán. 1998a. Effect of modified atmosphere packaging on the flavonoids and vitamin C content of minimally processed Swiss Chard (*Beta vulgaris* subsp. *cycla*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 2007-2012.

Gil, M.I.; Castañer, M.; Ferreres, F.; F. Artés and F.A. Tomás-Barberán. 1998b. Modified

atmosphere packaging of minimally processed "Lollo Rosso" (*Lactuca sativa* L.): phenolic metabolites and quality changes. *Lebensmittel-Wissenschaft und.- Technologie* 206: 350-354.

Gil, M.I.; A. Allende and A. Martínez-Sánchez. 2007. Factores que afectan al contenido de compuestos bioactivos en alimentos de IV gama. Pp: 716-725. *En: V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones* . Murcia, España, 2007.

Glade, M.J. 1999. Food, nutrition, and the prevention of cancer: a global perspective. *Nutrition* 15: 523-529.

González-Aguilar, G.A.; Ruiz-Cruz, S.; Cruz-Valenzuela, R.; A. Rodríguez-Félix and C.Y. Wang. 2004. Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents. *Swiss Society of Food Science and Technology* 37: 369-376.

Gorny, J.R., M.I. Gil and A.A. Kader. 1998. Postharvest physiology and quality maintenance vegetables. *Acta Horticulturae* 464: 231-236.

Gorny, J.R. Cifuentes, R.A. B. Hess-Pierce and 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: 541-544.

Gorny, J.R., B. Hess-Pierce and R. Cifuentes. 2002. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology* 24: 271-278.

Goupy, P.; Amiot, M. J.; Richard-Forget, F.; Duprat, F.; S. Aubert and J. Nicolas. 1995. Enzymatic browning of model solutions and apple phenolic substrates by apple polyphenoloxidase. *Journal of Food Science* 60: 497- 510.

Gunes, G. and C.Y.Lee. 1997. Color of minimally processed potatoes affected by

modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *Journal of Food Science* 62: 572-575.

Havsteen, B.H. 2002. The biochemistry and medicinal significance of the flavonoids. *Pharmacology and Therapeutics* 96: 67-202

He, Q. and Luo, Y. 2007. Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review* 6:1-7.

Hiwasa, K., Kinugasa, Y., Amano, S., Hashimoto, A., Nakano, R., A. Inaba, and Y. Kubo. 2003. Ethylene is required for both the initiation and progression of softening in pear (*Pyrus communis* L.) fruit. *Journal of Experimental Botany* 54:771-779.

Jiang, Y. and J. Fu. 1998. Inhibition of polyphenol oxidase and the browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid. *Food Chemistry* 62: 49-52.

Jiang, Y.; L. Pen and J. Li. 2004. Use of citric acid for shelf-life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut. *Journal of Food Engineering* 63: 325-328.

Kader, A.A. 2002. *Tecnología de postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. Universidad de Davis, California. Estados Unidos. 570 p.

Kader, A.A., and M.E. Saltveit. 2003. Respiration and gas exchange. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. J. A. Bartz, J. K. Bretsch (eds). University of Florida, Gainesville, Florida. pp: 7-29.

Kim, D.M.; N.L. Smith and C.Y. Lee. 1993. Apple cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing. *Journal of Food Processing and Preservation* 58: 1111-1114

Koukounaras, A.; A.S. Siomos and E. Sfakiotakis. 2007. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and

storage temperature. *Postharvest Biology and Technology* 46: 167-173.

Laminkanra, O.; Bett-Garber, K.L.; D.A.Ingram and M. Watson. 2005. Use of mild heat pre-treatment for quality retention of fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science* 70: 53-57.

Lamikanra, O.; and M. Watson. 2007. Mild heat and calcium treatment effects on fresh-cut cantaloupe melon during storage. *Food Chemistry* 102: 1383-1388.

Laurila, E.; R. Kervinen and R. Ahvenainen. 1998. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest News Information* 9: 53-66.

Lee, S.K.; and A.A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.

Liu, S.; Manson, J.E.; Lee, I.M.; Cole, S.R.; Hennekens, C.H.; W.C. Willet and J.E. Buring. 2000. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: Women's health study. *American Journal of Clinical Nutrition* 72: 922-928.

Liu, X., Ardo, S., Bunning, M., Parry, J., Zhou, K., Stushnoff, C., Stoniker, F., L. Yu and P. Kendall. 2007. Total phenolic content and DPPH• radical scavenging activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in Colorado. *Swiss Society of Food Science Technology* 40: 552-557.

Loaiza-Velarde, J.G.; Mangrich, M.E.; R. Campos-Vargas and M.E. Saltveit. 2003. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles. *Postharvest Biology and Technology* 27: 305-311.

Lopez, M y J. Moreno. 1994. IV Gama en España. *Hortofruticultura* 3:33-35.

Luna-Guzmán, I.; M. Cantwell and D. Barrett. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology*

and Technology 17: 201-213.

Luna-Guzmán, I. and D.M. Barret. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology* 19: 61-72.

Mahajan, P.V.; Oliveira, F. A. R.; J.C. Montanez and J. Frias. 2007. Development of user-friendly software for design of modified atmosphere packaging for fresh and fresh-cut produce. *Innovate Science and Emerging Technologies* 8: 84-92.

Martín-Diana, A.B., Rico, D., Frías, J.M., Henehan, G.T.M., C. Barry-Ryan and J.M. Barat. 2007. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology* 18: 210-218.

Martínez-Sánchez, A.; Allende, A.; Y. Cortés-Galera and M.I. Gil. 2008. Respiration rate response of four baby leaf Brassica species to cutting at harvest and fresh-cut washing. *Postharvest Biology and Technology* 47: 382-388.

Mastrocola, D.; and C.R. Lericci. 1991. Colorimetric measurements of enzymatic and non-enzymatic browning in apple purees. *International Journal of Food Science* 3: 219-229.

Mercado-Silva, E.; L.Amador-Vargas y E.N. Aquino-Bolaños. 2006. Efecto de la relación área/volumen y tratamientos térmicos ligeros en la calidad de jícama mínimamente procesada. En: I Simposio Ibero-Americano de Vegetais Frescos Cortados. San Pedro, SP Brazil. Abril, 2006. p 75-81.

Ministerio de Salud Pública de Chile. 1997. Reglamento sanitario de los alimentos. Diario oficial 13 de mayo 1997. Decreto Supremo 977. Actualizado en junio de 2010. Departamento de Asesoría Jurídica. Santiago. 150 p.

Moggia, C., M. Pereira and J. Yuri. 2005. Evolución de madurez en pre y postcosecha y

potencialidad de almacenaje de peras Packham's Triumph. Agricultura Técnica. sep. 65: 246-257.

Monsalve-González, A.; Barbosa-Cánovas, G.V.; Cavalieri, R. P.; A.J. McEvily and R. lyengar. 1993. Control of browning during storage of Apple slices preserved by combined methods, 4-hexylresorcinol as antibrowning agent. Journal of Food Science 58: 797-800.

Murata, M.; Tanaka, E.; E. Minoura and S. Homma. 2004. Quality of cut lettuce treated by heat shock: prevention of enzymatic browning, repression of phenylalanine ammonia-lyase activity, and improvement on sensory evaluation during storage. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry 68: 501-507.

O'Beirne, 1995. Influence of raw material and processing on quality of minimally processed vegetables. Progress Highlight C/95 "Improvement of the safety and quality refrigerated ready-to-eat using novel mild preservations techniques" AIR1-CT 92-0125 project group.

ODEPA-CIREN, 2007. Catastro frutícola nacional Región Metropolitana. Principales resultados. Disponible en: http://www.ciren.cl/_datos/archivo/pdf/cfruticola/cfpr13_2004.pdf. Leído el 07 de marzo de 2011.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Ministerio de Agricultura, Chile.2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Disponible en <http://www.censoagropecuario.cl/noticias/08/6/10062008.html>

Olivares, S. 2008. Consumo de frutas y verduras en Chile: motivaciones y barreras para alcanzar la meta de 5 porciones al día: pp. 63-84. *En*: Olivares, S., Leporati, M., P. Villalobos y L. Barría. 1ª ed. Contribución de la política agraria al consumo de frutas y verduras en Chile: un compromiso con la nutrición y la salud de la población. Santiago, Chile. 164p.

Oms-Oliu, G., R.; Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2007a. Respiratory rate and quality changes in fresh-cut pears as affected by superatmospheric oxygen. *Journal of Food Science* 72: 456-463.

Oms-Oliu, G.; R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2007b. Effect of ripeness on the shelf-life of fresh-cut melon preserved by modified atmosphere packaging. *European Food Research and Technology* 225: 301-311.

Oms-Oliu, G. 2008. Alternativas de envasado de pera y melón frescos cortados en atmósfera modificada. Tesis Doctorado. Universitat de Lleida, Escola Tècnica Superior d' Enginyeria Agrària. Catalunya, España. 354p.

Oms-Oliu, G.; R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008a. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* 50: 87-94.

Oms-Oliu, G.; Aguiló-Aguayo, I. R.; Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008b. Effect of ripeness at processing on fresh-cut "Flor de invierno" pears packaged under modified atmospheres conditions. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 900-909.

Oms-Oliu, G.; R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008c. Physiological and microbiological changes in fresh-cut pears high oxygen active packages compared with low oxygen active and passive modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 48: 295-301.

Oms-Oliu, G.; Odriozola-Serrano, I.; R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2008d. Antioxidant content of fresh-cut pears stored in high O₂ active packages with conventional low O₂ active and passive modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 932-940.

Palomo, I.; Gutierrez, M.; Astudillo, L.; Rivera, C.; Torres, C.; Guzmán, L.; Moore-

Carrasco, R.; G. Carrasco y M. Alarcón. 2009. Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile. *Revista Chilena de Nutrición* 36: 152-158.

Parr, A.J., and G.P. Bolwell. 2000. Phenols in the plant and in man. The potencial for posible nutritional enhancement of the diet by modifying in phenols content or profile. *Journal of Science of Food and Agriculture* 80: 985-1012.

Pérez, L. 2003. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo de pardeamiento enzimático en pera (variedad *Blanquilla*) mínimamente procesada. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Valencia, España. 256 p.

Piga, A.; Del Caro, A.; I. Pinna and M. Agabio. 2003. Changes in ascorbic acid, polyphenol content and antioxidante activity in minimally processed cactus pear fruits. *Lebensmittel-Wissenschaft und.- Technologie* 36: 257-262.

Prior, R.L., and G. Cao. 2000. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. *HortScience* 35: 588-592.

Razeto, B. 2006. Para entender la fruticultura. Cuarta edición. Santiago, Chile. 518p.

Richard-Forget, F.C.; P.M. Goupy and J.J. Nicolas. 1992. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. Kinetics studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 2108-2113.

Rico, D.; Martín-Diana, A.B.; J.M. Barat and C. Barry-Ryan. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology* 18: 373-386.

Rivera, J.; Vázquez, F.A.; J. Ayala-Zabala and G.A. González. 2005. Efecto del corte y la temperatura de almacenamiento en la calidad de papaya fresca cortada (*Carica*

papaya L. c.v. "Maradol"). *Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha* 6: 83-94.

Reid, M.S. and M. Serek. 1999. *Guide to food transport controlled atmosphere*. 154p.

Rojas, A.; P. Villalobos y M. Leporati. 2008. Desafíos de la política alimentaria en la promoción del consumo de frutas y verduras: un compromiso con la nutrición y la salud de la población. pp. 15-24. *En: Olivares, S., Leporati, M., P. Villalobos y L. Barría*. 1ª ed. 2008. *Contribución de la política agraria al consumo de frutas y verduras en Chile: un compromiso con la nutrición y la salud de la población*. Chile. 164p.

Rosen, J.C.; and A.A. Kader. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *Journal of Food Science* 54: 656-659.

Saavedra, J.; Fumi, F.; Sichmann, L.; Marcos, E.; P.Jacomino and R. Kugle. 2006. Fresh-cut radish using different cut types and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology* 40: 149-154.

Saftner, R.A.; Bai, J.; J.A. Abbott and Y.S. Lee. 2003. Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride or calcium amino acid chelates maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks. *Postharvest Biology and Technology* 29: 257-269.

Salta, J.; Martins, A.; Santos, R.; Neng, N.; Nogueira, J.; J. Justino and A. Rauter. 2010. Phenolic composition and antioxidant activity of Rocha pear and other pear cultivars- A comparative study. *Journal of Functional Foods* 2: 153-157.

Sapers, G. and R. Miller. 1998. Browning inhibition in fresh-cut pears. *Journal of Food Science* 63: 342-346.

Schlime, D.V. 1995. Marketing lightly processed fruit and vegetables. *HortScience* 30: 15-17.

Silveria, A. C. 2009. Técnicas ecoinnovadoras para elaborar melón Galia mínimamente procesado en fresco. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería en Alimentos y del Equipamiento Agrícola. Cartagena, España. 380p.

Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-157.

Siriphanich, J. and A.A. Kader. 1985. Effects of CO₂ on total phenolics, phenylalanine ammonia lyase, and polyphenol oxidase in lettuce tissue. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 110: 249-253.

Sivakumar, D.; E. Arrebola and L. Kortsen. 2008. Postharvest decay control and quality retention in litchi (cv. McLean's Red) by combined application of modified atmosphere packaging and antimicrobials agents. *Crop Protection* 27: 1208-1214.

Sodchit, C.; T. Kongbangkerd and W. Phun. 2008. Prevention of enzymatic browning of postharvest longan fruit by N-acetyl-L-cysteine and 4-hexylresorcinol. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 30: 31-35.

Soliva-Fortuny, R.; Grigelmo-Miguel, N.; Odiozola-Serrano, I.; S. Gorinstein and O. Martín-Belloso. 2001. Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 3685-3690.

Soliva-Fortuny, R.; Elez-Marínez, P.; M. Sebastián-Calderó and O. Martín-Belloso. 2002. Kinetic of polyphenol oxidase activity inhibition and browning of avocado purée preserved by combined methods. *Journal of Food Engineering* 55: 131-137.

Soliva-Fortuny, R.; Ricart-Coll, M.; P. Elez-Martínez and O. Martín-Belloso. 2007.

Internal atmosphere, quality attributes and sensory evaluation of MAP packaged fresh-cut Conference pears. *International of Food Science and Technology* 42: 208-213.

Son, S.M.; K.D. Moon and C.Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry* 73: 23-30.

Tanriöven, D., and A. Ekşi. 2005. Phenolic compounds in pear juice from different cultivars. *Food Chemistry* 93: 89-93.

Toivonen, P.M.A. and D.A, Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.

Trujillo, F.; López, S.; Tavera, V.; M.S. Tapia and R. Cava. 2001. Estudio de la estabilidad microbiológica de melón mínimamente procesado por impregnación a vacío. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51: 173-179.

Varoquaux, P. and R. Wiley. 1997. Cambios biológicos y bioquímicos en frutas y hortalizas refrigeradas mínimamente procesadas. pp 220-260 En: Wiley, R. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Acribia. Zaragoza, España. 360 p.

Venegas, N.; Marambio, E.; Insunza, M.; A. Soto y A. Arrieta. 1990. Control microbiológico de los alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas* 32: 52-59.

Villegas-Ochoa, M.; Ayala, J.; Cruz, R.; J. Hernández y G. González-Aguilar. 2005. Efecto antioxidante de extractos naturales en manzana "Red Delicious". Pp. 25-32. En: *Simposium "Nuevas tecnologías de conservación envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados"*. La Habana, Cuba. Marzo 2005.

Vio, F. 2008. Corporación 5 al día y el consumo de frutas y verduras en Chile. pp. 11-14. En: Olivares, S., Leporati, M., P. Villalobos y L. Barría. 1ª ed. *Contribución de la*

política agraria al consumo de frutas y verduras en Chile: un compromiso con la nutrición y la salud de la población. Santiago, Chile. 164p.

Watada, A.E.; N.P. Ko and D.A. Minott. 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. 1997. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Acribia. Zaragoza, España. 360 p.

Wright, K. and A. Kader. 1997. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 10:39-48.

Xiao, C.; Zhu, L.; Luo, W.; X. Song and Y. Deng. 2010. Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. *Food Chemistry* 121: 1003-1009.

Zhang, Z.; K. Nakano and S. Maezawa. 2009. Comparison of the antioxidant enzymes of broccoli after cold treatment at different storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology* 54: 101-105.

ANEXO 1

Cuadro 1. Criterios microbiológicos establecidos por el Ministerio de Salud Pública de Chile para Frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo.

Parámetro	Plan de muestreo				Límite por gramo	
	Categoría	Clases	n	c	m	M
RAM	6	3	5	1	5×10^4 (4,69 log)	5×10^5 (5,69 log)
Enterobacteriaceas	6	3	5	1	5×10^3 (3,69 log)	5×10^4 (4,69 log)
E.coli	6	3	5	1	10	10^2
S.aureus	6	3	5	1	10	10^2
Salmonella en 25 g	10	2	5	0	0	---

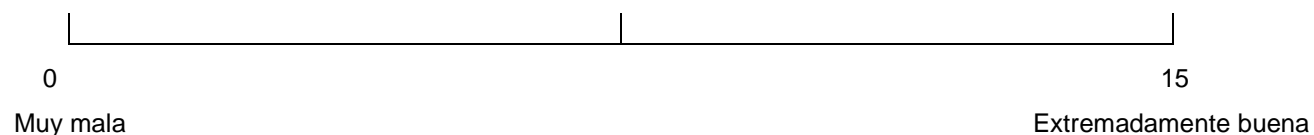
n: número de muestras a ser examinadas; m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud; c: número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” para que el alimento sea aceptable; M: valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud. **Grados de calidad:** “aceptable”: valores entre 0 y m; “medianamente aceptable”: valores entre m y M; “rechazable”: valores superiores a M. (Reglamento Sanitario de los Alimentos, Ministerio de Salud Pública, Chile, 1997).

ANEXO 2

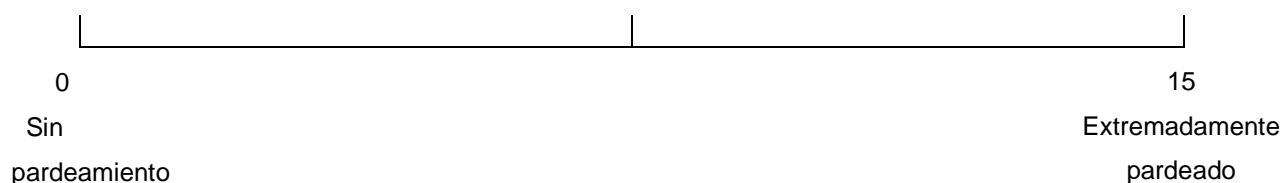
Evaluación de calidad panel entrenado

Aspecto visual

Apariencia

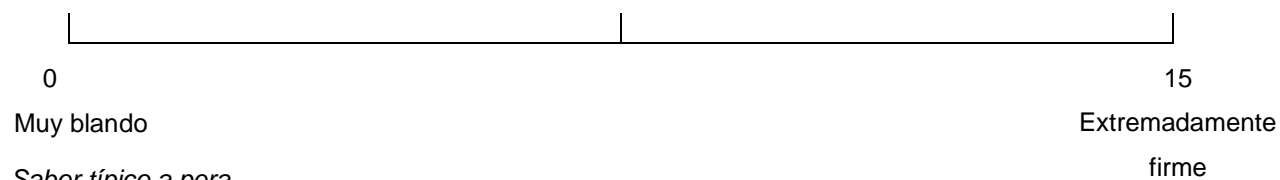


Pardeamiento

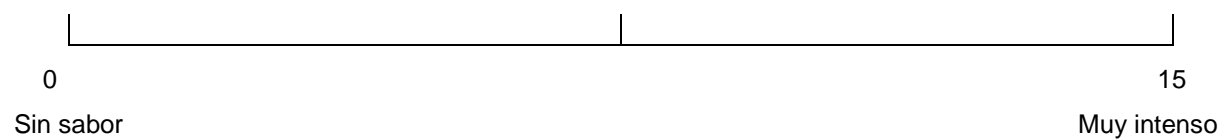


Aspecto gustativo

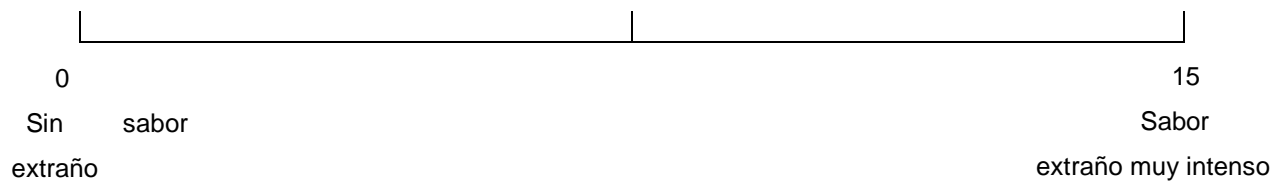
Firmeza



Sabor típico a pera



Sabor extraño



Comentarios: _____

ANEXO 3

Interpretación de los datos obtenidos con la pauta no estructurada (0-15 cm)

Calidad Sensorial: Apariencia y firmeza

0 – 1,75	Muy Mala
1,76 – 3,50	Mala
3,51 – 5 24	Deficiente
5,25 – 6,99	Menos que regular
7,00 – 7,99	Regular
8,00 – 9,75	Más que regular
9,76 – 11,50	Buena
11,51 – 13 25	Muy Buena
13,26 – 15,00	Excelente

Fuente: Guía de Laboratorio Curso: Evaluación Sensorial de los Alimentos

Características visuales: Pardeamiento

0 – 0,94	Excelente
0,95 – 1,88	Muy bueno
1,89 – 3,75	Bueno
3,76 – 7,50	Suficiente
7,51 – 11,25	Insuficiente
11,26 – 13,13	Malo
13,14 – 15	Muy malo

Fuente: Adaptado de Guía de Laboratorio Curso: Evaluación Sensorial de los Alimentos.

APENDICE.

Figura 1. Escala de pardeamiento


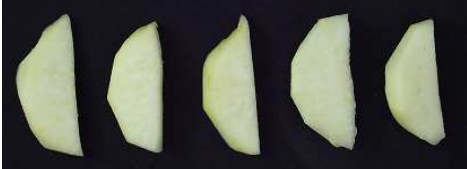
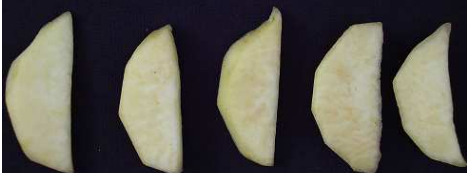




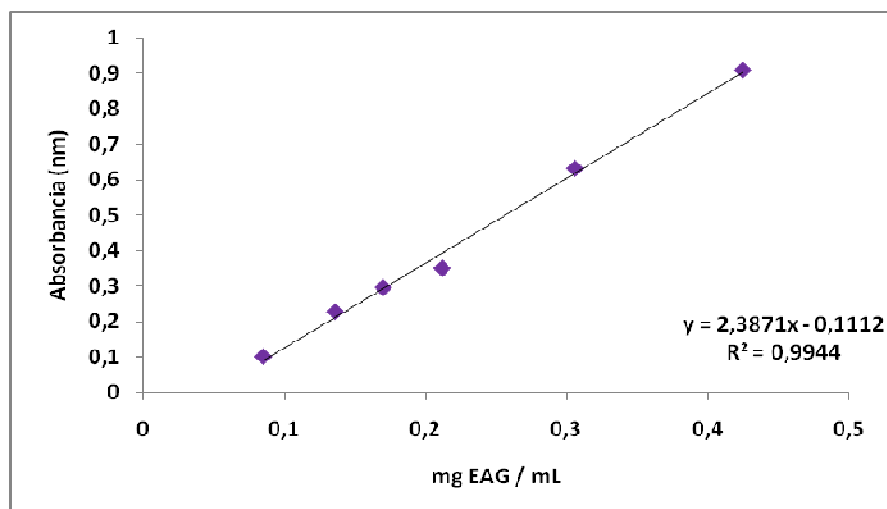
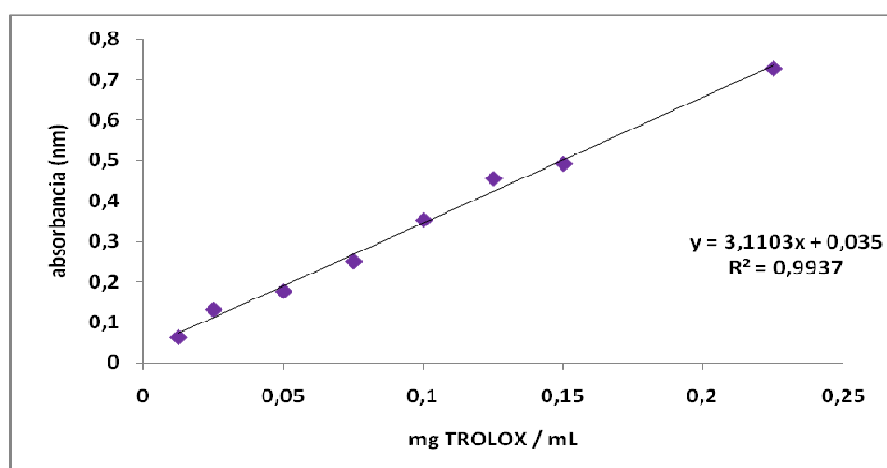
Puntaje		Parámetros de color
15 = Ausencia de pardeamiento		L = 78,0 a* = -7,8 C* = 19,9 Hab = 113,2
12		L = 75,8 a* = -1,9 C* = 21,5 Hab = 95,3
9		L = 73,6 a* = -0,5 C* = 23,6 Hab = 91,2
7 = Límite de pardeamiento		L = 72,4 a* = 0,0 C* = 24,7 Hab = 89,9
5		L = 71,0 a* = 0,7 C* = 23,2 Hab = 88,6
3		L = 69,8 a* = 1,7 C* = 23,7 Hab = 86,1
1 = Extremadamente pardeado		L = 68,6 a* = 1,9 C* = 24,2 Hab = 85,7

Figura 2. Curva calibración compuestos fenólicos totales (mg EAG/ g p.f)**Figura 3.** Curva calibración actividad antioxidante total (mg TROLOX/ g p.f)

Cuadro 2.1. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)					
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 4	Día 7
Tipo Corte (TC)					
Cubos	13,3	3,5	5,5	5,7	8,0
Cascos	8,7	2,7	4,7	4,8	7,3
Mitades	8,4	2,9	4,9	5,4	8,0
Temperatura (T)					
8 °C	8,4	2,8	6,1	6,3	9,3 a
5 °C	12,0	3,2	4,0	4,3	6,2 b
Interacción (TC*T)					
Cubos 8 °C	13,7 a	4,3 c	6,5 a	6,9 a	9,3
Cubos 5 °C	12,9 a	2,6 ab	4,5 b	4,5 bc	6,7
Cascos 8 °C	12,4 a	2,3 a	5,4 c	5,5 b	8,6
Cascos 5 °C	5,1 b	3,1 b	3,9 bd	4,2 c	6,0
Mitades 8 °C	9,8 c	4,3 c	6,3 a	6,6 a	10,1
Mitades 5 °C	7,1 d	2,7 ab	3,5 d	4,1 c	6,0
Nivel de significancia					
TC	***	*	***	***	NS
T	***	**	*	**	***
TC*T	***	***	***	**	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

Cuadro 2.2. Efecto del tiempo sobre los parámetros de color de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

Parámetros de color	Días	Tratamientos					
		Cubos 8°C	Cubos 5°C	Cascos 8°C	Cascos 5°C	Mitades 8 °C	Mitades 5°C
L	1	75,3 AB	75,4A	73,4 A	72,3 A	76,6 A	75,2 A
	2	74,7 A	75,4 A	73,5 A	74,0 A	76,5 A	76,4 A
	3	76,9 B	76,9 A	73,3 A	75,8 B	76,7 A	75,4 A
	4	77,0 B	76,7 A	73,6 A	75,9 B	77,3 A	75,2 A
	5	76,2 AB	76,5 A	73,7 A	76,3 B	75,7 A	76,0 A
	6	76,8 B	76,2 A	73,0 A	76,9 B	75,9 A	77,0 A
	7	76,2 AB	75,9 A	73,6 A	77,1 B	75,1 A	72,2 A
a*	1	-1,9 A	-1,7 A	-1,4 A	-1,2 A	-1,9 A	-1,5 AB
	2	-1,5 AB	-1,5 A	-1,4 A	-1,3 A	-1,6 A	-2,4 A
	3	-1,4 AB	-1,9 A	-1,3 A	-2,1 A	-1,6 A	-1,6 AB
	4	-0,8 BC	-1,2 A	-0,8 A	-1,3 A	-1,2 A	-1,1 B
	5	-1,0 BC	-1,4 A	-0,4 A	-1,7 A	-1,2 A	-1,1 B
	6	-1,1 ABC	-1,5 A	-0,5 A	-1,7 A	-1,3 A	-2,1 AB
	7	-0,6 C	-0,5 A	-1,0 A	0,0 B	-1,3 A	-1,0 B
C*	1	18,7 A	17,4 A	19,1 A	18,2 A	16,3 A	16,0 A
	2	17,7 AB	17,9 A	20,0 A	19,2 A	17,5 A	15,7 A
	3	17,4 B	16,7 A	19,2 A	17,2 A	17,8 A	16,6 A
	4	17,9 AB	17,5 A	20,2 A	19,0 A	17,8 A	17,4 A
	5	18,8 A	17,4 A	20,3 A	17,3 A	16,1 A	17,4 A
	6	18,9 A	17,9 A	20,4 A	17,5 A	18,4 A	16,9 A
	7	18,8 A	17,6 A	20,3 A	17,6 A	18,5 A	18,3 A
H_{ab}	1	96,0 A	92,2 A	94,4 A	94,0 AB	97,0 A	96,4 ABC
	2	95,3 AB	95,3 AB	94,0 A	94,4 AB	95,7 A	99,2 C
	3	95,0 AB	97,0 B	94,2 A	97,1B	96,4 A	96,4 ABC
	4	92,9 BC	94,8 AB	92,4 A	94,3 AB	94,1 A	94,0 AB
	5	93,7 ABC	94,7 AB	91,5 A	96,2 AB	93,3 A	94,2 AB
	6	93,7 ABC	95,0 AB	91,7 A	96,0 AB	94,4 A	97,6 BC
	7	92,0 C	92,2 A	92,8 A	92,8 A	93,9 A	92,6 A

^z Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Cuadro 2.3. Valores de parámetro L de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

Luminosidad (L)							
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Tipo Corte (TC)							
Cubos	75,4 a	75,1 ab	76,9	76,9	76,4	76,5	76,0
Cascos	72,8 b	73,7 a	74,4	74,8	74,8	74,9	75,4
Mitades	75,9 a	76,5 b	76,2	76,3	76,0	76,5	73,5
Temperatura (T)							
8 °C	75,1	74,9	75,6	76,0	75,2	75,3	75,0
5 °C	74,3	75,3	76,0	76,0	76,2	76,7	75,0
Interacción (TC*T)							
Cubos 8 °C	75,3	75,3	76,9	77,0	76,2	76,8 a	76,2 a
Cubos 5 °C	75,4	75,4	76,9	76,7	76,5	76,2 a	75,9 ab
Cascos 8 °C	73,4	73,4	73,2	73,6	73,7	73,0 b	73,6 b
Cascos 5 °C	72,3	72,3	75,5	76,1	75,9	76,8 a	77,1 a
Mitades 8 °C	76,6	76,6	76,7	77,3	75,7	75,9 a	75,1 a b
Mitades 5 °C	75,2	75,2	75,7	75,3	76,3	77,0 a	72,2 b
Nivel de significancia							
TC	***	**	NS	NS	NS	*	NS
T	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
TC*T	NS	NS	NS	NS	NS	**	*

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ****. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 2.4. Valores de parámetro a^* de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

	a^*						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Tipo Corte (TC)							
Cubos	-1,8	-1,5	-1,7	-1,0	-1,2	-1,3	-0,6
Cascos	-1,3	-1,3	-1,7	-1,0	-1,0	-1,0	-0,7
Mitades	-1,7	-2,0	-1,7	-1,2	-1,2	-1,7	-1,1
Temperatura (T)							
8 °C	-1,7	-1,5	-1,5	-0,9 a	-0,9	-1,0	-0,6 a
5 °C	-1,5	-1,7	-1,9	-1,2 b	-1,4	-1,7	-1,0 b
Interacción (TC*T)							
Cubos 8 °C	-1,9	-1,5	-1,4	-0,8	-1,0 ab	-1,1 ab	-0,5
Cubos 5 °C	-1,7	-1,5	-1,9	-1,2	-1,4 a	-1,5 ab	-0,7
Cascos 8 °C	-1,4	-1,4	-1,3	-0,8	-0,4 b	-0,5 a	-0,1
Cascos 5 °C	-1,2	-1,3	-2,0	-1,3	-1,7 a	-1,6 ab	-1,2
Mitades 8 °C	-1,9	-1,6	-1,6	-1,2	-1,2 ab	-1,3 ab	-1,1
Mitades 5 °C	-1,5	-2,4	-1,8	-1,9	-1,3 a	-2,1 b	-1,2
Nivel de significancia							
TC	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
T	NS	NS	NS	*	**	*	*
TC*T	NS	NS	NS	NS	*	**	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***: No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 2.5. Valores de parámetro C* de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

C*							
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Tipo Corte (TC)							
Cubos	18,0 a	17,8 ab	17,0	17,7	18,1	18,4	18,2
Cascos	18,6 a	19,6 a	18,1	19,4	18,9	18,9	19,0
Mitades	16,2 b	16,6 b	17,3	17,9	16,7	17,7	18,4
Temperatura (T)							
8 °C	18,0	18,4	18,1 a	18,6	18,4	19,2 a	19,2 a
5 °C	17,2	17,6	16,1 b	18,0	17,4	17,4 b	17,8 b
Interacción (TC*T)							
Cubos 8 °C	18,7	17,7	17,4	17,9	18,8 ab	18,9	18,8
Cubos 5 °C	17,4	17,9	16,7	17,5	17,4 a	17,9	17,6
Cascos 8 °C	19,1	20,0	19,2	20,2	20,3 b	20,4	20,3
Cascos 5 °C	18,2	19,2	17,0	18,6	17,5 a	17,4	17,6
Mitades 8 °C	16,3	17,5	17,8	17,8	16,1 a	18,4	18,3
Mitades 5 °C	16,0	15,7	16,8	18,0	17,3 a	17,1	18,5
Nivel de significancia							
TC	*	*	NS	NS	**	NS	NS
T	NS	NS	*	NS	NS	***	*
TC*T	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***: No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 2.6. Valores de parámetro H_{ab} de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

	H_{ab}						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Tipo Corte (TC)							
Cubos	96,1	95,3 ab	96,0	93,9	94,2	94,3	92,2
Cascos	94,2	94,2 a	95,6	93,5	93,7	93,7	92,4
Mitades	96,7	97,5 b	96,5	94,0	94,0	95,9	93,6
Temperatura (T)							
8 °C	95,8	95,0	95,2	93,2 a	92,8 a	93,3 a	91,7 a
5 °C	95,5	96,3	96,9	94,4 b	95,2 b	96,0 b	93,8 b
Interacción (TC*T)							
Cubos 8 °C	96,0	95,3	95,0	93,0	93,7	93,7	91,8
Cubos 5 °C	96,2	95,3	97,0	94,8	94,7	95,0	92,7
Cascos 8 °C	94,4	94,0	94,2	92,4	91,5	91,7	90,5
Cascos 5 °C	94,0	94,4	96,9	94,5	96,0	95,8	94,3
Mitades 8 °C	97,0	95,7	96,4	94,1	93,3	94,4	92,6
Mitades 5 °C	96,4	99,2	96,7	94,0	94,8	97,3	94,3
Nivel de significancia							
TC	NS	**	NS	NS	NS	**	NS
T	NS	NS	NS	*	***	***	*
TC*T	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 2.7. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los parámetros químicos de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

Parámetros químicos	Días	Tratamientos					
		Cubos 8°C	Cubos 5°C	Cascos 8°C	Cascos 5°C	Mitades 8°C	Mitades 5°C
SST (%)	1	11,8 A	12,3 A	11,4 A	12,2 A	11,8 A	12,2 A
	4	11,1 AB	12,3 A	11,0 A	12,4 A	11,4 A	12,5 A
	7	10,8 B	11,0 B	10,2 B	11,1 AB	10,4 B	11,1 B
pH	1	3,9 A	3,9 A	3,9 A	3,9 A	3,9 A	3,9 A
	4	3,9 A	3,9 A	3,9 A	4,1 A	4,0 A	3,9 A
	7	4,0 A	4,0 A	4,0 A	4,0 A	4,0 A	4,0 A
AT (%)	1	0,2 A	0,1 A	0,1 A	0,2 A	0,2 A	0,2 A
	4	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,2 A	0,1 A
	7	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A

^z Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 2.8. Contenido de sólidos solubles (SST %) de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

	SST (%)		
	Día 1	Día 4	Día 7
Tipo Corte (TC)			
Cubos	11,8	11,7	10,6
Cascos	12,0	11,7	10,9
Mitades	12,0	11,9	10,7
Temperatura (T)			
8 °C	11,6 a	11,1 a	10,4 a
5 °C	12,2 b	12,4 b	11,0 b
Interacción (TC*T)			
Cubos 8 °C	12,2	12,4	11,1
Cubos 5 °C	12,3	11,0	11,0
Cascos 8 °C	12,2	12,3	11,1
Cascos 5 °C	11,4	11,1	10,2
Mitades 8 °C	11,8	12,5	10,8
Mitades 5 °C	11,8	11,4	10,4
Nivel de significancia			
TC	NS	NS	NS
T	***	***	**
TC*T	NS	NS	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***: No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 2.9. Valores de pH de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

	pH		
	Día 1	Día 4	Día 7
Tipo Corte (TC)			
Cubos	3,9	4,0	4,0
Cascos	3,9	3,9	4,0
Mitades	3,9	4,0	4,0
Temperatura (T)			
8 °C	3,9	4,0	4,04
5 °C	3,9	4,0	4,0
Interacción (TC*T)			
Cubos 8 °C	3,9	4,1	4,0
Cubos 5 °C	3,9	3,9	4,0
Cascos 8 °C	3,9	3,9	4,0
Cascos 5 °C	3,9	3,9	4,0
Mitades 8 °C	3,9	3,9	4,0
Mitades 5 °C	3,9	4,0	4,0
Nivel de significancia			
TC	NS	NS	NS
T	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***: No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 2.10. Contenido de acidez titulable (%) de peras sometidas a tres tipos de corte y dos temperaturas de almacenamiento.

	AT (%)		
	Día 1	Día 4	Día 7
Tipo Corte (TC)			
Cubos	0,1	0,1	0,1
Cascos	0,1	0,1	0,1
Mitades	0,1	0,1	0,1
Temperatura (T)			
8 °C	0,1	0,1	0,1
5 °C	0,1	0,1	0,1
Interacción (TC*T)			
Cubos 8 °C	0,1	0,1	0,1
Cubos 5 °C	0,1	0,1	0,1
Cascos 8 °C	0,1	0,1	0,1
Cascos 5 °C	0,1	0,1	0,1
Mitades 8 °C	0,1	0,1	0,1
Mitades 5 °C	0,1	0,1	0,1
Nivel de significancia			
TC	NS	NS	NS
T	NS	NS	NS
TC*T	NS	NS	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***: No significativo o significativo para $p < 0,05$, 0,01 ó 0,001 respectivamente.

Cuadro 3.1.1 Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de cascós de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento

Respiración	Días	Tratamientos					
		45°C y 1 min	45°C y 3 min	45°C y 6 min	45°C y 0,5 min cortado	5°C y 5 min	5°C y 5 min cortado
$\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$	0	14,7 Aa	13,8 Aa	34,0 Ab	21,6 Aab	25,0 Aab	32,5 Ab
	5	2,9 Ba	10,2 Ac	14,3 Bd	6,1 Bab	6,1 Bab	7,2 Bbc
	7	10,7 Cbc	12,1 Ac	16,3 Bd	8,3 Bab	5,6 Ba	8,09 Bab

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparar horizontalmente.

Cuadro 3.1.2. Parámetros de color de cascós de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento.

Parámetros de color	Días	Tratamientos					
		45°C y 1 min	45°C y 3 min	45°C y 6 min	45°C y 0,5 min cortado	5°C y 5 min	5°C y 5 min cortado
L	1	72,1 Ab	72,1 Ab	72,4 Ab	68,1 Aa	75,8 Ac	74,6 Abc
	3	71,5 Aa	70,9 Aa	72,1 Aa	66,1 Ac	75,2 Ab	73,3 Aab
	7	68,6 Aab	69,9 Aab	70,3 Bab	66,8 Aa	73,0 Bb	72,0 Ab
a*	1	-3,1 Aa	-3,1 Aa	-3,1 Aa	-2,6 Aa	-3,9 Aa	-3,9 Aa
	3	-3,1 Aab	-3,1 Aab	-3,5 ABa	-2,2 Ab	-3,9 Aa	-3,7 Aa
	7	-4,0 Aa	-3,2 Aab	-3,9 Ba	-2,5 Ab	-4,5 Aa	-4,1 Aa
C*	1	25,3 Aa	24,9 Aa	24,9 Aa	26,1 Aa	22,5 Ab	23,3 Ab
	3	24,4 Aab	24,4 Aab	24,6 Aa	26,1 Aa	21,5 Ba	22,7 Ac
	7	24,3 Aab	24,3 Ab	24,2 Ab	26,1 Aa	22,0 Abc	22,9 Abc
H_{ab}	1	97,8 Aab	97,6 Aab	97,1 Aa	96,6 Aa	101,1 Ab	100,1 Aab
	3	98,1 Aa	101,4 Aa	98,5 ABa	122,6 Bb	107,5 Aa	103,9 Aa
	7	103,5 Aa	109,1 Aa	103,3 Ba	95,8 Aa	105,8 Aa	108,0 Aa

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparar horizontalmente.

Cuadro 3.1.3. Firmeza (kg-f) de cascos de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento.

Firmeza	Días	Tratamientos					
		45°C y 1 min	45°C y 3 min	45°C y 6 min	45°C y 0,5 min cortado	5°C y 5 min	5°C y 5 min cortado
kg-f	1	8,9 Aa	8,9 Aa	8,8 Aa	8,6 Aa	12,3 Ab	12,0 Ab
	7	9,6 Ba	8,9 Aa	9,8 Ba	7,6 Bb	11,7 Ac	11,8 Ac

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 3.1.4. Valores de parámetros químicos de cascos de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento

Parámetros químicos	Días	Tratamientos					
		45°C y 1 min	45°C y 3 min	45°C y 6 min	45°C y 0,5 min cortado	5°C y 5 min	5°C y 5 min cortado
SST (%)	1	12,8 Aa	12,4 Ab	9,9 Ac	12,4 Ab	10,2 Ad	10,4 Ae
	7	12,6 Aa	11,3 Bb	12,1 Bab	12,7 Aa	11,5 Bb	12,0 Aab
pH	1	3,9 Aa	3,9 Aa	4,0 Ab	3,8 Aa	4,3 Ac	4,3 Ac
	7	4,1 Ba	3,9 Ab	4,1 Aa	3,9 Bb	4,3 Ac	4,4 Ac
AT (%)	1	0,13 Aa	0,15 Ab	0,11 Ac	0,12 Ad	0,10 Ae	0,10 Af
	7	0,12 Bab	0,12 Bbc	0,11 Ac	0,14 Ba	0,13 Bab	0,09 Bab

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 3.1.5. Análisis microbiológicos de cascos de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento

Análisis microbiológicos (log ufc * g ⁻¹)	Días	Tratamientos					
		45°C y 1 min	45°C y 3 min	45°C y 6 min	45°C y 0,5 min cortado	5°C y 5 min	5°C y 5 min cortado
Aerobios mesófilos	1	2,1	1,8	1,8	2,4	2,4	2,5
	7	4,3	4,9	6,5	4,5	4,9	6,5
Enterobacterias	1	1,5	2,3	1,2	2,4	2,4	2,4
	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Hongos y levaduras	1	1,2	1,6	2	1,6	2	2
	7	2,8	2,9	2,5	2,8	2,2	2,2

^z Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 3.1.6. Análisis sensorial de cascos de peras sometidos a tratamientos térmicos suaves previa y posteriormente (cortado) al procesamiento

Análisis sensorial	Días	Tratamientos					
		45°C y 1 min	45°C y 3 min	45°C y 6 min	45°C y 0,5 min cortado	5°C y 5 min	5°C y 5 min cortado
Apariencia	1	7,5 ab	6,1 ab	7,7 ab	5,4 a	6,9 ab	8,5 b
Pardeamiento	1	7,2 a	8,3 ab	7,2 a	10,6 b	7,8 ab	6,7 a

^z Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05). Letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 3.2.1. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)			
	Día 0	Día 1	Día 3	Día 6
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	72,7	16,5	16,3	28,4
5	70,6	15,3	15,9	22,6
10	77,3	15,8	13,9	20,0
15	88,7	15,4	13,6	19,6
Temperatura (T)				
50 °C	57,4	15,6	15,2	26,7
60 °C	97,2	15,9	14,2	18,6
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	66,6 a	16,7	17,6	32,3 a
5 y 50 °C	55,4 b	15,1	14,0	27,1 b
10 y 50 °C	57,4 b	15,2	13,6	23,7 b
15 y 50 °C	50,4 b	15,7	15,5	23,6 b
0,5 y 60 °C	78,9 c	16,8	15,1	24,4 b
5 y 60 °C	85,7 c	15,5	15,8	18,1 c
10 y 60 °C	97,3 d	16,5	14,4	16,4 c
15 y 60 °C	127,1 e	14,9	11,7	15,6 c
Nivel de significancia				
TI	***	NS	NS	NS
T	***	NS	NS	NS
TI*T	***	NS	NS	***

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***: No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.2. Dócima de Dunnett de tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Respiración ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Días	Tratamientos								
		Testigo	50°C y 0,5 min	50°C y 5 min	50°C y 10 min	50°C y 15 min	60°C y 0,5 min	60°C y 5 min	60°C y 10 min	60°C y 15 min
	0	32,6 a	66,6 b	55,4 b	57,4 b	78,9 b	85,7 b	127,1 b	73,4 b	71,0 b
	1	17,6 a	16,3 a	15,1 a	15,2 a	15,7 a	16,8 a	15,5 a	16,5 a	15,0 a
	3	14,8 a	17,6 a	14,0 a	13,6 a	15,5 a	15,1 a	15,8 a	14,4 a	11,7 a
	5	29,5 a	32,3 a	27,1 a	23,7 a	23,6 a	24,4 a	18,1 a	16,4 a	15,6 a

^z Letras minúsculas diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 3.2.3. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos.

Respiración ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Días	Tratamientos								
		Testigo	50°C y 0,5 min	50°C y 5 min	50°C y 10 min	50°C y 15 min	60°C y 0,5 min	60°C y 5 min	60°C y 10 min	60°C y 15 min
	0	32,6 A	66,6 A	55,4 A	57,4 A	78,9 A	85,7 A	127,1 A	73,4 A	71,0 A
	1	17,6 BC	16,3 B	15,1 B	15,2 B	15,7 B	16,8 B	15,5 B	16,5 B	15,0 B
	3	14,8 C	17,6 B	14,0 B	13,6 B	15,5 B	15,1 B	15,8 B	14,4 B	11,7 B
	5	29,5 AB	32,3 C	27,1 C	23,7 C	23,6 C	24,4 C	18,1 B	16,4 B	15,6 B

^z Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 3.2.4. Valores de parámetro L de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Luminosidad (L)				
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	74,7	70,4	72,2	70,2
5	73,4	73,1	68,9	69,4
10	72,5	72,7	71,2	68,8
15	73,6	69,7	70,0	67,0
Temperatura (T)				
50 °C	74,0	71,9	70,3	68,2
60 °C	73,0	71,2	70,9	69,5
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	75,3	68,8 ab	71,9 bc	69,5 ab
5 y 50 °C	73,4	72,9 c	68,7 a	67,7 bc
10 y 50 °C	73,9	72,8 c	69,8 abc	66,7 dc
15 y 50 °C	73,6	72,6 bc	70,7 abc	68,9 abc
0,5 y 60 °C	74,0	71,9 bc	72,5 c	70,9 a
5 y 60 °C	73,4	73,2 c	69,1 ab	71,1 a
10 y 60 °C	71,0	72,6 bc	72,5 c	70,9 a
15 y 60 °C	73,6	66,2 a	69,4 ab	65,1 d
Nivel de significancia				
TI	NS	***	**	***
T	NS	NS	NS	**
TI*T	NS	***	***	***

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.5. Valores de parámetro a^* de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	a^*			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	-0,8 a	0,1	0,1	0,4
5	-1,1 b	-0,2	1,0	0,8
10	-0,5 c	-0,6	0,5	0,6
15	-0,4 d	0,5	0,2	0,4
Temperatura (T)				
50 °C	-0,7	0,1	0,9	-1,2 a
60 °C	-0,8	-0,2	0,1	-0,06 b
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	-0,6	0,7 a	0,4 ab	1,0
5 y 50 °C	-1,2	-0,0 ab	1,7 c	1,8
10 y 50 °C	-0,7	-0,4 ab	1,2 bc	1,3
15 y 50 °C	-0,4	0,0 ab	0,2 a	1,0
0,5 y 60 °C	-1,1	-0,3 ab	-0,1 a	0,0
5 y 60 °C	-1,0	-0,4 ab	0,3 ab	-0,1
10 y 60 °C	-0,5	-0,9 b	-0,1 a	0,0
15 y 60 °C	-0,5	0,9 a	0,3 ab	-0,1
Nivel de significancia				
TI	*	**	**	NS
T	NS	NS	***	**
TI*T	NS	**	**	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.6. Efecto del tiempo sobre los parámetros de color de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Parámetros de color	Días	Tratamientos								
		Testigo	50°C y 0,5 min	50°C y 5 min	50°C y 10 min	50°C y 15 min	60°C y 0,5 min	60°C y 5 min	60°C y 10 min	60°C y 15 min
L	1	73,1 A	73,6 A	75,3 A	73,4 A	73,9 A	73,6 A	73,6 A	73,4 A	71,0 A
	3	72,8 A	68,8 A	72,9 B	72,8 A	72,6 AB	72,0 AB	73,2 A	72,6 AB	66,8 B
	5	71,1 A	71,9 A	68,7 C	69,8 B	70,7 BC	72,5 AB	69,1 B	72,5 AB	69,4 A
	8	66,4 B	69,5 A	67,7 C	66,7 C	68,9 C	70,9 B	71,1 C	70,9 B	65,1 B
a*	1	-0,7 A	-0,6 A	-1,2 A	-0,7 A	-0,4 A	-1,1 A	-1,0 A	-0,5 A	-0,5 A
	3	-0,3 A	0,7 AB	-0,1 B	-0,5 A	0,0 AB	-0,4 B	-0,5 AB	-0,9 C	0,9 B
	5	0,4 A	0,4 AB	1,8 C	1,3 B	0,2 AB	-0,1 B	0,4 B	-0,2 BC	0,4 AB
	8	1,8B	1,0 B	1,8 C	1,3 B	1,0 B	-0,0 B	-0,1 B	-0,0 AB	-0,1 AB
C*	1	19,9 A	19,8 A	19,1 A	20,8 A	20,0 A	19,2 A	19,8 A	21,7 A	20,4 A
	3	20,7 A	21,3 AB	21,1 B	20,5 A	21,8 A	20,2 A	20,2 AB	18,5 C	23,3 A
	5	24,4 B	25,1 C	24,1 C	22,5 A	20,7 A	19,4 A	21,9 B	19,7 AB	23,1 A
	8	26,1 B	23,7 BC	26,5 D	27,1 B	25,0 B	22,2 B	25,3 C	20,9 BC	25,1 B
H_{ab}	1	92,3 A	91,9 A	93,9 A	92,2 A	91,5 A	93,3 A	93,1 A	91,3 AB	91,5 A
	3	90,5 A	88,3 AB	90,4 B	91,4 AB	90,2 AB	91,2 B	91,5 AB	93,0 B	87,7 B
	5	89,3 AB	89,2 AB	85,9 C	86,7 C	89,6 AB	90,4 B	89,1 C	90,6 A	89,3 AB
	8	86,3 B	87,6 B	86,3 C	87,3 BC	87,2 B	90,2 B	90,2 BC	90,4 A	90,2 AB

^z Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 3.2.7. Valores de parámetro C* de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	C*			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	19,5 a	20,7 ab	22,2	23,0
5	19,4 b	20,6 ab	23,0	25,9
10	21,2 c	19,5 a	21,1	24,0
15	20,1 d	22,5 b	21,9	25,1
Temperatura (T)				
50 °C	19,9	21,2	23,1	25,6
60 °C	20,3	20,6	21,0	23,4
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	19,8	21,3	25,1 a	23,7 abc
5 y 50 °C	19,1	21,1	24,0 ab	26,4 c
10 y 50 °C	20,8	20,5	22,5 bc	27,0 c
15 y 50 °C	20,0	21,8	20,6 cd	24,9 bc
0,5 y 60 °C	19,0	20,2	19,3 d	22,1 ab
5 y 60 °C	19,8	20,2	21,8 bcd	25,2 bc
10 y 60 °C	21,7	18,5	19,6 d	20,8 a
15 y 60 °C	20,4	23,3	23,0 abc	25,1 bc
Nivel de significancia				
TI	*	*	*	**
T	NS	NS	**	***
TI*T	NS	NS	***	**

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.8. Valores de parámetro H_{ab} de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	H_{ab}			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	92,6 a	89,8	89,7	88,9
5	93,5 b	90,9	87,5	88,2
10	91,7 c	92,2	88,7	88,8
15	91,4 d	89,0	89,4	89,0
Temperatura (T)				
50 °C	92,4	90,1	87,8	87,2 a
60 °C	92,3	90,9	89,8	90,2 b
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	91,9	88,2 a	89,1 bc	87,6
5 y 50 °C	93,9	90,3 ab	85,9 a	86,3
10 y 50 °C	92,2	91,4 ab	86,8 ab	87,3
15 y 50 °C	91,5	90,1 ab	89,6 c	87,7
0,5 y 60 °C	93,3	91,2ab	90,3 c	90,2
5 y 60 °C	93,1	91,4 ab	89,1 bc	90,2
10 y 60 °C	91,3	93,0 b	90,5 c	90,3
15 y 60 °C	91,5	87,7 a	89,2 bc	90,2
Nivel de significancia				
TI	**	NS	NS	NS
T	NS	NS	**	**
TI*T	NS	**	NS	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***: No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente

Cuadro 3.2.9. Valores de firmeza (kg-f) de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	Firmeza (kg-f)			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	6,5	6,1	5,9	5,7
5	6,1	6,1	5,8	5,4
10	6,3	5,8	6,0	5,5
15	6,6	6,3	6,4	5,2
Temperatura (T)				
50 °C	6,3	6,3	6,0	5,4
60 °C	6,4	5,9	6,1	5,5
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	6,5	6,0 ab	5,6 a	5,7
5 y 50 °C	5,9	6,3 ab	5,8 a	5,1
10 y 50 °C	6,2	5,9 a	6,0 ab	5,5
15 y 50 °C	6,6	6,8 b	6,5 b	5,4
0,5 y 60 °C	6,5	6,1 ab	6,1 ab	5,7
5 y 60 °C	6,3	5,9 a	5,8 a	5,7
10 y 60 °C	6,4	5,6 a	5,9 ab	5,5
15 y 60 °C	6,6	5,7 a	6,1 ab	5,1
Nivel de significancia				
TI	NS	NS	NS	NS
T	NS	**	**	NS
TI*T	NS	*	**	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ****. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.10. Efecto del tiempo sobre la firmeza (kg-f) de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Firmeza (kg-f)	Días	Tratamientos								
		Testigo	50°C y 0,5 min	50°C y 5 min	50°C y 10 min	50°C y 15 min	60°C y 0,5 min	60°C y 5 min	60°C y 10 min	60°C y 15 min
	1	6,3 A	6,8 A	6,5 A	6,5 A	6,6 A	6,4 A	6,3 A	6,7 A	6,5 A
	3	6,1 A	6,0 AB	6,3 A	5,9 A	6,8 A	6,1 A	5,9 A	5,6 B	5,7 BC
	5	5,8 A	5,6 B	5,8 A	6,1 A	6,5 A	6,1 A	5,8 A	5,9 AB	6,1 AB
	8	5,1 B	5,6 B	5,1 A	5,5 A	5,4 B	5,6 A	5,7 A	5,5 B	5,0 C

^z Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 3.2.11. Contenido de sólidos solubles de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	SST			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	12,5	12,4	12,5	12,7
5	12,6	12,5	12,2	12,5
10	12,5	12,5	12,4	12,6
15	12,5	12,2	12,1	12,4
Temperatura (T)				
50 °C	12,8	12,6 a	12,5 a	13
60 °C	12,2	12,2 b	12,0 b	13
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	12,7 a	12,6	12,7	12,5
5 y 50 °C	12,4 b	12,7	12,5	12,6
10 y 50 °C	13,2 c	12,8	12,7	12,3
15 y 50 °C	12,9 d	12,5	12,1	12,7
0,5 y 60 °C	12,2 e	12,2	12,3	12,9
5 y 60 °C	12,8 f	12,4	11,9	12,3
10 y 60 °C	11,7 g	12,3	12,1	12,9
15 y 60 °C	12,0 h	11,9	12,1	12,1
Nivel de significancia				
TI	NS	NS	NS	NS
T	*	*	**	NS
TI*T	**	NS	NS	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ****. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.12. Efecto del tiempo los parámetros químicos de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Parámetros químicos	Días	Tratamientos									
		Testigo	50°C y 0,5 min	50°C y 5 min	50°C y 10 min	50°C y 15 min	60°C y 0,5 min	60°C y 5 min	60°C y 10 min	60°C y 15 min	
SST	1	12,2 A	12,7 A	12,4 A	13,2 A	12,9 A	12,2 A	12,8 A	11,7 A	12,0 A	
	3	12,7 A	12,6 A	12,6 A	12,8 A	12,5 A	12,2 A	12,4 A	12,2 A	11,9 A	
	5	12,4 A	12,7 A	12,5 A	12,7 A	12,1 A	12,3 A	11,8 A	12,1 A	12,1 A	
	8	11,2 B	12,4 A	12,6 A	12,2 A	12,6 A	12,9 A	12,3 A	12,9 A	12,1 A	
pH	1	3,9 A	4,0 A	4,2 A	4,1 A	4,1 A	4,1 A	4,1 A	4,0 A	4,2 A	
	3	4,0 A	3,9 A	3,9 C	3,9 B	3,9 B	4,0 B	4,0 A	3,8 A	4,1 B	
	5	3,9 A	3,9 A	3,9 BC	4,0 B	3,9 B	4,0 AB	4,1 A	4,0 A	4,1 AB	
	8	4,0 A	4,0 A	4,0 B	4,0 AB	3,9 B	4,0 AB	4,0 A	3,9 A	4,1 AB	
AT (%)	1	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	
	3	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	
	5	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,2 B	0,1 A	0,1 A	0,1 A	
	8	0,1 A	0,1 A	0,2 A	0,1 A	0,2 A	0,0 C	0,1 A	0,1 A	0,1 A	

^z Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 3.2.13. Valores de pH de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	pH			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	4,1	4,0	4,0	4,0
5	4,2	4,1	4,0	4,0
10	4,1	3,9	4,0	4,0
15	4,2	4,0	4,1	4,1
Temperatura (T)				
50 °C	4,2	3,9	3,9 a	4,0
60 °C	4,2	4,1	4,0 b	4,1
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	4,0 a	4,0	4,0	4,0 ab
5 y 50 °C	4,23 b	3,9	3,9	4,0 ab
10 y 50 °C	4,17 c	3,9	4,0	4,0 ab
15 y 50 °C	4,18 d	4,0	4,0	3,9 ab
0,5 y 60 °C	4,13 e	4,0	4,1	4,0 ab
5 y 60 °C	4,12 f	4,3	4,1	4,0 ab
10 y 60 °C	4,11 g	4,0	4,0	3,9 a
15 y 60 °C	4,26 h	4,1	4,1	4,1 b
Nivel de significancia				
TI	NS	NS	NS	***
T	**	NS	**	***
TI*T	**	NS	NS	***

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***: No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.14. Porcentaje de acidez de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	AT (%)			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Tiempo de inmersión (TI)				
0,5	0,2	0,2	0,2	0,1
5	0,2	0,2	0,2	0,2
10	0,2	0,2	0,2	0,2
15	0,2	0,2	0,2	0,2
Temperatura (T)				
50 °C	0,2	0,2	0,18	0,19
60 °C	0,2	0,2	0,17	0,13
Interacción (TI*T)				
0,5 y 50 °C	0,2	0,16 ab	0,17 ab	0,17 bc
5 y 50 °C	0,2	0,19 c	0,19 b	0,20 a
10 y 50 °C	0,2	0,18 abc	0,18 ab	0,18 abc
15 y 50 °C	0,2	0,18 bc	0,18 ab	0,20 a
0,5 y 60 °C	0,2	0,16 ab	0,16 a	0,01 d
5 y 60 °C	0,2	0,17 abc	0,17 ab	0,18 abc
10 y 60 °C	0,2	0,18 bc	0,17 ab	0,18 abc
15 y 60 °C	0,2	0,15 a	0,16 a	0,15 c
Nivel de significancia				
TI	NS	**	NS	***
T	NS	**	NS	***
TI*T	NS	*	**	***

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.15. Análisis microbiológicos de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Análisis microbiológicos (log ufc g ⁻¹)	Días		Tratamientos							
	Testigo	50°C y 0,5 min	50°C y 5 min	50°C y 10 min	50°C y 15 min	60°C y 0,5 min	60°C y 5 min	60°C y 10 min	60°C y 15 min	
										1
Aerobios mesófilos	1	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	< 1	< 1	< 1	< 1
	8	3,5	3,5	4,3	4	4,3	4,5	4,7	5,1	5,3
Psicrófilos	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	8	> 5,3	> 5,3	> 5,3	> 5,3	> 5,3	4,6	> 5,3	> 5,3	> 5,3
Enterobacterias	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	8	3	4,8	5	4,1	3,9	4,5	3,5	4,5	4,6
Hongos y levaduras	1	< 1	< 1	< 1	1,5	1	1	< 1	< 1	< 1
	8	7,1	6,9	6,8	6,7	7,2	6,4	7,1	7,9	8,4

Cuadro 3.2.16. Puntajes obtenidos de apariencia de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Apariencia			
	Día 1	Día 3	Día 6
Tiempo de inmersión (TI)			
0,5	8,4	7,5	5,1
5	7,8	8,1	6,0
10	9,0	8,6	5,7
15	7,5	7,3	6,1
Temperatura (T)			
50 °C	8,3	7,1	5,2
60 °C	8,1	8,7	6,2
Interacción (TI*T)			
0,5 y 50 °C	7,9	5,3 a	3,8
5 y 50 °C	8,5	7,6 ab	5,9
10 y 50 °C	8,6	8 ab	4,3
15 y 50 °C	8,2	7,6 ab	6,9
0,5 y 60 °C	8,9	9,7 b	6,5
5 y 60 °C	7,3	8,7 b	6,2
10 y 60 °C	9,4	9,3 b	7,1
15 y 60 °C	6,9	7 ab	5,3
Nivel de significancia			
TI	NS	NS	NS
T	NS	**	NS
TI*T	NS	**	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ****. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.17. Dócima de Dunnett de los puntajes obtenidos del análisis sensorial de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos.

Análisis sensorial	Días	Tratamientos									
		Testigo	50°C y 0,5 min	50°C y 5 min	50°C y 10 min	50°C y 15 min	60°C y 0,5 min	60°C y 5 min	60°C y 10 min	60°C y 15 min	
Apariencia	1	7,1 a	7,9 a	8,4 a	8,1 a	8,2 a	8,9 a	6,7 a	9,4 a	6,2 a	
	3	5,2 a	5,2 a	7,5 ab	7,9 b	7,5 a	9,6 b	8,6 b	9,2 b	7,0 a	
	6	3,0 a	3,8 a	5,9 a	4,3 a	6,8 b	6,4 b	6,0 b	7,0 b	5,2 a	
Pardeamiento	1	7,3 a	6,8 a	5,3 a	5,9 a	6,0 a	4,7 b	7,3 b	4,4 a	7,9 a	
	3	9,9 a	9,5 a	8,1ab	7,5 b	7,5 b	4,7 b	6,3 b	5,0 b	8,2 a	
	6	10,9 a	10,1 a	8,4 b	9,9 a	7,1 b	7,7 b	8,1 b	7,5 b	9,7 a	
Firmeza	1	11,0 a	10,9 a	11,2 a	10,7 a	11,1 a	9,3 a	10,6 a	11,0 a	11,5 a	
	3	10,5 a	11,4 a	10,2 a	11,4 a	10,8 a	11,4 a	10,0 a	11,8 a	11,2 a	
	6	11,5 a	12,3 a	11,1 a	8,8 b	10,1 a	9,8 a	7,6 b	8,2 b	9,2 b	

^z Letras minúsculas diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 3.2.18. Efecto del tiempo los parámetros químicos de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Análisis sensorial	Días	Tratamientos									
		Testigo	50°C y 0,5 min	50°C y 5 min	50°C y 10 min	50°C y 15 min	60°C y 0,5 min	60°C y 5 min	60°C y 10 min	60°C y 15 min	
Apariencia	1	7,1 A	7,9 A	8,46 A	8,1 A	8,2 A	8,2 A	6,7 A	9,4 A	6,2 A	
	3	5,2 A	5,2 B	7,5 AB	7,9 A	7,5 A	9,6 A	8,6 A	9,2 AB	7,0 A	
	6	3,0 B	3,8 B	5,9 B	4,3 B	6,8 A	6,4 B	6,0 A	7,0 B	5,2 A	
Pardeamiento	1	7,3 A	6,8 A	5,3 A	5,9 A	6,0 A	4,7 A	7,3 A	4,4 A	7,9 A	
	3	9,9 B	9,5 B	8,1 B	7,5 A	7,5 A	4,7 A	6,3 A	5,0 A	8,2 A	
	6	10,9 B	10,1 B	8,4 B	9,9 B	7,1 A	7,7 B	8,1 A	7,5 B	9,7 A	
Firmeza	1	11,0 A	10,9 A	11,2 A	10,7 A	11,1 A	9,3 A	10,6 A	11,0 A	11,5 A	
	3	10,5 A	11,4 A	10,2 A	11,4 A	10,8 A	11,4 A	10,0 A	11,8 A	11,2 A	
	6	11,5 A	12,3 A	11,1 A	8,8 A	10,1 A	9,8 A	7,6 A	8,2 A	9,2 A	

^z Letras mayúsculas diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 3.2.19. Puntajes obtenidos de pardeamiento de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

Pardeamiento			
	Día 1	Día 3	Día 6
Tiempo de inmersión (TI)			
0,5	5,8	7,2	8,9
5	6,4	7,2	8,3
10	5,2	6,3	8,7
15	7,0	7,9	8,4
Temperatura (T)			
50 °C	6,1	8,2	8,9
60 °C	6,1	6,1	8,3
Interacción (TI*T)			
0,5 y 50 °C	6,9 abc	9,6 a	10,2 a
5 y 50 °C	5,4 abc	8,1 ab	8,4 ab
10 y 50 °C	5,9 abc	7,6 abc	10 ab
15 y 50 °C	6,0 abc	7,6 abc	7,1 b
0,5 y 60 °C	4,7 ab	4,9 d	7,7 ab
5 y 60 °C	7,3 bc	6,3 bcd	8,1 ab
10 y 60 °C	4,5 a	5,1 cd	7,5 ab
15 y 60 °C	7,9 c	8,2 ab	9,7 ab
Nivel de significancia			
TI	*	NS	NS
T	NS	***	NS
TI*T	***	***	***

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ***. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 3.2.20. Puntajes obtenidos de firmeza de cascos de pera obtenidos de peras enteras sometidas a tratamientos térmicos

	Firmeza		
	Día 1	Día 3	Día 6
Tiempo de inmersión (TI)			
0,5	10,1	11,5	11,5
5	10,9	10,2	10,9
10	10,9	11,1	10,9
15	11,3	11,0	10,8
Temperatura (T)			
50 °C	11,0	11,0	10,2
60 °C	10,7	10,9	10,8
Interacción (TI*T)			
0,5 y 50 °C	10,9	11,5	11,9
5 y 50 °C	11,2	10,3	11,2
10 y 50 °C	10,7	11,4	8,8
15 y 50 °C	11,1	10,8	11,2
0,5 y 60 °C	9,3	11,5	10,9
5 y 60 °C	10,7	10,1	10,6
10 y 60 °C	11,1	11,8	11,1
15 y 60 °C	11,6	11,2	10,5
Nivel de significancia			
TI	NS	NS	NS
T	NS	NS	NS
TI*T	NS	NS	NS

^z Letras diferentes indican diferencias estadísticas $p < 0,05$ para cada factor

NS, *, **, ****. No significativo o significativo para $p < 0,05$, $0,01$ ó $0,001$ respectivamente.

Cuadro 4.1. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes

Respiración ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Días	Tratamientos					
		CIS	EDTA	AC + CIS	A.C + EDTA	CIS + EDTA	CIS + EDTA + A.C
	0	16,3 Aa	24,8 Aa	23,8 Aa	16,3 Aa	19,6 Aa	13,2 Aa
	1	5,6 Ba	5,1 Bab	3,8 Babc	2,3 Bc	3,4 Bbc	2,1 Bc
	3	4,7 Ba	5,6 Ba	4,4 Ba	7,3 BCa	6,8 BCa	4,1 Ba
	6	9,4 Ca	9,4 Ca	7,1 Ba	11,2 BCa	11,6 Ca	9,3 Ca
	8	10,8 Ca	12,0 Da	8,4 Ba	13,3 BCa	11,0 Ca	10,3 ABa

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente

Cuadro 4.2. Parámetros de color de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes.

Parámetros de color	Días	Tratamientos					
		CIS	EDTA	A.C + CIS	A.C + EDTA	CIS + EDTA	CIS + EDTA + A.C
L	1	75,9 Aa	71,8 ABb	76,2 Aa	71,3 Ab	76,8 Aa	76,7 Aa
	3	72,9 ABa	71,0 Aa	73,0 Aa	71,7 Aa	73,2 ABa	74,6 Aa
	6	69,6 Ba	67,9 BCa	70,6 Ba	67,3 Ba	71,1 Ba	69,7 Ba
	8	69,5 Bab	66,6 Ba	67,6 Bab	66,8 Bab	69,4 Bab	69,8 Bb
a*	1	-1,5 Aab	-0,3 Abc	-2,6 Aa	0,9 Ac	-2,2 Aab	-2,6 Aa
	3	-0,3 Aa	-0,8 Aa	-0,1 Ba	0,4 Aa	-0,2 ABa	0,2 Ba
	6	2,4 Ba	2,0 Ba	2,6 Ca	2,5 Aa	2,7 BCa	2,7 Ca
	8	2,4 Bab	0,1 Aa	4,1 Cb	2,4 Aab	3,6 Cb	2,4 Cab
C*	1	18,2 Aa	22,4 ABb	18,3 Aa	25,3 ABb	17,7 Aa	16,8 Aa
	3	18,0 Aab	21,2 Abc	19,0 Aab	23,9 Ac	17,8 Aa	18,3 Aab
	6	24,1 Ba	28,0 Ca	24,2 Ba	28,2 Ba	24,4 Ba	26,2 Ba
	8	22,0 ABa	22,4 Ba	25,7 Ba	25,3 ABa	24,6 Ba	21,4 Aa
H_{ab}	1	95,2 Aab	91,1 Abc	98,4 Aa	88,0 Ac	97,3 Aa	99,2 Aa
	3	91,1 Aa	92,4 Aa	90,71 Aa	89,0 Aa	90,9 ABa	91,1 ABa
	6	83,7 Ba	86,4 Ba	84,1 Ba	86,0 Aa	84,3 BCa	84,1 Ba
	8	83,8 Bab	89,8 Ba	80,9 Cab	84,6 Aab	82,1 Cab	80,5 Bb

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente

Cuadro 4.3. Valores de firmeza (kg·f) de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes.

Firmeza (kg·f)	Días	Tratamientos					
		CIS	EDTA	A.C + CIS	A.C + EDTA	CIS + EDTA	CIS + EDTA + A.C
	1	6,8 Aa	6,9 Aa	5,7 Aa	6,8 Aa	6,7 Aa	6,8 Aa
	3	6,8 Aa	6,8 Aa	6,5 Aab	6,3 Aab	5,3 Ab	6,3 Aab
	6	6,1 Aa	6,1 Aa	4,8 Ab	6,3 Aa	5,7 Aab	5,9 Aab
	8	6,8 Aa	5,8 Aa	6,3 Aa	6,7 Aa	6,2 Aa	6,1 Aa

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 4.4. Parámetros químicos de cascos de pera sometidos a tratamientos con antiparaldeantes.

Parámetros químicos	Días	Tratamientos					
		CIS	EDTA	A.C + CIS	A.C + EDTA	CIS + EDTA	CIS + EDTA + A.C
SST	1	12,1 Aa	13,4 Aa	12,5 Aa	13,1 Aa	13,0 Aa	13,3 Aa
	8	12,2 Aa	12,8 Aa	12,7 Aa	13,6 Aa	12,9 Aa	13,1 Aa
pH	1	3,6 Aa	3,7 Aa	3,7 Aa	3,7 Aa	3,7 Aa	3,7 Aa
	8	3,7 Aa	3,6 Aa	3,6 Aa	3,7 Aa	3,7 Aa	3,6 Aa
AT (%)	1	0,4 Aab	0,6 Ab	0,2 Aa	0,2 Aa	0,5 Ab	0,3 Aa
	8	0,3 Aa	0,2 Ba	0,2 Aa	0,2 Aa	0,2 Ba	0,2 Ba

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 4.5. Análisis microbiológicos de cascos de pera sometidos a tratamientos con antiparaldeantes.

Análisis microbiológicos (log ufc g ⁻¹)	Días	Tratamientos					
		CIS	EDTA	A.C + CIS	A.C + EDTA	CIS + EDTA	CIS + EDTA + A.C
Mesófilos	1	1,4 Aab	1,0 Aa	3,0 Ad	2,5 Acd	2,1 Abcd	2,0 Abc
	8	3,8 Ba	3,6 Ba	4,2 Ba	4,3 Ba	3,5 Aa	4,3 Ba
Enterobacterias	1	0,2 Aa	0,2 Aa	0,1 Aa	1,3 Aa	0,9 Aa	0,9 Aa
	8	1,3 Aa	1,0 Ba	1,7 Aa	3,6 Bb	2,9 Bc	3,3 Bbc
Psicrófilos	1	1,7 Aa	0,2 Ac	1,8 Aa	1,2 Ab	1,5 Aab	1,6 Aab
	8	1,9 Bb	0,4 Aa	3,3 Bbc	4,5 Bc	3,6 Bc	3,5 Bbc

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 4.6. Análisis sensorial de cascos de pera sometidos a tratamientos con antipardeantes.

Análisis sensorial	Días	Tratamientos					
		CIS	EDTA	A.C + CIS	A.C + EDTA	CIS+ EDTA	CIS + EDTA + A.C
Apariencia	1	11,0 Ab	4,7 Aa	10,1 Ab	6,2 Aa	11,2 Ab	12,5 Ab
	3	7,3 Bab	4,8 Aa	8,1 ABab	5,7 Ba	10,4 Ab	9,8 Ab
	6	5,4 Ba	6,8 Bab	7,6 Bb	5,9 Ba	6,9 Bab	4,6 Ba
Pardeamiento	1	3,1 Aa	10,6 Ab	2,6 Aa	7,4 Aa	2,4 Aa	1,2 Aa
	3	6,4 Ba	9,7 Aa	6,6 Ba	8,0 Aa	8,3 Ba	5,6 Ba
	6	8,5 Ba	6,6 Bb	6,2 Bb	7,1 Aab	7,1 Bab	9,9 Bc
Firmeza	1	12,5 Aa	10,0 Aa	13,2 Aa	12,1 Aa	11,1 Aa	12,0 Aa
	3	11,1 Aa	10,7 Aa	9,8 Aa	10,5 Aa	10,8 Aa	9,8 Aa
	6	5,3 Ba	6,3 Ba	5,5 Ba	5,7 Ba	6,1 Ba	5,8 Ba
Sabor típico	1	10,4 Aa	9,3 Aa	9,4 Aa	7,6 Aa	8,9 Aa	9,5 Aa
	3	9,8 Aa	10,5 Aa	10,7 Aa	10,9 Ba	10,1 Aa	8,9 Aa
	6	7,0 Ba	7,4 Ba	6,7 Ba	6,6 Aa	6,8 Ba	7,1 Ba
Sabor extraño	1	0,4 Aa	5,7 Ab	0,4 Aa	1,9 Ac	0,5 Aa	0,8 Aa
	3	1,3 Ba	6,1 Bb	1,5 Ba	2,3 Ac	1,6 Ba	1,4 Ba
	6	3,2 Ca	6,9 Bb	3,6 Ca	4,5 Bc	3,7 Ca	3,2 Ca

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 5.1. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM.

Respiración ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Días	Tratamiento		
		Testigo en agua	PCa + EDTA + CIS + AC	PCa + EDTA + CIS
	0	18,8 Aa	18,8 Aa	17,6 Aa
	1	10,1 Ba	12,9 Bab	15,0 Ab
	3	4,8 Ca	13,4 Bb	10,8 Bc
	8	7,8 Ca	25,0 Cb	19,6 Cc

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 5.2. Composición gaseosa (kPa) CO_2 y O_2 de las bolsas de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM.

Composición gaseosa (kPa)	Días	Tratamiento		
		Testigo en agua	PCa + EDTA + CIS + AC	PCa + EDTA + CIS
O_2	1	14,6 Aa	13,9 Aa	13,9 Aa
	3	11,1 Ba	8,8 Ba	13,2 Aa
	6	9,1 Ba	7,8 Ba	8,9 Ba
	8	3,6 Ca	3,3 Ca	2,6 Ca
CO_2	1	8,4 Aa	8,0 Aa	7,8 Aa
	3	16,8 Ba	14,5 Ba	12,4 ABa
	6	16,2 Ba	13,9 Ba	16,0 ABa
	8	23,1 Ca	20,5 Ca	22,2 Ba

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 5.3. Parámetros de color de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM.

Parámetros de color	Días	Tratamiento		
		Testigo en agua	PCa + EDTA + CIS+ AC	PCa + EDTA + CIS
L	1	70,9 Aa	77,1 Ab	76,9 Ab
	6	70,6 Aa	75,8 Ab	74,8 Ab
	8	70,2 Aa	69,3 Ba	69,2 Ba
a*	1	1,2 Aa	-3,0 Ab	-3,3 Ab
	6	0,9 Aa	0,3 Ba	0,6 Ba
	8	1,6 Aa	7,6 Cb	7,7 Cb
C*	1	23,1 Aa	16,5 Ab	16,4 Ab
	6	23,1 Aa	19,0 Bb	18,4 Ab
	8	23,9 Aa	21,8 Cab	21,6 Bb
H_{ab}	1	87,1 Aa	100,4 Ab	101,4 Ab
	6	88,0 Aa	89,6 Ba	87,9 Ba
	8	86,3 Aa	69,7 Cb	68,8 Cb

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 5.4. Valores de firmeza (kg · f) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM.

Firmeza (kg · f)	Días	Tratamiento		
		Testigo en agua	PCa + EDTA + CIS + AC	PCa + EDTA + CIS
	1	5,0 Aa	4,9 Aa	5,5 Aa
	6	4,1 Aa	4,7 Ab	4,9 Ab
	8	3,3 Aa	3,9 Ab	4,0 Ab

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 5.5. Parámetros químicos de cascos de pera tratadas con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasadas en AM.

Parámetros químicos	Días	Tratamiento		
		Testigo en agua	PCa + EDTA + CIS + AC	PCa + EDTA + CIS
SST	1	14,0 Aa	12,2 Ab	12,6 Ab
	6	13,8 Aa	12,0 Ab	12,4 Ab
	8	11,2 Ba	11,8 Ab	11,6 Ab
pH	1	3,9 Aa	3,6 Ab	3,7 Ab
	6	4,0 Aa	3,6 Ab	3,7 Ab
	8	4,0 Aa	3,8 Ab	3,8 Ab
AT (%)	1	0,19 Aa	0,24 Ab	0,22 Ab
	6	0,18 Aa	0,11 Bb	0,10 Bb
	8	0,18 Aa	0,10 Bb	0,10 Bb

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 5.6. Análisis microbiológicos (log ufc g⁻¹) de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM.

Análisis microbiológicos (log ufc g ⁻¹)	Días	Tratamiento		
		Testigo en agua	PCa + EDTA + CIS + AC	PCa + EDTA + CIS
Mesófilos	1	2,0 Aa	2,3 Aa	1,4 Aa
	6	3,2 Ba	2,9 Aab	3,5 Bb
	8	5,1 Ca	5,0 Ba	4,5 Cb
Psicrófilos	1	1,4 Aa	1,2 Aa	0,6 Aa
	6	3,2 Ba	3,0 Ba	2,5 Ba
	8	3,7 Ba	3,6 Bab	3,8 Bb
Enterobacterias	1	1,1 Aa	1,0 Aa	1,1 Aa
	6	2,6 Aa	2,0 Bb	2,0 Bb
	8	3,6 Ba	3,1 Cb	3,2 Cab
Hongos y levaduras	1	2,1 Aa	1,3 Aa	1,3 Aa
	6	2,9 Aa	2,8 Aa	2,8 Aa
	8	4,1 Ba	3,9 Ba	3,9 Ba

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 5.7. Análisis sensorial de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM.

Análisis sensorial	Días	Tratamiento		
		Testigo en agua	PCa + EDTA + CIS + AC	PCa + EDTA + CIS
Apariencia	1	4,6 Aa	13,7 Ab	14,2 Ab
	3	3,2 Aa	11,5 Ab	9,0 Bab
	8	0,3 Ba	0,2 Ba	0,2 Ca
Pardeamiento	1	13,5 Aa	0,0 Ab	0,0 Ab
	3	13,6 Aa	2,5 Ab	2,7 Ab
	8	14,7 Aa	15,0 Ba	15,0 Ba
Firmeza	1	11,5 Aa	11,2 Aa	9,7 Aa
	3	12,2 Aa	8,5 Aa	12,7 Aa
	8	11,7 Aa	7,2 Ab	7,5 Ab
Sabor típico	1	9,75 Aa	14,2 Aa	8,7 Aa
	3	9,0 Aa	9,5 Aa	11,0 Aa
	8	13,0 Aa	0,2 Bb	0,2 Bb

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.

Cuadro 5.8. Compuestos bioactivos de cascos de pera sometidos a tratamientos con agentes antipardeantes, una sal cálcica, envasados en AM.

Compuestos bioactivos	Días	Tratamiento		
		Testigo en agua	PCa + EDTA + CIS + AC	PCa + EDTA + CIS
Fenoles totales (mg EAG/g p.f)	1	1,8 Aa	2,4 Aa	2,4 Aa
	3	1,6 Aa	2,1 Ab	2,2 Ab
	8	1,6 Aa	1,4 Ba	2,1 Ab
Actividad antioxidante (mg TROLOX/g p.f)	1	0,5 Aa	1,1 Ab	1,0 Ac
	3	0,4 Aa	0,7 Aa	0,8 Ba
	8	0,3 Aa	0,6 Aab	0,8 Bb

^z Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras mayúsculas comparan verticalmente y las letras minúsculas comparan horizontalmente.