



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN DE DISTINTAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EN PERAS
'PACKHAM'S TRIUMPH' MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO Y AL
GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS AGROPECUARIAS, MENCIÓN PRODUCCIÓN
FRUTÍCOLA

JAVIER NÚÑEZ VILLEGAS

DIRECTORES DE TESIS
VÍCTOR ESCALONA CONTRERAS
LUIS LUCHSINGER LAGOS

PROFESORES CONSEJEROS
LORETO PRAT DEL RÍO
BRUNO RAZETO MIGLIARO

SANTIAGO DE CHILE
2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN DE DISTINTAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EN PERAS
'PACKHAM'S TRIUMPH' MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

**EVALUATION OF DIFFERENT CONSERVATION TECHNIQUES IN PEARS
'PACKHAM'S TRIUMPH' MINIMALLY PROCESSED**

JAVIER NÚÑEZ VILLEGAS

SANTIAGO DE CHILE
2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

EVALUACIÓN DE DISTINTAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EN PERAS
'PACKHAM'S TRIUMPH' MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Tesis presentada para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al grado de
Magíster en Ciencias Agropecuarias, mención Producción Frutícola

JAVIER NÚÑEZ VILLEGAS

	Calificaciones* (Memoria de Título)	Calificaciones** (Tesis de grado)
Directores de Tesis		
Víctor Escalona Contreras Ingeniero Agrónomo, Dr.	7,0	Aprobado
Luis Luchsinger Lagos Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	7,0	Aprobado
Profesores Consejeros		
María Loreto Prat del Río Ingeniero Agrónomo, Mg. Cs.	7,0	Aprobado
Bruno Razeto Migliaro Ingeniero Agrónomo, MS.	6,8	Aprobado

*: Escala de 1 a 7; válido para alumnos de educación continua.

** : Aprobado o reprobado.

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos a:

- Proyecto FONDEF – CONICYT D0711026. Desarrollo de productos frutícolas mínimamente procesados en fresco como estrategia para aumentar el consumo. Bases tecnológicas.
- Mis profesores guías Víctor Hugo Escalona y Luis Luchsinger por su apoyo y confianza.
- Al CEPOC y Departamento de Agroindustria y Enología de la Universidad de Chile por facilitar las instalaciones e instrumentos para realizar la tesis y en especial a las personas que trabajan allí: Daniela Cárdenas, Andrea Hinojosa, Alejandra Machuca, Javier Obando y Rosita.
- A todos los alumnos memorantes, tesistas y practicantes que ayudaron en la fase experimental.
- A mis amigas Alicia Saavedra y Gabriela Osorio.
- A mi polola Pamela Cristina Galleguillos Canales.
- A mi familia, en especial a mi hermano por ir a buscarme y dejarme al CEPOC y a mi madre por su constante apoyo.

Dedico este trabajo a mis padres, hermano, hermana y tía Flora

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1- Antecedentes generales	1
1.1.1- Características de la pera	1
1.1.2- Definición de un producto mínimamente procesado en fresco	2
1.1.3- Consumo de productos mínimamente procesados en fresco	2
1.1.4- Desafíos de la industria mínimamente procesados en fresco	3
1.2- Fisiología de las frutas mínimamente procesadas en fresco	4
1.2.1- Tasa respiratoria	5
1.2.2- Producción de etileno	6
1.2.3- Pardeamiento enzimático	6
1.2.4- Ablandamiento	7
1.2.5- Calidad microbiológica	7
1.2.6- Calidad sensorial	8
1.3- Técnicas de conservación para peras mínimamente procesadas en fresco	8
1.3.1- Almacenamiento refrigerado	8
1.3.2- Inmersiones en soluciones antipardeantes	9
1.3.3- Modificación atmosférica	9
1.3.4- Inmersiones en sales de calcio y/o tratamientos térmicos	10
CAPÍTULO II. EFECTOS DE DISTINTOS AGENTES ANTIPARDEANTES SOBRE PERAS ‘PACKHAM’S TRIUMPH’ MÍNIMAMENTE PROCESADAS	11
Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
Hipótesis y objetivos	17
Materiales y método	18
2.1- Materiales	18
2.1.1- Cálculo permeabilidad de bolsa	19

2.2- Método	20
2.2.1- Determinaciones en frutos enteros (caracterización)	20
2.2.1.1- Peso de los frutos	20
2.2.1.2- Diámetro polar y ecuatorial	20
2.2.1.3- Parámetros de color	21
2.2.1.4- Firmeza de pulpa	21
2.2.1.5- Parámetros químicos	21
2.2.2- Procesamiento	22
2.2.2.1- Preparación de los cascos de pera	22
2.2.2.2- Solución de agentes antipardeciente	22
2.2.2.3- Aplicación de los tratamientos	22
2.2.3- Parámetros evaluados en los cascos de pera	24
2.2.3.1- Determinación de la tasa respiratoria	24
2.2.3.2- Parámetros de color	25
2.2.3.3- Firmeza	25
2.2.3.4- Parámetros químicos	25
2.2.3.5- Determinación de la calidad sensorial	25
2.2.3.6- Determinación de la actividad de polifenol oxidasas (PPO)	26
2.2.4- Diseño de experimento y análisis estadístico	27
Resultados y discusión	28
2.3.1- Caracterización de la fruta entera	28
2.3.2- Tasa respiratoria	29
2.3.3- Parámetros de color	31
2.3.4- Firmeza	39
2.3.5- Parámetros químicos	41
2.3.6- Calidad sensorial	45
2.3.7- Actividad de polifenol oxidasas (PPO)	51
Conclusiones	53

CAPÍTULO III. EFECTOS DE DISTINTAS ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE PERAS ‘PACKHAM’S TRIUMPH’ MÍNIMAMENTE PROCESADAS	54
Resumen	55
Abstract	56
Introducción	57
Hipótesis y objetivos	59
Materiales y método	60
3.1- Materiales	60
3.2- Método	61
3.2.1- Determinaciones en frutos enteros (caracterización)	61
3.2.2- Procesamiento	61
3.2.2.1- Preparación de los cascos de pera	61
3.2.2.2- Atmósferas utilizadas	61
3.2.2.3- Aplicación de los tratamientos	61
3.2.3- Parámetros evaluados en los cascos de pera	63
3.2.3.1- Determinación de la tasa respiratoria	63
3.2.3.2- Determinación de la producción de etileno	64
3.2.3.3- Parámetros de color	64
3.2.3.4- Firmeza	64
3.2.3.5- Parámetros químicos	64
3.2.3.6- Determinación de la calidad sensorial	65
3.2.3.7- Determinación de la actividad de polifenol oxidasas (PPO)	65
3.2.4- Diseño de experimento y análisis estadístico	65
Resultados y discusión	66
3.3.1- Caracterización de la fruta entera	66
3.3.2- Tasa respiratoria	67
3.3.3- Producción de etileno	69
3.3.4- Parámetros de color	70
3.3.5- Firmeza	73

3.3.6- Parámetros químicos	75
3.3.7- Calidad sensorial	78
3.3.8- Actividad de polifenol oxidasas (PPO)	83
Conclusiones	86
CAPÍTULO IV. EFECTOS DE DISTINTAS ATMÓSFERAS CONTROLADAS Y AGENTES ANTIPARDEANTES SOBRE PERAS ‘PACKHAM’S TRIUMPH’ MÍNIMAMENTE PROCESADAS	87
Resumen	88
Abstract	89
Introducción	90
Hipótesis y objetivos	92
Materiales y método	93
4.1- Materiales	93
4.2- Método	93
4.2.1- Determinaciones en frutos enteros (caracterización)	93
4.2.2- Procesamiento	94
4.2.2.1- Preparación de los cascos de pera	94
4.2.2.2- Soluciones utilizadas	94
4.2.2.3- Atmósferas utilizadas	94
4.2.2.4- Aplicación de los tratamientos	95
4.2.3- Parámetros evaluados en los cascos de pera	97
4.2.3.1- Determinación de la tasa respiratoria	97
4.2.3.2- Determinación de la producción de etileno	97
4.2.3.3- Parámetros de color	97
4.2.3.4- Firmeza	97
4.2.3.5- Parámetros químicos	98
4.2.3.6- Determinación de la calidad sensorial	98
4.2.3.7- Determinación de la actividad de polifenol oxidasas (PPO)	98

4.2.4- Diseño de experimento y análisis estadístico	98
Resultados y discusión	99
4.3.1- Caracterización de la fruta entera	99
4.3.2- Tasa respiratoria	100
4.3.3- Producción de etileno	102
4.3.4- Parámetros de color	103
4.3.5- Firmeza	110
4.3.6- Parámetros químicos	112
4.3.7- Calidad sensorial	116
4.3.8- Actividad de polifenol oxidasas (PPO)	120
Conclusiones	123
CAPÍTULO V. EFECTOS DE AGENTES ANTIPARDEANTES Y PERMEABILIDADES DE ENVASADO SOBRE PERAS ‘PACKHAM’S TRIUMPH’ MÍNIMAMENTE PROCESADAS, EN ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA	124
Resumen	125
Abstract	126
Introducción	127
Hipótesis y objetivos	129
Materiales y método	130
5.1- Materiales	130
5.2- Método	131
5.2.1- Determinaciones en frutos enteros (caracterización)	131
5.2.2- Procesamiento	131
5.2.2.1- Preparación de los cascos de pera	131
5.2.2.2- Soluciones utilizadas	131
5.2.2.3- Envasado en atmósfera modificada activa	131
5.2.2.4- Aplicación de los tratamientos	132

5.2.3- Parámetros evaluados en los cascos de pera	134
5.2.3.1- Determinación de la tasa respiratoria	134
5.2.3.2- Determinación de la producción de etileno	134
5.2.3.3- Parámetros de color	134
5.2.3.4- Firmeza	135
5.2.3.5- Parámetros químicos	135
5.2.3.6- Determinación de la calidad sensorial	135
5.2.3.7- Determinación de la actividad de polifenol oxidasas (PPO)	135
5.2.3.8- Determinación de fenoles totales	135
5.2.3.9- Determinación de capacidad antioxidante	136
5.2.3.10- Recuentos microbiológicos	136
5.2.4- Diseño de experimento y análisis estadístico	137
Resultados y discusión	138
5.3.1- Caracterización de la fruta entera	138
5.3.2- Tasa respiratoria	139
5.3.3- Producción de etileno	140
5.3.4- Concentración de gases	141
5.3.5- Parámetros de color	144
5.3.6- Firmeza	150
5.3.7- Parámetros químicos	152
5.3.8- Calidad sensorial	154
5.3.9- Actividad de polifenol oxidasas (PPO)	158
5.3.10- Contenido fenólico	160
5.3.11- Capacidad antioxidante	161
5.3.12- Calidad microbiológica	162
Conclusiones	165
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166
ANEXO 1	181

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1-Antecedentes generales

1.1.1- Características de la pera. La pera es una fruta popular entre los consumidores debido a su dulzura, frescura, fragancia y aroma ligero. Estas poseen una alta calidad nutricional y son una buena fuente de energía por su alto contenido en azúcares, ácidos, vitaminas y minerales. Todos estos compuestos tienen una importante función en la mantención de la calidad y determinación del valor nutritivo. Sin embargo la calidad, sabor y aroma son afectados por muchos factores, tales como: la variedad, factores climáticos, condiciones de suelo, manejo de huerto, entre otros (Chen *et al.*, 2007). Además, la pera presenta una buena disponibilidad durante el año, debido a sus buenas propiedades de conservación como fruta entera en atmósfera y condiciones controladas (Richardson *et al.*, 1997). En Chile existen aproximadamente 6.663 ha plantadas con perales (2009), con una producción de 210 mil toneladas (2004/2005), distribuidas principalmente entre las regiones de Valparaíso y el Maule (ODEPA, 2007). Las peras ocupan el cuarto lugar dentro de las exportaciones frutícolas nacionales (ODEPA, 2011) siendo el cv. Packham's Triumph el primero en importancia (Moggia *et al.*, 2005).

La pera 'Packham's Triumph' (PT), es el principal cultivar exportado por nuestro país, con un 49 % de participación de las exportaciones totales de esta especie (Moggia *et al.*, 2003; ODEPA, 2010). La duración en frío convencional (FC) de la pera PT podría extenderse por seis meses. En el caso de atmósfera controlada (AC), su capacidad de guarda puede alcanzar siete a ocho meses con concentraciones de 1-3 % de O₂; 0,5-2,5 % de CO₂ y a -1 a 0 °C (Kader, 2002; Richardson *et al.*, 1997), por lo que su disponibilidad en el mercado se extiende prácticamente todo el año desde mediados de enero hasta fines de octubre (Chileanfreshfruit, 2011).

No obstante, se trata de una especie que posee una alta concentración de compuestos fenólicos susceptibles a la oxidación enzimática. Estos compuestos fenólicos corresponden al ácido clorogénico, catequina y epicatequina, más otras formas oligoméricas de éstas y flavonoles. Dentro de todos estos compuestos se ha demostrado que la catequina y epicatequina son los mejores sustratos de las enzimas polifenol oxidasas (PPO) en peras responsables del pardeamiento enzimático. Además la pera se caracteriza por tener una pulpa rica en ácidos cinámicos, precursores de los fenoles (Walker, 1964; Rivas y Whitaker, 1973).

1.1.2- Definición de un producto mínimamente procesado en fresco. La definición más usada para los productos mínimamente procesados en fresco (MPF) es la propuesta por Wiley (1994), quien los describe como productos hortofrutícolas a los que se les ha modificado sólo ligeramente su apariencia original, mostrando un aspecto fresco tanto en sus características como en su calidad, y que mantienen sus tejidos vivos, aunque éstos no presentan las mismas respuestas fisiológicas que los vivos sin tratar, debido a las alteraciones sufridas. Artés (2000) propone la denominación de productos MPF, a los elaborados a partir de frutas, hortalizas o plántulas, que han sufrido uno o varios tratamientos suaves en su acondicionamiento y preparación para el consumo, en los que el hecho diferenciador clave reside en que el producto elaborado permanece vivo. Finalmente y según Pérez (2003) y para los propósitos de este estudio definiremos el término de frutas MPF como productos listos para comer o parcialmente preparados, que se caracterizan por presentar una fácil e inmediata utilización, estar libres de defectos, poseer un estado de madurez óptimo y unas características muy similares a la materia fresca. Este tipo de producto proporciona además a los consumidores la posibilidad de comprar porciones pequeñas de frutas de calidad alta y a los productores una apertura en los canales de comercialización. Según Montero - Calderón *et al.* (2009) estos productos no son sometidos a ningún tratamiento térmico para la destrucción de microorganismos, sino que sus tejidos mantienen sus funciones metabólicas activas hasta que llegan al consumidor final.

1.1.3- Consumo de productos MPF. En nuestros días, los cambios en los hábitos de los consumidores hacia un estilo de vida saludable ha llevado a una creciente demanda

por comida fresca, cómoda, libre de aditivos, con un alto valor nutricional, incluyendo antioxidantes y propiedades de eliminación de radicales libres. Dentro de este contexto los productos MPF, también conocidos como productos frescos cortados, pre-preparados, parcialmente procesados, recién cortados o ligeramente procesados, surgen como una alternativa a pesar de ser más costosos que el producto entero. Estos son más económicos para el usuario debido a su reducción en desperdicios y flexibilidad de uso (Cantwell y Suslow, 2007; Montero - Calderón *et al.*, 2009). Los productos MPF que actualmente se encuentran disponibles en los supermercados del país son principalmente productos hortícolas, como la lechuga, repollo, apio y zanahoria. Respecto a las frutas MPF, sólo se ha incursionado en la piña, una especie con poca propensión al pardeamiento. Sin embargo, en países desarrollados como EE.UU. se ofrece una gran variedad de mezclas de frutas MPF como sandías, uvas, kiwis y naranjas, destacando la manzana como una alternativa a las papas fritas en locales de comida rápida (Defilippi y Campos, 2006). Las frutas y hortalizas poseen una gran cantidad de antioxidantes naturales tales como flavonoides y otros compuestos fenólicos, cuyo consumo se asocia con bajas tasas de mortalidad relacionadas a enfermedades crónicas no transmisibles tales como: cáncer, enfermedades cerebro vasculares, hipertensión arterial, diabetes, entre otras. La actividad biológica de estos compuestos se basa en su capacidad para disminuir el daño oxidativo y secuestrar especies reactivas de oxígeno (O_2). Existe una gran variedad de agentes oxidantes, entre los cuales encontramos al O_2 , la comida, el agua o las propias actividades metabólicas celulares. Estos agentes oxidantes originan radicales libres que pueden reaccionar con lípidos, proteínas y ácidos nucleídos, provocando un daño oxidativo en las células que conduciría a un aumento del riesgo de verse afectados por una enfermedad crónica no transmisible (Parr y Bolwell, 2000). Por ello, es que se necesita ingerir estos compuestos antioxidantes para prevenir o retrasar el estrés oxidativo inducido por los radicales libres.

1.1.4- Desafíos de la industria del mínimo proceso en fresco. La industria del mínimo proceso en fresco (IMPF) ha surgido como una alternativa económica interesante frente al producto entero, pudiendo triplicar su precio debido al valor agregado que los diferencia de los commodities (FIA, 2005). Las ventas de ensaladas y

frutas MPF han crecido aproximadamente en US\$ 12 mil millones por año en el mercado de servicio de alimentos y al por menor de América del norte, representando casi un 15 % de todos los productos vendidos (Gorny, 2003). En los próximos años lo que se percibe es un crecimiento sin precedentes de la industria de frutas MPF y es por esta razón que los principales fabricantes han dirigido su desarrollo a estos productos. Sin embargo ellos deberán enfrentar nuevos desafíos técnicos para incluir nuevas frutas y mejorar su calidad de postcosecha. Las hortalizas MPF tienen un gran atractivo para los consumidores debido a su conveniencia y flexibilidad de uso, siendo su sabor deseable producido a menudo a través de condimentos o mezclas de productos, sin embargo la aceptación de frutas MPF se basa en el sabor inherente y la calidad textural que rara vez va con acompañamientos (Beaulieu y Gorny, 2001; Sapers y Miller, 1998), además del color, forma y aroma. Es por ello, que para las frutas es de gran importancia la selección de la variedad y el momento óptimo de procesamiento. Las frutas climatéricas como la pera, presentan un alza en la respiración, dependiendo de su estado de madurez y esto determinará sus características sensoriales y de vida útil (Defilippi y Campos, 2006). Por lo tanto, el desafío de la IMPF de frutas es de mantener una fruta MPF con calidad sensorial semejante a la fruta sin procesar. La mayoría de las nuevas técnicas de aplicación se basan en métodos combinados junto con el desarrollo de nuevos materiales de envasado y sistemas de control (Pérez, 2003).

1.2- Fisiología de las frutas MPF

La preparación de frutas MPF implica acciones de limpieza, lavado, pelado, trozado, envasado y tratamientos de inmersión en agentes antimicrobianos, inhibidores del pardeamiento enzimático y conservantes del ablandamiento. Como resultado de la preparación de estos productos MPF y principalmente debido al pelado y reducción de tamaño se originan cambios bioquímicos y deterioro microbiológico, los cuales provocan una reducción de la vida útil. Es por esto que se deben almacenar durante todo su período de vida útil entre 2 a 4 °C (Martín-Belloso *et al.*, 2006; Artés, Gómez y Artés-Hernández, 2007; Bruhn, 2007), con el fin de disminuir su metabolismo y deterioro.

El desarrollo de frutas MPF se ve limitado por su elevada tasa respiratoria como respuesta a los daños mecánicos sufridos durante el procesado. Es por esto que la modificación de las atmósferas de los envases mediante sistemas de envasado adecuados limita la tasa respiratoria de los productos MPF alargando significativamente su vida útil. No obstante las reacciones que llevan al deterioro del producto tales como deshidratación, pardeamiento o pérdida de textura se inician antes de que se alcance la atmósfera de equilibrio en el interior de los envases. Esto debido a que las películas plásticas disponibles en el mercado no presentan las características adecuadas de permeancia a los gases requeridas para los productos MPF con elevada tasa respiratoria (Oms-Oliu, 2008). Siendo la buena calidad sensorial y estabilidad microbiológica factores críticos para mantener una buena comercialización de estos productos (Martín-Belloso *et al.*, 2006).

1.2.1- Tasa respiratoria. La respiración es un proceso trascendental en el metabolismo de los productos hortofrutícolas, esta da energía a través del uso de esqueletos de carbono para las reacciones anabólicas que ocurren durante la maduración fisiológica y la mantención durante el almacenaje (Gomes *et al.*, 2010). La tasa respiratoria es afectada por la temperatura y la presión parcial de O₂, a mayores temperaturas y presiones parciales de O₂ se aumenta la tasa respiratoria (Fonseca *et al.*, 2002); Brecht (1995) señala que las reacciones metabólicas se reducen de dos a tres veces por cada 10 °C de disminución en la temperatura. En los frutos MPF las heridas aumentan la tasa respiratoria como respuesta a la lesión ocasionada y al etileno (C₂H₄) (Brecht, 1995). Para minimizar las elevadas tasas de respiración y actividades metabólicas se requiere de un estricto control de la temperatura y se debe considerar que a mayor grado de procesamiento se inducen mayores tasas de respiración y que trozos más pequeños inducen mayores grados de producción de etileno y como consecuencia mayores tasas de respiración (Bruhn, 2007). Mery (2011) observó en cubos, mitades y cascos de pera 'Packham's Triumph' almacenados a 5 y 8 °C que el almacenamiento a 5 °C en comparación al de 8 °C redujo la tasa respiratoria, además reportó que cubos y mitades presentaron en un inicio (días 1 a 4) las tasas respiratorias más altas.

1.2.2- Producción de etileno. La producción de C_2H_4 se estimula cuando los tejidos sufren un estrés, tales como las heridas mecánicas (Defilippi y Campos 2006; Salman *et al.*, 2009), también puede ser inducido por diversas presiones ambientales, ciertos productos químicos y maduración de frutos (Yang y Hoffman, 1984). Adams y Yang (1979) estudiaron que la biosíntesis de C_2H_4 queda establecida en los tejidos de fruta por la siguiente ruta de biosíntesis: metionina - SAM^1 - ACC - C_2H_4 . El C_2H_4 contribuye a la síntesis de enzimas involucradas en la maduración de la fruta, como ablandamiento de pulpa, cambios de color de piel de fruto, y desarrollo de sabor y aroma del mismo (Razeto, 2006; Moggia *et al.*, 2003), además de promover el proceso respiratorio (Razeto, 2006). La emisión de C_2H_4 varía dependiendo del tipo de fruta, esto es de especial interés al enfrentarse a una fruta MPF climatérica, como la pera, puesto que presentan un alza en la tasa respiratoria con respecto a otras que no la presentan y por ende no experimentan un cambio marcado en sus características de calidad de postcosecha (Pérez, 2003; Defilippi y Campos 2006). Silveira *et al.* (2007) reportaron en tajadas, trapecios y cilindros de melón 'Galia' MPF almacenados a 5 °C que aquellos cortados en cilindros presentaron mayores tasas de respiración y producción de C_2H_4 .

1.2.3- Pardeamiento enzimático. La alteración del color en los productos hortofrutícolas se asocia principalmente con el pardeamiento enzimático, siendo uno de los principales factores que limitan la vida útil de los productos MPF (Oms-Oliu *et al.*, 2010). El corte daña la compartimentalización de los tejidos, provocando la interacción de las enzimas polifenol oxidasas (PPO) del citoplasma y cloroplastos con los compuestos fenólicos de las vacuolas. Este daño, la interacción sustrato enzima y la presencia de oxígeno (O_2) gatillan el desarrollo de pardeamiento enzimático. El pardeamiento enzimático es un fenómeno que ocurre en 2 etapas, una catalizada por enzimas y otra posterior no enzimática. La primera consiste en la conversión de monofenoles en quinonas. Esta tiene lugar en dos fases, una hidroxilación de monofenoles en difenoles, y luego una oxidación de estos difenoles en quinonas. Estas dos actividades consecutivas son realizadas por las polifenol oxidasas (PPO) a través del cobre (Cu^{+2}) que poseen y junto a la presencia de oxígeno (O_2). En la segunda etapa, de carácter no enzimático, regulada exclusivamente por las condiciones de temperatura y pH, las quinonas producidas en la primera etapa son inestables y

reactivas; estas condensan combinándose con otros grupos amino o sulfhidrilo de las proteínas y con agentes reductores; dando origen a polímeros pardos, rojizos o negros, de alto peso molecular llamados melaninas (Pérez, 2003; He y Luo, 2007; Rivas y Whitaker, 1973; Miyawaki, 2006; Rojas Graü, 2006). Paralelamente el estrés y las heridas producidas estimulan el incremento en la producción de etileno (C_2H_4) como consecuencia de las altas tasas de respiración, que inducen un aumento en la actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) la cual actúa en la primera ruta de los fenilpropanoides, dando lugar a los distintos compuestos fenólicos, sustratos de la reacción de pardeamiento enzimático (Arias, 2007). La generación de estos compuestos fenólicos y su interacción con las PPO provoca un descenso en el parámetro de color luminosidad (L) asociado a un aumento de coloraciones cafés, esto ha sido reportado en cascos de pera, manzana y mango (Saavedra, 2010; Paredes 2010 y Dea *et al.*, 2010).

1.2.4- Ablandamiento. El ablandamiento de las frutas MPF se ve afectado por la actividad de las enzimas hidrolasas. Esta actividad enzimática en los tejidos es una respuesta a las heridas provocadas durante el pelado y cortado que a su vez argumentan la proliferación microbiana. Las heridas inducen cambios en la permeabilidad y flujo de solutos que modifican las condiciones del Ca^{+2} y otras condiciones apoplásticas contribuyendo al acelerado catabolismo de la pared y membrana celular modificando la textura. La modificación textural está asociada a enzimas que participan en la desintegración y despolimerización de la pectina como la poligalacturonasa (PG), las galactosidasas (GL) y pectin-metilesterasas (PME) inducidas por el C_2H_4 (Karakurt y Huber, 2003).

1.2.5- Calidad microbiológica. Durante las primeras fases del mínimo proceso, la piel de las frutas que sirve de protección natural, es generalmente eliminada y por lo tanto las frutas pasan a ser altamente susceptibles a la descomposición microbiana (Martín-Belloso *et al.*, 2006). Los cambios en la población microbiológica en el envasado de un producto MPF son esperados debido a las condiciones de alta humedad dentro del envase y presencia de grandes superficies cortadas que dan una fuente rica de nutrientes como azúcares, creando un ambiente favorable para el crecimiento de

microorganismos. La temperatura, humedad relativa, atmósfera y factores intrínsecos como pH, contenido de agua y nutrientes influyen fuertemente en el tipo y tasa de crecimiento de los microorganismos presentes. En la mayoría de las frutas debido a su bajo pH el principal crecimiento típico consiste en hongos y levaduras (Oms-Oliu *et al.*, 2010; Pérez, 2003). Por otro lado, los microorganismos predominantemente asociados con trastornos en hortalizas MPF son bacterias (i.e. *Pseudomonads spp*) (Pérez, 2003).

1.2.6- Calidad sensorial. La aceptación del consumidor hacia las frutas MPF se basa principalmente en el sabor y textura propia del producto (Beaulieu y Gorny, 2001), además de la forma y color. Es bien sabido en la industria alimentaria que la concentración de sólidos solubles (CSS) es generalmente relacionada positivamente con un sabor deseable. Sin embargo, en ocasiones una CSS alta puede ser percibida negativamente. La dulzura, firmeza de pulpa y sabor son importantes características para la calidad de frutas MPF (Beaulieu y Gorny, 2001). La acidez titulable (AT) y CSS también han sido usados para evaluar la calidad de frutas MPF a través de la relación AT:CSS. En la IMPF la calidad sensorial de los productos disminuyen de acuerdo con el tiempo de almacenamiento, ocurriendo una pérdida de sabor debido al consumo de ácidos y azúcares por la respiración (Silveira *et al.*, 2007), pardeamiento por la actividad enzimática de fenoles con PPO (Oms-Oliu *et al.*, 2010) y ablandamiento por acción de las enzimas hidrolasas (Karakurt y Huber, 2003).

1.3-Técnicas de conservación para peras MPF

1.3.1- Almacenamiento refrigerado. Una de las medidas normalmente usadas para controlar la actividad enzimática de productos frescos es el uso bajas temperaturas durante el manejo, el procesamiento y el almacenamiento de frutas y hortalizas MPF. A temperaturas bajas, no sólo se reducen o inactivan las actividades enzimáticas que son responsables del pardeamiento, de manera que se preserve la calidad del producto, sino que además las velocidades metabólicas descienden significativamente, ambos efectos contribuyen a incrementar la vida útil del producto MPF (Pérez, 2003).

1.3.2- Inmersiones en soluciones antipardeantes. Este método es la forma más común de controlar el pardeamiento en frutas MPF después de haberlas pelado y/o cortado. Estos tratamientos pueden afectar a la enzima PPO o sus sustratos (Martínez y Whitaker, 1995). Alvarez-Parrilla *et al.* (2007) evaluaron la inhibición de la enzima PPO en cascos de manzanas 'Red delicious' a 4 °C usando inhibidores del sitio activo de la enzima como β -ciclodextrina (β -CD), 4-hexilresorcinol (HR) y metil jasmonato (MJ), siendo éstos dos últimos más efectivos. Estos autores concluyeron que HR tiene la mayor fuerza inhibitoria seguido de β -CD y MJ. Además concluyeron que HR junto con β -CD tienen un efecto sinérgico en la inhibición del pardeamiento, debido a una inhibición competitiva por parte de HR y la reducción de sustrato libre por la formación de complejos entre los polifenoles y β -CD. Rojas-Graü *et al.* (2006) señalan que el uso de HR, N-acetilcisteína (N-C), glutatión y ácido ascórbico (AA) en forma separada o conjunta en cascos de manzana 'Fuji' almacenados en bolsas plásticas en aire mantienen estable el descenso del parámetro luminosidad (L) comparado con el descenso significativo observado en el tratamiento testigo durante 14 días de almacenamiento refrigerado de 1 a 4 °C. De igual forma Buta *et al.* (1999) observaron en cascos de manzana 'Red Delicious' que el uso combinado de HR, N-C, AA y propionato de calcio en aire a 5 °C previno el pardeamiento enzimático por 5 semanas.

1.3.3- Modificación atmosférica. Para cualquier producto se deben determinar las concentraciones óptimas de O_2 y CO_2 con el fin de reducir la respiración, tasa de producción y acción del C_2H_4 , retrasando la maduración y senescencia, como también reducir la tasa de crecimiento de patógenos (Kader, 2002). Tanto las atmósferas modificadas (AM) como las atmósferas controladas (AC) consisten en la eliminación o adición de gases para crear una composición atmosférica alrededor del producto que difiera de aquella del aire. Usualmente esto involucra la reducción de O_2 y/o el aumento de CO_2 . Gomes *et al.* (2010), observaron en cascos de peras 'Rocha' envasados herméticamente en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) que la concentración de O_2 al cual la respiración es la mitad de su máximo fue similar o ligeramente superior al nivel de la fermentación; sugiriendo por medio de este estudio que la tecnología del envasado en atmósfera modificada tiene una aplicabilidad limitada hacia la extensión de la vida útil de peras 'Rocha' MPF. Gorny *et al.* (2002), evaluaron el efecto de distintas

AC sobre cascos de peras 'Bartlett'. Estos autores concluyeron que bajas concentraciones de O₂ (0,25 a 0,5 %) o elevadas concentraciones de CO₂ (aire + 5, 10 o 20 % CO₂) u O₂ súper atmosférico (40, 60 u 80 %) por sí solos no previnieron eficazmente el pardeamiento en la superficie de corte y la pérdida de firmeza en los cascos de pera. Por tanto, las concentraciones de O₂ en las atmósferas modificadas para fruta MPF se pretende que sean bajas, no superiores a 5 %, aunque es necesario un nivel mínimo de O₂ que evite problemas de anoxia, activación de vías fermentativas y crecimiento de microorganismos anaerobios (Oms-Oliu, 2008). Se ha demostrado que concentraciones altas en CO₂ (5 a 20 %) pueden tener actividad antimicrobiana debido principalmente a la reducción del pH y a la interferencia con el metabolismo celular (Brackett, 1997). No obstante, concentraciones excesivas de CO₂ resultan perjudiciales para los tejidos vegetales, desarrollándose olores desagradables (Kader, 1989).

1.3.4- Inmersiones en soluciones de calcio y/o tratamientos térmicos. La firmeza de las frutas MPF puede ser preservada por aplicación de tratamientos con sales de calcio y/o acompañado de altas temperaturas. Saavedra (2011) aplicó tratamientos térmicos a 50 °C por 15 min, demostrando que estos tratamientos son eficientes en la retención de la firmeza de la pulpa durante 5 días en cascos de pera PT almacenada en aire a 5 °C.

CAPÍTULO II

**EFFECTOS DE DISTINTOS AGENTES ANTIPARDEANTES SOBRE PERAS
'PACKHAM'S TRIUMPH' MÍNIMAMENTE PROCESADAS.**

Resumen

Las operaciones unitarias involucradas en la obtención de frutas mínimamente procesadas en fresco (MPF) limitan su vida útil, debido a un aumento en la tasa respiratoria, respuesta y producción de etileno, y pardeamiento enzimático. En el presente estudio se evaluó la inmersión de cascos de peras 'Packham's Triumph' (PT) en ácido cítrico (AC) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), ácido ascórbico (AA) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), L-cisteína (C) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) almacenados a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ por 8 días en atmósfera modificada pasiva. Los tratamientos empleados fueron: testigo en agua; AC + AA + C; AC + C + EDTA; AA + C + EDTA; AC + AA + EDTA; AC + AA + C + EDTA. Se evaluó la tasa respiratoria, color, firmeza, parámetros químicos, calidad sensorial y actividad de las polifenol oxidasas (PPO). Luego del procesamiento (1 a 4 h) todos los cascos presentaron tasas respiratorias altas ($23,2$ a $36,2 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) con respecto al fruto entero ($6,9 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). Luego de 6 días no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($6,7$ a $10 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). En el día 1, los cascos sin C (testigo y con AC + AA + EDTA) presentaron valores de luminosidad (L) de 73,4 y 74 respectivamente; los cascos con C presentaron los valores más altos en un rango de 77,3 a 78,3. Tras 8 días, los cascos testigo y AC + AA + EDTA, presentaron valores de L de 73,8 y 70,8 respectivamente y los cascos con C presentaron los valores de 74,1 a 75,6. Comportamiento similar a la L fue observado en la actividad de la PPO; los cascos con C presentaron la menor actividad con valores entre 1,3 a $2,7 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$, comparado con los cascos sin C que presentaron los valores de 3,4 a $3,9 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$. En calidad sensorial los tratamientos mejor evaluados fueron: AC + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para los parámetros de firmeza y químicos. Se concluyó que los tratamientos con C, fueron los más efectivos en disminuir el pardeamiento enzimático de la fruta.

Palabras clave: pardeamiento, enzimas, sustratos, luminosidad, antipardeantes.

Abstract

New eating habits and current lifestyle with little time to prepare balanced meals, have caused a demand for natural, fresh, healthy and ready to consume products as minimally processed fruits (MPF), also known as fresh-cut fruits, becoming fresh-cut pears an interesting alternative. The unit operations involved in obtaining these products limit their life, due to an increase in respiratory rate, ethylene synthesis and response, and as well as initiate enzymatic browning reactions by the contact of enzymes with substrates located in different parts prior cutting. In the present study, fresh-cut pears dipping in: citric acid (CA) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), ascorbic acid (AA) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), L-cysteine (C) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) was evaluated, during 8 days at 5°C . The treatments used were: control on water; CA + AA + C; CA + C + EDTA; AA + C + EDTA; CA + AA + EDTA; CA + AA + C + EDTA. Respiratory rate, firmness, chemical and color parameters, sensory quality and polyphenol oxidase activity (PPO) were evaluated. A completely randomized design was used, with six treatments and variance analyses with a 5 % of significance were used. After processing (1-4 h) all slices had higher respiration rates ($23,2$ to $36,2 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) compared with the whole fruit ($6,9 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). After 6 days, there were not significant differences between treatments ($6,7$ to $10 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). On day 1, slices control and CA + AA + EDTA (without C) presented lightness (L) values of 73,4 and 74 respectively. Slices with C presented higher values from 77,3 to 78,3. Then on day 8 slices control and CA + AA + EDTA, showed values of 73,8 and 70,8 respectively and slices with C had the highest values from 74,1 to 75,6. Similar behavior was observed in the PPO activity. Slices with C had the lowest activity with values ranging from 1,3 to 2,7 $\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$, contrary to slices with C slices without C presented 3,4 to 3,9 $\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$ values. On the visual aspect slices with AC + C + EDTA and AC + AA + C + EDTA were the better evaluated. Antibrowning agents did not influence the chemical and firmness parameters. And it was concluded that treatment with C, were most effective in reducing enzymatic browning.

Keywords: fresh-cut, antibrowning, enzymatic browning, polyphenol oxidase, lightness.

Introducción

La industria de la fruta MPF ha crecido rápidamente en las últimas dos décadas en los países industrializados, debido a los cambios en los hábitos alimenticios. Los motivos del desarrollo de esta industria también denominada cuarta gama son: el escaso tiempo que existe para preparar comidas equilibradas, frescas, naturales, y saludables, que estén dispuestas para ser consumidas (Artés Hernández *et al.*, 2009). El éxito de la elaboración de estas frutas MPF depende de la calidad de la materia prima, la cual es influenciada por: el genotipo, terreno, condiciones climáticas, prácticas culturales, época y tipo de cosecha, y manejo de postcosecha (Silveira, 2010). Silveira (2010) propone que la variedad óptima queda definida por las características organolépticas, valor nutricional, resistencia a fisiopatías y enfermedades, producción, disponibilidad estacional y conservabilidad. Sin embargo, todas tienen el obstáculo de presentar una corta vida útil debido al rápido deterioro de los tejidos, como consecuencia de las operaciones de pelado y cortado, entre otras induciendo el pardeamiento enzimático, ablandamiento de los tejidos, pérdida de agua, contaminación microbiológica, aumento de la tasa respiratoria y producción de etileno, que culminan con el deterioro de la calidad de las frutas MPF (Silveira, 2010; Pérez, 2003; Defilippi y Campos, 2006).

El pardeamiento enzimático es una de las principales alteraciones que limitan la vida útil de estos productos, provocado por la pérdida de compartimentalización celular y el rompimiento de las membranas celulares como consecuencia del corte, que permite la aparición de colores pardos debido a la acción de la polifenol oxidasa (PPO) de localización citoplasmática sobre los compuestos fenólicos ubicados en la vacuola (Arias *et al.*, 2005; Defilippi y Campos, 2006; Dorantes-Álvarez y Chiralt, 2000). Para que el pardeamiento enzimático suceda se requiere de la enzima PPO, cobre en el sitio activo, compuestos fenólicos, disponibilidad de O₂ en el tejido, pH y temperatura adecuada. Estos factores determinan la velocidad de pardeamiento (Pérez, 2003; He y Luo, 2007). El pH óptimo en que el cobre de la enzima PPO cataliza eficazmente la reacción es del rango 6,5 a 7 (Oms-Oliu *et al.*, 2010; Sun *et al.*, 2008). Y la temperatura en que cataliza eficazmente es de 30 a 35 °C (Sun *et al.*, 2008).

Para el control del pardeamiento enzimático todas las técnicas intentan eliminar uno o más de alguno de los componentes esenciales para la reacción (O_2 , enzima, cobre, o el sustrato) de pardeamiento. Los métodos más comunes para ayudar a mantener el color inicial son el envasado en atmósfera modificada (EAM) que reduce las concentraciones de O_2 al interior del envase, inmersión en agentes antipardeantes y el almacenamiento refrigerado (He y Luo, 2007). Además, el uso del EAM implica una barrera para el movimiento del vapor de agua ayudando a mantener una alta humedad relativa y turgor de las frutas y hortalizas MPF (Zagory y Kader, 1988).

En el presente trabajo se evaluó el efecto de 4 agentes antipardeantes: ácido cítrico (AC) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), ácido ascórbico (AA) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), L-cisteína (C) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Estos se pueden clasificar según su modo de acción sobre la PPO, sus sustratos o sobre sus productos de reacción, pudiendo ser su efecto temporal, irreversible o reversible (Weemaes *et al.*, 1999). Los ácidos cítrico y ascórbico son agentes que modifican el intervalo de pH en que la enzima PPO actúa, a través de la acidificación del medio; por ello se han clasificado bajo el nombre de agentes acidulantes, además actúan también como agentes quelantes de los átomos de Cu^{+2} en el sitio activo de la PPO (He y Luo, 2007). Asimismo, el ácido ascórbico se ha clasificado también como agente reductor al reducir las quinonas a compuestos incoloros; Dong *et al.* (2000) evaluaron la vida útil de cascos de pera 'Anjou' sometidos a una inmersión en AA ($10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y lactato de calcio ($10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) observando que esta combinación los mantenía libre del pardeamiento enzimático almacenados a una temperatura de 2 a 5 °C por 30 días. La L-cisteína es un aminoácido no esencial sulfurado derivado de la metionina, que se ha clasificado como un agente reductor, reduciendo las quinonas a difenoles de baja coloración. Oms-Oliu *et al.* (2008) evaluaron cascos de peras 'Flor de invierno' con recubrimientos comestibles y agentes antipardeantes almacenados a 4 °C por 14 días, y observaron que la incorporación de N-acetilcisteína ($7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y de glutatión ($7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) en las soluciones redujeron el crecimiento microbiano y pardeamiento enzimático por dos semanas en comparación a los cascos que no contenían agentes antipardeantes. El EDTA se ha catalogado como un agente quelante debido a que una de sus acciones está en el formar complejos altamente estables al secuestrar iones de Cu^{+2} del sitio activo de la enzima (Pérez,

2003). Pérez-Cabrera *et al.* (2011) almacenaron por 25 días a 4 °C cascos de pera 'Blanquilla' impregnadas al vacío con agentes antipardeantes y concluyeron que el agente EDTA ($4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) no fue un agente antipardeante efectivo.

La utilización de mezclas de varios agentes al mismo tiempo puede promover un mecanismo de acción sinérgica. Estos mecanismos de acción implican la penetración en el tejido y alteración del sitio activo de la PPO, disminución del pH y la aparición de procesos competitivos entre inhibidores-enzima-sustratos (Pérez, 2003). De acuerdo a los antecedentes antes mencionados es interesante evaluar los efectos de diferentes combinaciones de agentes antipardeantes sobre la calidad y vida útil de las peras MPF.

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

Inmersiones de combinaciones de agentes antipardeantes son efectivas en inhibir el pardeamiento enzimático en cascos de pera 'Packham's Triumph'.

Objetivos

Evaluar el efecto de la combinación de cuatro agentes antipardeantes sobre: tasa respiratoria, parámetros físicos y químicos, calidad sensorial y actividad de la polifenol oxidasa.

Materiales y método

El presente estudio consistió en la evaluación de distintas combinaciones de agentes antipardeantes sobre cascos de pera 'Packham's Triumph' (PT). Se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y fue financiado por el proyecto D0711026 FONDEF – CONICYT, Chile.

2.1- Materiales

Se utilizaron frutos de peras PT suministrados por la empresa Inversiones Kiwi del Sur Ltda; provenientes de un huerto comercial ubicado en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, provincia de Colchagua, comuna de San Fernando, cosechadas en el mes de marzo de 2010. Los índices de cosechas fueron concentración de sólidos solubles y firmeza de pulpa, con valores recomendados de 13-14 °Brix y 7,7-8,2 kg de acuerdo con Gil y Zoffoli (1989). Una vez cosechada la fruta, esta se almacenó en frío convencional (FC) (0 °C y 90-95 % de humedad relativa (HR)) por 50 días.

Se utilizaron como agentes antipardeantes el ácido cítrico (AC) (Winkler, México), el ácido ascórbico (AA) (Calbiochem, China), la L-cisteína (C) (Biogerm, Portugal) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (Winkler, España). Las soluciones se prepararon empleando agua potable, en recipientes de acero inoxidable de 50 L. Los cascos se envasaron en bolsas plásticas transparentes (PD961, Cryovac, Victoria, Australia) con una permeabilidad al O₂ y CO₂ de 6.000 - 8.000 y 19.000 - 22.000 mL·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C respectivamente. Las dimensiones de las bolsas fueron 0,205 m x 0,135 m hasta alcanzar los 200 ± 5 g.

2.1.1- Cálculo permeabilidad de bolsa

Con el fin de diseñar un envase adecuado para prolongar la vida útil de los cascos se calculó la permeabilidad del envase para el O₂ considerando la tasa respiratoria de las peras, concentración de gases esperada dentro del envase, superficie del envase y masa de las peras a través de un modelo matemático planteado por Artés (1976, citado por Escalona, 2003) de siguiente fórmula:

Permeabilidad al O₂:

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

$$y = \frac{RO_2 \cdot M \cdot 24}{S \cdot (0,21 - O_{2envase})} \quad (1)$$

En donde:

- RO₂: tasa respiratoria de los cascos de pera [mL O₂·kg⁻¹·h⁻¹]
- M: masa [kg]
- S: superficie del envase [m²]
- 0,21: concentración de O₂ atmosférico [%]
- O_{2env}: concentración de O₂ esperada dentro del envase [%]
- 1/24: conversión de horas a días [d/h]
- y: permeabilidad al O₂ del envase [mL·m⁻²·d⁻¹]

Según lo reportado por otros autores (Kader, 2002; Sepúlveda, 2010; Saavedra, 2011 y Mery 2011) en cascos de pera se determinó que la tasa respiratoria es de 6 a 8 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹; Kader (2002) recomienda una atmósfera para cascos de pera de 0,5 % de O₂ y <10 % de CO₂. En este modelo se asumió un coeficiente respiratorio (relación entre la producción de CO₂ y el consumo de O₂) igual a la unidad (Varoquaux y Wiley, 1997; Fonseca *et al.*, 2002) escogiendo una tasa de 8 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Se confeccionaron bolsas de 0,205 x 0,135 m (0,027 m²) para una cantidad de 200 g (0,2 kg) de cascos de pera.

De acuerdo con los datos:

- RCO_2 : 8 mL $CO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ (13 mg $CO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$)
- RO_2 : 6 mL $O_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ (13 mg $O_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$)
- M: 0,2 kg
- S: 0,027 m²
- O_{2env} : 0,5 %

Reemplazando los valores correspondientes en **(1)**, se tiene la permeabilidad al O_2 de:

$$y = \frac{8 \text{ [mL } O_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}] \cdot 0,2 \text{ [kg]} \cdot 24 \text{ [h/d]}}{0,027 \text{ [m}^2\text{]} \times (0,21 - 0,005)}$$

$$y = 6.937 \text{ [mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}\text{]} O_2$$

A partir de los resultados obtenidos, se escogió la bolsa plástica modelo PD-961, ya que tiene una permeabilidad para el O_2 que se encuentra dentro del rango deseado (6.000 – 8.000 mL $O_2 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1} \cdot atm^{-1}$ a 23 °C).

2.2- Método

2.2.1- Determinaciones en frutos enteros (caracterización)

Un día previo al procesamiento se caracterizó una muestra de 20 frutos representativos, a los que se les determinó: peso, diámetros ecuatorial y polar, colores de piel y pulpa, firmeza de pulpa, acidez titulable (AT), pH y sólidos solubles (SS).

2.2.1.1- Peso de los frutos: se determinó con una balanza electrónica de precisión, con una sensibilidad de 0,1 g, modelo BJ 2100D (Precisa Instrument, Dietikon, Suiza). Los resultados se expresaron en g.

2.2.2.2- Diámetro polar y ecuatorial: el tamaño de los frutos se evaluó con un pie de metro (Bulls Tools, EE.UU.), en la zona ecuatorial y longitudinal del fruto. Los valores

se expresaron en cm.

2.2.2.3- Parámetros de color

Color de piel: el color de piel se evaluó con un colorímetro portátil tri-estímulo modelo CR300 (Minolta, Japón) con una fuente iluminante D_{65} , calibrado con estándares de color, y con un ángulo observado de 0° utilizando el sistema CIE L a^*b^* . Los resultados se expresaron en valores de luminosidad (L), a^* , saturación (C^*) y tono (H_{ab}) que fueron calculados a partir de las siguientes fórmulas: $H_{ab} = \arctg(b^*/a^*)$ y $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (Rocha y Morais, 2003). La evaluación se realizó a nivel de la zona ecuatorial en lados opuestos del fruto.

Color de pulpa: se determinó de la misma forma que el color de piel, cortando los frutos longitudinalmente en dos mitades con un cuchillo de filo liso. La medición se realizó en ambas partes de la zona central de la pulpa, por medio del colorímetro tri-estímulo y metodología descrita anteriormente.

2.2.2.4- Firmeza de pulpa: se determinó con un texturómetro FTA, (Fruit Texture Analyser, GS-14, Guüs, Italia), utilizando un émbolo de 7,9 mm de diámetro. Las mediciones se realizaron en la zona ecuatorial en ambas caras del fruto con la previa remoción de la piel. Los resultados se expresaron en kg-f.

2.2.2.5- Parámetros químicos

Sólidos solubles (SS): se obtuvo a partir de una muestra representativa de jugo de 5 frutos, mediante un refractómetro termo-compensado modelo RHB32ATC (Atago, Japón) y sus resultados fueron expresados en porcentaje de sólidos solubles (SS).

Acidez titulable (AT) y pH: la AT y pH se determinaron a partir de una muestra de jugo representativa de 5 frutos. Ambas mediciones se determinaron con un potenciómetro pH21 (Hanna instrument, Padua, España). La AT se obtuvo mediante la titulación de 10 mL de jugo con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2 a

8,3 y los resultados se expresaron como porcentaje de ácidos orgánicos.

2.2.2- Procesamiento

2.2.2.1- Preparación de los cascos de pera

Desde la cámara de almacenamiento a 0 °C y 95 % HR la fruta se llevó a una sala de procesamiento limpia y acondicionada para su manipulación. Se trabajó a una temperatura cercana a los 8 °C y los operadores usaron delantal, guantes, mascarilla y cofia.

Luego los frutos fueron sumergidos en una solución de agua potable con 150 mg·L⁻¹ de hipoclorito de sodio a 5 °C, durante 5 minutos. Posteriormente cada fruto se peló manualmente con cuchillos de filo liso, y se realizaron en ellos 4 cortes longitudinales con un descorazonador / rebanador de manzana de acero inoxidable (Norpro), para la obtención de 8 cascos a los que se les removió la cavidad calicinal.

2.2.2.2- Solución de agentes antipardeante

Para las soluciones se utilizaron cuatro agentes antipardeante: ácido ascórbico (AA) (Calbiochem, China), 2 g·L⁻¹; ácido cítrico (AC) (Winkler, México), 2 g·L⁻¹; L-cisteína (C) (Biogerm, Portugal) 2 g·L⁻¹ y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (Winkler, España) 1 g·L⁻¹. Los compuestos se solubilizaron en 30 L de agua potable a 5 °C, en las siguientes combinaciones: AC + AA + C; AA + C + EDTA; AC + C + EDTA; AC + AA + EDTA y AC + AA + C + EDTA.

2.2.2.3- Aplicación de los tratamientos

Una vez obtenidos los cascos, éstos se sumergieron en una solución de agua potable a 5 °C durante 3 minutos. Luego se drenaron por 3 minutos sobre una malla de acero inoxidable y a continuación se sumergieron en las soluciones de agentes antipardeante

durante 5 minutos para posteriormente drenarlos por 3 minutos sobre la malla de acero inoxidable. Después los cascos fueron envasados en bolsas plásticas (PD961, Cryobac, Victoria, Australia) con una permeabilidad al O₂ y CO₂ de 6.000-8.000 y de 19.000-22.000 mL m⁻² d⁻¹ atm⁻¹ a 23 °C respectivamente, hasta alcanzar los 200 g. Las dimensiones de las bolsas fueron de 0,205 x 0,135 m. Estas se almacenaron a 5 °C por un período de 8 días. La Figura 2.1 muestra el diagrama de flujo para el procesamiento mínimo, la obtención de los cascos y la aplicación de los tratamientos.

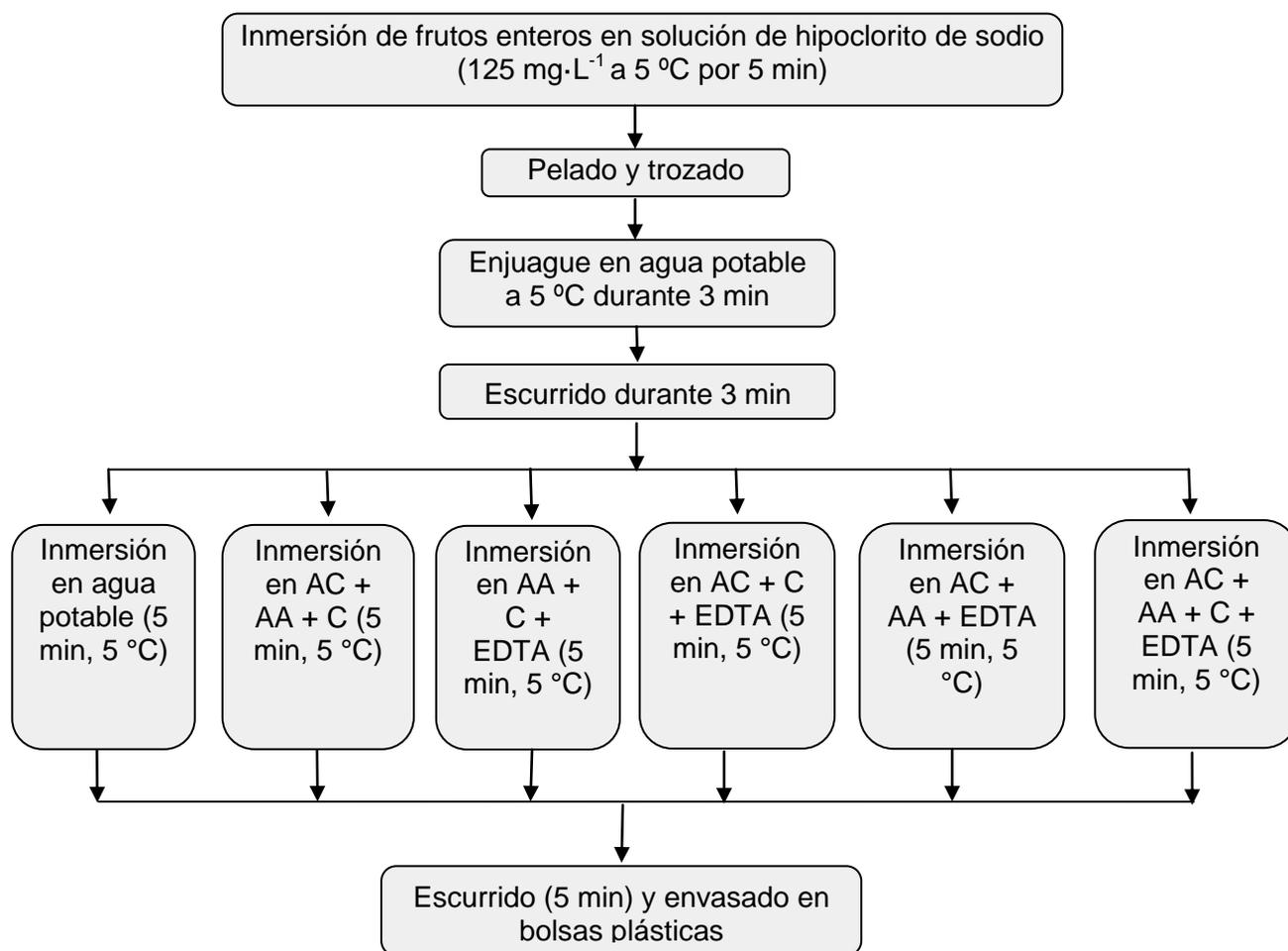


Figura 2.1. Diagrama de flujo del procesamiento mínimo de peras 'Packham's Triumph'. Con cuatro distintos agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico (2 g·L⁻¹), AA: ácido ascórbico (2 g·L⁻¹), C: L-cisteína (2 g·L⁻¹) y EDTA: ácido etilendiaminotetraácetico (1 g·L⁻¹).

El estudio constó de 6 tratamientos de soluciones de compuestos inhibidores del pardeamiento enzimático. Estos inhibidores fueron empleados en forma combinada. En el cuadro 2.1 se muestra la concentración de cada compuesto utilizado para los distintos tratamientos, junto con el pH alcanzado por la solución.

Cuadro 2.1. Concentraciones y pH de soluciones de agentes antipardeante utilizadas en cascos de pera 'Packham's Triumph' almacenados a 5 °C durante 8 días.

Tratamiento	Ácido ascórbico (AA) g·L ⁻¹	Ácido cítrico (AC) g·L ⁻¹	L-Cisteína (C) g·L ⁻¹	EDTA g·L ⁻¹	pH
T1	0	0	0	0	7,2
T2	2	2	2	0	2,2
T3	2	0	2	1	2,5
T4	0	2	2	1	2,4
T5	2	2	0	1	2,9
T6	2	2	2	1	2,4

2.2.3- Parámetros evaluados en los cascos de pera

Las evaluaciones físicas, químicas y sensoriales se realizaron en los días 1, 4, 6 y 8, la evaluación metabólica se realizó en los días 0, 1, 4, 6 y 8, y las evaluaciones bioquímicas en los días 1 y 8 de almacenamiento a 5 °C.

2.2.3.1- Determinación de la tasa respiratoria: se realizó mediante un sistema estático en aire a 5 °C, colocando ± 200 g de cascos en frascos de vidrio herméticos de 505 ± 10 mL, provistos de un septum de goma en su tapa a través del cual se extrajo la muestra de gases, se montaron 3 repeticiones correspondientes a cada tratamiento. Además de 3 repeticiones de fruto entero (1 fruto por frasco). Al cabo de 1 a 2 horas, con una jeringa de plástico de 10 mL (Nitro, Argentina) se extrajo una muestra de aire desde el frasco, la cual se inyectó en un cromatógrafo de gases provisto de un detector de conductividad térmica y una columna Porapak QN 80/100 (Hewlett Packard 5890 Series 2, EE.UU). La temperatura del inyector, horno y detector fueron de 50, 50 y 200 °C, respectivamente. Se utilizó gas helio como gas transportador a una presión de 50

psi. Los resultados fueron expresados en $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Cada día el equipo se calibro con un estándar de un 1% de CO_2 (Indura, Santiago, Chile).

Para determinar los $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ se empleo la siguiente expresión:

$$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{\Delta \text{CO}_2 \%}{100} \cdot \frac{\text{volumen libre (mL)}}{\text{peso de la muestra (kg)}} \cdot \frac{1}{\text{tiempo (h)}} \cdot \frac{1,94}{1}$$

2.2.3.2- Parámetros de color: se realizó con un colorímetro portátil tri-estímulo siguiendo la metodología descrita para las determinaciones en frutos enteros (Sección 2.2.2.3). La evaluación se realizó en la zona media de ambas caras laterales de cada casco. El color se expresó en valores de luminosidad (L), saturación (C^*), y tono (H_{ab}).

2.2.3.3- Firmeza: se determinó con un texturómetro FTA, (Fruit Texture Analyser, GS-14, Guüs, Italia), siguiendo la metodología descrita para las determinaciones en frutos enteros. Las mediciones se realizaron en el centro de la cara exterior de cada casco. Los resultados se expresaron en kg-f.

2.2.3.4- Parámetros químicos

Sólidos solubles (SS): se obtuvo a partir de una muestra de jugo de cada repetición, mediante un refractómetro termo-compensado modelo RHB32ATC (Atago, Japón). Los resultados se expresaron en porcentaje de sólidos solubles.

Acidez titulable (AT) y pH: la AT y el pH se obtuvieron a partir de una muestra de jugo de cada repetición. Ambos se determinaron con un potenciómetro pH21 (Hanna instrument, Padua, España), siguiendo la metodología descrita para las determinaciones en frutos enteros.

2.2.3.5- Determinación de la calidad sensorial: se utilizó el método de análisis descriptivo-cuantitativo, aplicado a un panel de 12 jueces semi-entrenados, usando una pauta de 0 a 15 cm. Se evaluaron los aspectos visuales y gustativos. Dentro del

aspecto visual se evaluó la apariencia y pardeamiento y en el aspecto gustativo la firmeza y sabor extraño (Anexo 1). Para los atributos visuales, a los jueces se les presentaron las muestras en bolsas de polietileno transparente con ± 200 g de cascos, identificados con un código de tres dígitos. Para los atributos gustativos las muestras consistieron en cubos de 1 cm^3 de pera, presentados en potes de cerámica blancos e identificados con un código de tres dígitos. La pauta de evaluación se describe en el Anexo 1.

2.2.3.6- Determinación de la actividad de polifenol oxidasas (PPO): se realizó al inicio y término del estudio. Los cascos fueron almacenados a $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ con la previa aplicación de nitrógeno líquido. Posteriormente se obtuvo una muestra de 4 g de pera desde la zona central de un casco la que se homogenizó en 12 mL de solución tampón de ácido fosfato cítrico (0,2 M-pH 6,7), 1% de tritón (Winkler, EE.UU.), 0,4 g de polivinil-polipirrolidona (PVPP) (Winkler, EE.UU) y $3,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de ácido ascórbico. Luego la muestra fue homogenizada por medio de maceración hasta su completa desintegración. Posteriormente se filtró en 4 capas de gasa y se centrifugó a 2000 g por 37 min a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ en una centrifuga modelo Z326k (Hemle Labortechnik, Alemania). A continuación se adicionó acetona en frío ($-20 \text{ }^\circ\text{C}$) en proporción 2:1 con respecto al extracto proteico y se dejó reposar por 15 min. En seguida las muestras se centrifugaron a 2000 g por 30 min y $4 \text{ }^\circ\text{C}$, de allí se obtuvieron los pellets resultantes los cuales se dejaron reposar por 15 minutos para volatilizar la acetona. Inmediatamente después se agregó 3 mL de solución tampón anteriormente descrita (0,2 M-pH 6,7) y se agitó por 10 min en vortex modelo Lab Dancer (Ika, Alemania). Para medir la actividad de la PPO se determinó el contenido de proteínas totales de la muestra. El contenido de proteínas totales y la determinación de la actividad de la PPO se midieron en un espectrofotómetro UV-Vis T70 (PG Instruments Limited, Reino Unido). Para la cuantificación de proteínas totales se tomó a partir de los extractos enzimáticos 100 μL de muestra y se adicionó 1 mL de Bradford (Merck, Alemania), la actividad de la muestra se midió a 595 nm, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y a los 5 minutos de reacción. Se usó la albúmina de suero bovino (BSA) (Winkler, EE.UU.) como estándar (Apéndice, Figura 2). La reacción de cuantificación de la actividad enzimática PPO se llevó a cabo utilizando como sustrato 300 μL de catecol (Merck, Alemania), 200 μL de extracto y 2,5 mL de buffer cítrico fosfato pH 6,7 anteriormente

descrito. La actividad se midió a 420 nm cada minuto por 10 minutos y a 25 °C generando una curva de actividad. Considerándose la parte recta de la curva para el cálculo de la actividad. La unidad para la actividad de la enzima PPO (U) se define como el cambio de 0,001 de absorbancia. La actividad de la PPO fue expresada en $U \text{ min}^{-1} \text{ mg de proteína total}^{-1}$.

2.2.4- Diseño de experimento y análisis estadístico

Se estableció un diseño completamente al azar, independiente por días, con 6 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental para los parámetros de color, firmeza, químicos y determinación de la actividad PPO correspondió a una bolsa plástica (200 g de cascos). Para los aspectos visuales (aparición y pardeamiento) y gustativos (sabor extraño y textura) fueron 12 jueces semi-entrenados, los cuales evaluaron en bolsas de polietileno transparente con 200 g de cascos de pera los aspectos visuales y en cubos de 1 cm^3 de pera, presentados en potes de cerámica blancos, los atributos gustativos.

Los datos obtenidos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95%, al encontrar diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de TUKEY con un nivel de significancia del 5%. Todos los resultados se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab 16.

Resultados y discusión

2.3.1- Caracterización de la fruta entera

El adecuado grado de madurez en el momento de cosecha como de procesado es uno de los factores más importantes a considerar ya que tiene una influencia directa sobre la calidad final del producto (Rojas Graü, 2006). Gorny *et al.* (2000) indican que una firmeza de 4,5 a 5,9 kg-f es ideal para el MPF de peras. Parra-Coronado *et al.* (2006) señalan que la combinación de diferentes parámetros físicos (forma, dimensiones, peso, densidad) y fisiológicos (firmeza de la pulpa, sólidos solubles (SS), pH, acidez titulable (AT), relación de madurez (SS/AT), tasa respiratoria) permiten establecer el momento apropiado para la cosecha de la pera. En el Cuadro 2.2 se detallan los resultados obtenidos de la caracterización de la fruta entera un día previo al mínimo procesamiento.

Cuadro 2.2. Parámetros físicos y químicos de 20 frutos de pera PT.

Caracterización de la fruta entera			
	Parámetro		Promedio \pm EE
	Peso (g)		156,6 \pm 5,7
	Diámetro (mm)	polar	74,6 \pm 1,6
		ecuatorial	67,7 \pm 0,9
Físicos	Color de epidermis	L	64,7 \pm 0,5
		C*	43,0 \pm 0,8
		H _{ab}	111,0 \pm 4,9
	Color de pulpa	L	77,8 \pm 0,8
		C*	26,5 \pm 1,4
		H _{ab}	105,0 \pm 1,8
		a*	-5,8 \pm 0,2
	Firmeza (kg-f)		5,6 \pm 0,1
Químicos	Sólidos solubles (SS)		15,4 \pm 0,2
	Acidez titulable (AT)		0,30 \pm 0,0
	pH		3,7 \pm 0,0
	SS/AT		50,9 \pm 0,8

Los valores representan las medias \pm el error estándar (EE).

2.3.2- Tasa respiratoria

Tras el procesamiento de los cascos y sus inmersiones en soluciones de agentes antipardeantes (1 - 4 h después) se presentó un aumento de la tasa respiratoria con respecto al de la fruta entera (Figura 2.6); no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo las tasas respiratorias fueron de 3 a 5 veces superiores ($23,3 - 36,3 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) a las del fruto entero ($6,9 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en los días de evaluación 1, 3 y 8 (Apéndice, Cuadro 2.1). En el día 1 los cascos testigo y AC + AA + C + EDTA presentaron las tasas respiratorias más bajas (7 y $8,5 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) siendo significativamente inferiores a las observadas en los cascos con AC + AA + C y AA + C + EDTA ($11,9$ y $12,6 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), en cambio los cascos con AC + AA + EDTA y AC + C + EDTA presentaron valores intermedios ($9,7$ y $10,0 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). En el día 3 se observó que la tasa respiratoria de los cascos testigo ($8,3 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) fue significativamente menor a la de los cascos del tratamiento AC + AA + C + EDTA ($13,2 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$); los cascos con AC + AA + C, AA + C + EDTA, AC + C + EDTA y AC + AA + EDTA presentaron valores intermedios en un rango de $9,6$ a $11,0 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. En el día 8 los cascos inmersos en AC + C + EDTA y AC + C + EDTA tuvieron tasas respiratorias de $17,9$ y $16 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ respectivamente, siendo significativamente superiores a la del tratamiento testigo ($10,3 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$); en los cascos con AC + AA + C, AA + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA se observaron valores intermedios en un rango de $11,1$ a $15,3 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. En el día 6 no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos siendo los valores de $6,7$ a $10 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

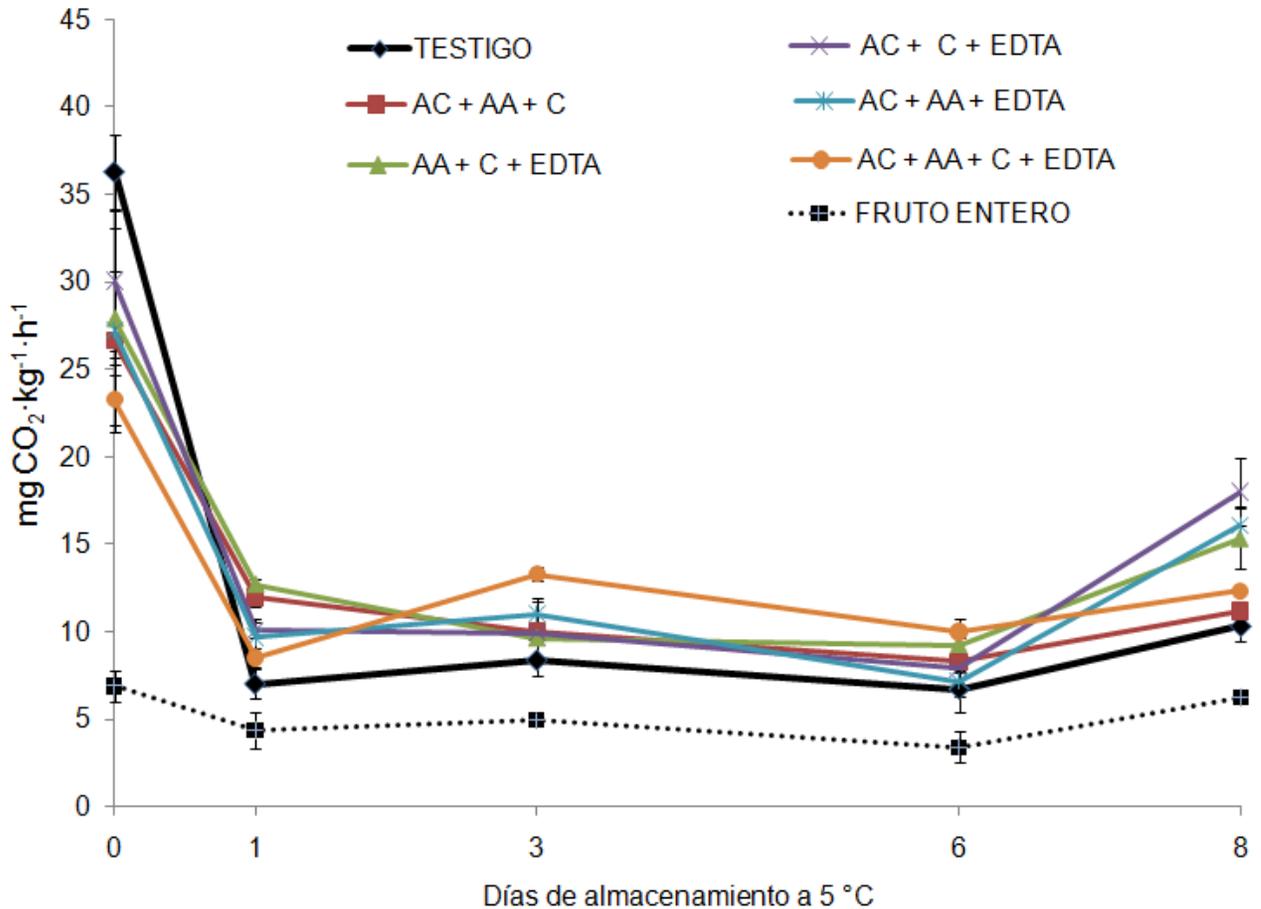


Figura 2.6. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de fruta entera y cascos de pera 'Packham's Triumph' inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$). Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales el error estándar (EE).

Los altos valores de tasa respiratoria observados en el día 0 podrían deberse a las heridas provocadas por las operaciones de pelado y cortado como parte de la respuesta al etileno por la pérdida de integridad de los tejidos (Brecht, 1995; Cantwell y Suslow, 2007). Luego del procesado a lo largo del almacenamiento ocurrió una estabilización en la tasa respiratoria de los cascos producto de una adaptación de los tejidos a las nuevas condiciones de estructura física (corte) y almacenamiento (temperatura), esta estabilización se observó entre los días 1 y 6 de almacenamiento. Mery (2011) observó una estabilización de la respiración en los días 2 a 4 en cubos, cascos y mitades de peras PT almacenados a 5 y 8 °C en aire; esto también ha sido observado en otros productos MPF, como en trapecios, cilindros y tajadas de melón 'Galia' a 5 °C entre 2 y

8 días después del procesado (Silveira, 2009).

La tasa respiratoria de los cascos durante el almacenamiento en los días 1 a 8 fue de 2 a 3 veces superior a lo observado en fruta entera. Estos resultados concuerdan con lo observado por Lakakul *et al.* (1999) en cascos de manzana de 1,5 cm de ancho almacenados a 5, 10 y 15 °C sin piel, ellos señalan que las operaciones de pelado y cortado favorecen una difusión de O₂ y CO₂ a través de los tejidos provocando un incremento de 2 a 3 veces de la tasa respiratoria de acuerdo con el de la fruta entera. Cantwell y Suslow (2007) señalan que las rebanadas de pera presentan una tasa respiratoria en aire a 2,5 °C de 6 a 8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹, esto concuerda con lo observado puesto que el procesamiento mínimo de las peras PT provocó el incremento de la tasa respiratoria con respecto al del fruto entero.

El aumento de la tasa respiratoria en el día 8 podría atribuirse a un incremento de la población de microorganismos. Este comportamiento coincide con lo señalado por otros autores en cascos de pera PT envasados en tarrinas en aire a 5 °C por 8 días (Mery, 2011 y Saavedra, 2011). Asimismo, Dea *et al.* (2010) observaron tras 8 días a 5 °C que cascos de mango 'Kent' envasados en aire aumentaron la respiración debido a un incremento de microorganismos en la superficie de corte.

2.3.3- Parámetros de color

Luminosidad (L): se observó que los cascos presentaron una tendencia a la disminución (Figura 2.7). Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en todos los días evaluados (Apéndice, Cuadro 2.2). Desde el día 1 los cascos testigo y AC + AA + EDTA presentaron valores por debajo del límite mínimo aceptable de 76,2 (Apéndice, Figura 1). Tras 1 día, los cascos testigos y con AC + AA + EDTA, presentaron valores de 74,0 y 73,4 respectivamente, diferenciándose significativamente de los cascos con C (AC + AA + C, AC + C + EDTA, AA + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA) los cuales presentaron valores de 77,3 a 78,3; sin diferenciarse significativamente entre ellos. En el día tres las diferencias significativas entre los tratamientos se mantuvieron, los cascos testigo y AC + AA + EDTA presentaron valores

de 71,9 y 72,2 respectivamente; observándose en los cascos con C valores de 75,6 a 77,4. Tras 6 días los cascos de los tratamientos AC + C + AA y AC + C + EDTA fueron los únicos en ubicarse por sobre el límite aceptable de L con valores de 76,5 y 76,2 respectivamente, además todos los cascos con C y testigos se diferenciaron significativamente de los cascos con AC + AA + EDTA, en el cual se observó el valor más bajo de 72,0. Al término del almacenamiento, los cascos con AC + AA + EDTA se diferenciaron significativamente de los demás, presentando el valor de 70,8; los demás cascos obtuvieron valores en un rango de 73,8 a 75,6; sin embargo también se ubicaron por debajo del límite aceptable de L (76,2).

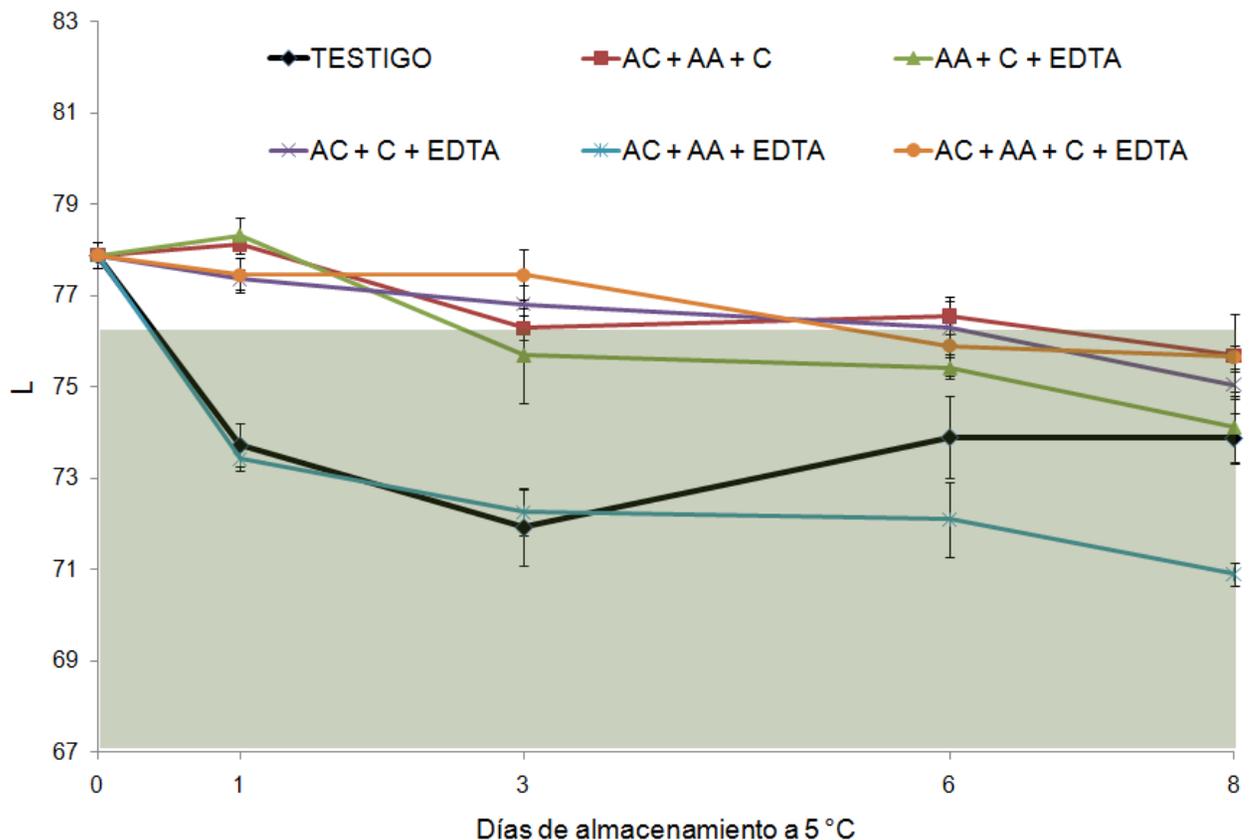


Figura 2.7. Evolución de la luminosidad (L) en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Área gris indica el límite de pardeamiento ($L = 76,2$), por encima de la cual se considera una L aceptable. Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales EE.

Quevedo *et al.* (2009) proponen que el uso del parámetro L como indicador del pardeamiento enzimático es un método físico confiable para cuantificar el cambio del color de la superficie cortada; debido a las reacciones de pardeamiento oxidativo o al aumento de la concentración de un pigmento (Rocha y Morais, 2003). El descenso del valor L en los cascos se debe al corte que da lugar a la oxidación de los compuestos fenólicos en o-quinonas por acción de las enzimas PPO, posteriormente estas o-quinonas se polimerizan a compuestos de color oscuro (Pérez, 2003; Rivas y Whitaker, 1973; Miyawaki, 2006; Rojas Graü, 2006; Zuo *et al.*, 2008). Paralelamente las heridas producidas por el corte estimulan la síntesis de etileno, produciendo un aumento en la actividad de la enzima PAL (fenil alanina amonio liasa) con el consiguiente aumento de los compuestos fenólicos (Casado, 2004), sustratos de la reacción de pardeamiento enzimático.

La luminosidad de los cascos sin C se redujo de modo más rápido entre los días 0 y 3, desde el valor 77,8 en fruta entera a valores de 71,9 (testigo) y 72,2 (AC + AA + C); mientras que los valores de los cascos con 2 g·L⁻¹ de C se mantuvieron más estables. Situación similar se observó en cascos de manzana 'Fuji' de 4 mm de espesor sumergidos en una solución de 5 – 10 g·L⁻¹ de N-acetilcisteína, almacenados en bolsas plásticas con aire a 4 °C por 14 días, manteniéndose el valor de L constante durante todo el almacenaje sin ninguna caída importante, a diferencia del tratamiento testigo que disminuyó de 76,4 a 66,4 durante los 14 días de almacenamiento (Rojas Graü *et al.*, 2006). Resultado similar también ha sido señalado por Mery *et al.* (2010) en cascos de pera PT sumergidos en 5 g·L⁻¹ C + 5 g·L⁻¹ AC + 1 g·L⁻¹ EDTA, almacenados a 5 °C por 8 días en tarrinas de polietileno con tapa, indicando que el uso de C retardó la presencia del pardeamiento asociado a altos valores de L, manteniendo la calidad aceptable durante 6 días. Según Pérez (2003) el uso combinado de AC y AA en concentraciones de 5 + 5; 2,5 + 7,5 y 7,5 + 2,5 g·L⁻¹ en cilindros de peras 'Blanquilla' almacenados en bolsas de polietileno en aire a 4 °C resultó en un mayor oscurecimiento de las muestras que en comparación a las sin AC y AA. Sepúlveda (2010) señaló haber obtenido resultados similares en cascos de pera PT con 20 g·L⁻¹ de AA almacenados a 5 °C, siendo estos menores en L que en comparación al testigo. Todos estos estudios son concordantes con los resultados obtenidos en este estudio,

donde el uso de C fue efectivo en retardar el pardeamiento y el uso combinado de AC con AA no retardó el descenso de L en los cascos de peras PT.

Saturación (C*): el efecto del uso de combinaciones de agentes antipardeantes sobre la C* de los cascos de pera PT fue errático, se observaron aumentos y descensos de los valores (Figura 2.8). Se presentaron diferencias significativas en todos los días de evaluación entre los tratamientos con y sin C (Apéndice, Cuadro 2.3). Tras 1 día, se observó que los valores disminuyeron y luego se mantuvieron. Los cascos sin C (testigo y AC + AA + EDTA) presentaron los valores más altos (21,7 y 21,8) diferenciándose significativamente del resto de los cascos, observándose en ellos valores de 15,4 a 17,4. Al tercer día los valores aumentaron excepto en los cascos con AC + AA + C + EDTA que disminuyeron; las diferencias significativas entre los cascos se mantuvieron con valores de 25,7 y 27,1 para los cascos testigos y con AC + AA + EDTA respectivamente, los demás cascos con C (AC + AA + C; AA + C + EDTA; AC + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA) presentaron valores de 21,4 a 22,4 sin diferenciarse significativamente entre ellos. El tratamiento AC + AA + EDTA fue el único en ubicarse por sobre el límite máximo de aceptabilidad de 26,7 (Apéndice, Figura 1). En el día 6 los valores volvieron a descender ubicándose todos los cascos por debajo del límite aceptable, luego se mantuvieron estables hasta el fin del almacenaje a 5 °C; las diferencias significativas entre los cascos con y sin C se mantuvieron siendo los cascos testigos y con AC + AA + EDTA en los últimos dos días los más opacos, el tratamiento AC + AA + EDTA obtuvo el valor más alto en el octavo día (24,4). Los cascos con C en los dos últimos días obtuvieron valores de 17,3 a 19,5; sin diferenciarse significativamente entre ellos en cada día.

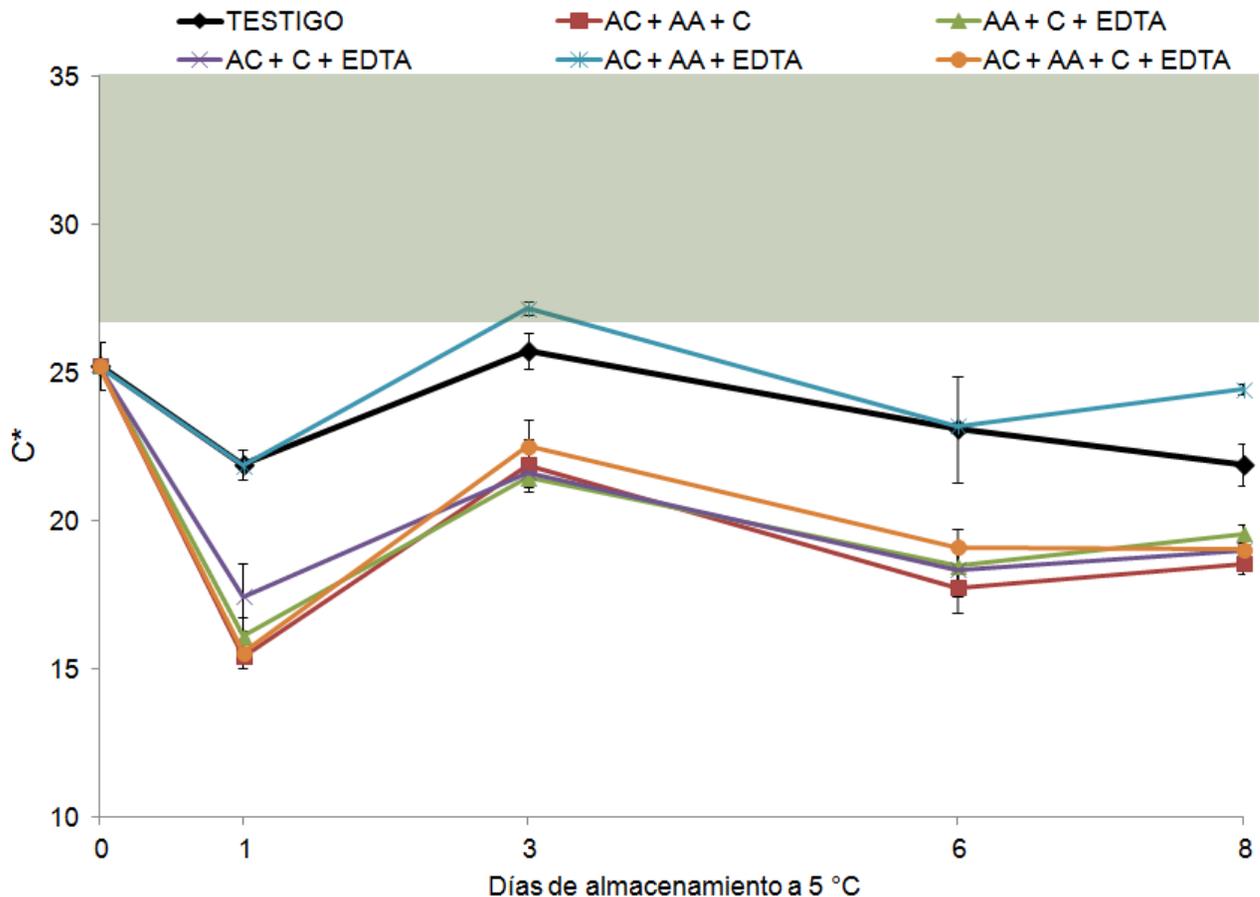


Figura 2.8. Evolución de la saturación (C^*) en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Área gris indica el límite de saturación ($C^* = 26,7$), por debajo de la cual se considera una C^* aceptable. Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales EE.

El parámetro C^* que representa la saturación del color puede interpretarse de una mejor forma comparándolo con su componente a^* ; dado que $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (Mora *et al.*, 2008). La coordenada a^* indica la proporción de componente verde-rojo, tomando valores negativos y positivos, respectivamente (Pérez, 2003). El aumento del valor C^* podría atribuirse a la disminución del color verde y aumento del color rojo en el tiempo, reflejado por un aumento de a^* ; esto sucedió entre los días 3 y 8 de almacenamiento (Figura 2.9). Sin embargo, durante el almacenamiento los valores de C^* disminuyeron entre el día 0 y 1, y luego permanecieron estables; a pesar de lo señalado entre estos dos días los valores de a^* aumentaron (Figura 2.9) lo que significa según Zuo *et al.* (2008) un mayor pardeamiento, por lo tanto los valores de b^* , componente azul-

amarillo, siendo valores negativos y positivos respectivamente (Mora *et al.*, 2008), disminuyeron (datos no mostrados) volviéndose los cascos de pera PT menos amarillos después del procesamiento, lo que provocó un descenso de C^* .

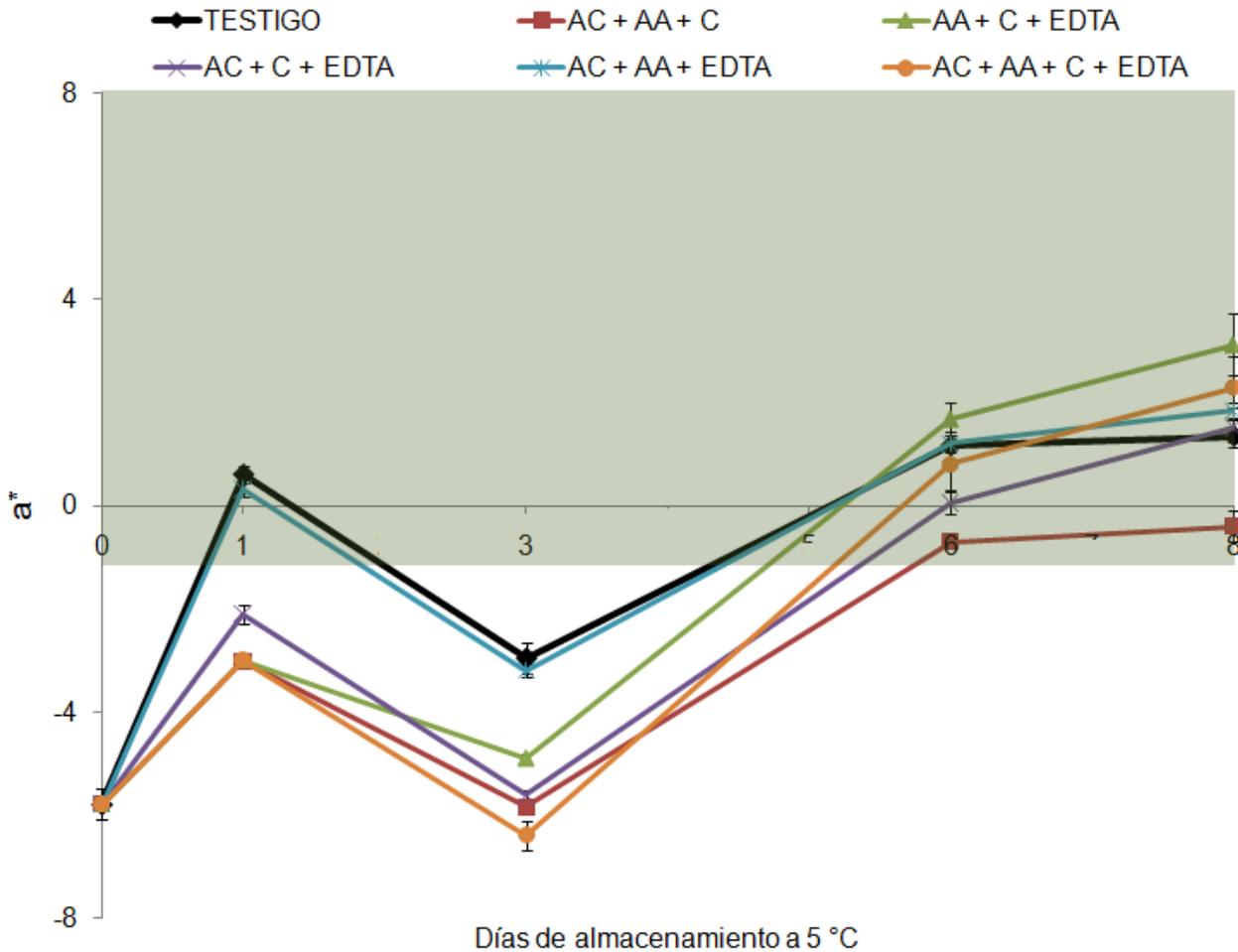


Figura 2.9. Evolución de la componente a^* en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Área gris indica el límite de a^* ($a^* = -1,1$), por debajo de la cual se considera una a^* aceptable. Los valores son la media ($n = 3$) y las líneas verticales el EE.

Se observaron incrementos en los valores de a^* sin poder diferenciar los cascos testigos de los tratados con agentes antipardeantes; estos resultados concuerdan con lo reportado por Sepúlveda (2010) en cascos de pera PT almacenados a 5 °C en tarrinas con tapa, en donde también se señaló observar un incremento de los valores de a^* sin poder diferenciar los cascos testigos de los tratados con agentes antipardeantes.

Sapers y Millers (1998) indican haber obtenido resultados similares en cascos de peras 'D'Anjou' y 'Bartlett' almacenados en atmósfera modificada pasiva a 4 °C. Contrario a lo observado por Zuo *et al.* (2008) quienes observaron en cubos de manzana 'Fuji' almacenados en bolsas de baja densidad a 4 °C por 9 días que el uso de AA y AC en concentraciones de 1 y 5 g·L⁻¹ fueron efectivas en reducir el pardeamiento individualmente y mezclados, siendo mejor el resultado a mayor concentración, reduciendo las variaciones de a^* hacia un aumento. Estos autores indican que el tratamiento 5 g·L⁻¹ AA + 5 g·L⁻¹ AC presentó una variación de un 12,3 % en comparación al testigo cuya variación fue de un 55,2 %. Rojas-Graü *et al.* (2006) mantuvieron los valores de a^* en cascos de manzana 'Fuji' almacenados en bolsas en aire a 4 °C por 14 días al usar 10 g·L⁻¹ N-acetilcisteína.

Tono (H_{ab}): se observó que los cascos presentaron una tendencia a la disminución (Figura 2.10), desde el valor 103,2° de color de pulpa de la caracterización, hasta valores por debajo del límite mínimo de aceptación de 92,3° (Apéndice, Figura 1) en el sexto día de almacenamiento. Posteriormente en el octavo día descendieron a valores de 91,2 a 80,8°. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en los días 1, 3 y 8 (Apéndice, Cuadro 2.4). En los días 1 y 3 los cascos con los valores más bajos fueron los testigo y AC + AA + EDTA observándose en el día 1 valores de 88,4 y 89,1° y en el día 3 de 96,7 y 96,8° respectivamente, estos se diferenciaron significativamente de los cascos con C (AC + AA + C; AA + C + EDTA; AC + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA), los cuales presentaron en el día 1 valores de 97,5 a 101,3° y en el día 3 valores de 103,2 a 106,5°. En el día 6 no se observaron diferencias significativas entre los cascos (83,9 - 92,2°). En el día 8 los cascos con AA + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA presentaron los valores más bajos de H_{ab} , con valores de 80,8 y 82,9° respectivamente; en cambio, los cascos con AC + AA + C presentaron el H_{ab} más alto de 92,1°. Los cascos con AC + AA + EDTA, AC + C + EDTA y testigos presentaron valores de 85,4 a 86,5° sin diferenciarse significativamente del resto de los cascos.

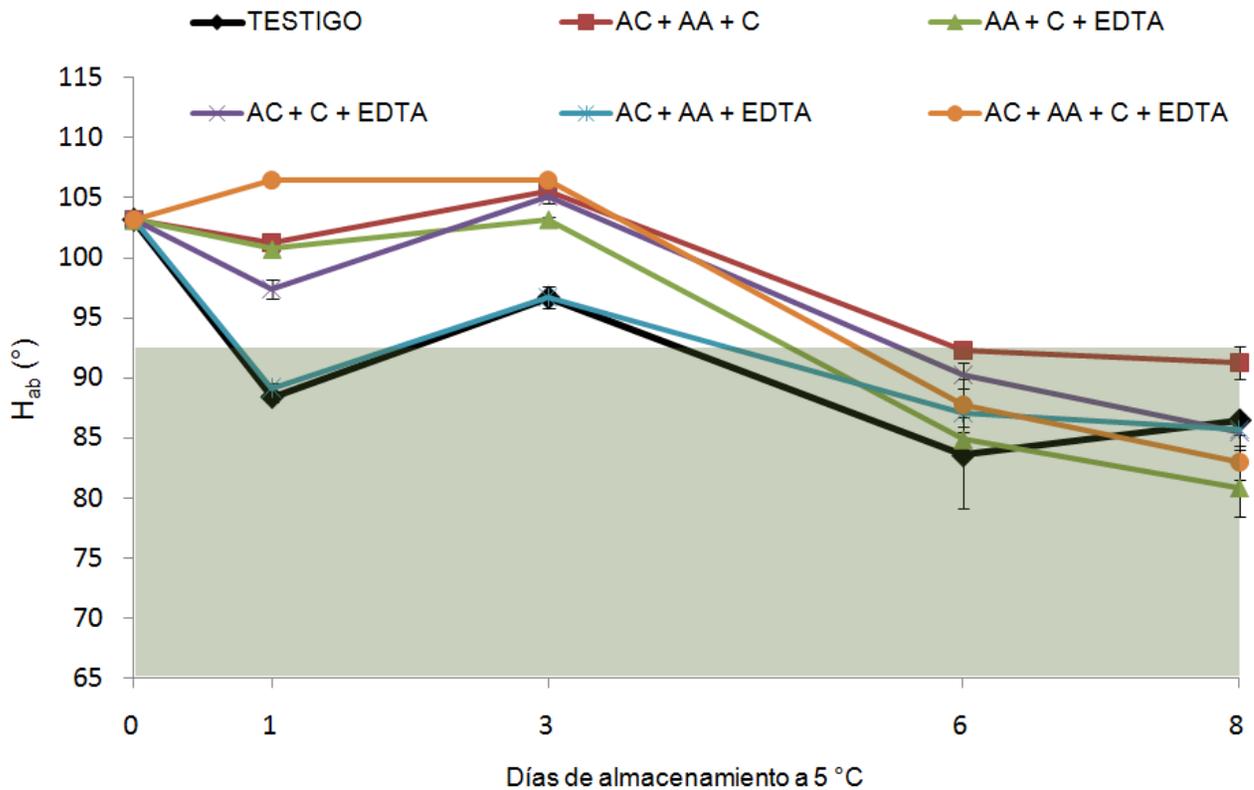


Figura 2.10. Evolución del tono (H_{ab}) en cascos de pera 'Packham's Triumph' inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Línea punteada indica el límite de H_{ab} ($H_{ab}= 92,3^\circ$), por encima de la cual se considera un H_{ab} aceptable. Los valores son la media ($n = 3$) y las líneas verticales el EE.

Rocha y Morais (2003) indican que el pardeamiento enzimático queda reflejado por una disminución de L, aumento de a^* y descenso de H_{ab} . Se observó que los tratamientos sin $2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ C no mantuvieron sus valores de H_{ab} entre los días 0 y 3, comparados con los cascos con C. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Rojas-Graü *et al.* (2006) en cascos de manzana 'Fuji' de 4 mm de espesor sumergidos en una solución de $5 - 10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-acetilcisteína, almacenados en bolsas plásticas con aire a 4°C por 14 días indicando que mantienen los valores de H_{ab} altos durante el almacenaje ($97,3^\circ$) comparados al testigo ($77,5^\circ$), siendo mayor su efecto a mayor concentración. De acuerdo a los resultados de este estudio, Oms-Oliu *et al.* (2006) observaron que el uso de AA en concentraciones de $7,5$ a $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ en cascos de pera 'Flor de Invierno'

almacenados en bolsas a 4 °C por 28 días no impidieron un rápido descenso de H_{ab} , favoreciendo de esta manera un pardeamiento más veloz que los tratamientos con N-acetilcisteína, glutatión o 4-hexilresorcinol (7,5 a 30 g·L⁻¹). Estos mismos autores señalan que la aparición de tonalidades rojizas en los tratamientos con C se evitó ajustando el pH de la solución de inmersión a 7.

2.3.4- Firmeza

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en los días evaluados. Las peras PT fueron procesados con una firmeza de 5,6 kg-f, luego de un día de almacenamiento la firmeza descendió a valores de 5 a 5,3 kg-f. Posteriormente la firmeza se mantuvo estable. En el día 8, los valores observados fueron de 4,9 a 5,2 kg-f (Apéndice, Cuadro 2.5) (Figura 2.11).

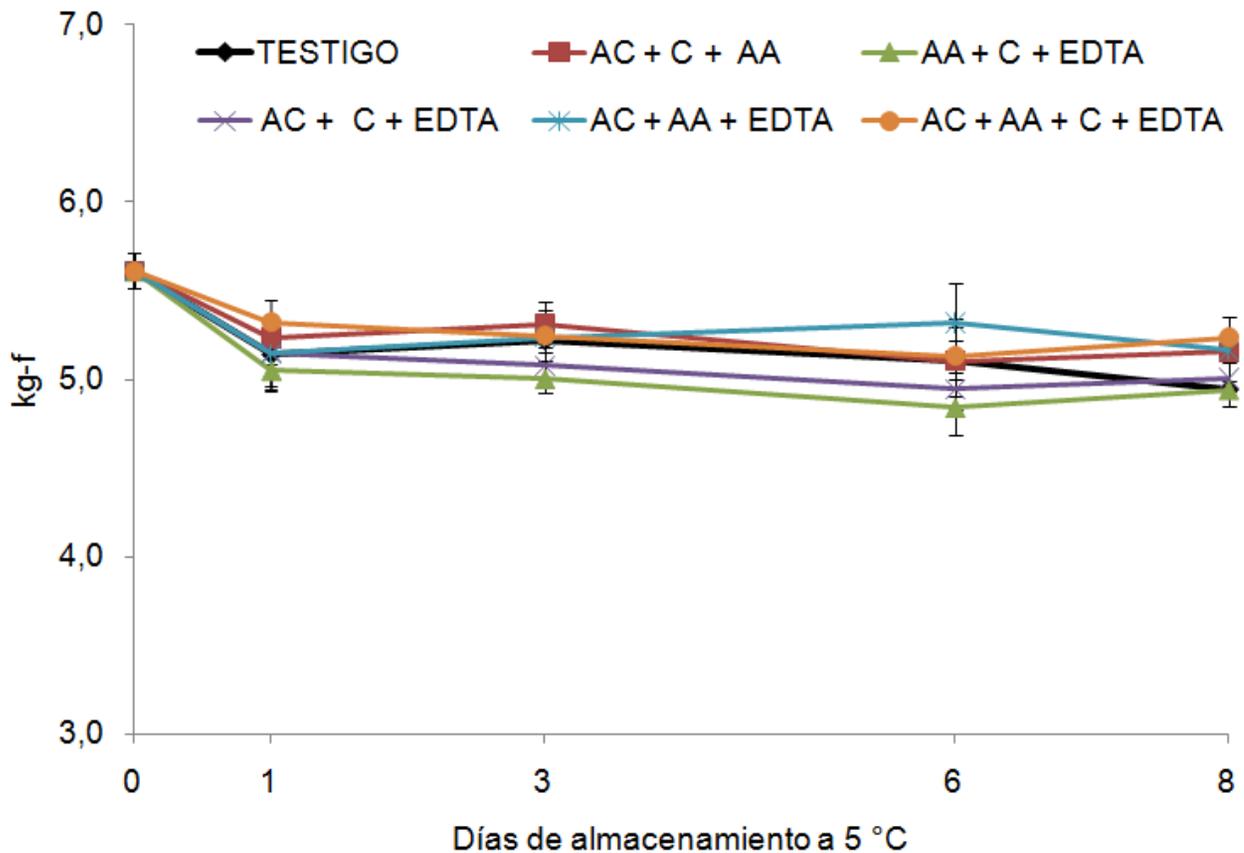


Figura 2.11. Evolución de la firmeza en cascos de pera PT inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Los valores son la media ($n = 3$) y las líneas verticales el EE.

Estos resultados concuerdan con lo señalado por varios autores que indican que la disminución de la firmeza en la fruta MPF se debe a las operaciones de pelado y cortado por acción de las enzimas proteolíticas y pectolíticas sobre los componentes de la pared celular (Pérez, 2003; Rojas-Graü, 2006; Oms-Oliu, 2006; Karakurt y Huber, 2003). Contrario a lo reportado por Oms-Oliu *et al.* (2008) quienes observaron una disminución progresiva de la firmeza en cascos de pera ‘Flor de Invierno’ inmersos en N-acetil.cisteína ($7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y glutatión ($7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) almacenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ en atmósferas modificadas durante 28 días, la firmeza de las cascos de pera PT de este estudio se mantuvieron estables durante el almacenaje sin observarse un efecto de los agentes antipardeantes. Contrario a lo reportado por Gorny *et al.* (2002) en cascos de peras ‘Flor de Invierno’ almacenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ en atmósfera modificada pasiva quienes

reportaron una disminución de la firmeza en los tratamientos con concentraciones mayores a $7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de AA comparados con el testigo, y asimismo Sepúlveda (2010) quien reportó en cascos peras PT almacenados a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ envasados en tarrinas de polietileno con concentraciones de 10 y $20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de AA un ablandamiento de los cascos; en este estudio no ocurrió. Probablemente la concentración de AA usada en este estudio ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) o de los demás agentes antipardeantes fue baja para producir un ablandamiento significativo con respecto al testigo.

2.3.5- Parámetros químicos

Acidez titulable (AT): los cascos de pera PT fueron procesados con una AT de $0,30 \%$ y luego de un día de almacenamiento hubo un descenso a valores de $0,22$ a $0,25 \%$; posteriormente se observó una tendencia a la disminución (Figura 2.12). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para ningún día de almacenamiento (Apéndice, Cuadro 2.6). El rango de AT durante el almacenamiento fluctuó entre los valores $0,20$ y $0,25 \%$.

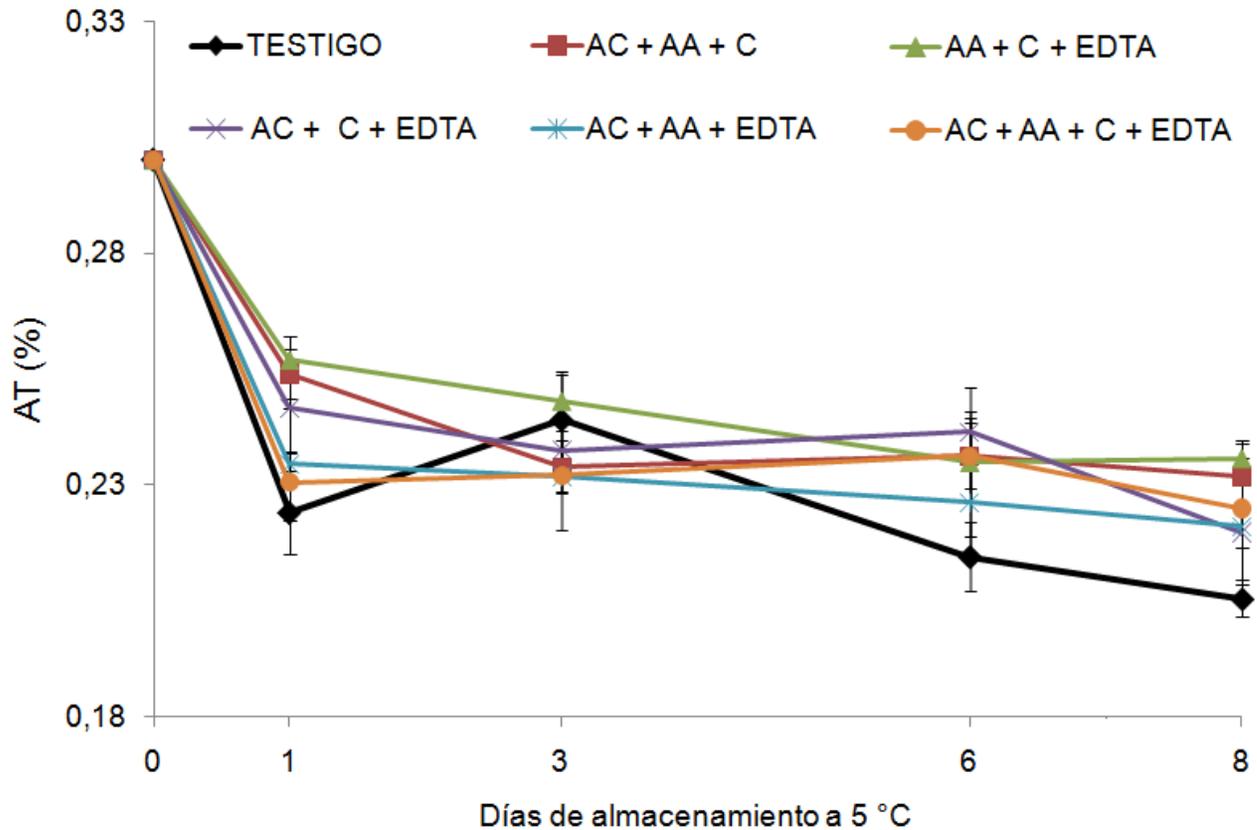


Figura 2.12. Evolución de la acidez titulable (AT) en cascós de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales EE.

Estos resultados concuerdan con lo indicado por Sepúlveda (2010) en cascós de peras PT almacenados en aire a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ por 8 días y Rocha *et al.* (1998) en cubos de manzana ‘Jonagored’ almacenados en aire a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ por 10 días, ambos observaron una disminución de la AT, debido probablemente a la utilización de los ácidos orgánicos como una fuente de energía para llevar a cabo las funciones metabólicas (respiración) que mantienen viva a la fruta (Rocha *et al.*, 1998; Gomes *et al.*, 2010).

pH: se observó una tendencia hacia un aumento (Figura 2.13). Los tratamientos mostraron valores similares en el rango de 3,6 a 3,9 sin diferenciarse significativamente entre ellos (Apéndice, Cuadro 2.7).

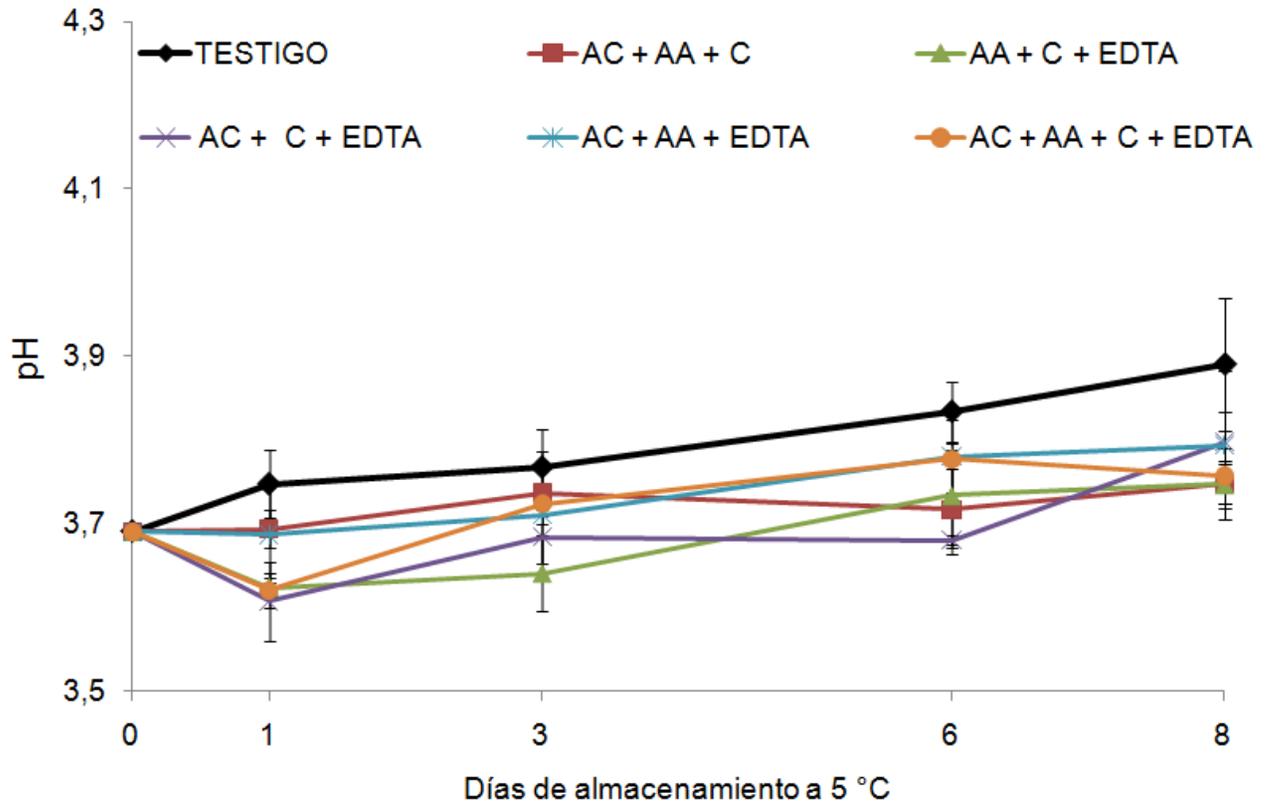


Figura 2.13. Evolución del pH en cascotes de pera 'Packham's Triumph' inmersos en soluciones de agentes antipardeantes, almacenados a 5 °C. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales EE.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Rocha y Morais (2003) y Sepúlveda (2010); en ambos se observó un aumento del pH relacionado con una disminución de la AT debido probablemente al gasto de los ácidos orgánicos en la respiración en cubos de manzana 'Jonagored' almacenados a 4 °C por 10 días y en cascotes de pera PT a 5 °C conservados por 8 días. Estos resultados coinciden con lo observado en AT.

Sólidos solubles (SS): tras el mínimo proceso se observó una disminución de los SS, luego los cascotes con AC + AA + C, AA + C + EDTA y AC + AA + EDTA presentaron una tendencia al aumento; los cascotes testigos y con AC + AA + C + EDTA presentaron una tendencia al aumento hasta el día 6 para posteriormente disminuir y los cascotes con AC + C + EDTA presentaron una tendencia a disminuir (Figura 2.14). En los días 1 y 3 no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en los días

posteriores (6 y 8) se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Apéndice, Cuadro 2.8). En el día 1 el rango de valores fue de 12,2 a 13,4 % y en el día 3 fue de 12,7 a 13,3 %; en el día 6 los cascos testigo presentaron el valor más alto de 14,1 %; en cambio en los cascos con AC + AA + C y AC + C + EDTA presentaron los valores más bajos de 12,6 y 12,7 % respectivamente y los cascos con AA + C + EDTA, AC + AA + EDTA y AC + AA + C + EDTA presentaron valores intermedios entre 13,0 y 13,2 %. En el día 8 los cascos testigo y AC + AA + EDTA presentaron los valores más altos, de 13,6 y 13,7 % respectivamente, en cambio los cascos con AC + AA + C + EDTA presentaron el valor más bajo (12,0 %), los demás cascos con AC + AA + C, AA + C + EDTA y AC + C + EDTA presentaron valores intermedios (12,4 y 13,1 %).

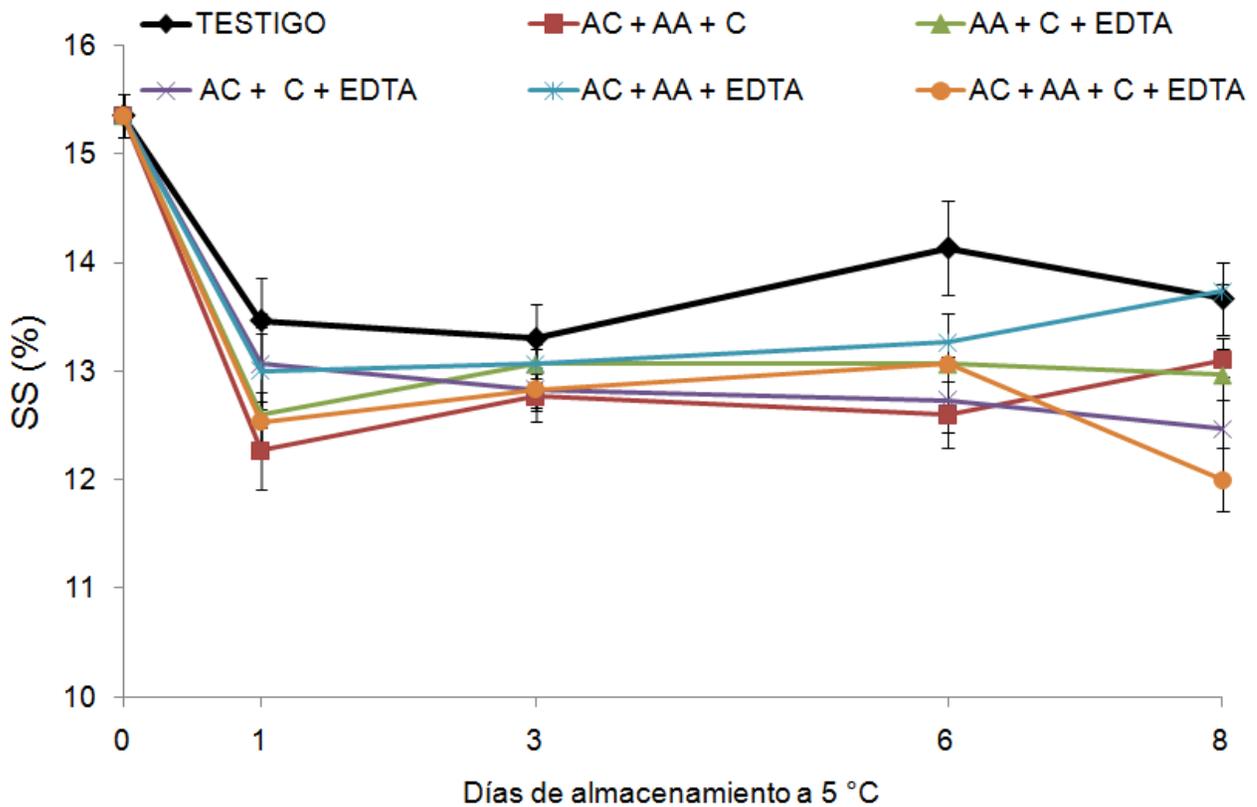


Figura 2.14. Evolución de los sólidos solubles (SS) en cascos de pera 'Packham's Triumph' inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales EE.

El descenso de los SS desde el día 0 al día 1 probablemente se debió a la alta tasa respiratoria producto del estrés del corte provocando una importante disminución del contenido de azúcares. Lo anterior coincide con lo reportado por Oms-Oliu *et al.* (2008) en cascos de pera 'Flor de Invierno' almacenados en bolsas modificadas a 4 °C, estos autores indican que el descenso se debe al consumo de los carbohidratos por una alta tasa respiratoria. Sepúlveda (2010) señala haber obtenido resultados similares en cascos de pera PT almacenados en aire a 5 °C envasados en tarrinas de polietileno por 8 días.

La tendencia hacia el aumento de los SS durante los días posteriores puede deberse a una degradación de los compuestos de alto peso molecular como el almidón y la hemicelulosa en compuestos de menor peso molecular como los azúcares simples (fructosa). Rocha y Morais (2003) indican que el aumento de la fructosa en cubos de manzana 'Jonagored' almacenados a 4 °C por 10 días en bolsas modificadas está relacionado a una disminución de la AT, siendo los ácidos una fuente adicional de azúcares simples. Estos mismos autores, posteriormente observaron un descenso de la fructosa desde el tercer día debido a su uso en procesos metabólicos.

2.3.6- Calidad sensorial

Apariencia: en el día 1 los cascos con C (AC + AA + C, AA + C + EDTA, AC + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA) presentaron puntuaciones próximas a excelente con valores de 12,3 a 13,4 y se observó en ellos una tendencia a la disminución. Los cascos sin C (AC + AA + EDTA y testigo) presentaron puntuaciones próximas a muy mala con valores de 4,2 y 5,0 y se mantuvieron estables (Figura 2.15). Se observaron diferencias significativas entre los cascos en todos los días (Apéndice, Cuadro 2.9). Desde el día 1 hasta el día 8 los cascos con C presentaron las puntuaciones más altas, con valores de 8,9 a 13,5 puntos. Los cascos con AC + AA + EDTA y testigos (sin C) fueron los que obtuvieron las puntuaciones más bajas, con valores de 3,7 a 5,1 puntos. La evolución de la apariencia puede observarse claramente en la fotografía que se adjunta (Figura 2.16).

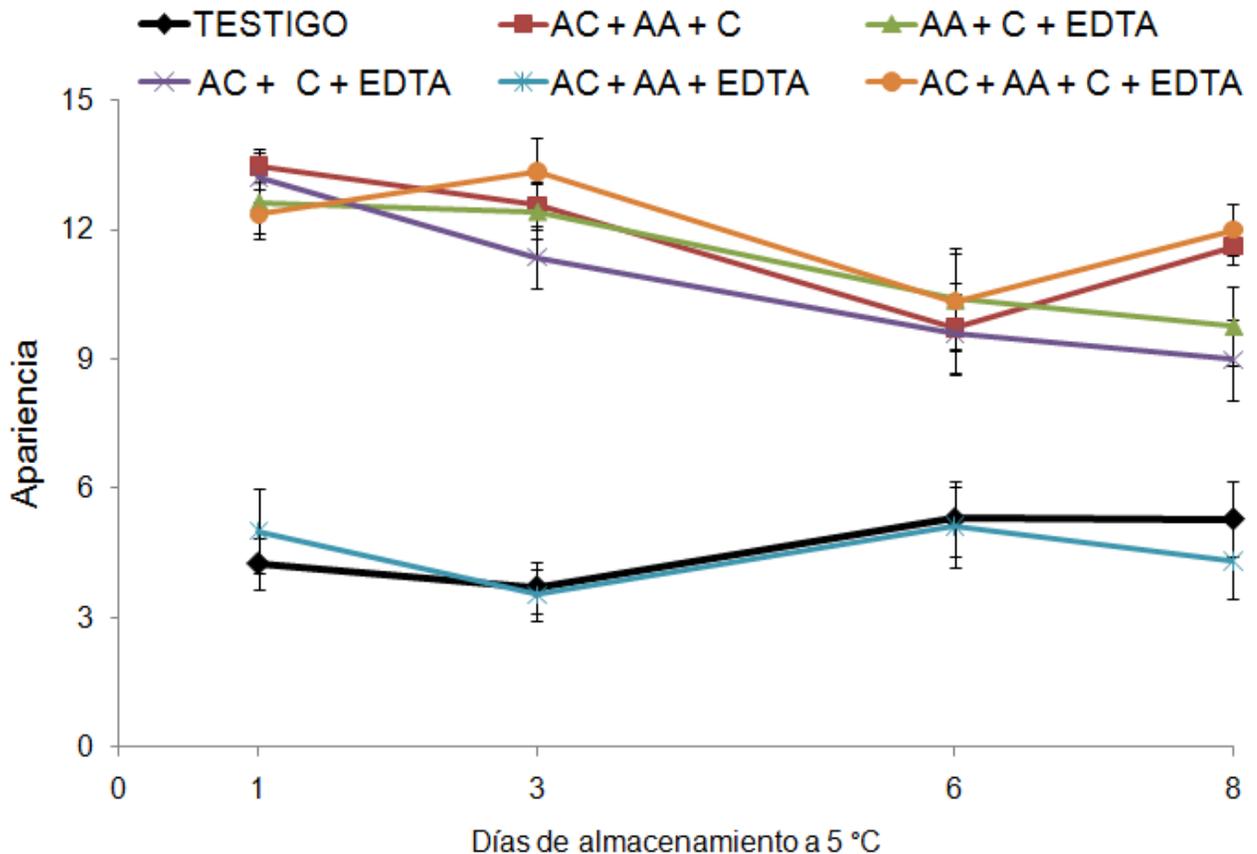
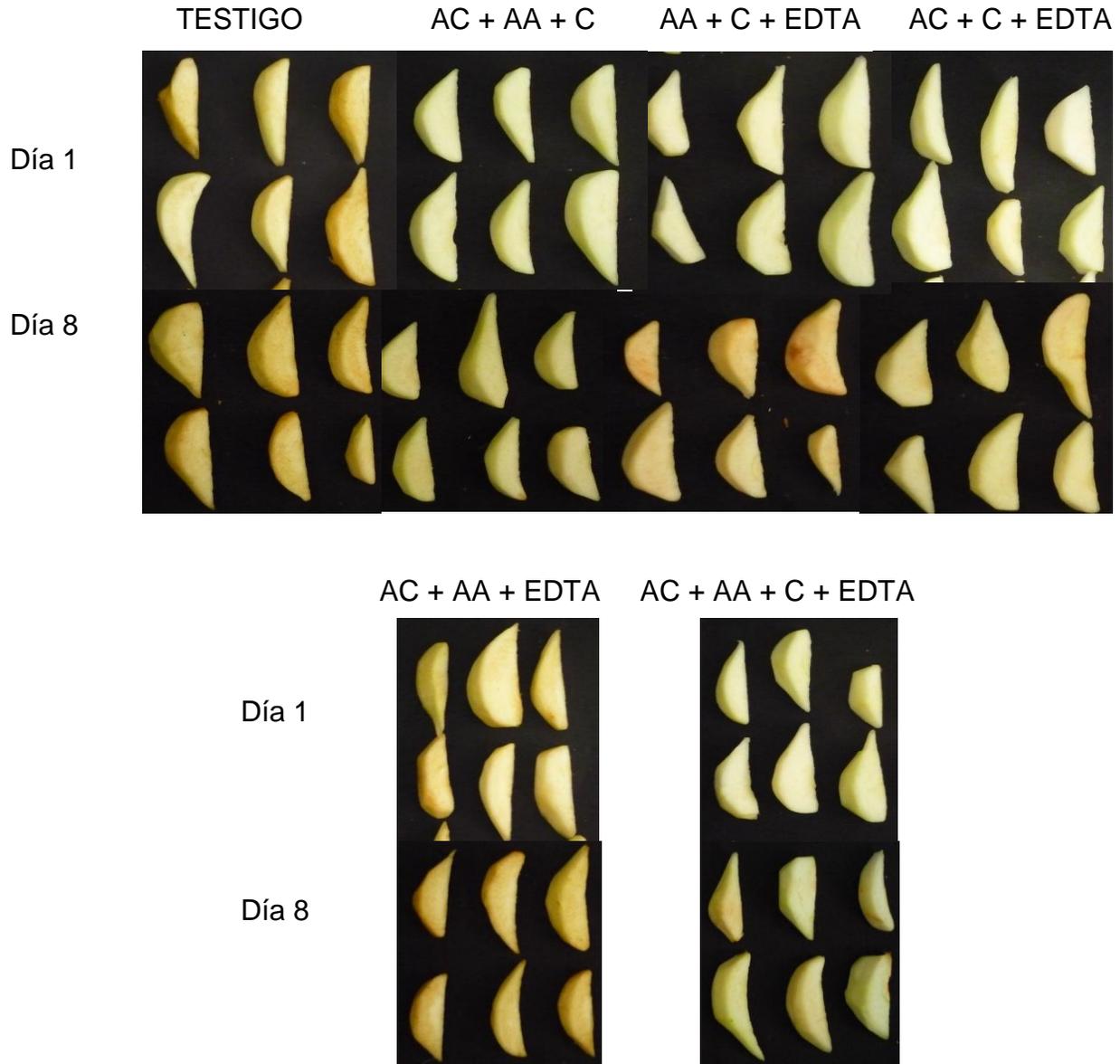


Figura 2.15. Evolución de la apariencia, evaluada sensorialmente, en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales EE.

Los resultados obtenidos indican que debido al estrés del corte los cascos pierden apariencia, además existió una influencia positiva del uso de agentes antipardeantes, específicamente C, sobre la calidad del parámetro apariencia. Estos resultados coinciden con las evaluaciones objetivas hechas en el parámetro de color (L , C^* y H_{ab}). Paredes (2010) y Sepúlveda (2010) señalan obtener en cascos de manzana ‘Fuji’ y pera PT respectivamente almacenados en aire a 5 °C por 8 días, las mejores calificaciones de apariencia en los tratamientos con C. Sepúlveda (2010) determinó que cascos de pera PT tuvieron la mejor apariencia al ser tratados con C ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ C) en combinaciones con AC ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AC) y AA ($10\text{-}20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AA), en tanto que Paredes (2010) encontró que tratamientos con C ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + AA ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y C ($3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + AA ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), tuvieron las mejores calificaciones de apariencia.

Figura 2.16. Evolución de los distintos tratamientos de agentes antipardeantes sobre cascos de pera 'Packham's Triumph'.



AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetracético ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Pardeamiento: de acuerdo a la Figura 2.17 se observó que los cascos tuvieron una evaluación similar a la del parámetro apariencia. Se observaron diferencias significativas en todos los días (Apéndice, Cuadro 2.10). Los cascos sin C (testigo y AC + AA + EDTA) fueron los que obtuvieron puntuaciones de pardeamiento próximas a extremadamente pardeado con puntuaciones de 9,5 a 11,5. Los cascos con C (AC + AA

+ C, AA + C + EDTA, AC + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA) obtuvieron puntuaciones próximas a sin pardeamiento con puntuaciones de 0,6 a 4,6. Las puntuaciones observadas coinciden con las evaluaciones objetivas hechas en el parámetro de color (L , C^* y H_{ab}) y las evaluaciones sensoriales de apariencia.

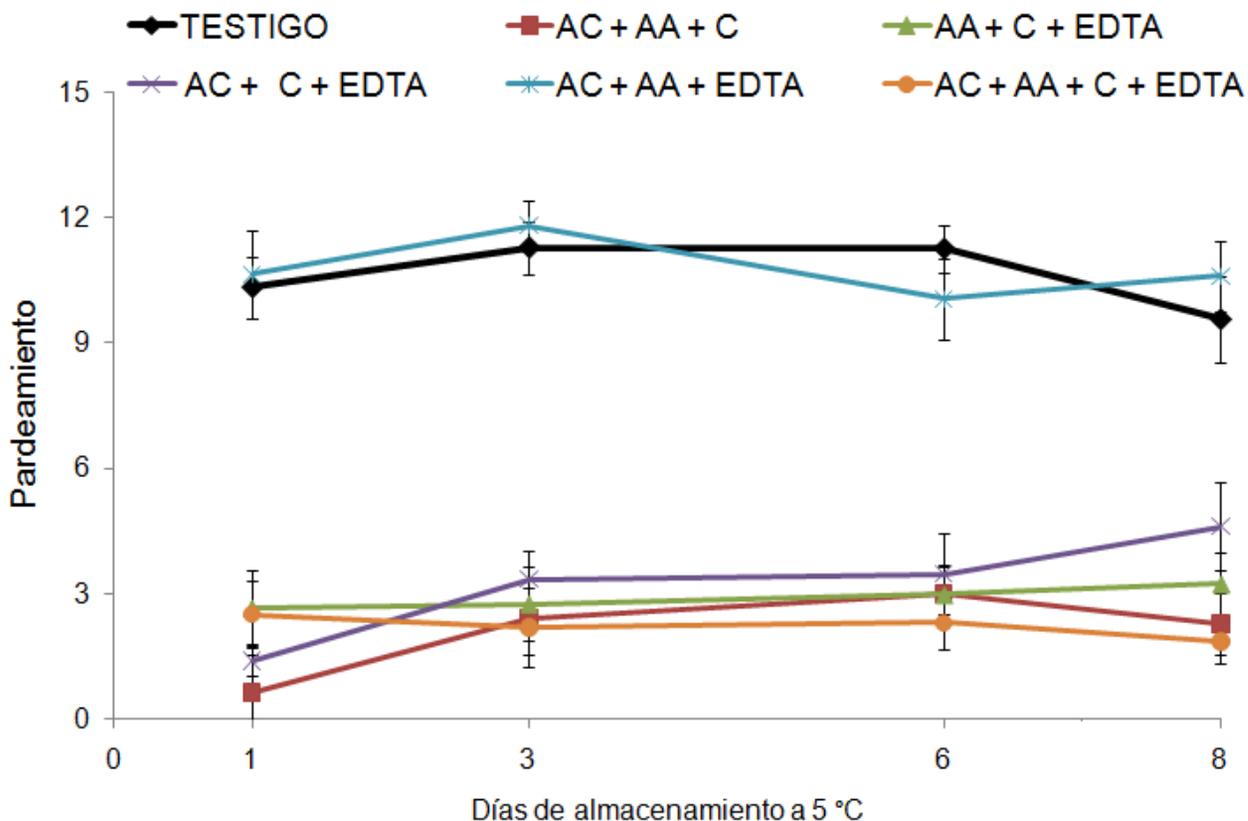


Figura 2.17. Evolución del pardeamiento, evaluado sensorialmente, en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales EE.

Mery (2011) observó un efecto positivo de los agentes antipardeantes C ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AC ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) en forma separada y conjunta sobre cascos de pera PT almacenados a 5 °C por 6 días en tarrinas, concluyendo que el pardeamiento aumenta con el tiempo de almacenaje excepto en los cascos con EDTA ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Pérez-Gago *et al.* (2006) evaluaron rectángulos de manzana ‘Golden Delicious’ almacenados a 5 °C en atmósfera modificada y observaron que los tratamientos de $5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de AA y $5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de C

fueron los que obtuvieron las puntuaciones de menor pardeamiento, en cambio los tratamientos de 1 a 3 g·L⁻¹ de C fueron clasificados con puntuaciones similares o más bajas que el testigo. Resultados similares fueron observados en cascos de pera PT, manzana 'Red Delicious' y 'Fuji' almacenados en aire a 5 °C por 8 días (Sepúlveda, 2010; Valle, 2010 y Paredes, 2010).

Firmeza: no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en los días evaluados (Apéndice, Cuadro 2.11), manteniéndose los valores entre las puntuaciones de 8,5 y 11,5 (Anexo 1).

Los resultados coinciden con los valores de firmeza instrumental (Sección 2.3.4). Se ha reportado un comportamiento similar en cascos de manzana 'Fuji' almacenados a 5 °C por 8 días, tratados con AC, AA y C en concentraciones de 1 a 15 g·L⁻¹ en forma separada o mezclada, coincidiendo con las evaluaciones objetivas de firmeza (Paredes, 2010).

Sabor extraño: los sabores extraños tendieron a disminuir salvo en el tratamiento testigo, en el cual se mantuvo (Figura 2.18). Sólo se observaron diferencias significativas entre los cascos en el día 1 de evaluación (Apéndice, cuadro 2.12). Tras 1 día, los cascos testigo presentaron la puntuación más cercana a ausencia de sabor extraño (3,3 puntos) diferenciándose significativamente de los cascos con AC + AA + C los cuales presentaron un valor de 8,7 (cercana a intenso sabor extraño). El resto de los tratamientos no se diferenciaron significativamente de estos dos anteriores, presentando puntuaciones en un rango de 5,8 a 7,3 puntos. En el día 3 de evaluación, el rango de valores estuvo entre 2,3 y 6,1; en el día 6 entre 2,9 y 4,5; y en el día 8 entre 3,9 y 6,0 puntos.

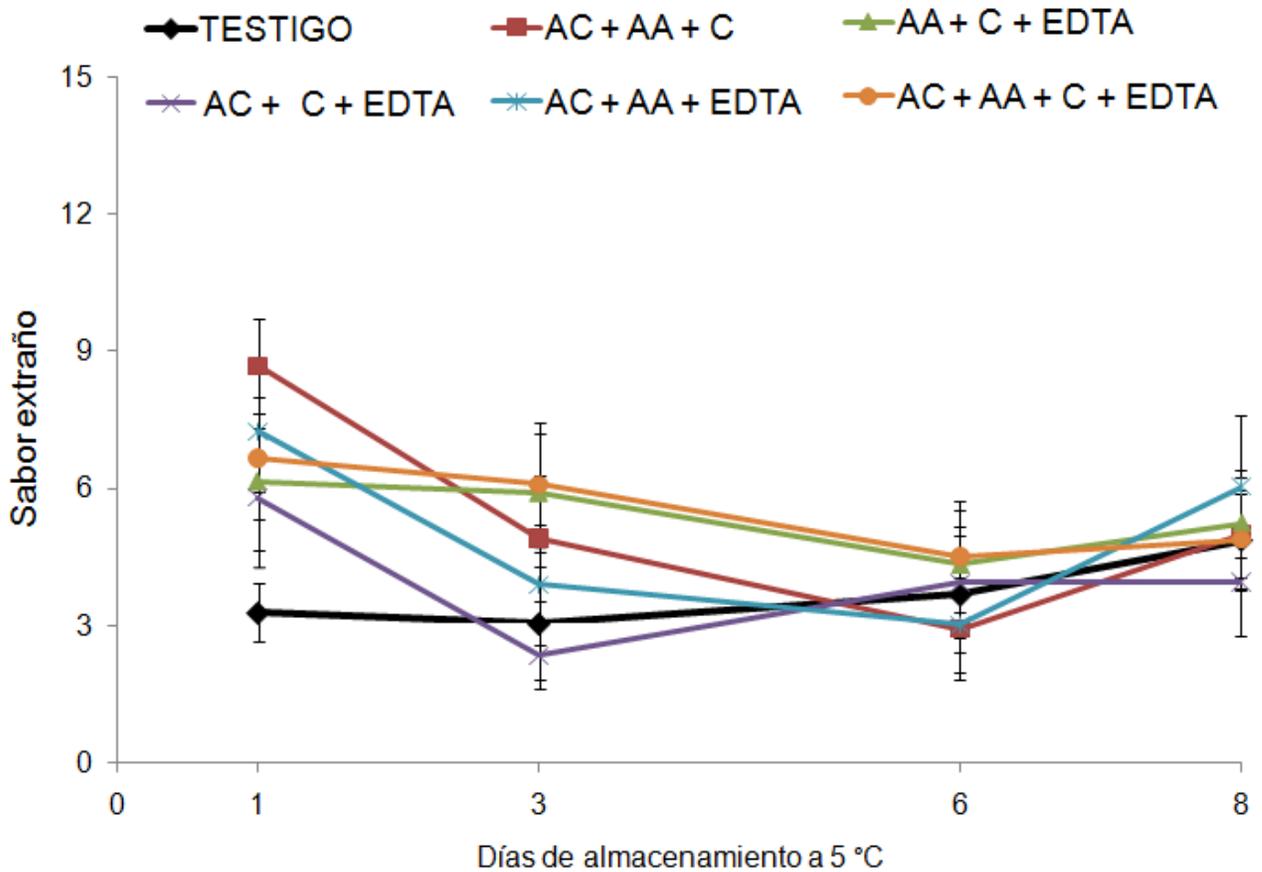


Figura 2.18. Evolución del sabor extraño, evaluado sensorialmente, en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en soluciones de agentes antipardeantes. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Los valores son media ($n = 3$) y líneas verticales EE.

Mery (2010) reportó un aumento en el sabor extraño en cascos de pera PT tratados con C ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AC ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) en forma separada o combinada, durante 6 días a $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Los agentes amino sulfurados como la cisteína provocarían olores no deseados cuando se utilizan como agentes de inmersión en altas concentraciones (Son et al., 2001). Sin embargo Gorny *et al.* (2002), señalan que una inmersión tras el corte de cascos de peras ‘Bartlett’ en AA ($20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + lactato de calcio ($10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + C ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) ajustando el pH de la solución a 7 con NaOH no reveló sabores extraños en su evaluación y extendió significativamente la vida útil de los cascos por 10 días a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Probablemente el aumento de la presencia de sabores extraños se debió a la influencia del tiempo de almacenamiento junto con la influencia de la concentración gaseosa al interior del envase y no a la presencia de agentes antipardeantes (Sepúlveda, 2011).

2.3.7- Actividad de polifenol oxidasas (PPO)

Se observó que los cascos con C ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) tuvieron una menor actividad enzimática (PPO) en los días de evaluación. Se presentaron diferencias significativas en los dos días evaluados (Cuadro 2.3). En el día 1 los cascos sin C (AC + AA + EDTA y testigos) presentaron la actividad más alta con el valor de $3,5 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$ en ambos tratamientos, los cascos con C (AC + AA + C, AA + C + EDTA, AC + C + EDTA y AC + AA + C + EDTA) no presentaron diferencias significativas entre ellos, observándose en ellos un rango de valores de $1,4$ a $2,2 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$. En el día 8 los cascos con AC + AA + EDTA y testigos presentaron la actividad más alta con valores de $3,9$ y $4,0 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$ respectivamente, mientras que los cascos con C no presentaron diferencias significativas entre ellos, con valores de $1,9$ a $2,8 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$.

Cuadro 2.3. Efecto de antipardeantes sobre la actividad de las polifenol oxidasas (PPO), en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ conservados por 8 días a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Los valores son media ($n=3$) \pm EE.

Tratamiento	$\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$	
	Día 1	Día 8
Testigo	$3,5 \pm 0,2 \text{ a}$	$3,9 \pm 0,3 \text{ a}$
AC + AA + C	$1,6 \pm 0,1 \text{ b}$	$1,8 \pm 0,2 \text{ c}$
AA + C + EDTA	$1,3 \pm 0,1 \text{ b}$	$2,7 \pm 0,3 \text{ bc}$
AC + C + EDTA	$1,9 \pm 0,1 \text{ b}$	$2,6 \pm 0,0 \text{ c}$
AC + AA + EDTA	$3,4 \pm 0,3 \text{ a}$	$3,9 \pm 0,2 \text{ ab}$
AC + AA + C + EDTA	$2,2 \pm 0,3 \text{ b}$	$2,1 \pm 0,1 \text{ c}$

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P<0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Estos resultados concuerdan con los resultados observados en los parámetros de color (L , H_{ab} , a^* y C^* ; Sección 2.3.3) y determinación de calidad sensorial (apariencia y pardeamiento; Sección 2.3.6). El rápido incremento de la actividad de la PPO pudo deberse a la alta tasa respiratoria producida por el pelado y cortado (Jeong *et al.*, 2008). Resultados similares se han señalado en cubos de manzana ‘Fuji’ envasados en bolsas en aire a $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 7 días y tratados con AA ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), C ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y agua clorada ($100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloro activo), observándose que los cascos tratados con C ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) fueron

los que tuvieron una mayor inhibición de la actividad enzimática (Jeong *et al.*, 2008), debido a la reducción de las quinonas a difenoles de baja coloración.

La utilización de mezclas de varios agentes al mismo tiempo promovió probablemente un mecanismo de acción sinérgica, a través de acciones que implican la penetración en el tejido, alteración del sitio activo de la PPO, disminución del pH y la aparición de procesos competitivos entre inhibidores-enzima-sustratos (Pérez, 2003). El AC y AA son agentes acidulantes que modifican el intervalo de pH en que la enzima PPO actúa, además, actúan también como agentes quelantes de los átomos de Cu^{+2} en el sitio activo de la PPO (He y Luo, 2007). La C es un agente reductor, reduce las o-quinonas a difenoles de baja coloración y el EDTA se ha catalogado como un agente quelante debido a que forma complejos estables al secuestrar iones de Cu^{+2} del sitio activo de la enzima (Pérez, 2003); sin embargo el tratamiento AC + C + EDTA tuvo una alta actividad probablemente debido a la baja concentración de EDTA $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ usada, asimismo el uso de AA + AC ha sido reportado como no efectivo para impedir el pardeamiento como se discutió en la Sección 2.3.3. Mery (2011) reportó resultados similares en cascos de pera PT envasados en tarrinas de polietileno con tapa en aire a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ por 8 días, indicando que la aplicación de C ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), AC ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y EDTA ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) en sus distintas combinaciones y C sola, lograron evitar el pardeamiento enzimático por 6 días.

Conclusiones

Inmersiones en combinaciones de agentes antipardeantes junto con un envasado en atmósfera modificada pasiva son efectivos en retardar el pardeamiento enzimático medido a través de la luminosidad y tono de los cascos de pera 'Packham's Triumph', manteniendo su calidad por 8 días a 5 °C.

La aplicación de agentes antipardeantes no influye sobre la tasa respiratoria, firmeza y parámetros químicos.

La calidad sensorial fue evaluada positivamente en los cascos con L-cisteína envasados en atmósfera modificada pasiva por 8 días a 5 °C.

Inmersiones en L-cisteína reduce la actividad de las enzimas polifenol oxidasas en cascos de pera 'Packham's Triumph' envasados en atmósfera modificada pasiva por 8 días a 5 °C.

CAPÍTULO III
EFFECTOS DE DISTINTAS ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE PERAS
'PACKHAM'S TRIUMPH' MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Resumen

Se evaluó el envasado de cascos de peras 'Packham's Triumph' (PT) bajo diferentes condiciones de atmósferas controladas (AC), por 5 días a 5 °C. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con estructura factorial, con dos factores correspondientes a oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂). El factor O₂ tuvo tres niveles, los cuales fueron: 0; 5 y 21 %. En tanto, el factor CO₂ tuvo 2 niveles, los cuales fueron: 0 y 10 %. Los tratamientos quedaron definidos por O₂ (%) + CO₂ (%), balance N₂. Los tratamientos empleados fueron: 0 + 0; 0 + 10; 5 + 0; 5 + 10; 21 + 0 y 21 + 10. Se evaluó la tasa respiratoria, producción de etileno, parámetros de color, químicos, calidad sensorial y actividad de polifenol oxidasas (PPO). Tras 5 días los cascos en 21 + 0 reportaron la mayor tasa respiratoria (22,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) y producción de etileno (21,5 µL·kg⁻¹·h⁻¹). Tras 3 días, los cascos en 21 % O₂ registraron los valores más bajos de luminosidad (L) (76,4) y los cascos en 0 y 5 % O₂ los más altos (79,2-78,9). Tras 5 días, en los parámetros de color L, saturación y tono no se registraron diferencias significativas entre tratamientos. El pH no varió con las atmósferas usadas, el rango de valores estuvo entre 4,2 y 4,3 en los días evaluados. Cascos en atmósferas de 0 y 5 % O₂ registraron la menor reducción de sus sólidos solubles y acidez titulable. La mejor apariencia y menor pardeamiento se registró en los cascos 0 + 0, 0 + 10, 5 + 0 y 21 + 10. El CO₂ tuvo un efecto inhibitor sobre la actividad de las PPO, tras 5 días los cascos en 0 y 10 % CO₂ presentaron actividades de 3,2 y 2,4 U·mg⁻¹·prot⁻¹ respectivamente. Se concluyó que el uso de AC de bajo oxígeno y/o moderado dióxido de carbono a 5 °C fueron efectivas en inhibir el pardeamiento enzimático en cascos de pera PT hasta el día 3 de almacenamiento y es necesario evaluar otras condiciones de madurez y metodologías de conservación que permitan prolongar aún más la vida útil.

Palabras clave: Luminosidad, oxígeno, dióxido de carbono, etileno, apariencia, pardeamiento.

Abstract

Slices packaging 'Packham's Triumph' pears were evaluated under controlled atmospheres conditions, for 5 days at 5 °C. Three oxygen (O₂) levels were used: 0, 5 and 21 %, and two carbon dioxide (CO₂) levels were used: 0 and 10 %. Treatments were: 0 + 0, 0 + 10, 5 + 0, 5 + 10, 21 + 0 y 21 + 10. Respiratory rate, ethylene production, firmness, chemical and color parameters, sensory quality and polyphenol oxidase activity (PPO) were evaluated. Slices under 21 + 0 showed the highest respiratory rate (22,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ on day 5) and ethylene production (21,5 μL·kg⁻¹·h⁻¹ on day 5). After 3 days, slices treated with 21 % O₂ had the lowest luminosity (L) values (76,4) and slices treated with 0 and 5 % O₂ had the highest values (79,2 and 78,9 respectively). At the same time, lowest hue (H_{ab}) values were registered in slices treated with 21 % O₂ (92,1). On the fifth day, no significant differences were observed for all color parameters (L, C*, H_{ab}). pH did not vary with atmosphere used (4,2 to 4,3). Slices under 0 % O₂ showed the least decline in soluble solids (SS) and titratable acid (TA). Better appearance and lowest enzymatic browning were observed under: 0 + 0; 0 + 10; 5 + 0 and 21 + 10 slices. CO₂ had an inhibitory effect on PPO activity, after 5 days, slices treated with 0 and 10 % CO₂ showed activities of 3,2 and 2,4 U·mg⁻¹·prot⁻¹ respectively. It was concluded that controlled atmospheres with low oxygen and/or high carbon dioxide at 5 °C were effective to delay enzymatic browning on slices pears 'Packham's Triumph' for 3 days.

Keywords: Luminosity, oxygen, carbon dioxide, ethylene, appearance, enzymatic browning.

Introducción

El mercado de las frutas MPF es importante debido a que se encuentra en rápido desarrollo por su conveniencia y poseer las características de un producto fresco que los consumidores demandan durante todo el año (Rojas-Graü *et al.*, 2006). La pera PT está disponible en el mercado prácticamente todo el año desde mediados de enero hasta fines de octubre (Chileanfreshfruit, 2011), permitiéndole a la industria del mínimo proceso satisfacer la demanda durante casi todo el año. Para disminuir el pardeamiento enzimático y la pérdida de firmeza de la fruta MPF existen distintos métodos de conservación, como el uso de bajas temperaturas, reducción de oxígeno (O_2), uso de atmósfera modificada (AM), recubrimientos comestibles, tratamientos con irradiación gama o altas presiones y uso de agentes antipardeantes (Morales, 2002).

El uso de atmósfera controlada (AC) es un método de conservación físico que consiste en la eliminación o adición de gases para crear una composición atmosférica alrededor del producto que difiera de aquella del aire. Para cualquier producto se deben determinar las concentraciones óptimas de O_2 y dióxido de carbono (CO_2) con el fin de reducir la respiración, tasa de producción y acción del etileno (C_2H_4), retrasando la maduración y senescencia, como también reducir la tasa de crecimiento de patógenos (Kader, 2002). Usualmente esto involucra la reducción de O_2 y/o el aumento de CO_2 . La producción de C_2H_4 es inhibida por concentraciones de O_2 por debajo de un 5 % a través de la inhibición de la actividad ACC oxidasa y por concentraciones por sobre un 1 % de CO_2 a través de la inhibición de ACC sintasa y ACC oxidasa (Kader, 1995). En pera 'Bartlett' MPF Gorny *et al.* (2002) señalan que atmósferas de concentraciones 0,25 y 0,5 % de O_2 o aire + 5, 10 o 20 % de CO_2 tienen una eficacia pobre en mantener la calidad de acuerdo con el parámetro L. Las ventajas del envasado en AC son la disminución de la actividad metabólica, inhibición de la proliferación de microorganismos e intervención sobre las reacciones de pardeamiento y producción de etileno retrasando la senescencia de los productos. Sin embargo, ha resultado ser una tecnología costosa porque requiere de equipos para la generación y/o eliminación de gases y otros dispositivos para el control de la atmósfera interna (García *et al.*, 2006).

El estado de madurez, tamaño de fruta y tiempo de almacenamiento después de cosecha, son todos factores importantes que afectan la vida útil de los cascos de pera después del mínimo proceso, estos deben ser cuidadosamente controlados si se intenta una producción comercial (Gorny *et al.*, 2000).

En frutas MPF se han realizado distintos tratamientos con bajo O₂ (0,25 a 0,5 % O₂), elevado CO₂ (5, 10 ó 20 % CO₂) o superatmosférico O₂ (40, 60 o 80 % O₂), para inhibir el pardeamiento enzimático, evitar la pérdida de firmeza y reducir el crecimiento microbiano (Gorny *et al.*, 2001). Rattanapanone *et al.* (2001) evaluaron en cubos de mango el período comercial a dos temperaturas (5 y 10 °C) y dos AC (4 % O₂ + 10 % CO₂ y 2 % O₂ + 10 % CO₂), y concluyeron que el beneficio de las AC en mantener la calidad del producto fue menor al compararlo con el efecto de la temperatura. Gorny *et al.* (2001) evaluaron en cascos de pera 'Bartlett' distintas AC con bajo O₂ (0,25 a 0,5 % O₂), alto CO₂ (5, 10 ó 20 % CO₂) y superatmosférico O₂ (40, 60 o 80 % O₂) junto con inmersiones en ácido ascórbico (2 g·L⁻¹), L-cisteína (0,5 g·L⁻¹) y lactato de Ca (1 g·L⁻¹), y concluyeron que las AC por sí solas no previenen el pardeamiento enzimático. Se ha señalado que AC por sobre un 10 % de CO₂ en cascos de pera 'Bartlett' producen un aceleramiento del pardeamiento y necrosis en los tejidos comparado con el testigo en aire (Gorny *et al.*, 2002).

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

El almacenamiento refrigerado en atmósferas controladas de bajo oxígeno y/o moderado dióxido de carbono son efectivas en inhibir el pardeamiento enzimático en cascos de pera 'Packham's Triumph'.

Objetivos

Evaluar el efecto de distintas atmósferas controladas sobre: tasa respiratoria, producción de etileno, parámetros físicos y químicos, calidad sensorial y actividad de las polifenol oxidasas.

Materiales y método

El presente estudio consistió en el uso de distintas atmósferas controladas (AC), moderadas y/o bajas en O₂ y/o CO₂, para prolongar la vida útil de los cascos de pera 'Packham's Triumph' (PT). Se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y fue financiado por el proyecto D0711026 FONDEF – CONICYT, Chile.

3.1- Materiales

Se utilizaron frutos de pera 'Packham's triumph' (PT) suministrados por la empresa David del Curto S.A. provenientes de un huerto comercial ubicado en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, provincia de Cachapoal, comuna de Requínoa, cosechados en el mes de marzo de 2010, mantenidos en atmósfera controlada (AC) (1 a 3 % de O₂ y 0,5 a 2,5 % de CO₂ y -1 a 0 °C) (Moggia *et al.*, 2005) por 129 días, hasta agosto de 2010 y luego frío convencional (FC) (0 °C y 95 % de HR) por 52 días hasta su procesamiento, en octubre de 2010.

Se usaron contenedores de polietileno (Haddad, Chile) de una capacidad de 22 L para mantener las AC. Estos contenedores estuvieron conectados a un sistema de flujo continuo unido a un panel mezclador de gases. Los cascos se envasaron en tarrinas de polietileno (Cherry, Chile) de 500 mL con perforaciones en su base y sin tapa. Dentro de los contenedores las tarrinas se colocaron separadas por una malla de acero, disponiéndolas en grupos de 2 y 3 por piso. Las tapas de los contenedores tuvieron perforaciones para la conexión hermética de mangueras con el flujo de gases deseado. La salida del flujo gaseoso se hizo barbotear en un tubo falcón de 50 mL (Labolan, España) con agua potable con el propósito de mantener una condición de elevada HR.

3.2- Método

3.2.1- Determinaciones en frutos enteros (caracterización)

Se realizó un día previo al procesamiento. El procedimiento de caracterización de la fruta entera y sus determinaciones de parámetros físicos y químicos se detalla en la Sección 2.2.1.

3.2.2- Procesamiento

3.2.2.1- Preparación de los cascos de pera

Las características del lugar y los utensilios usados para el mínimo proceso, así como también el procedimiento de obtención de los cascos, se detallan en la Sección 2.2.2.1.

3.2.2.2- Atmósferas utilizadas

Las AC que se emplearon consistieron en (O_2 % + CO_2 %): 0 + 0, 0 + 10, 5 + 0, 5 + 10, 21 + 0 y 21 + 10. Todas las mezclas gaseosas fueron balanceadas con N_2 y CO_2 a una tasa de flujo que se determinó según una tasa respiratoria de $15 \text{ mg } CO_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a partir del panel mezclador de gases. La verificación del correcto contenido gaseoso de los flujos se comprobó con un analizador manual de gases (PBI Dansensor, Check Point, Ringsted, Dinamarca) en los días 0, 2, 3, 4 y 5 de almacenamiento a 5°C , desde la salida del panel mezclador (Apéndice, Cuadro 3.1).

3.2.2.3- Aplicación de los tratamientos

Una vez obtenidos los cascos, éstos se sumergieron en una solución de agua potable a 5°C durante 3 min. Luego se drenaron por 3 min y a continuación se envasaron 200 g de cascos en tarrinas de polietileno (Cherry, Chile) de 500 mL con perforaciones en su base y sin tapa. Inmediatamente después estas tarrinas fueron ubicadas en

contenedores (Haddad, Chile) descritos en la sección 3.1, estos se almacenaron en una cámara a 5 °C por un período de 5 días.

La Figura 3.1 muestra el diagrama de flujo para el procesamiento mínimo, la obtención de los cascos y la aplicación de los tratamientos, mientras que en la Figura 3.2 se muestran imágenes de estas operaciones.

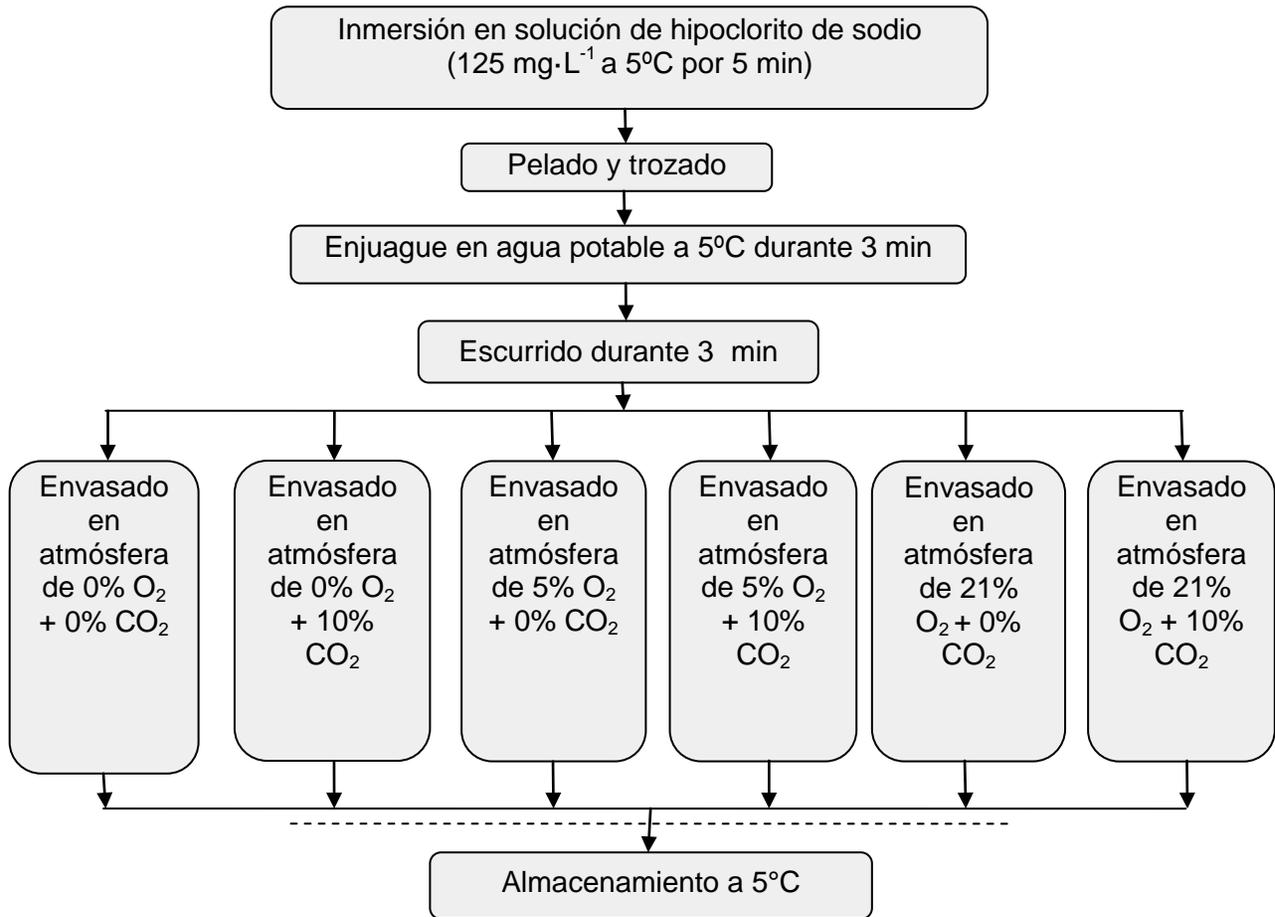


Figura 3.1. Diagrama de flujo del procesamiento mínimo de peras 'Packham's Triumph'. Con tres y dos concentraciones de O₂ y CO₂ respectivamente.



Figura 3.2. Imágenes de las operaciones del mínimo en fresco de peras 'Packham's Triumph' e implementación de las atmósferas controladas.

3.2.3- Parámetros evaluados en cascos de pera

Las evaluaciones físicas, químicas, sensoriales y bioquímicas se realizaron en los días 3 y 5. Las evaluaciones metabólicas en los días 0, 2, y 4.

3.2.3.1- Determinación de la tasa respiratoria: se determinó siguiendo la misma metodología descrita para tasa respiratoria de la sección 2.2.3.1, pero mediante un sistema dinámico, en contenedores (Haddad, Chile) provistos de un septum de goma en su tapa, en cuyo interior se ubicaron las tarrinas que se fueron retirando en grupos de 3 por tarro evaluado. Se montaron 2 repeticiones correspondientes a 2 contenedores y a un tratamiento. Se realizaron 2 pinchazos por contenedor evaluado. Los resultados fueron expresados en $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

3.2.3.2- Determinación de la producción de etileno: las muestras se tomaron siguiendo la metodología descrita para tasa respiratoria, pero se usaron jeringas de plástico de 1 mL (BD Plastic, Brasil). Las muestras se inyectaron en un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7820A, CG System, EE.UU.) provisto de un detector de ionización de llama y una columna Porapak QN 80/100 (1,20 m x 3,18 mm) (Norwalk, Connecticut, EE.UU). La temperatura del inyector, horno y detector fueron de 200, 50 y 200, respectivamente. Se utilizó gas helio como gas transportador con un flujo de 55 mL·min⁻¹. Diariamente el equipo fue calibrado con un gas patrón de 0,5 mg·L⁻¹ (Indura, Santiago, Chile). Los resultados fueron expresados en $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

Para determinar los $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ se empleó la siguiente expresión:

$$\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{(\text{Factor } [\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}] \cdot \text{U. de área } [\text{m}^2] \cdot \text{espacio de cabeza } [\text{L}])}{\text{Peso fruta } [\text{Kg}] \cdot \text{Tiempo } [\text{h}]}$$

En el cual:

$$\text{Factor} = \frac{\text{Concentración patrón } [\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}]}{\text{Unidad de área } [\text{m}^2]}$$

$$\text{Unidad de área} = \text{Muestra inicial} - \text{muestra final } [\text{m}^2]$$

$$\text{Espacio de cabeza} = \text{Volumen contenedor} - \text{volumen fruta } [\text{L}]$$

3.2.3.3- Parámetros de color: se realizó con un colorímetro portátil tri-estímulo siguiendo la metodología descrita en la Sección 2.2.3.2. El color se expresó en valores de luminosidad (L), saturación (C*) y tono (H_{ab}).

3.2.3.4- Firmeza: se determinó con un texturómetro FTA, (Fruit Texture Analyser, GS-14, Guüs, Italia), siguiendo la metodología descrita en la Sección 2.2.3.3. Los resultados se expresaron en kg-f.

3.2.3.5- Parámetros químicos: se determinaron de acuerdo a lo establecido en la Sección 2.2.3.4.

3.2.3.6- Determinación de la calidad sensorial: se determinó siguiendo la misma metodología descrita en la sección 2.2.3.5, exceptuando la determinación de los atributos visuales, en donde a los jueces se les presentaron las muestras en tarrinas con 200 g de cascotes de pera. La pauta de evaluación se describe en el Anexo 1.

3.2.3.7- Determinación de la actividad de polifenol oxidasas (PPO): se determinó según lo establecido en la Sección 2.2.3.6.

3.2.4- Diseño de experimento y análisis estadístico

El diseño del estudio fue de estructura factorial con variables independientes por días, con 6 tratamientos, 3 niveles de O₂ (21, 5 y 0 %), 2 niveles de CO₂ (10 y 0 %) y 3 repeticiones. La unidad experimental fue una tarrina con 200 g de cascotes para los parámetros de color, firmeza, acidez titulable, pH, concentración de sólidos solubles, determinación de la actividad PPO y atributos visuales (apariencia y pardeamiento). Para los aspectos gustativos (sabor extraño y firmeza) fueron cubos de 1 cm³ de pera, presentados en potes de cerámica blancos. Tanto para los aspectos visuales y gustativos fueron 12 las repeticiones.

Los datos obtenidos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95%, al encontrar diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones de TUKEY con un nivel de significancia del 5%. En caso de encontrar interacción entre los factores, se realizó un ANDEVA entre tratamientos. Todos los resultados se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab 16.

Resultados y discusión

3.3.1- Caracterización de la fruta entera

En el Cuadro 3.1 se detallan los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en los frutos de pera PT un día antes del mínimo proceso. Los parámetros evaluados de color de pulpa, firmeza y químicos muestran diferencias respecto a los frutos usados en el estudio I del Capítulo II (Sección 2.3.1). La fruta de este estudio fue acondicionada por 5 días (18 a 20 °C) con el fin de obtener un producto que satisfaga los requisitos del consumidor en términos de calidad sensorial (aroma, sabor y textura) y oportunidad de consumo, debido a que las peras PT se encontraban en un estado verde (Apéndice, Cuadro 3.2); Defilippi y Campos (2006) indican que una fruta inmadura tiene poco sabor, aroma y textura, en cambio una fruta sobre madura tendrá garantizado todo lo anterior pero su vida útil estará comprometida.

Cuadro 3.1. Parámetros físicos y químicos de 20 frutos de pera PT

Caracterización de la fruta entera			
	Parámetro		Promedio ± EE
	Peso (g)		178,9 ± 1,1
	Diámetro (mm)	polar	78,8 ± 0,9
		ecuatorial	71,0 ± 0,4
Físicos	Color de epidermis	L	61,6 ± 0,9
		C*	45,0 ± 0,5
		H _{ab}	105,9 ± 1,3
	Color de pulpa	L	80,4 ± 0,4
		C*	20,0 ± 1,0
		H _{ab}	100,0 ± 0,4
	a*	-3,5 ± 0,2	
	Firmeza (kg-f)		5,3 ± 0,2
Químicos	Sólidos solubles (SS)		11,3 ± 0,0
	Acidez titulable (AT)		0,15 ± 0,0
	pH		4,3 ± 0,0
	SS:AT		74,5 ± 0,6

Los valores representan las medias ± el error estándar (EE)

En el presente estudio los valores de L (80,4) y C* (20,0) fueron asociados a una pera más iluminada y de menor intensidad en color de pulpa con respecto al estudio anterior (L 77,8 y C* 26,6). No obstante, el parámetro a* de valor -3,5 fue menos negativo que el valor presentado por el estudio I (-5,8), indicando una pera más verde en el estudio anterior. En relación al parámetro H_{ab} los valores observados fueron similares. La disminución de la firmeza, los SS, AT y aumento del pH en el presente estudio respecto al estudio I podrían estar asociados al efecto del tiempo de almacenamiento (129 días en AC y 52 días en FC) y acondicionado (5 días), lo cual provocó un ablandamiento de los tejidos (Apéndice, Cuadro 3.2), consumo de azúcares y ácidos usados como sustratos para la respiración (MADR, 2000; Kader, 2002). Asimismo la relación SS:AT útil para determinar la calidad de la fruta (Beaulieu y Gorny, 2001) fue mayor en el presente estudio comparado al estudio I, lo que ratifica los resultados observados y la contribución de la tasa respiratoria durante el almacenaje (AC y FC) y acondicionado en el consumo de sustratos, principalmente ácidos, y senescencia de la fruta.

3.3.2- Tasa respiratoria

Tras el procesamiento (4 - 8 h después) los valores más altos se observaron en los cascos 21 + 0, 21 + 10 y 0 + 10 con valores de 42,2; 29,5 y 30 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. En cambio los valores más bajos en los cascos 0 + 0 y 5 + 0 con valores de 14,7 y 6,2 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Los cascos en 5 + 10 presentaron un valor de 21,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Tras 2 días, los cascos en 0 + 0; 0 + 10 y 5 + 0 presentaron los valores más bajos de 8,9; 8,8 y 8,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente y los cascos en 5 + 10; 21 + 0 y 21 + 10 presentaron los valores de 12,1; 18,7 y 23,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Tras 4 días, los cascos en 5 + 0 presentaron la tasa respiratoria más baja de 1,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹, luego los cascos en 5 + 10, 0 + 0 y 0 + 10 presentaron valores intermedios de 14,5; 7,4 y 9,6 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente y los cascos en 21 + 0 y 21 + 10 presentaron los valores de 22,6 y 17,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente. Los cascos conservados en 0 y 5 % O₂ presentaron los valores más bajos, en promedio 13,1 y 10,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ respectivamente durante el almacenaje, mientras los cascos en 21 % presentaron el

valor promedio de 24,0 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ en el mismo período. Los valores promedios para una baja o moderada concentración de CO₂ para cada día fueron similares, el rango de valores promedios estuvo entre 27,1 y 10,5 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ durante el almacenamiento.

Cuadro 3.2. Tasa respiratoria en mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ de cascos de pera 'Packham's triumph', bajo distintas atmósferas controladas.

Tratamiento (O ₂ + CO ₂)	Días		
	0	2	4
0 + 0	14,7 ± 0,8	8,8 ± 0,7	7,3 ± 4,7
0 + 10	30,0 ± 4,7	8,8 ± 0,4	9,5 ± 2,6
5 + 0	6,2 ± 1,0	8,6 ± 3,1	1,7 ± 1,1
5 + 10	21,8 ± 1,6	12,1 ± 2,8	14,5 ± 2,2
21 + 0	42,2 ± 7,1	18,6 ± 0,0	22,6 ± 1,6
21 + 10	29,5 ± 2,8	23,5 ± 4,2	17,7 ± 3,0

Los valores son las medias (n=2) y las barras verticales el error estándar (EE).

Qi *et al.* (1999) señalan que la tasa respiratoria en cubos de melones 'honeydew' almacenados en AC (4% O₂ + 10% CO₂) a 5 °C por 10 días comenzó a aumentar en el sexto día de almacenamiento, cuando la calidad de estos ya estaba por debajo de lo aceptable; situación que no ocurrió en el presente estudio debido a que la calidad de los cascos de pera se redujo sin ocurrir un alza en la tasa respiratoria al cuarto día. Estos mismos autores señalan que el beneficio del uso de la AC no pudo ser observado debido a que las bajas temperaturas (5-10 °C) no permitieron disminuir el efecto del estrés del corte. Contrario a lo observado en este estudio Gorny *et al.* (2000) indican que cascos de pera 'Anjou', 'Bartlett', 'Bosc' y 'Red Anjou' almacenados en AC (2% O₂ + 98% N₂) a 10 °C tuvieron un aumento en la tasa respiratoria durante el almacenamiento por 6 días; probablemente esto no se observó debido a la baja temperatura usada de 5 °C que pudo retrasar el alza de la respiración; estos mismos autores señalan que un pequeño aumento en la temperatura puede provocar un incremento entre 2 a 4 veces en la tasa respiratoria por cada 10 °C. Los resultados observados en el día 2 fueron similares a lo evaluado por Rosen y Kader (1989) en cascos de peras 'Bartlett' envasados en AC (aire; 0,5; 1 y 2 % de O₂) a 2,5 °C por 7 días. Estos autores observaron que los cascos almacenados en bajas concentraciones

de O₂ presentaron menores tasas de respiración comparados a los almacenados en aire, sin haber diferencias entre los cascos con bajas concentraciones de O₂. Concentraciones de O₂ inferiores al 5,6 % reducen la tasa respiratoria de los cascos de pera PT.

3.3.3- Producción de etileno

De acuerdo al Cuadro 3.3, se observó que los cascos en 21 + 0; 21 + 10 y 5 + 0 presentaron una tendencia al aumento, en cambio los cascos en 5 + 10 presentaron una tendencia a la disminución. Los cascos en 0 + 0 y 0 + 10 se mantuvieron estables entre 1,0 y 4,1 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Tras el procesamiento los valores más altos se observaron en los cascos 21 + 0 (15,2 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$), los demás cascos en 0 + 0, 0 + 10, 5 + 0, 5 + 10 y 21 + 10 presentaron valores de 1,0 a 5,5 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Tras 2 días, los cascos en 21 + 0 presentaron el valor más alto (15,7 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) y los cascos en 0 + 0; 0 + 10; 5 + 0; 5 + 10 y 21 + 10 presentaron valores de 1,3 a 4,6 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. En el día 4, se observó que los cascos en 21 + 0 presentaron el valor más alto (21,5 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$), los cascos en 21 + 10 y 5 + 0 presentaron valores de 8,6 y 9,4 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente y los cascos en 0 + 10; 0 + 0 y 5 + 10 presentaron los valores de 4,1; 3,0 y 2,2 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente. Los cascos conservados en 0 y 5 % O₂ presentaron los valores promedios más bajos de 1,7 y 5,1 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ durante el almacenaje, en cambio los cascos en 21 % presentaron el valor promedio de 11,7 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Los cascos en 0 % CO₂ presentaron una mayor producción con un valor promedio de 9 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ durante el almacenaje comparado a los cascos en 10 % CO₂ que redujeron su producción a 3,7 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ en el mismo período.

Cuadro 3.3. Producción de etileno en $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ de cascós de pera 'Packham's Triumph', bajo distintas atmósferas controladas.

Tratamiento (O ₂ + CO ₂)	Días		
	0	2	5
0 + 0	1,0 + 0,8	1,8 + 0,3	3,0 + 0,3
0 + 10	2,2 + 0,1	1,9 + 0,5	4,1 + 0,1
5 + 0	5,5 + 0,0	8,2 + 2,7	9,4 + 1,2
5 + 10	4,1 + 0,5	1,3 + 0,5	2,2 + 0,1
21 + 0	15,2 + 1,1	15,7 + 1,0	21,5 + 1,7
21 + 10	4,7 + 2,5	4,6 + 0,5	8,6 + 0,3

Los valores son las medias (n=2) y las barras verticales el error estándar (EE).

Los altos valores observados en los cascós 21 + 0 podrían deberse a la maduración de la fruta realizada durante el acondicionado (15 a 20 °C, por 5 días) antes del mínimo proceso y al efecto que tiene el O₂ en promover la síntesis de C₂H₄ a través de la acción de la enzima amino ciclo propano carboxilato oxidasa (ACC oxidasa), la cual necesita de O₂ para actuar y es inhibida por el CO₂ (Anónimo, 2008). De acuerdo a lo observado en este estudio, Hu *et al.* (2007) observaron que la producción de C₂H₄ en cascós de manzana 'Fuji' en AC de 21 + 0 a 5 y 20 °C aumenta durante el almacenaje hasta el día 2 y 1 respectivamente, para luego comenzar a disminuir paulatinamente; estos mismos autores señalan que la tasa respiratoria sigue un patrón similar. Los cascós en aire presentaron la producción más alta de C₂H₄, estos resultados concuerdan con lo reportado por Rosen y Kader (1989) quienes observaron en cascós de pera 'Bartlett' almacenados en AC a 2,5 °C por 7 días la producción más alta de C₂H₄ en los cascós en aire y luego 2, 1 y 0,5 % O₂. Concentraciones de O₂ inferiores al 5,6 % y de CO₂ superiores al 8,5 % inhiben la producción de C₂H₄ en cascós de pera PT.

3.3.4- Parámetros de color

Luminosidad (L): se observó una tendencia a la disminución. Tras 3 días, todos los cascós se ubicaron por sobre el límite mínimo aceptable de 76,2 (Apéndice, Figura 1) con valores de 77,2 a 79,5. Tras 5 días, los cascós en 0 + 0 (75,7) se ubicaron por debajo del límite, los cascós en 5 + 0 y 5 + 10 se ubicaron en el límite y los cascós en 0 + 10, 21 + 0 y 21 + 10 se mantuvieron por sobre el límite con valores de 77,2 a 77,3.

Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores O₂ con CO₂, los valores fueron de 75,6 a 79,5; para el factor O₂ se observaron diferencias significativas, los cascos en 0 y 5 % O₂ presentaron los valores más altos de 79,2 y 78,9 respectivamente y los cascos en 21 % presentaron el valor de 76,4. Para el factor CO₂ también se observaron diferencias significativas, los cascos en 0 % presentaron el valor más bajo de 77,6 y los cascos en 10 % el valor de 78,7. Tras 5 días no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores (75,7-77,3), el factor O₂ (76,2-77,3) y el factor CO₂ (76,4-76,9) (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la luminosidad (L), en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	L		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	79,2 a	76,5
	5	78,9 a	76,2
	21	76,4 b	77,3
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	77,6 b	76,4
	10	78,7 a	76,9
O₂ x CO₂	0 x 0	78,8	75,7
	0 x 10	79,5	77,2
	5 x 0	78,4	76,2
	5 x 10	79,4	76,2
	21 x 0	75,6	77,2
	21 x 10	77,2	77,3
Nivel de Significancia	O ₂	*	NS
	CO ₂	***	NS
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

Los resultados observados en el día 3 sugieren que los cascos en concentraciones de O₂ inferiores a un 5,6 % (0 + 0, 0 + 10, 5 + 0 y 5 + 10) presentaron mayores valores de L, asociado a la ocurrencia de un menor pardeamiento oxidativo con la consecuente generación de pigmentos (Rocha y Morais, 2003), debido a la ausencia de O₂ necesario

para el pardeamiento enzimático (Pérez, 2003). Estos resultados coinciden con lo observado el día anterior en producción de C_2H_4 y tasa respiratoria (Secciones 3.3.2 y 3.3.3), en que una mayor producción de C_2H_4 y tasa respiratoria produjeron el día después un mayor pardeamiento. Contrario a lo observado en el día 3, Gorny *et al.* (2002) señalan que los cascos de pera 'Bartlett' tratados con bajas concentraciones de O_2 (0,25 y 0,5 %) presentaron menores valores de L respecto al testigo durante 8 días a 5 °C; estos autores también observaron que los cascos en AC de aire + 10 % CO_2 y aire + 20 % CO_2 presentaron una aceleración del pardeamiento y necrosis comparado con el testigo en aire. Rocha y Morais (2000) en desacuerdo a lo observado por Gorny *et al.* (2002), indican que un incremento del CO_2 a un 12 % conserva con mayor eficacia el color (L) de los cascos de manzana 'Jonagored' almacenados en AC a 4 °C por 7 días. Los resultados observados en el estudio son ratificados por Gorny *et al.* (1998) quienes señalan que los cascos de pera 'Bartlett' almacenados a 5 °C en condiciones de bajo O_2 (0,5 %) o moderado CO_2 (5 %) tuvieron una reducción significativa de L. No obstante estos mismos autores señalan que los cascos con $CaCl_2$ y mantenidos en aire o 21 % O_2 + 5 % CO_2 presentaron el menor pardeamiento.

Saturación (C*): se observó que los valores de C^* se mantuvieron estables durante el almacenaje manteniéndose por debajo del límite máximo aceptable de 26,7 (Apéndice, Figura 1). El rango de valores en ambos días evaluados estuvo entre 18,8 y 21,6. Tras 3 días, para la interacción de los factores O_2 con CO_2 y para el factor CO_2 no se observaron diferencias significativas. Sin embargo para el factor O_2 se observaron diferencias significativas. Los cascos en 0 % O_2 presentaron el valor más bajo de 19,1 y los cascos en 5 y 21 % O_2 presentaron los valores de 19,3 y 21,1 respectivamente. En el día 5, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, factor O_2 y factor CO_2 (Apéndice, Figura 3.3).

El parámetro C^* fue afectado por las concentraciones de O_2 en un inicio; disminuyendo su valor en concentraciones inferiores al 5,6 %. Tras 5 días, las concentraciones de bajo O_2 en combinación o no con moderado CO_2 no lo afectaron. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Gorny *et al.* (2002), sobre cascos de peras 'Bartlett' en AC a 5 °C tratados con aire, bajo O_2 (0,25 y 0,5 %) y CO_2 (0 y 5 %), en donde no se observaron diferencias entre las distintas AC desde el cuarto día de almacenamiento.

Tono (H_{ab}): los valores tuvieron una tendencia a la disminución. Tras 3 días los valores fueron de 91,2 a 95,8° y tras 5 días de 89,9 a 92,2°. Los cascos en 21 + 0 fueron los únicos en presentar valores inferiores al límite mínimo aceptable de 92,3° (Apéndice, Figura 1) en el día 3. Después de 5 días todos los cascos presentaron valores inferiores a este límite. Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores O_2 y CO_2 y para el factor CO_2 , sin embargo para el factor O_2 sí. Los cascos en 0 y 5 % O_2 presentaron los valores más altos de 95,6 y 95,3° respectivamente y los cascos en 21 % presentaron el valor de 92,1°. Tras 5 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, factor O_2 y factor CO_2 (Apéndice, Cuadro 3.4).

El uso de concentraciones de O_2 inferiores al 5,6 % retardaron el descenso del H_{ab} hasta el día 3 de almacenamiento en comparación a los cascos en concentraciones de O_2 superiores al 18,3 %. Se ha reportado en cascos de pera 'Bartlett' envasados en AC de 40, 60 y 80 % O_2 a 5 °C, que los valores de H_{ab} disminuyeron al segundo día desde 101° a valores cercanos a 93° (Gorny *et al.*, 2002). Por otro lado un aumento del H_{ab} no siempre es deseable, se ha observado en cubos de mango 'Tommy atkins' y 'Kent' almacenados en AC de 2-4 % O_2 + 10 % CO_2 a 5 y 10 °C que un incremento del H_{ab} sucede cuando los cubos se vuelven invendibles debido a un aumento de su condición líquida alcanzando valores cercanos a 89° (Rattanapanone *et al.*, 2001).

3.3.5- Firmeza

Se observó que el mínimo proceso y el almacenaje provocaron una disminución de la firmeza. La fruta fue procesada con una firmeza de 5,3 kg-f y tras 3 días los cascos presentaron una firmeza de 4,3 a 5,0 kg-f y después de 5 días de 3,9 a 4,9 kg-f. La firmeza disminuyó durante el período de almacenaje en un 16,5 % aproximadamente, debido al estrés del corte que provocó un catabolismo acelerado de la pared y membrana celular a través de cambios de permeabilidad, flujo de solutos y otras condiciones apoplásticas que modifican las condiciones del Ca^{+2} . Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores O_2 con CO_2 , factor O_2 y factor CO_2 . Tras 5 días no se observaron diferencias significativas para la

interacción de los factores O₂ con CO₂, pero sí para el factor O₂ y CO₂; los cascos en 0 y 5 % O₂ presentaron las firmezas más altas de 4,6 y 4,5 kg-f respectivamente y los cascos en 21 % O₂ tuvieron una firmeza de 4,0 kg-f. Para el factor CO₂ los cascos en 0 y 10 % tuvieron los valores de 4,6 y 4,2 kg-f respectivamente (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la firmeza (kg-f), en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	Firmeza (kg-f)		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	4,8	4,6 a
	5	4,8	4,5 a
	21	4,4	4,0 b
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	4,8	4,6 a
	10	4,6	4,2 b
O₂ x CO₂	0 x 0	5,0	4,6
	0 x 10	4,6	4,6
	5 x 0	5,0	4,9
	5 x 10	4,7	4,2
	21 x 0	4,3	4,2
	21 x 10	4,5	3,9
Nivel de Significancia	O ₂	NS	**
	CO ₂	NS	*
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

Tras 5 días se observó que concentraciones de O₂ inferiores a un 5,6 % favorecen la mantención de la firmeza en los cascos, pero concentraciones de CO₂ superiores al 8,5 % la reducen. A pesar de lo observado, Rosen y Kader (1989) señalan que la utilización de CaCl₂ como un agente promotor de la mantención de la firmeza es más efectivo que el uso de AC bajas en O₂ (0,5 - 1 %) o moderadas en CO₂ (12 %), y resulta ser un mejor tratamiento para los cascos de pera 'Bartlett' junto con el uso de atmósferas controladas bajas en O₂. Estos mismos autores indican que el calcio también es usado como antipardeante y su uso se sustenta en el hecho de fortalecer las paredes y membranas celulares, por lo cual se produce una menor liberación de enzimas y

sustratos en las superficies de corte, asimismo señalan que las AC descritas logran el mismo efecto a través de una menor tasa respiratoria y producción de C_2H_4 . Diversos autores han indicado en distintas frutas MPF como melón, pera y manzana que la aplicación de sales de Ca favorece la mantención de la firmeza (Saftner et al., 2003; Mery, 2011, Alandes et al., 2011). Los resultados observados ratifican lo reportado por Gorny *et al.* (1998) quienes mencionan que AC enriquecidas con 5 % CO_2 o 0,5 % O_2 retrasaron el ablandamiento en cascos de peras 'Bartlett' por 9 días a 5 °C.

3.3.6- Parámetros químicos

Acidez titulable (AT): de acuerdo al Cuadro 3.6 se observó que la AT se mantuvo estable; tras 3 días de almacenamiento el rango de valores fue de 0,15 a 0,22 % y tras 5 días fue de 0,12 a 0,16 %. Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores O_2 con CO_2 y el factor CO_2 ; sin embargo para el factor O_2 sí. Los cascos en 5 y 21 % O_2 presentaron los valores de 0,16 y 0,17 % respectivamente, y los cascos en 0 % O_2 presentaron el valor de 0,21 %. Después de 5 días de almacenamiento no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, pero sí para el factor O_2 y CO_2 . Para el factor O_2 se observó el valor más alto de 0,16 % en los cascos de 5 % O_2 y el más bajo de 0,14 % en los cascos de 0 % O_2 , los cascos en 21 % O_2 presentaron un valor de 0,15 %. Para el factor CO_2 se observó que los cascos en 0 y 10 % CO_2 presentaron los valores de 0,14 y 0,16 % respectivamente (Apéndice, Cuadro 3.5).

Cuadro 3.6. Evolución de la AT, pH y SS en cascós de pera ‘Packham’s Triumph’ sometidos a tratamientos de atmósfera controlada a 5 °C.

Tratamiento (O ₂ + CO ₂)	Tiempo de almacenamiento (días)					
	Acidez titulable (% ácido málico)		pH		SS (%)	
	3	5	3	5	3	5
0 + 0	0,22	0,12	4,2	4,3	11,0	11,3
0 + 10	0,19	0,15	4,2	4,3	11,9	11,3
5 + 0	0,17	0,15	4,2	4,3	10,3	10,4
5 + 10	0,15	0,16	4,3	4,2	10,6	10,5
21 + 0	0,17	0,14	4,2	4,3	11,0	10,9
21 + 10	0,17	0,16	4,2	4,2	11,3	10,8

Los valores son medias (n=3).

Los cascós en concentraciones de O₂ inferiores a un 0,16 % (0 + 0 y 0 + 10) presentaron en el día 3 una mayor AT (0,22 y 0,20 %) probablemente debido a mayores contenidos de ácidos por una menor respiración, estos resultados concuerdan con los observados en tasa respiratoria (Sección 3.3.2) en el cual se observó una reducción. Luego en el día 5 todos los cascós presentaron valores similares; en el mismo día se observó que el CO₂ tuvo un efecto en aumentar la AT, por el contrario según Rocha y Morais (2000) quienes evaluaron AC de 2 % O₂ + 4 a 12 % CO₂ en cubos de manzana ‘Jonagored’ por 7 días a 5 °C reportaron que moderadas concentraciones de CO₂ producen una disminución de la AT, este efecto aún pudo ocurrir en los cascós sujetos a 10 % de CO₂ que presentaron una mayor AT debido a mayores contenidos de ácidos por menores tasas respiratorias excluyendo el efecto del CO₂ en reducir la AT.

En el Capítulo II (Sección 2.3.5) los valores de AT de la fruta procesada fueron superiores (0,30 %) respecto al presente estudio (0,15 %); probablemente debido al tiempo de almacenamiento en AC (129 días) y FC (52 días) además del acondicionado por 4 días que tuvo por consecuencia un consumo de los ácidos para sostener los procesos metabólicos, con el fin de desarrollar en las peras un aroma, sabor y textura adecuada para el consumo; lo anterior no fue recomendable para el mínimo proceso, debido al estrés del proceso de corte con el consecuente consumo de los ácidos como primera fuente de energía (Kim *et al.*, 1993).

pH: de acuerdo al Cuadro 3.6 se observó que el pH se mantuvo estable, tras 3 días el rango de valores fue de 4,2 a 4,4 y tras 5 días fue de 4,3 a 4,4. Después de 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para los factores O₂ y CO₂. Tras 5 días, se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores O₂ con CO₂, siendo los cascos en 21 + 0 los que presentaron el mayor valor de 4,4 y los cascos en 21 + 10 los de menor valor de 4,2; los cascos en 0 + 0, 0 + 10, 5 + 0 y 5 + 10 presentaron valores intermedios de 4,3; 4,3; 4,3 y 4,2 respectivamente (Apéndice, Cuadro 3.6).

Contrario a lo indicado por Rocha y Morais (2000) quienes observaron en cubos de manzana 'Jonagored' un aumento gradual del pH a medida que se incrementó la concentración de CO₂ de 4 a 12 % durante 7 días a 5 °C, en este estudio al quinto día los cascos en concentraciones de 8,9 a 10,9 % CO₂ (4,2) obtuvieron un menor valor comparados con los de 0 % CO₂ (4,3). No obstante Kader (1995) afirma que los valores de pH se reducen de 0,2 a 0,6 unidades en discos de peras 'Bartlett' expuestos a atmósferas de bajo O₂ y alto CO₂, logrando influir sobre el metabolismo de varias enzimas asociadas a la tasa respiratoria, producción de etileno y cambios estructurales.

Sólidos solubles (SS): después de 3 días, no se detectaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor CO₂, pero sí para el factor O₂. Los cascos en 0 % O₂ presentaron el valor más alto de 11,4 %, los cascos en 5 % O₂ el más bajo de 10,4 % y los cascos en 21 % O₂ un valor intermedio de 11,1 %. Tras 5 días, no se registraron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor CO₂. Sin embargo para el factor O₂ sí, los cascos en 5 y 21 % O₂ presentaron los valores de 10,4 y 10,8 % respectivamente y los cascos en 0 % O₂ presentaron el valor de 11,3 % (Apéndice, Cuadro 3.7).

De acuerdo a los resultados observados en tasa respiratoria (Sección 3.3.2), una mayor respiración produjo un mayor descenso de los SS. Según Hu *et al.* (2007) quienes reportaron en cascos de manzana 'Fuji' almacenados en aire a 5 y 20 °C un descenso gradual de los SS, siendo mayor en los cascos con mayor temperatura. Esta reducción indicaría que una mayor tasa respiratoria provocaría un mayor consumo de los

azúcares como sustratos. Ratificando lo encontrado por Hu *et al.*, (2007) y este estudio, Rocha y Morais, (2000) señalan que cubos de manzana 'Jonagored' almacenados por 3 días a 5 °C en AC de 2 % O₂ + 4 a 12 % CO₂ presentan un mayor porcentaje de sólidos solubles que cubos almacenados en aire, porque condiciones de AC provocan una tasa respiratoria menor.

3.3.7- Calidad sensorial

Apariencia: la apariencia de los cascos descendió durante el almacenaje (Cuadro, 3.7). Los cascos fueron evaluados en el tercer día con puntuaciones de 5,6 a 9,1. Y en el quinto día disminuyó a puntuaciones de 4,3 a 7,4: próximas a muy mala (0 puntos).

Tras 3 días de almacenamiento se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, los cascos en 0 + 0; 0 + 10; 5 + 0 y 5 + 10 presentaron puntuaciones en un rango de 8,3 a 9,2. Los cascos en 21 + 10 y 21 + 0 presentaron puntuaciones de 5,6 y 6,5 respectivamente. Tras 5 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, el factor O₂ y el factor CO₂ (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.7. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la apariencia evaluada sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=12).

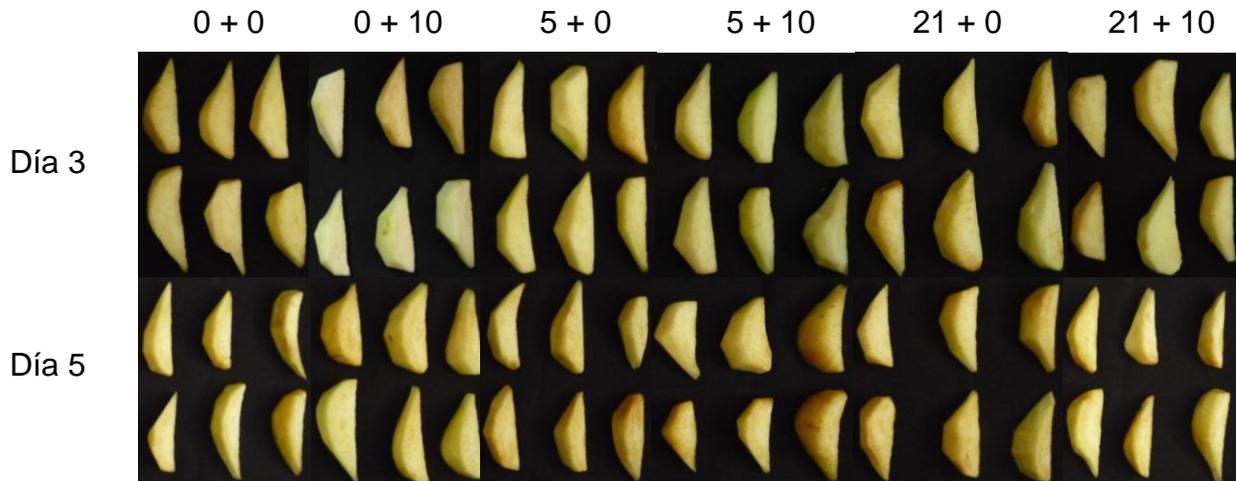
Nivel	Apariencia		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	8,7	6,9
	5	7,2	5,2
	21	7,3	5,6
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	7,9	5,9
	10	7,7	5,9
O₂ x CO₂	0 x 0	8,3 ab	6,5
	0 x 10	9,1 a	7,4
	5 x 0	8,9 a	6,1
	5 x 10	8,3 ab	4,3
	21 x 0	6,4 bc	5,1
	21 x 10	5,6 c	6,1
Nivel de Significancia	O ₂	**	NS
	CO ₂	NS	NS
	O ₂ x CO ₂	***	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

La disminución de las puntuaciones de los cascos en concentraciones superiores a un 8,5 % de CO₂ (0 + 10 y 5 + 10) en el día 5 podrían deberse a la susceptibilidad de los cascos de pera PT a concentraciones por sobre un 10 % de CO₂. Estas concentraciones dañarían a los tejidos a medida que aumenta el tiempo de exposición. Según Gorny *et al.* (1998) los síntomas del daño por CO₂ son semejantes a los presentados en fruto entero (pardeamiento, necrosis, pecas negras y ablandamiento). De acuerdo a las puntuaciones obtenidas, los cascos en concentraciones inferiores al 5,6 % de O₂ y superiores al 8,5 % de CO₂ (0 + 0, 0 + 10, 5 + 0 y 5 + 10) preservaron una apariencia comerciable hasta el tercer día, siendo la concentración gaseosa determinante en el tiempo de preservación. Resultados similares se han obtenido en cubos de melón 'Honeydew' en AC de 2 y 4 % O₂ + 10 % CO₂ a 5 y 10 °C siendo evaluados en el día 0 como excelentes (puntaje 9), luego en el día 3 como bueno o regular (puntaje 5 o 7), en el día 6 pobre o baja (puntaje 3) y en el día 10 incomedible (puntaje 1); concluyéndose que las condiciones de AC mantuvieron a los cubos de

melón en condiciones comerciables hasta el día 6 (Qi *et al.*, 1999). En la Figura 3.3 se puede observar la evolución de los cascos de pera PT sometidos a distintos tratamientos de AC.

Figura 3.3. Evolución de los cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ en atmósfera controlada (O_2 % + CO_2 %, balance N_2).



Pardeamiento: la tendencia fue al aumento. Después de 3 días, los cascos en concentraciones de O_2 superiores al 18,6 % (21 + 10 y 21 + 0) obtuvieron las puntuaciones de 8,9 y 8,3 respectivamente, los demás cascos en 0 + 0, 0 + 10, 5 + 0 y 5 + 10 obtuvieron puntuaciones de 3,9 a 6,7 cercanas a sin pardeamiento (0 puntos). Después de 5 días las puntuaciones se concentraron en valores de 8,0 a 10,0 puntos. Tras 3 días, para la interacción de los factores O_2 con CO_2 se observaron diferencias significativas. Los cascos en 21 + 10 y 21 + 0 presentaron las puntuaciones de 8,9 y 8,3 respectivamente y los cascos en 0 + 0, 0 + 10, 5 + 0 y 21 + 10 obtuvieron puntuaciones de 3,9 a 6,7. Después de 5 días no se presentaron diferencias significativas para la interacción de los factores, factor CO_2 y factor O_2 ; los cascos presentaron puntuaciones de 8,0 a 10,0 (Cuadro 3.8).

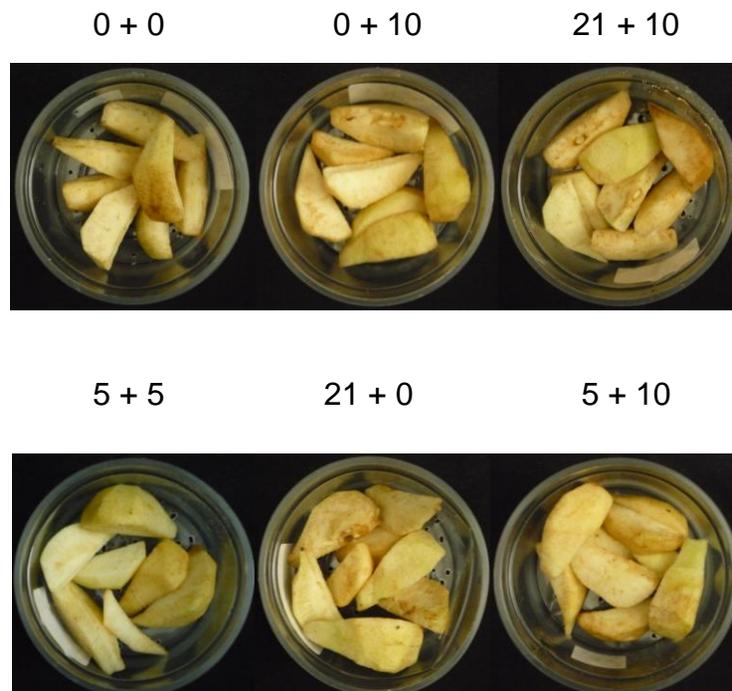
Cuadro 3.8. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre el pardeamiento evaluado sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=12).

Nivel	Pardeamiento		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	4,9	8,1
	5	5,9	9
	21	8,6	9,3
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	6,5	8,7
	10	6,5	8,9
O₂ x CO₂	0 x 0	6,0 abc	8,1
	0 x 10	3,9 c	8,0
	5 x 0	5,1 bc	8,0
	5 x 10	6,7 abc	10,0
	21 x 0	8,3 ab	10,0
	21 x 10	8,9 a	8,7
Nivel de Significancia	O ₂	*	NS
	CO ₂	NS	NS
	O ₂ x CO ₂	***	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos el daño por concentraciones inferiores al 5,6 % de O₂ y superiores al 8,5 % de CO₂ se observaron tras 5 días de exposición. Además se observó que a mayores concentraciones de O₂ mayor pardeamiento ocurre. Desarrollándose al día 7 en la superficie de todos los cascos la presencia de pecas negras volviéndose los cascos no aceptables (Figura 3.3). Tras 3 y 5 días las puntuaciones obtenidas se relacionan con los valores de color de pulpa (L) (Sección 3.3.4), en el cual los cascos en concentraciones de O₂ superiores a un 18,3 % presentaron tras 3 días una mala preservación y tras 5 días no se diferenciaron del resto de los cascos. Estos resultados coinciden con lo señalado en apariencia.

Figura 3.3. Cascos de pera 'Packham's Triumph' almacenados por 7 días a 5 °C en atmósfera controlada (O_2 % + CO_2 % balance N_2).



Firmeza: la firmeza de los cascos en 0 + 0, 0 + 10, 5 + 0 y 21 + 10 se mantuvo y para los cascos en 5 + 10 y 21 + 0 disminuyó. Las puntuaciones no coinciden con los valores de firmeza instrumental (Sección 3.3.5), en el cual se registró que concentraciones inferiores al 5,6 % O_2 mantienen la firmeza y superiores al 8,5 % CO_2 la reducen. No se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, factor CO_2 y O_2 en ambos días evaluados (Apéndice, Cuadro 3.8). El rango de las puntuaciones para la interacción de los factores estuvo entre 8,7 y 12,1.

Los cascos almacenados en concentraciones inferiores al 5,6 % de O_2 y/o superiores al 8,5 % de CO_2 no presentaron diferencias significativas con aquellos almacenados en aire. Estos resultados coinciden con lo que se ha reportado en cubos de manzana 'Jonagored' almacenados en AC bajas en O_2 (2 %) y moderadas en CO_2 (4 a 12 %) en donde no se detectaron diferencias con respecto al tratamiento de aire en el parámetro de firmeza (Rocha y Morais, 2000).

Sabor extraño: no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, factor CO₂ y O₂ en ambos días evaluados (Apéndice, Cuadro 3.9). El rango de las puntuaciones para la interacción de los factores estuvo entre 1,6 y 3,9; próximos a ausencia de sabor extraño (0 puntos). Se ha indicado que el almacenamiento de la fruta en atmósferas controladas por un largo período disminuye la capacidad para desarrollar aroma y sabor característico, por lo tanto se asocia la condición previa de la fruta almacenada por 129 días en AC (Sección 3.1) su falta de respuesta después del mínimo proceso para producir sabor (Yahia, 1995) a pesar de haber acondicionado a la fruta por 4 días con el fin de desarrollar en ella aroma y sabor característico de la variedad PT. Los jueces en la sección de comentarios en la pauta de evaluación comentaron degustar en todos los tratamientos cascos insípidos.

3.3.8- Actividad de polifenol oxidasas (PPO)

Los cascos en 10 % CO₂ presentaron menores actividades de PPO y se mantuvieron estables durante el almacenamiento con valores de 2,1 a 2,4 U·mg⁻¹·prot⁻¹, los cascos en 0 % CO₂ presentaron un incremento en su actividad observándose en ellos un rango de valores de 2,4 a 3,7 U·mg⁻¹·prot⁻¹. Tras 3 días no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y factor O₂; pero para el factor CO₂ sí, los cascos en 10 % CO₂ tuvieron una menor actividad de 2,1 U·mg⁻¹·prot⁻¹ y los cascos en 0 % de 2,4 U·mg⁻¹·prot⁻¹. Tras 5 días para la interacción de los factores y factor O₂ no se observaron diferencias significativas, pero sí para el factor CO₂. Los cascos en 0 % CO₂ presentaron la mayor actividad de 3,2 U·mg⁻¹·prot⁻¹ y los cascos en 10 % de 2,4 U·mg⁻¹·prot⁻¹ (Cuadro 3.9).

Cuadro 3.9. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la actividad de las polifenol oxidasas (PPO), en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	Actividad de PPO (U·mg ⁻¹ ·prot ⁻¹)		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	2,2	2,8
	5	2,4	2,5
	21	2,4	3,0
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	2,5 a	3,2 a
	10	2,1 b	2,4 b
O₂ x CO₂	0 x 0	2,4	3,1
	0 x 10	2,1	2,4
	5 x 0	2,5	2,8
	5 x 10	2,2	2,3
	21 x 0	2,6	3,7
	21 x 10	2,2	2,4
Nivel de Significancia	O ₂	NS	NS
	CO ₂	*	**
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

De acuerdo a los resultados se observó que concentraciones superiores al 8,5 % de CO₂ provocaron una menor actividad de las PPO. A pesar de que no se observaron diferencias significativas para el factor oxígeno o la interacción de los factores tras 5 días, todos los cascos en concentraciones de O₂ inferiores al 5,6 % y/o superiores al 8,5 % de CO₂ presentaron una menor actividad que aquellos en aire. Según varios autores la carencia de O₂ en las enzimas PPO provocan una disminución de su actividad para realizar la conversión de monofenoles en quinonas que culmina con el pardeamiento enzimático (Pérez, 2003; He y Huo, 2007; Rivas y Whittaker, 1973; Miyawaki, 2006; Rojas Graü, 2006). Asimismo, Kader (1995) indica que concentraciones de CO₂ superiores al 1 % y/o bajas concentraciones de O₂ (inferiores al 5 %) inhiben las actividades de la ACC sintasa y ACC oxidasa necesarias para la producción de etileno, reduciendo la tasa respiratoria y metabolismo lo cual fue discutido en el capítulo anterior (Sección 2.3.7) en donde una menor respiración producto de una mayor concentración de CO₂ provocó una menor actividad de las PPO. Igualmente Buescher y Henderson

(1977, citado por Rocha y Morais, 2001) señalan que concentraciones de CO₂ superiores al 5 % inhiben a las PPO. Al igual que lo reportado por Rocha y Morais (2001) sucedió una reducción de la actividad de las PPO en los cascos con AC enriquecidas en CO₂. Estos autores señalan que cubos de manzana 'Jonagored' almacenados en AC de 2 % O₂ + 4 a 12 % CO₂ por 7 días a 4 °C reducen su actividad PPO de acuerdo con el incremento en CO₂, indicando que moderadas concentraciones de CO₂ inhiben la actividad de estas enzimas.

Conclusiones

Concentraciones de bajo oxígeno y/o moderado dióxido de carbono reducen el pardeamiento enzimático en cascos de pera 'Packham's Triumph', en términos de luminosidad y tono por 3 días a 5 °C.

Bajas concentraciones de oxígeno reducen la tasa respiratoria, y bajas concentraciones de oxígeno con moderadas de dióxido de carbono reducen la producción de etileno en cascos de pera 'Packham's Triumph' por 5 días a 5 °C.

Concentraciones de bajo oxígeno y dióxido de carbono retardan la disminución de la firmeza de los cascos de pera al quinto día a 5 °C.

La utilización de concentraciones bajas en oxígeno y moderadas en dióxido de carbono influyen sobre los parámetros químicos de los cascos de pera, aumentando la acidez titulable y disminuyendo el pH.

Concentraciones de bajo oxígeno retardaron el pardeamiento y caída de la apariencia en cascos de pera 'Packham's triumph' por 3 días a 5 °C.

Concentraciones de moderado dióxido de carbono inhiben la actividad de las polifenol oxidasas en los cascos de pera 'Packham's triumph' por 5 días a 5 °C.

CAPÍTULO IV

**EFFECTOS DE DISTINTAS ATMÓSFERAS CONTROLADAS Y AGENTES
ANTIPARDEANTES SOBRE PERAS 'PACKHAM'S TRIUMPH' MÍNIMAMENTE
PROCESADAS**

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación de ácido cítrico (ACi) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), ácido ascórbico (AA) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), L-cisteína (C) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y el almacenaje en atmósfera controlada (AC), de cascos de pera 'Packham's Triumph' (PT) por 8 días a $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Los tratamientos de AC fueron ($\text{O}_2 \text{ \%} + \text{CO}_2 \text{ \%}$, balance N_2): $0 + 0$; $5 + 5$; $21 + 0$ y, las mezclas de antipardeantes: A: ACi + AA + C y B: ACi + AA + C + EDTA. Adicionalmente los tratamientos se compararon con un testigo sin antipardeante (S) en $21 + 0$ mediante un análisis de Dunnet, por lo que se realizaron 7 tratamientos. Se evaluó la tasa respiratoria, producción de etileno, parámetros de color y químicos, calidad sensorial y actividad de las polifenol oxidasas (PPO). Tras el procesamiento (4 a 8 h) se observaron las tasas respiratorias más altas respecto a los días posteriores con valores de $16,4$ a $28,1 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$; entre los días 2 y 7 los cascos en $0 + 0$ y $5 + 5$ presentaron los valores más bajos ($2,6$ a $11,0 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). La producción de etileno se mantuvo constante durante el almacenaje entre $1,0$ a $11,1 \text{ }\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$; los cascos en $21 + 0$ presentaron las mayores producciones ($6,4$ a $11,1 \text{ }\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) y los cascos en $5 + 5$ las menores ($1,0$ a $5,5 \text{ }\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). La luminosidad (L) disminuyó, tras 3 días los cascos presentaron valores entre $76,1$ a $79,7$ y tras 8 días entre $72,7$ a $75,5$. Tras 8 días, los cascos con A y B registraron los valores más altos de a^* ($3,3$ a $5,5$) (rojo), y los cascos en $21 + 0$ S el más bajo ($0,9$) (verde). El tono (H_{ab}) tuvo una tendencia al descenso, tras 3 días los cascos presentaron valores entre $87,6$ a $98,4^\circ$ y tras 8 días entre $76,6$ a $81,4^\circ$. Tras 5 días los cascos en $0 + 0$ y $5 + 5$ presentaron mayores firmezas ($6,0 \text{ kg-f}$) que los cascos en $21 + 0$ ($5,6 \text{ kg-f}$). Los cascos con menores respiraciones presentaron mayor acidez titulable (AT) y menor pH durante almacenaje. Tras 3 días, los sólidos solubles (SS) fueron menores en los cascos $21 + 0$ ($10,8$) que en los cascos $0 + 0$ y $5 + 5$ ($11,6$ y $11,2$ respectivamente). Tras 3 días, los cascos en $0 + 0$ y $5 + 5$ registraron menor actividad PPO ($2,4$ y $2,5 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$) que los cascos en $21 + 0$ ($3,1 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$), siendo estos menores que los $21 + 0$ S ($3,7 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$); tras 8 días las actividades fueron similares. Se concluyó que cascos en $0 + 0$ y $5 + 5$ presentaron una mejor apariencia, mayor L y menor actividad PPO hasta el día 3 de almacenamiento. Además el uso de AC provocó la aparición de una textura abrasiva.

Palabras claves: atmósfera controlada, antipardeantes, polifenol oxidasa, etileno.

Abstract

Sliced pears 'Packham's Triumph' were immersed in citric acid (CAc) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), ascorbic acid (AA) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), L-cysteine (C) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Antibrowning solutions were: A: CAc + AA + C and B: CAc + AA + C + EDTA. Slices were stored under three controlled atmosphere (CA) conditions ($\% \text{O}_2 + \% \text{CO}_2$, balance N_2): 0 + 0; 5 + 5; 21 + 0. Treatments were: 0 + 0 A; 0 + 0 B; 5 + 5 A; 5 + 5 B; 21 + 0 A and 21 + 0 B. Furthermore, treatments were compared with a control, slices without antibrowning agents and stored under 21 + 0 (21 + 0 W). Slices pears were stored at $5 \text{ }^\circ\text{C}$ during 8 days. Respiratory rate, ethylene production, firmness, chemical and color parameters, sensory quality and polyphenol oxidase activity (PPO) were evaluated. After processing, slices showed the highest respiratory rate from 16.4 to $28.1 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$; between days 2 and 7 slices under 0 + 0 and 5 + 5 showed the lowest values (2.6 to $11.0 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). Ethylene production remained constant during storage between 1.0 to $11.1 \text{ }\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$; slices under 21 + 0 showed the highest production (6.4 to $11.1 \text{ }\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) and slices under 5 + 5 the lowest (1.0 to $5.5 \text{ }\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). Luminosity (L) was reduced, after 3 days slices had values between 76.1 to 79.7 and after 8 days had values from 72.7 to 75.5. a^* value increased, slices with A and B showed the highest values (3.3 to 5.5) (next to red) and slices 21 + 0 W showed the lowest value (0.9) (next to green), on day eight. After 8 days, Hue value of slices with 21 + 0 was 87.8° , higher than slices with A and B (80.6 and 77.8° respectively). After 5 days, firmness values under 0 + 0 and 5 + 5 was 6.0 kg-f, higher than 21 + 0 (5.6 kg-f). Slices with lowest respiratory rate showed higher titratable acidity (TA) and lower pH. After 3 days, soluble solids (SS) was lower in slices under 21 + 0 (10.8) than slices under 0 + 0 and 5 + 5 (11.6 and 11.2 respectively). After 3 days, slices under 0 + 0 and 5 + 5 registered lower PPO activity (2.4 and $2.5 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$), than slices under 21 + 0 ($3.1 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$), being lower than 21 + 0 W ($3.7 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$), after 8 days activities were similar. It was concluded, slices under 0 + 0 and 5 + 5 had a better appearance, higher L and lower PPO activity until day 3. Besides, the use of CA produces an abrasive surface texture in the cut surface.

Keywords: controlled atmosphere, antibrowning agents, polyphenol oxidase.

Introducción

Desde los años 80 el mercado de las frutas y hortalizas MPF está creciendo sostenidamente, marcado por una continua innovación en los productos y por la mejora en los canales de distribución. No obstante, la introducción de frutas MPF ha sido más lenta debido al hecho de que algunas frutas deben ser maduras antes del mínimo proceso (Gorny y Kader, 1996); este es un tema importante dado que la calidad y vida útil final están influenciadas por el grado de madurez al momento del corte (Gorny y Kader, 1998). Gorny *et al.* (2000) señalan que cascos de pera (Anjou, Bartlett, Bosc y Red Anjou) verde maduras y parcialmente maduras mostraron un menor pardeamiento que los cascos de fruta maduras almacenados a 0 y 10 °C en aire por 10 días. Asimismo, la aplicación de distintas técnicas de conservación y envasado de frutas está directamente ligada a la calidad final de las mismas (Montero - Calderón *et al.*, 2009). El almacenaje en atmósfera controlada (AC) es usado para extender la vida útil de los productos frutícolas, pero ésta depende de la temperatura, atmósfera y cultivar a usar (Rattanapanone *et al.*, 2001).

La respiración es el proceso central en el metabolismo de los productos hortofrutícolas, da energía a través del uso de esqueletos de carbono para las reacciones anabólicas que ocurren durante la maduración y almacenaje (Gomes *et al.*, 2010). La tasa respiratoria es afectada por la temperatura y la concentración de oxígeno (O₂), provocando que mayores temperaturas y concentraciones de O₂ aumenten la tasa respiratoria (Fonseca *et al.*, 2002). La AC es un método de control físico que intenta disminuir la tasa respiratoria de los frutos (FCE, 2011). La sustitución del aire por una mezcla de gases específica se fija de acuerdo a las necesidades del producto, manteniéndola constante a lo largo del tiempo. Sin embargo, algunas reacciones metabólicas consumen algunos gases (O₂) y generan otros (CO₂ y etileno (C₂H₄)) alterando la composición inicial, por lo que dispositivos de monitoreo son necesarios (García *et al.*, 2006). Las frutas MPF a diferencia de los productos enteros responden a las heridas aumentando su tasa respiratoria como parte de la respuesta al etileno y al estrés provocado por el corte (Gorny *et al.*, 1999; Brecht, 1995).

La prevención del pardeamiento ha sido difícil de conseguir por la rápida oxidación enzimática de los sustratos fenólicos, incluso en condiciones de almacenamiento de atmósfera reducida (Buta *et al.*, 1999). El uso de agentes antipardeantes es un método de control químico ampliamente usado que puede ser empleado en forma independiente sin la necesidad de otro método de control (atmósferas modificadas, irradiación, térmicos) (Pérez, 2003). Sin embargo, el uso exclusivo de tratamientos físicos o químicos no permite alargar la vida útil de los productos MPF en forma deseada, por lo tanto se busca la conservación a través de la unión de factores conjuntos de control como el uso de envases apropiados, bajas temperaturas y empleo de agentes (antipardeantes o antimicrobianos) (Pérez, 2003; Artés *et al.*, 1998). En este estudio se evaluó el efecto conjunto de la conservación bajo AC con previas inmersiones en agentes antipardeantes.

En cascos de pera 'Bartlett' Gorny *et al.* (2002) evaluaron diferentes AC, de bajo O₂ (0,25-0,5 %), elevado CO₂ (5-10-20 %) y súper atmosférico O₂ (40-60-80 %) con previas inmersiones de post-corte en ácido ascórbico (2 g·L⁻¹), cisteína (0,5 g·L⁻¹) y lactato de calcio (1 g·L⁻¹), y reportaron que las AC por sí solas no previenen el pardeamiento enzimático. No obstante, de acuerdo con Rocha y De Morais (2000) el uso de AC reducidas en O₂ y altas en CO₂ es beneficioso comparado con el almacenamiento en aire, estos autores evaluaron el almacenamiento de cubos de manzana 'Jonagored' en AC (2 % O₂ + 4 % a 12 % de CO₂) previamente inmersos en ácido ascórbico (7,5 g·L⁻¹) siendo más ventajoso que el almacenamiento en aire.

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

El almacenamiento refrigerado en atmósfera controlada de bajo oxígeno y/o moderado dióxido de carbono junto con agentes antipardeantes son efectivos en inhibir el pardeamiento enzimático en cascos de pera 'Packham`s Triumph'.

Objetivos

Evaluar el efecto de distintas atmósferas controladas junto con agentes antipardeantes sobre: tasa respiratoria, producción de etileno, parámetros físicos y químicos, calidad sensorial y actividad de las polifenol oxidasas.

Materiales y método

El presente estudio consistió en la evaluación de distintas atmósferas controladas (AC) junto al uso de diferentes agentes antipardeantes sobre los cascos de pera 'Packham's Triumph' (PT). Se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y fue financiado por el proyecto D0711026 FONDEF – CONICYT, Chile.

4.1. Materiales

El origen y las condiciones de almacenamiento fueron descritos en la sección 3.1.

Los agentes antipardeantes usados y la preparación de las soluciones se describieron en la Sección 2.1.

La implementación de las AC se describió en la Sección 3.1.

Los frutos estuvieron almacenados por 129 días en AC y luego 123 días en FC, hasta diciembre de 2010.

4.2. Método

4.2.1. Determinaciones en frutos enteros (caracterización)

El procedimiento de caracterización de la fruta entera y sus determinaciones de parámetros físicos y químicos se detalla en la Sección 2.2.1.

4.2.2. Procesamiento

4.2.2.1. Preparación de los cascos de pera

Las características del lugar y los utensilios usados para el mínimo procesamiento, así como también el procedimiento de obtención de los cascos, se detallan en la Sección 2.2.2.1. A diferencia de los estudios anteriores se decidió mantener la piel, debido a su función protectora y reducción del estrés; la remoción de ésta es una de las principales causas por las cuales los productos frescos cortados son muy perecibles (Watada *et al.*, 1996).

4.2.2.2. Soluciones utilizadas

Se emplearon 2 soluciones, utilizando cuatro agentes antipardeciente: ácido ascórbico (AA), (Calbiochem, China), ácido cítrico (ACi), (Winkler, México) y la L-cisteína (C), (Biogerm, Portugal) en concentraciones de $2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), (Winkler, España) en una concentración de $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Las soluciones fueron: A: ACi + AA + C y B: ACi + AA + C + EDTA. Los agentes antipardeciente se solubilizaron en 30 L de agua potable a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.2.2.3. Atmósferas utilizadas

De acuerdo al Capítulo III, se decidió bajar el porcentaje de CO_2 de 10 a 5 %. Se ha indicado que cascos de peras 'Bartlett' son sensibles a los altos valores de CO_2 (10 y 20%) y sus síntomas son parecidos a los observados en frutos enteros como pecas negras, pardeamiento de pulpa y desarrollo de sabores desagradables (Gorny *et al.*, 1998). Por lo tanto las AC que se emplearon consistieron en (O_2 %+ CO_2 %, balance N_2): 0 + 0; 5 + 5 y 21 + 0. Todas las mezclas gaseosas fueron balanceadas con N_2 y CO_2 a una tasa de flujo que se determinó según la tasa respiratoria de los cascos en el Capítulo II de $15 \text{ mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ a partir de un panel mezclador de gases. El balance de las mezclas gaseosas y la verificación del correcto contenido gaseoso de los flujos

fueron comprobados en los días 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 de almacenamiento, se realizaron de acuerdo a la metodología descrita en la sección 3.2.2.2 (Apéndice, Cuadro 4.1).

4.2.2.4. Aplicación de los tratamientos

La aplicación de las soluciones de agentes antiparodeantes se detalla en la Sección 2.2.2.3; luego el envasado de los cascos se detalla en la Sección 3.2.2.3. Estos se almacenaron por un período de 8 días. La Figura 4.1 muestra el diagrama de flujo para el procesamiento mínimo, la obtención de las muestras y la aplicación de los tratamientos. Adicionalmente se realizó un tratamiento testigo, que consistió en cascos inmersos en agua potable y posteriormente envasado en AC de 21 + 0.

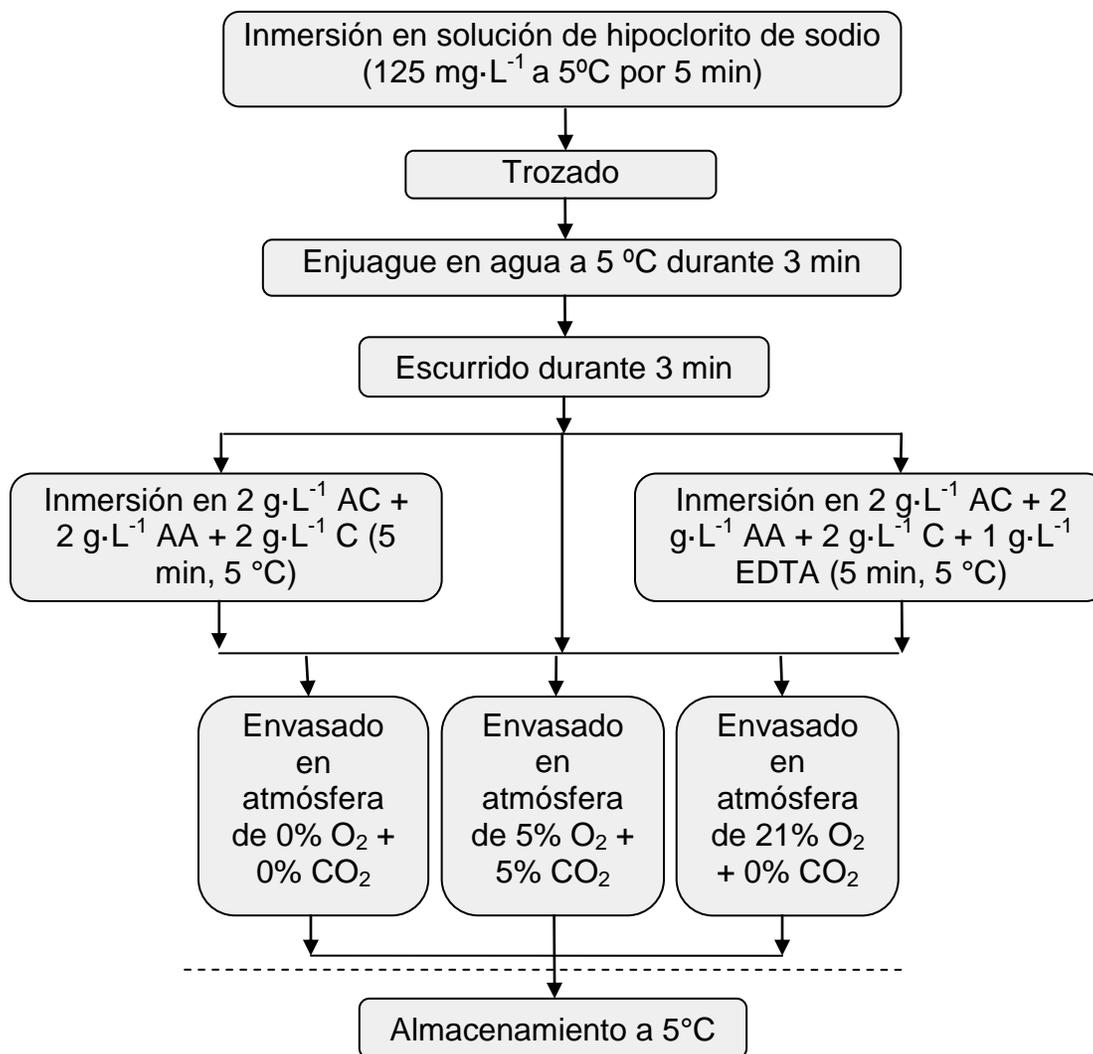


Figura 4.1. Diagrama de flujo del procesamiento mínimo de peras ‘Packham’s Triumph’. Con dos y tres niveles de solución antipardeante y atmósfera controlada respectivamente. ACi: ácido cítrico, AA: ácido ascórbico, C: L-cisteína y EDTA: ácido etilendiaminatetraácetico.

El estudio constó de dos soluciones de compuestos agentes antipardeantes. En el cuadro 3.1 se detalla la concentración de cada compuesto utilizado para ambos niveles, junto con el pH alcanzado por la solución.

Cuadro 3.1. Concentraciones y pH de las soluciones de agentes antipardeantes usados para los cascos de pera 'Packham's Triumph' almacenados a 5 °C por 8 días.

Nivel de solución antipardeante	Ácido ascórbico (AA) g·L ⁻¹	Ácido cítrico (ACi) g·L ⁻¹	L-Cisteína (C) g·L ⁻¹	EDTA g·L ⁻¹	pH
Solución A	2	2	2	0	2,3
Solución B	2	2	2	1	2,4

4.2.3- Parámetros evaluados en cascos de pera

Los parámetros medidos durante el almacenaje en AC a 5 °C fueron evaluaciones de carácter metabólico, físico, químico, sensorial y bioquímico. Las determinaciones físicas y químicas se realizaron en los días 3, 5 y 8. Las evaluaciones metabólicas se realizaron en los días 0, 2, 4 y 7. Las evaluaciones sensoriales se realizaron hasta el término de la vida útil de los cascos (día 5). La determinación de la actividad de las PPO se realizó al inicio y término del estudio.

4.2.3.1- Determinación de la tasa respiratoria: se determinó según lo establecido en la Sección 4.2.3.1. Los resultados se expresaron en mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹.

4.2.3.2- Determinación de la producción de etileno: se determinó según lo establecido en la Sección 3.2.3.2. Los resultados se expresaron en μL·kg⁻¹·h⁻¹.

4.2.3.3- Parámetros de color: se realizó con un colorímetro portátil tri-estímulo siguiendo la metodología descrita en la Sección 2.2.3.2. El color se expresó en valores de luminosidad (L), saturación (C*) y tono (H_{ab}).

4.2.3.4- Firmeza: se determinó con un texturómetro FTA, (Fruit Texture Analyser, GS-14, Guüs, Italia), siguiendo la metodología descrita en la Sección 2.2.3.3. Los resultados se expresaron en kg-f.

4.2.3.5- Parámetros químicos

Los parámetros químicos se determinaron de acuerdo a lo establecido en la Sección 2.2.4.4.

4.2.3.6- Determinación de la calidad sensorial: se determinó siguiendo la misma metodología descrita en la Sección 2.2.4.5, exceptuando la determinación de los aspectos visuales, en donde a los jueces se les presentaron las muestras en tarrinas con 200 g de cascotes de pera. La pauta de evaluación se describe en el Anexo 1.

4.2.3.7- Determinación de la actividad de polifenol oxidasas (PPO): se determinó al tercer y octavo día según lo establecido en la Sección 2.2.3.6.

4.2.4- Diseño de experimento y análisis estadístico

El diseño del estudio fue de estructura factorial con variables independientes por días, con 6 tratamientos, 2 niveles de antipardecantes (solución A y B) y 3 niveles de atmósfera (0 + 0; 5 + 5 y 21 + 0); adicionalmente los tratamientos se compararon con un testigo (sin antipardecante en 21 + 0) mediante un análisis de Dunnett por día, por lo que se realizaron en total 7 tratamientos y 3 repeticiones. La unidad experimental fue una tarrina con 200 g de cascotes para los parámetros de color, firmeza, acidez titulable, pH, concentración de sólidos solubles, determinación de la actividad PPO y atributos visuales (apariencia y pardecamiento). Para los atributos gustativos (sabor extraño y firmeza) fueron cubos de 1 cm³ de pera, presentados en potes de cerámica blancos. Tanto para los atributos visuales y gustativos fueron 12 las repeticiones.

Los datos obtenidos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95%, al encontrar diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones de TUKEY con un nivel de significancia del 5%. En caso de encontrar interacción entre los factores, se realizó un ANDEVA entre tratamientos. Adicionalmente se realizó un análisis de DUNNET con un 95 % de confianza. Todos los resultados se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab 16.

Resultados y discusión

4.3.1- Caracterización de la fruta entera

En el Cuadro 4.2 se detallan los resultados de la caracterización de los frutos enteros un día previo al mínimo proceso; estos resultados difieren en color de pulpa, firmeza y parámetros químicos respecto a los registrados en el Capítulo anterior (Sección 3.3.1). En el Capítulo anterior la fruta fue acondicionada, en el presente estudio no, con el fin de obtener una vida útil posterior al mínimo proceso mayor a través de una mejor apariencia, considerando las posibles pérdidas de calidad sensorial en aroma, sabor y textura (Defilippi y Campos, 2006). Beaulieu y Grimm (2001) indican que una fruta MPF en estado verde maduro posee una vida útil de apariencia óptima, sin embargo su contenido de azúcares es insuficiente y sus compuestos volátiles se asocian a una madurez indeseable comparada al de una fruta totalmente madura.

Cuadro 4.2. Parámetros físicos y químicos de 20 frutos de pera PT.

Caracterización de la fruta entera			
	Parámetro		Promedio \pm EE
	Peso (g)		175,3 \pm 2,6
	Diámetro (mm)	polar	74,0 \pm 1,0
		ecuatorial	70,9 \pm 0,9
Físicos	Color de epidermis	L	63,1 \pm 0,8
		C*	42,6 \pm 1,8
		H _{ab}	105,5 \pm 2,3
	Color de pulpa	L	78,7 \pm 0,3
		C*	27,0 \pm 0,7
		H _{ab}	100,7 \pm 0,3
a*		-5,0 \pm 0,1	
	Firmeza (kg-f)		6,5 \pm 0,2
Químicos	Sólidos solubles (SS)		11,3 \pm 0,4
	Acidez titulable (AT)		0,20 \pm 0,0
	pH		4,7 \pm 0,0
	CSS:AT		55,9 \pm 5,8

Los valores representan las medias \pm el error estándar (EE)

En el presente estudio los valores de los parámetros color de pulpa L (78,7) y C* (27,0) fueron menores respecto al estudio anterior (Capítulo III) (L 80,3 y C* 20,0), asociados a una pera más oscura para L y de menor intensidad de color para C*, no obstante el parámetro a* fue más negativo en el presente estudio (-4,9) asociado a una pera más verde comparado al estudio anterior (-3,4); para el parámetro H_{ab} los valores fueron similares. La firmeza y AT en el presente estudio de 6,5 kg-f y 0,20 % respectivamente fueron mayores comparado al estudio anterior, asociándose a una mayor vida útil del producto, en el estudio anterior estas presentaron los valores de 5,3 kg-f y 0,15 % respectivamente; los valores de los SS fueron similares respecto al estudio anterior. El pH en el presente estudio (4,7) fue superior al presentado en el estudio anterior (4,3), probablemente por una menor cantidad de ácidos a pesar de no acondicionar a la fruta, esta situación se debe al consumo de los ácidos, sustratos de la respiración, durante el tiempo de almacenamiento en FC, el cual fue de 71 días más que el estudio anterior. El efecto del acondicionado queda mejor representado a través de los valores observados en la relación de SS:AT en el cual una menor relación indicaría un mejor estado para la vida útil del producto debido a una mayor presencia de ácidos; en el presente estudio la relación fue de 55,9 y en el estudio anterior, el de la fruta acondicionada, fue de 74,5.

4.3.2- Tasa respiratoria

Tras el mínimo proceso (4-8 h después) las tasas respiratorias fueron elevadas comparado a los días posteriores, observándose en los cascos valores de 16,4 a 28,0 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. En el día 2 de almacenamiento, los cascos en 0 + 0 y 5 + 5 presentaron los valores más bajos en un rango de 2,6 a 10,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹; en cambio los cascos en 21 + 0 presentaron valores de 12,7 a 17,7 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. Tras 4 días, el rango de valores entre las AC se concentró más, los resultados observados estuvieron entre 5,2 y 11,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹, los cascos en 5 + 5 presentaron los valores más bajos (5,2 y 8,0 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Tras 7 días, los cascos en 0 + 0 y 5 + 5 presentaron los valores más bajos de 7,6 a 10,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ y los cascos en 21 + 0 los más altos de 14,4 a 16,8 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 4.2). De acuerdo a los resultados

se revela que los cascos en concentraciones de O₂ inferiores al 5,2 % y/o superiores a un 5,0 %CO₂ exhiben una menor tasa respiratoria respecto al aire.

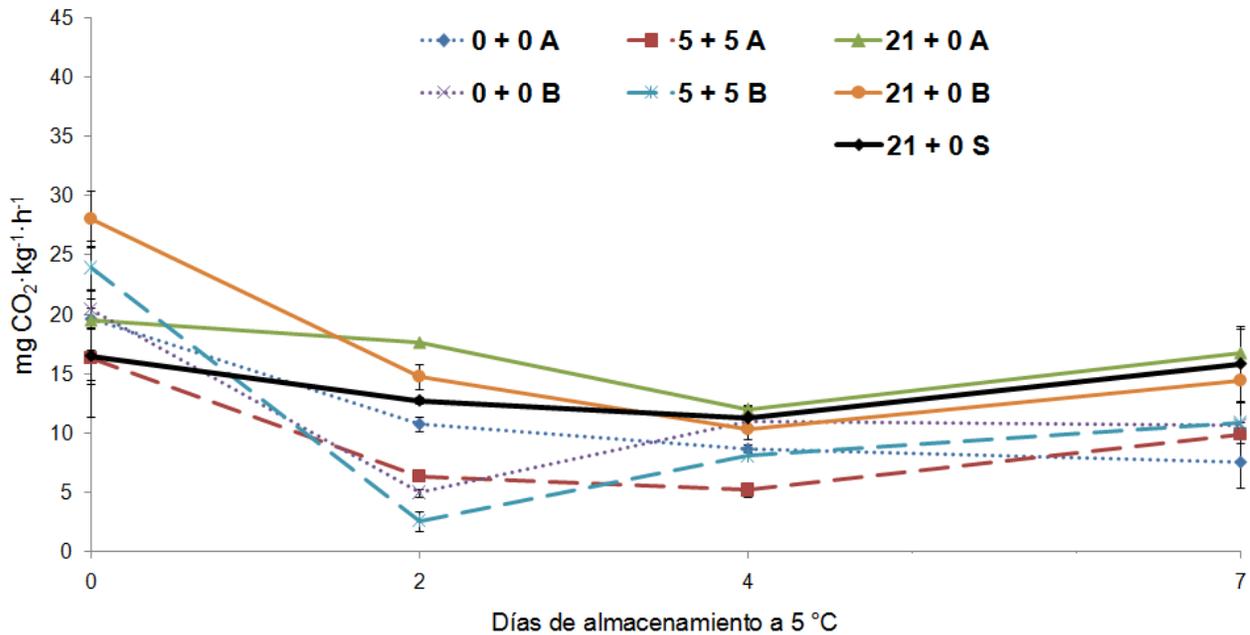


Figura 4.2. Tasa respiratoria en cascos de pera 'Packham's Triumph' inmersos en agentes antiparadeantes y envasados en atmósferas controladas (O₂ % + CO₂ %, balance N₂). A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. Los valores son las medias (n=2) y las barras verticales el error estándar (EE).

Los resultados observados en el día 0 indican que las operaciones de cortado incrementaron la tasa respiratoria, lo que aceleró el deterioro y senescencia de los tejidos (Brecht, 1995; Fonseca *et al.*, 2002). Este comportamiento fue similar al observado en los Capítulos II y III de este trabajo; igualmente el descenso de la tasa respiratoria en todos los cascos luego de dos días también fue observado en los capítulos anteriores; Saftner *et al.* (2003), Aguayo *et al.* (2008) y Mery, (2011) señalan que el descenso de la tasa respiratoria después del mínimo proceso en cascos de melones a 10 °C por 7 días, manzanas a 4 °C por 28 días y peras PT a 5 °C por 8 días respectivamente, podría deberse a la estabilización de los tejidos a su nueva condición. Al término del período se observó un aumento en la producción de CO₂ en los cascos en 5 + 5 y 21 + 0, esta tendencia fue observada en los capítulos anteriores de este trabajo y pudo deberse al desarrollo de procesos de senescencia y crecimiento microbiano, este suceso ha sido reportado por varios autores en cascos de melones a

10 °C por 7 días, trozos de tallo de colirrábano a 5 °C por 28 días, trozos de melones a 5 °C por 7 días y cascos de peras PT a 5 °C por 8 días (Saftner *et al.*, 2003; Escalona *et al.*, 2006; Benedetti *et al.*, 2007; y Mery, 2011).

4.3.3- Producción de etileno

Se observó que los cascos en concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores al 5,2 y 5,1 % respectivamente (5 + 5 y 0 + 0) fueron los más bajos en producir C₂H₄ durante el almacenaje, con una tendencia constante en un rango de 0,9 a 5,4 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹. Por el contrario los cascos en 21 + 0 presentaron los valores más altos, observándose en ellos valores de 5,9 a 11,1 μL C₂H₄·kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 4.3).

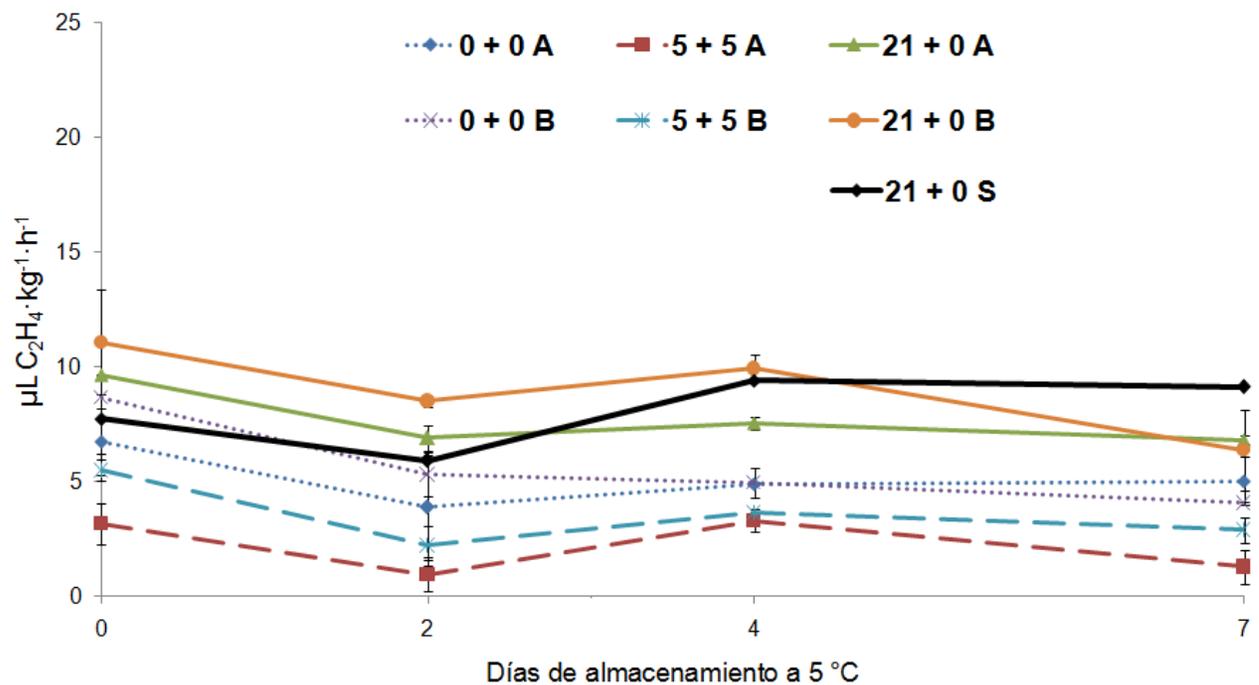


Figura 4.3. Producción de etileno en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en agentes antipardecantes y envasados en atmósferas controladas (O₂ % + CO₂ %, balance N₂). A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. Los valores son las medias (n=2) y las barras verticales EE.

El comportamiento de los cascos en este estudio fue distinto al Capítulo III, en el cual se observaron aumentos en la producción de C₂H₄. En el presente estudio los valores se

mantuvieron estables durante el almacenaje; contrario a estos resultados, Escalona *et al.* (2006) señalan que el estrés del corte y el mínimo proceso en los primeros días de almacenamiento (2 días) producen un aumento en la tasa de producción de C_2H_4 , en trozos de colirrábano a 5 °C por 28 días. Lo señalado por estos autores es ratificado por Hu *et al.* (2007) los cuales observaron en cascos de manzana 'Fuji' a 5 °C por 7 días en aire, un incremento inicial de un 50 % en la producción de C_2H_4 (2 días) y luego una disminución gradual. La falta de respuesta de los tejidos heridos se debió probablemente a la avanzada etapa de madurez (etapa post climatérica) y a la saturación posterior del sistema enzimático responsable de la síntesis de C_2H_4 (Rosen y Kader, 1989).

De acuerdo a este estudio y lo descrito en el capítulo anterior (Sección 3.3.3), concentraciones de O_2 y CO_2 inferiores a un 5,6 % y superiores a un 5,0 % respectivamente, inhibieron la síntesis de etileno ($1,0$ a $5,5 \mu L C_2H_4 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$) y el uso de agentes antipardeantes no tuvo un efecto.

4.3.4-Parámetros de color

Luminosidad (L): se observó que los valores tuvieron una tendencia a la disminución y en el día 8 los cascos presentaron una L por debajo de lo aceptable (76,2) (Figura 4.4). Tras 3 días, para la interacción de los factores antipardeante con atmósfera se observaron diferencias significativas. Los cascos en 0 + 0 A y 5 + 5 B presentaron los valores más altos de 79,7 y 78,8 respectivamente, los cascos en 21 + 0 A presentaron el valor más bajo de 76,1; y los cascos en 0 + 0 B, 5 + 5 A y 21 + 0 B presentaron valores intermedios de 78,2; 78,1 y 77,2 respectivamente. Tras 5 días, para la interacción de los factores se presentaron diferencias significativas. Los cascos en 0 + 0 A y 5 + 5 A presentaron los valores más altos de 77,1 y 77,4 respectivamente, los cascos en 21 + 0 A presentaron el valor más bajo de 73,6; y los cascos en 0 + 0 B, 5 + 5 B y 21 + 0 B presentaron valores intermedios de 76,0, 76,5 y 76,3 respectivamente. Tras 8 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, y para cada factor (Apéndice, Cuadro 4.2).

Al comparar los cascos usados con 21 + 0 S (testigo), se observó que tras 3 días sólo los cascos en 0 + 0 A y 5 + 5 B se diferenciaron de los cascos testigo (76,3), con valores de 79,7 y 78,8 respectivamente. Tras 5 días, sólo los cascos en 21 + 0 A (73,6) se diferenciaron de los cascos testigo (77,4) y tras 8 días no se observaron diferencias significativas respecto a los cascos testigos, observándose en los cascos valores de 72,7 a 75,5 (Apéndice, Cuadro 4.3).

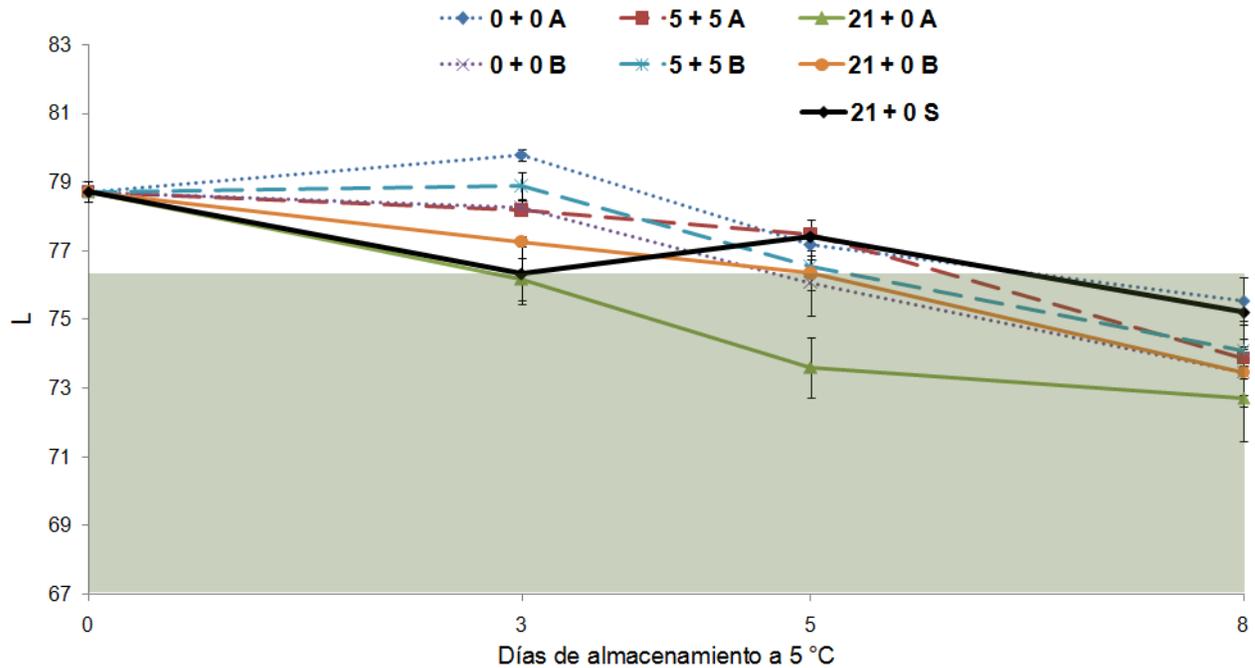


Figura 4.4. Evolución de la luminosidad (L) en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en agentes antipardeantes y envasados en atmósferas controladas (O₂ % + CO₂ %, balance N₂). A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y T: agua potable. Área gris indica límite pardeamiento (L = 76,2), por encima de la cual se considera una L aceptable. Los valores son las medias (n=3) y las barras verticales EE.

Tras 3 días, los cascos en concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores al 5,2 y 5,1 % respectivamente (5 + 5 y 0 + 0) presentaron una mayor L que los cascos en aire; lo anterior está de acuerdo con lo señalado por Rosen y Kader (1989) en cascos de pera ‘Bartlett’ a 2,5 °C por 8 días, quienes reportaron que los cascos en 0,5 % O₂ tuvieron una mayor L que aquellos en aire. En los días 5 y 8 los cascos en 21 + 0 S presentaron un aumento en L obteniendo los valores más altos; estos resultados están en correspondencia con lo encontrado por Gorny *et al.* (1998) los cuales observaron en

cascos de peras 'Bartlett' a 5 °C en aire hacia el final del período de almacenaje (días 6 y 8) un aumento de los valores de L, siendo estos superiores al resto de los cascos en AC de bajo O₂ (0,25 %) y alto CO₂ (10 y 20 %). De acuerdo a los resultados el uso de agentes antipardeantes al inicio mantuvo la L, y concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores a un 5,2 % y superiores a un 5,0 % respectivamente presentaron mayor L al inicio y mitad del estudio, excepto por los cascos en 21 + 0 S que mantuvieron sus valores de L mayores desde la mitad del estudio comparado a los cascos con antipardeante.

Saturación (C*): los valores de C* tras el mínimo proceso disminuyeron desde 27,0 a valores entre 22,0 y 24,8 en el día 3. Luego se mantuvieron estables hasta el fin del almacenaje. El valor inicial de C* (27,0) estuvo por sobre el límite de lo definido como máximo (26,7) aceptable; el resto de los valores observados durante el almacenaje estuvieron por debajo del límite (Figura 4.5). Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor antipardeante, sin embargo para el factor atmósfera sí. Los cascos en 21 + 0 presentaron el valor más alto de 23,9, por el contrario los cascos en 0 + 0 presentaron el valor más bajo de 22,5, los cascos en 5 + 5 presentaron el valor intermedio de 23,2. Tras 5 y 8 días no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor (Apéndice, Cuadro 4.4).

Al comparar los cascos con 21 + 0 S (testigo), se observó que tras 3 días sólo los cascos en 0 + 0 A (22,0) se diferenciaron significativamente de los cascos testigo (24,8); tras 5 y 8 días no se observaron diferencias significativas respecto a los cascos testigos (Apéndice, Cuadro 4.5).

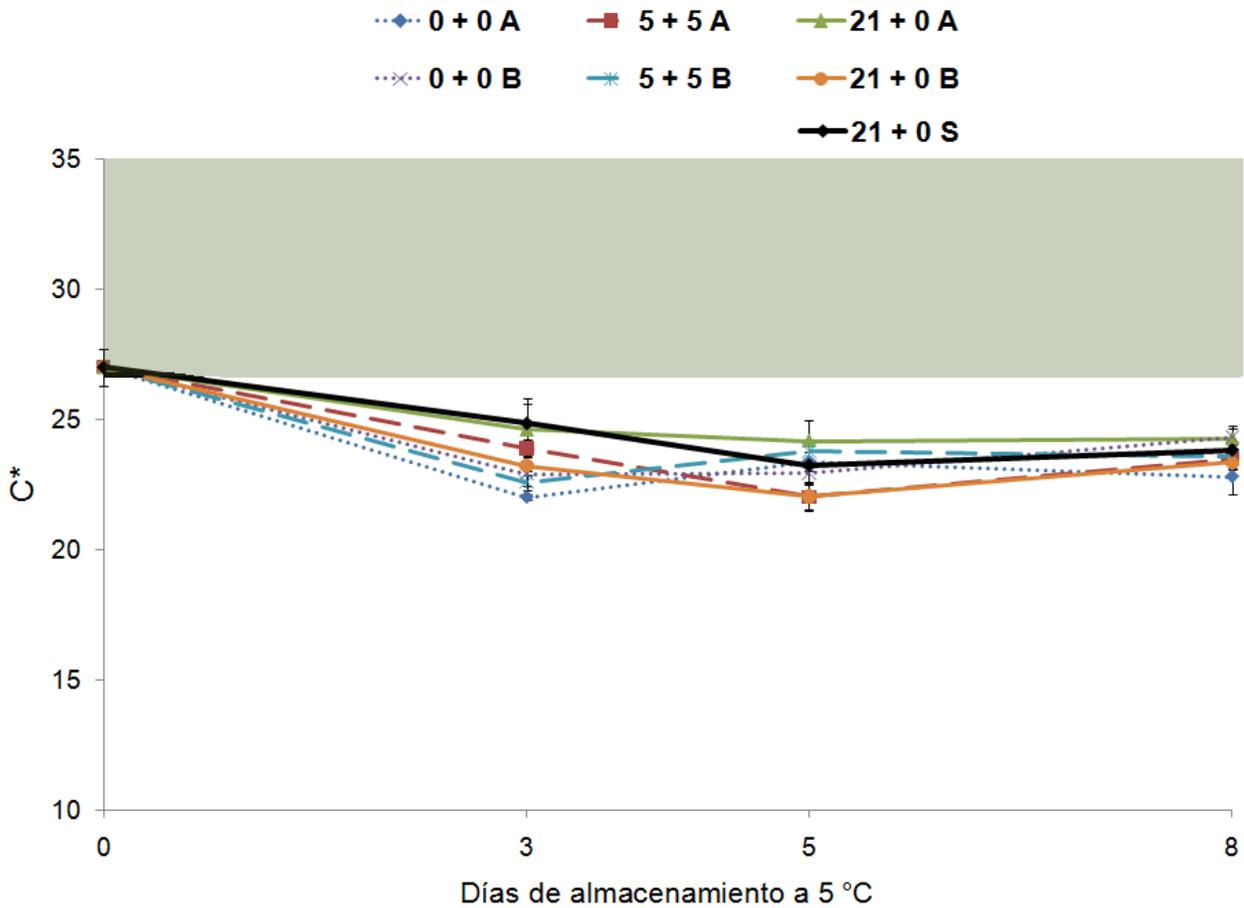


Figura 4.5. Evolución de la saturación (C^*) en cascos de pera PT inmersos en agentes antipardeantes y envasados en atmósferas controladas (O_2 % + CO_2 %, balance N_2). A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y T: agua potable. Área gris indica límite pardeamiento ($C^* = 26,7$), debajo de la cual se considera una C^* aceptable. Los valores son las medias ($n=3$) y las barras verticales EE.

A pesar de las diferencias significativas registradas en el día 3, el parámetro C^* al igual que en el Capítulo III (Sección 3.3.4), no fue afectado por las distintas concentraciones de O_2 y CO_2 . Las inmersiones en agentes antipardeantes tampoco influyeron. No obstante, un leve descenso se observó en el día 3 indicando que los cascos se volvieron más grises o apagados después del mínimo proceso.

Tono (H_{ab}): la tendencia de H_{ab} fue al descenso. Tras 5 días de almacenamiento los valores se ubicaron por debajo del límite mínimo aceptable de H_{ab} definido como mínimo $92,3^\circ$ (Figura 4.6). Tras 3 días para la interacción de los factores se presentaron diferencias significativas, los cascos en 0 + 0 A y 5 + 5 A presentaron los valores más

altos de 98,4 y 94,8° respectivamente; los cascos en 21 + 0 A y 21 + 0 B presentaron los valores más bajos de 87,6 y 90,1° respectivamente y los cascos en 0 + 0 B y 5 + 5 B presentaron valores intermedios de 91,7 y 92,5° respectivamente. Tras 5 días, se presentaron diferencias significativas para la interacción de los factores, los cascos en 0 + 0 A y 5+ 5 A presentaron los valores más altos de 87,1 y 87,5° respectivamente, los cascos en 21 + 0 A presentaron el valor más bajo de 80,0° y los cascos en 0 + 0 B, 5 + 5 B y 21 + 0 B presentaron valores intermedios de 81,1; 83,1 y 81,5° respectivamente. Tras 8 días no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor (Apéndice, Cuadro 4.6).

Al comparar los cascos con 21 + 0 S (testigo), se observó que tras 3 días sólo los cascos en 0 + 0 A (98,4°) se diferenciaron de los cascos testigo (91,1°); tras 5 días los cascos en 0 + 0 B, 5 + 5 B, 21 + 0 B y 21 + 0 A (81,1; 83,1; 81,5 y 79,9°) se diferenciaron de los cascos testigo (91,0°) y tras 8 días los cascos en 0 + 0 B, 5+ 5 A, 5 + 5 B, 21 + 0 A y 21 + 0 B (76,6; 80,9; 78,7; 79,5 y 78,1°) se diferenciaron de los cascos testigo (87,8°) (Apéndice, Cuadro 4.7).

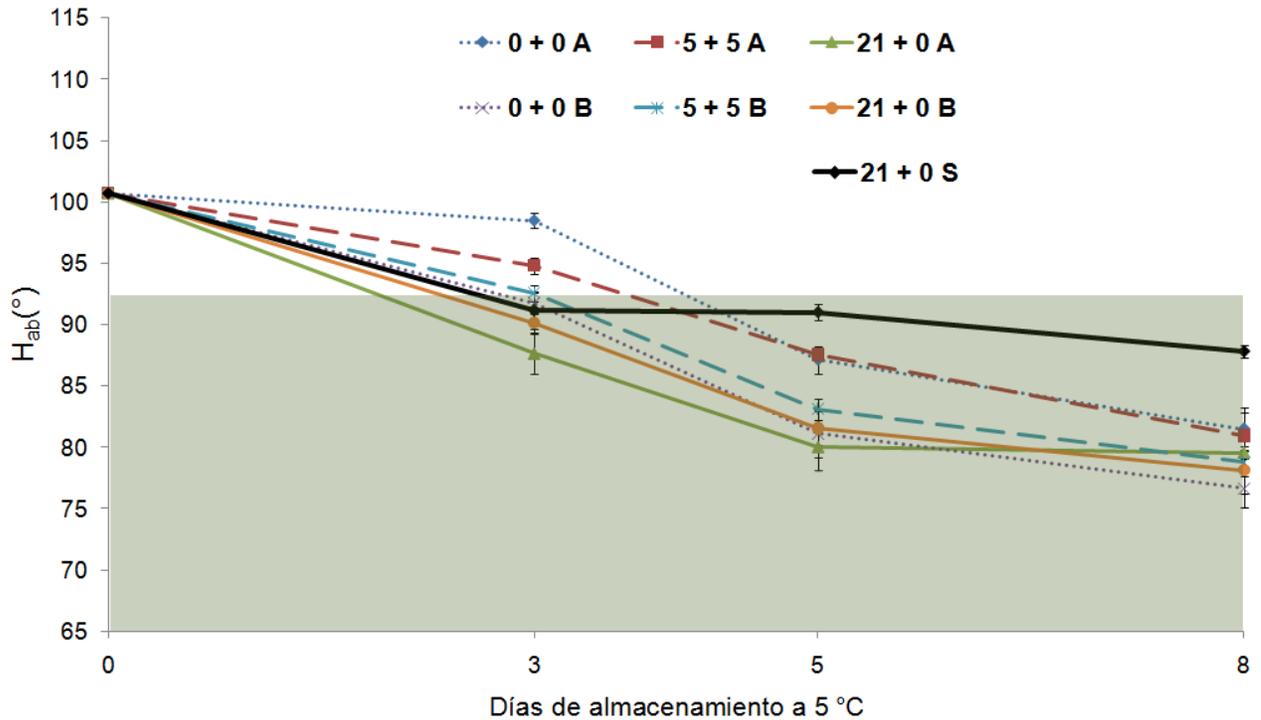


Figura 4.6. Evolución del tono (H_{ab}) en cascos de pera PT inmersos en agentes antipardeantes y envasados en atmósferas controladas (O_2 % + CO_2 %, balance N_2). A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y T: agua potable. Área gris indica límite pardeamiento ($H_{ab} = 92,3$), por encima de la cual se considera un H_{ab} aceptable. Los valores son las medias ($n=3$) y las barras verticales EE.

Los bajos valores de H_{ab} hacia el final del período de almacenaje en los cascos con A y B indican que tuvieron coloraciones cercanas al rojo, no así los cascos con 21 + 0 S los cuales presentaron coloraciones más verdes, evaluados a través del parámetro a^* (datos no mostrados) (Figura 4.7). De acuerdo a lo observado y según Gorny *et al.* (2002) la adición de C (2 a 5 $g \cdot L^{-1}$) en cascos de pera almacenados a 0 °C induce una coloración roja en el borde y centro del tejido cortado después de 4 días. Estos mismos autores señalan que una inmersión de post corte en 20 $g \cdot L^{-1}$ AA + 10 $g \cdot L^{-1}$ lactato de calcio + 5 $g \cdot L^{-1}$ C ajustando el pH de la solución a 7, además de impedir el pardeamiento enzimático debido al ataque de la C sobre los grupos nucleofílicos de las quinonas, puede ser más efectivo porque el grupo tiol de la C tiene un pKa de 8,3 ingresando con mayor facilidad al tejido. Gorny *et al.* (2002) obtuvieron resultados similares en cascos de pera 'Bartlett' almacenados a 0 °C por 8 días en AC de bajo O_2

(0,25%) y moderado a alto CO₂ (10-20%) + aire, señalando que una solución con C (5 g·L⁻¹) y otra de agua (testigo) mantienen valores más altos de H_{ab} que una solución con AA (20 g·L⁻¹) + lactato de Ca (10 g·L⁻¹) + C (5 g·L⁻¹) sin haber ajustado el pH a 7,0. Según Richard-Forget *et al.* (1992), la C se une a las quinonas formando complejos incoloros. Estos complejos a su vez se unen con otras quinonas en una segunda reacción donde tendría lugar la formación de coloraciones pardo-rojizas; al tener la C un pKa 8,33; es decir que a un pH de 8,3 la mitad de las moléculas están ionizadas y la otra mitad no lo están, y que la fracción no ionizada es capaz de penetrar en las membranas celulares de los tejidos, a un menor pH existiría una mayor proporción del grupo tiol de forma libre para penetrar en el tejido de la pera. Lo anterior provocaría una mayor formación de complejos entre C y quinonas, y la posterior interacción de éstos con las quinonas. Todo esto habría favorecido la aparición de las coloraciones pardo-rojizas observadas, en un medio ácido, que correspondió al tejido de los cascos (Figura 4.7).

Concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores a un 5,2 y 5,1 % respectivamente presentaron mayores H_{ab} al inicio y mitad del estudio, excepto por los cascos en 21 + 0 S que mantuvieron sus valores de H_{ab} mayores desde la mitad del estudio comparado a los cascos con antipardecante.

Figura 4.7. Evolución de los distintos tratamientos de atmósferas controladas junto con agentes antipardecantes en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’



O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA. ACi: ácido cítrico (2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetracético (1 g·L⁻¹).

4.3.5- Firmeza

La fruta fue procesada con una firmeza de 6,5 kg-f y tras el mínimo proceso disminuyó a valores de 5,4 a 6,4 kg-f. Tras 3 días, se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores. Los cascos en 5 + 5 A presentaron el valor más alto de 6,4 kg-f; en cambio los cascos en 5 + 5 B presentaron el valor más bajo de 5,6 kg-f; los cascos en 0 + 0 A, 21 + 0 A, 0 + 0 B y 21 + 0 B presentaron valores intermedios (6,1; 5,8; 6,0 y 5,8 kg-f). Tras 5 días, se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, los cascos en 5 + 5 A presentaron la firmeza más alta de 6,3 kg-f; en cambio los cascos en 21 + 0 B presentaron la firmeza más baja de 5,6 kg-f; los cascos en 0 + 0 A, 0 + 0 B, 21 + 0 A y 5 + 5 B presentaron firmezas intermedias de valores 5,9; 6,1; 5,7 y 5,7 kg-f respectivamente. Tras 8 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre la firmeza (kg-f), en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3).

Nivel	Firmeza (kg-f)			
	Día 3	Día 5	Día 8	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	6,0	6,0	5,7
	5 + 5	6,0	6,0	5,6
	21 + 0	5,8	5,6	5,7
Antipardeante (ANTIP)	A	6,1	6,0	5,6
	B	5,8	5,8	5,8
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	6,1 ab	5,9 abc	5,4
	0 + 0 x B	6,0 ab	6,1 ab	6,0
	5 + 5 x A	6,4 a	6,3 a	5,6
	5 + 5 x B	5,6 b	5,7 bc	5,7
	21 + 0 x A	5,8 ab	5,7 bc	5,8
	21 + 0 x B	5,8 ab	5,6 c	5,7
Nivel de Significancia	ATM	NS	**	NS
	ANTIP	*	NS	NS
	AM x ANTIP	*	**	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Atmósfera: O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Al comparar los cascos con testigo, se observó que tras 3 días los cascos en 5 + 5 A (6,4 kg-f) se diferenciaron de los cascos testigos (5,6 kg-f); tras 5 días los cascos en 5 + 5 A y 0 + 0 B (6,3 y 6,1 kg-f respectivamente) se diferenciaron de los cascos testigos (5,6 kg-f); tras 8 días ningún tratamiento se diferenció de los cascos testigos, el rango de valores fue de 5,4 a 6,0 kg-f (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Comparación de la firmeza (kg-f) de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo, en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± EE.

Tratamiento	Firmeza (kg-f)		
	Día 3	Día 5	Día 8
21 + 0 x S (testigo)	5,6 ± 0,0	5,6 ± 0,1	5,5 ± 0,0
0 + 0 x A	6,1 ± 0,0	5,9 ± 0,1	5,4 ± 0,0
0 + 0 x B	6,0 ± 0,1	6,1 ± 0,0 *	6,0 ± 0,0
5 + 5 x A	6,4 ± 0,1 *	6,3 ± 0,1 *	5,6 ± 0,2
5 + 5 x B	5,6 ± 0,1	5,7 ± 0,1	5,7 ± 0,2
21 + 0 x A	5,8 ± 0,1	5,7 ± 0,0	5,8 ± 0,1
21 + 0 x B	5,8 ± 0,1	5,6 ± 0,0	5,7 ± 0,3

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnet ($p < 0,05$). Atmósfera: O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Los valores registrados, sugieren que concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores al 5,2 y 5,1 % respectivamente (5 + 5 y 0 + 0) tienen un efecto sobre la retención de la firmeza al inicio del almacenamiento, sin embargo tras 8 días los valores tienden a ser similares. La rápida pérdida de firmeza en los cascos en 21 + 0 en el día 3 se relaciona con su rápido descenso en L (Sección 4.3.4) y con sus elevadas tasas respiratorias y producción de C₂H₄ (Sección 4.3.2 y 4.3.3). La firmeza decae con el tiempo como parte del metabolismo normal del producto, estos están influenciados por las concentraciones de O₂ y CO₂ o más bien son promovidos por la energía suministrada por la respiración o fermentación, por lo tanto se ven afectados por condiciones de AC o AM (Hertog *et al.*, 2001). Hertog *et al.* (2001) señalan que la firmeza de manzanas ‘Braeburn’ mejoró al usar concentraciones de 1-1,5 % O₂ por 55 días a 0 °C; asimismo estos autores indican que con esas concentraciones de O₂ la concentración de CO₂ no tuvo efecto en la tasa de ablandamiento.

4.3.6- Parámetros químicos

Acidez titulable (AT): la fruta fue procesada con un valor de 0,20 % y al final del período de almacenaje (8 días) descendió a valores de 0,12 a 0,16 %. Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, no obstante para cada uno de los factores sí. Para el factor atmósfera los cascos en 5 + 5 presentaron el valor más alto de 0,15 %; los cascos en 0 + 0 y 21 + 0 presentaron los valores de 0,13 y 0,12 % respectivamente. Para el factor antipardeante los cascos con A presentaron el valor más alto de 0,14 % y los cascos con B presentaron el valor de 0,13 %. Tras 5 días no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor antipardeante, sin embargo para el factor atmósfera sí. Los cascos en 0 + 0 obtuvieron el valor de 0,15 %; los cascos en 21 + 0 presentaron el valor de 0,13 % y los cascos en 5 + 5 presentaron el valor de 0,14 %. Tras 8 días no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre la acidez titulable (AT), en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3).

Nivel	AT (%)			
	Día 3	Día 5	Día 8	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	0,13 b	0,15 a	0,12
	5 + 5	0,15 a	0,14 ab	0,13
	21 + 0	0,13 b	0,13 b	0,14
Antipardeante (ANTIP)	A	0,14 a	0,14	0,13
	B	0,13 b	0,14	0,13
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	0,13	0,15	0,12
	0 + 0 x B	0,13	0,14	0,12
	5 + 5 x A	0,16	0,13	0,12
	5 + 5 x B	0,15	0,14	0,14
	21 + 0 x A	0,13	0,12	0,15
	21 + 0 x B	0,12	0,13	0,13
Nivel de Significancia	ATM	**	*	NS
	ANTIP	*	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Atmósfera: O_2 % + CO_2 %, balance N_2 . A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Al comparar los cascos con testigo, se observó que tras 3 días los cascos en 5 + 5 A (0,16 %) fueron los únicos en diferenciarse de los cascos testigos (0,12 %) y tras 5 días fueron los cascos en 0 + 0 A (0,15 %). Tras 8 días no se observaron diferencias significativas de los cascos con respecto a los testigos (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6. Comparación de la acidez titulable (AT) de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo, en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± EE.

Tratamiento	AT (%)		
	Día 3	Día 5	Día 8
21+ 0 x S (testigo)	0,12 ± 0,0	0,12 ± 0,0	0,12 ± 0,0
0 + 0 x A	0,13 ± 0,0	0,15 ± 0,0 *	0,12 ± 0,0
0 + 0 x B	0,13 ± 0,0	0,14 ± 0,0	0,12 ± 0,0
5 + 5 x A	0,16 ± 0,0 *	0,13 ± 0,0	0,12 ± 0,0
5 + 5 x B	0,15 ± 0,0	0,14 ± 0,0	0,14 ± 0,0
21 + 0 x A	0,13 ± 0,0	0,12 ± 0,0	0,15 ± 0,0
21 + 0 x B	0,12 ± 0,0	0,13 ± 0,0	0,13 ± 0,0

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnet ($p < 0,05$). Atmósfera: O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Saftner *et al.* (2005) señalan que la disminución de la AT se debería al rápido uso de los ácidos orgánicos, comparado con el de otras sustancias como azúcares o grasas en la respiración; produciendo una tendencia hacia el aumento de la relación SS:AT durante el almacenaje. De acuerdo a estos autores, la AT de los cascos en concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores al 5,2 y 5,1 % (0 + 0 y 5 + 5) respectivamente en los días 3 y 5 fueron mayores por una menor respiración; lo cual coincide con los resultados de tasa respiratoria (Sección 4.3.2). Saftner *et al.* (2005) en cascos de manzana ‘Granny Smith’ y ‘Fuji’ almacenados en AC cercanas al aire (>19 % O₂ + <1,5 % CO₂) a 5 °C por 3 semanas reportaron una disminución de la AT debido al consumo de los ácidos por parte de la respiración.

pH: tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor antipardeante, no obstante para el factor atmósfera sí. Los cascos en 21 + 0 presentaron el valor más alto de 4,5; los cascos en 0 + 0 y 5 + 5 presentaron ambos el valor de 4,3. Tras 5 días no se observaron diferencias

significativas para la interacción de los factores y para cada factor. Tras 8 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor antipardeante, sin embargo para el factor atmósfera sí. Los cascos en 0 + 0 presentaron el valor más alto de 4,6 y los cascos en 5 + 5 el valor más bajo de 4,4; los cascos en 21 + 0 presentaron un valor intermedio de 4,5 (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre el pH, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3).

Nivel		pH		
		Día 3	Día 5	Día 8
Atmósfera (ATM)	0 + 0	4,3 b	4,4	4,6 a
	5 + 5	4,3 b	4,4	4,4 b
	21 + 0	4,5 a	4,5	4,5 ab
Antipardeante (ANTIP)	A	4,4	4,4	4,4
	B	4,4	4,4	4,4
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	4,3	4,4	4,5
	0 + 0 x B	4,3	4,4	4,5
	5 + 5 x A	4,3	4,3	4,4
	5 + 5 x B	4,3	4,4	4,4
	21 + 0 x A	4,4	4,5	4,4
	21 + 0 x B	4,5	4,4	4,4
Nivel de Significancia	ATM	**	NS	*
	ANTIP	NS	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Atmósfera: O_2 % + CO_2 %, balance N_2 . A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Al comparar los cascos con testigo, se observó que tras 3 días los cascos en 21 + 0 A y 21 + 0 B (4,4 y 4,5 respectivamente) fueron los únicos en diferenciarse de los cascos testigos (4,3); tras 5 y 8 días, no se observaron diferencias de los cascos respecto a los testigos (Apéndice, Cuadro 4.8).

El aumento del pH se explica por el consumo de los ácidos orgánicos como sustratos de la respiración para producir energía. Se observó que concentraciones de O_2 y CO_2 inferiores al 5,2 % y superiores al 5,0 % respectivamente (5 + 5) presentaron valores menores (Cuadro 4.7) comparado a las atmósferas de 100 % N_2 y aire (0 + 0 y 21 + 0),

seguramente por una menor tasa respiratoria y al efecto del CO₂ en reducir el pH extra como intracelular, interfiriendo con el metabolismo celular, siendo más fuerte su efecto a menor temperatura porque aumentaría su solubilidad (Artés-Hernández *et al.*, 2009; Kader, 1995).

Sólidos solubles (SS): tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor antipardeante, sin embargo para el factor atmósfera sí. Los cascos en 0 + 0 presentaron el valor más alto de 11,6 %; los cascos en 21 + 0 presentaron el valor más bajo de 10,9 %; los cascos en 5 + 5 presentaron un valor intermedio de 11,2 %. Tras 5 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor atmósfera, sin embargo para el factor antipardeante sí. Los cascos con A presentaron el valor más alto de 11,5 %; los cascos con B presentaron el valor de 11,0 %. Tras 8 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre los sólidos solubles (SS), en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3).

Nivel	SS (%)			
		Día 3	Día 5	Día 8
Atmósfera (ATM)	0 + 0	11,6 a	10,9	10,8
	5 + 5	11,2 ab	11,3	11,2
	21 + 0	10,9 b	11,5	11,1
Antipardeante (ANTIP)	A	11,2	11,5 a	11,0
	B	11,2	11,0 b	11,1
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	11,7	11,1	10,8
	0 + 0 x B	11,4	10,7	10,8
	5 + 5 x A	10,8	11,5	10,9
	5 + 5 x B	11,6	11,1	11,6
	21 + 0 x A	11,0	11,7	11,4
	21 + 0 x B	10,7	11,2	10,9
Nivel de Significancia	ATM	*	NS	NS
	ANTIP	NS	*	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos. Atmósfera: O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Al comparar los cascos con testigo, se observó que durante el período de almacenamiento no se presentaron diferencias significativas con respecto al tratamiento testigo (Apéndice, Cuadro 4.9).

De acuerdo a los resultados obtenidos no es posible señalar una tendencia del parámetro SS; Rocha y Morais (2003) señalan que un aumento inicial de los SS está relacionado con la disminución de la acidez, puesto que los ácidos orgánicos pueden ser usados como una fuente adicional de azúcares. Sin embargo en este estudio una vez llevado a cabo el mínimo proceso la AT disminuyó, pero los SS permanecieron estables. Los mismos autores indican que posteriormente los SS pueden disminuir debido al consumo de los azúcares en procesos metabólicos (Ackermann *et al.*, 1992). En este estudio probablemente las condiciones previas de almacenaje, en AC por 129 días y FC por 123 días, pudieron significar que al momento del mínimo proceso el contenido de ácidos fuese lo suficientemente bajo que los SS producto del consumo de los ácidos fueran utilizados inmediatamente como sustratos de los procesos metabólicos para mantener a la cascos vivos; causando en ellos una corta vida útil. Rocha y Morais (2000) reportaron una situación similar en cascos de manzana 'Jonagored' almacenados a 4 °C en AC de 2 % O₂ + 4 a 12 % CO₂; en donde los cascos en aire y 2 % O₂ + 4 % CO₂ no tuvieron diferencias importantes entre el día 0 y 7 en su contenido de SS, en cambio los cascos en 2 % O₂ + 8 a 12 % CO₂ presentaron una diferencia importante entre el día 0 y 7 aumentando sus SS debido probablemente a una menor tasa respiratoria y acumulación de los SS producto del consumo de los ácidos.

4.3.7- Calidad sensorial

Apariencia: se observó una tendencia a la pérdida de apariencia, excepto en los cascos 21 + 0 S, los cuales presentaron un aumento. Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor antipardeante, sin embargo para el factor atmósfera sí, los cascos en 21 + 0 presentaron la puntuación más alta de 10,0 puntos, cercana a excelente; los cascos en 0 + 0 la más baja de 7,2 puntos y los cascos en 5 + 5 de 8,9 puntos. Tras 5 días, no se

observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, y para cada factor (Apéndice, Cuadro 4.10).

Al comparar los cascos con testigo, tras 3 días se observaron diferencias significativas en los cascos 5 + 5 A, 21 + 0 A, 5 + 5 B y 21 + 0 B (9,4; 11,4; 8,5 y 8,7 puntos) respecto a los cascos testigos (4,9 puntos). Tras 5 días no se observaron diferencias significativas respecto a los cascos testigos (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9. Comparación de la apariencia de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo evaluado sensorialmente en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 ° C. Los valores son la medias (n=3) ± EE.

Tratamiento	Apariencia	
	Día 3	Día 5
21 + 0 x S (testigo)	4,9 ± 0,8	7,2 ± 1,3
0 + 0 x A	7,1 ± 0,8	5,4 ± 0,9
0 + 0 x B	7,3 ± 0,6	4,8 ± 1,1
5 + 5 x A	9,4 ± 0,6 *	5,3 ± 1,1
5 + 5 x B	8,5 ± 0,8 *	4,2 ± 0,8
21 + 0 x A	11,4 ± 0,7 *	3,8 ± 1,0
21 + 0 x B	8,7 ± 0,6 *	4,3 ± 1,2

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnet ($p < 0,05$). Atmósfera: O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Los resultados obtenidos permiten señalar que el uso de agentes antipardeantes fue beneficioso tras 3 días. Sin embargo, tras 5 días la respuesta de los cascos al mínimo proceso fue de corta vida de por sí, debido al estado de la materia prima senescente. Los cascos en 21 + 0 S experimentaron un aumento en la puntuación a pesar del tiempo transcurrido; esto se debió a la ausencia de una coloración rosada (Figura 4.7) presente en los demás cascos por el uso de C (2 g·L⁻¹) explicada en la Sección 4.3.4 en el parámetro H_{ab}. Lo anterior coincide con los valores obtenidos en los cascos con A y B en el parámetro de H_{ab} (Sección 4.3.4), los cuales fueron más bajos y cercanos al rojo que los tratados con 21 + 0 S.

Pardeamiento: se observó que los valores fueron opuestos a los de apariencia. Revelando que la apariencia está estrechamente relacionada con el grado de

pardeamiento. Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y factor atmósfera; pero sí para el factor antipardeante, los cascos con A presentaron el valor más alto de 3,9 puntos y los cascos con B presentaron el valor de 5,5 puntos. Tras 5 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor (Apéndice, Cuadro 4.11).

Al comparar los cascos con testigo, tras 3 días se observaron diferencias significativas en los cascos 0 + 0 A, 5 + 5 A y 21 + 0 A (4,2; 4,3 y 3,2 puntos) respecto a testigo (7,9 puntos). Tras 5 días se observaron diferencias significativas para los cascos 5 + 5 A, 21 + 0 A, 0 + 0 B, 5 + 5 B y 21 + 0 B (8,9; 9,5; 8,6; 9,5 y 10,1 puntos) respecto a testigo (4,4 puntos) (Cuadro 4.10).

Cuadro 4.10. Comparación del pardeamiento de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo evaluado sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± EE.

Tratamiento	Pardeamiento	
	3	5
21 + 0 x S (testigo)	7,9 ± 0,9	4,4 ± 0,9
0 + 0 x A	4,2 ± 0,9 *	7,8 ± 0,8
0 + 0 x B	5,9 ± 0,7	8,6 ± 1,2 *
5 + 5 x A	4,3 ± 0,7 *	8,9 ± 0,9 *
5 + 5 x B	5,6 ± 0,7	9,5 ± 0,8 *
21 + 0 x A	3,2 ± 0,9 *	9,5 ± 0,6 *
21 + 0 x B	4,9 ± 0,8	10,1 ± 1,0 *

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnet ($p < 0,05$). Atmósfera: O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Los parámetros de apariencia y pardeamiento coinciden con las mediciones hechas en color (Sección 4.3.4). Esto concuerda con lo indicado por Vilas-Boas y Kader (2006) los cuales señalan que el valor de L tiende a disminuir rápidamente en asociación con el grado de pardeamiento observado en bananas MPF a 5 °C por 7 días en contenedores con atmósferas de aire y de 2-4 % O₂ y/o 5-10 % CO₂.

Firmeza: no hubo diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor en los días evaluados (Apéndice, Cuadro 4.12). Las puntuaciones se mantuvieron estables en los días evaluados con valores de 11,8 a 13,0 puntos. La evaluación sensorial de firmeza no coincidió con los resultados objetivos de firmeza instrumental (Sección 4.3.5).

Al comparar los cascos con testigo, no se observaron diferencias significativas en los días evaluados (Apéndice, Cuadro 4.13). Tampoco coincidió con lo reportado en el análisis objetivo (Sección 4.3.5).

El efecto de los agentes antipardeantes en el ablandamiento de los cascos como reportaron Rocha y Morais (2000) no fue percibido sensorialmente. Estos autores señalan que la presencia del AA fue detectada a través del ablandamiento de los cubos de manzana 'Jonagored' en los días 3 y 7, estos estuvieron almacenados en aire; 2 % O₂ + 4-12 % CO₂; con 7,5 g·L⁻¹ AA a 4 °C por 7 días.

Las puntuaciones de firmeza en los días evaluados fueron similares, coincidiendo con lo reportado en las evaluaciones objetivas de firmeza instrumental (Sección 4.3.5). Los valores de firmeza observados en esos días fueron entre 5,6 a 6,4 y 5,6 a 6,3 kg-f para los días 3 y 5 respectivamente. Es probable que firmezas en esos rangos sean difíciles de diferenciar sensorialmente, por lo que no se observaron diferencias en las evaluaciones sensoriales entre los cascos para esos días.

Sabor extraño: las puntuaciones se mantuvieron estables en los días evaluados (Cuadro 4.7). No se observaron diferencias para la interacción de los factores y para cada factor (Apéndice, Cuadro 4.14).

Al comparar los cascos con testigo en los días evaluados no se observaron diferencias significativas (Apéndice, Cuadro 4.15).

No se logró distinguir a los cascos con agentes antipardeantes de aquellos sólo inmersos con agua potable. Además no se detectó el efecto de las distintas

concentraciones de O₂ y CO₂ en el sabor. El rango de las puntuaciones en los días evaluados fue de 2,2 a 4,1 puntos. De acuerdo a estos resultados y al Capítulo III (Sección 3.3.7) no existiría un efecto de concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores a un 5,6 % y superiores a un 5,0 % respectivamente, sobre el sabor de los cascos evaluado sensorialmente.

Los jueces en la sección de comentarios (Anexo 1) indicaron degustar en los días evaluados en todos los cascos una pera insípida, asociado probablemente a la poca cantidad de ácidos y azúcares presentes (Sección 4.3.6). Sin embargo, Richard-Forget *et al.* (1992) indican que la presencia de C en exceso o concentraciones necesarias para impedir el pardeamiento pueden provocar el surgimiento de malos sabores y aromas. También se ha reportado que cubos de manzana 'Jonagored' almacenados a 4 °C en AC de 2 % O₂ + 8 % CO₂ junto a la aplicación de AA (7,5 g·L⁻¹) genera la presencia de un sabor extraño al tercer día.

4.3.8- Actividad de polifenol oxidasas (PPO)

Tras 3 días, el uso de agentes antipardeantes y concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores al 5,2 y 5,1 % (0 + 0 y 5 + 5) respectivamente disminuyeron la actividad de las PPO. Tras de 8 días, las actividades tuvieron una tendencia a aumentar y parecerse (Cuadro 4.10). Tras 3 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor antipardeante, no obstante para el factor atmósfera sí. Los cascos en 21 + 0 presentaron la actividad más alta de 3,1 U·mg⁻¹·prot⁻¹; los cascos en 0 + 0 y 5 + 5 presentaron las actividades de 2,4 y 2,5 U·mg⁻¹·prot⁻¹ respectivamente. Tras 8 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y factor atmósfera, sin embargo para el factor antipardeante sí, los cascos con A presentaron una actividad de 3,1 U·mg⁻¹·prot⁻¹ y los cascos con B una actividad de 3,4 U·mg⁻¹·prot⁻¹ (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre la actividad de las polifenol oxidasas (PPO) en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	Actividad de PPO (U·mg ⁻¹ ·prot ⁻¹)		
	Día 3	Día 8	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	2,4 b	3,0
	5 + 5	2,5 b	3,4
	21 + 0	3,1 a	3,2
Antipardeante (ANTIP)	A	2,8	3,1 b
	B	2,5	3,4 a
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	2,4	2,7
	0 + 0 x B	2,5	3,2
	5 + 5 x A	2,8	3,2
	5 + 5 x B	2,2	3,6
	21 + 0 x A	3,2	3,1
	21 + 0 x B	3,0	3,4
Nivel de Significancia	ATM	*	NS
	ANTIP	NS	*
	AM x ANTIP	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos. Atmósfera: O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Al comparar los cascotes con testigo, tras 3 días todos los cascotes con antipardeantes (2,2 a 3,2 U·mg⁻¹·prot⁻¹) se diferenciaron de los testigos (3,7 U·mg⁻¹·prot⁻¹). Tras 8 días no se observaron diferencias significativas de los cascotes con respecto a los testigos (3,3 U·mg⁻¹·prot⁻¹) (Cuadro 4.12).

Cuadro 4.12. Comparación de la actividad de las polifenol oxidasas (PPO) de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo, en cascós de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	Actividad de PPO (U·mg ⁻¹ ·prot ⁻¹)	
	Día 3	Día 8
21 + 0 x S (testigo)	3,7 ± 0,1	3,3 ± 0,1
0 + 0 x A	2,4 ± 0,2 *	2,7 ± 0,0
0 + 0 x B	2,5 ± 0,2 *	3,2 ± 0,2
5 + 5 x A	2,8 ± 0,0 *	3,2 ± 0,2
5 + 5 x B	2,2 ± 0,0 *	3,6 ± 0,1
21 + 0 x A	3,2 ± 0,3 *	3,1 ± 0,2
21 + 0 x B	3,0 ± 0,1 *	3,4 ± 0,0

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnett (p<0,05). Atmósfera: O₂ % + CO₂ %, balance N₂. A: ACi + AA + C; B: ACi + AA + C + EDTA y S: agua potable. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Los resultados indican que los agentes antipardeantes inhiben la actividad de las PPO en un inicio, hasta que se agotan. Lo anterior se confirma con lo obtenido en la Sección 4.3.4 en el parámetro H_{ab} a través de la presencia de una coloración rosada, la cual surgió mediante la formación de aductos de cisteinil (CQACs) que reaccionaron con un exceso de o-quinonas produciendo una regeneración de fenoles y pigmentos coloreados (Richard-Forget *et al.*, 1992). Concentraciones de O₂ y CO₂ inferiores al 5,2 y 5,1 % (0 + 0 y 5 + 5) respectivamente, igualmente inhibieron la actividad de las PPO en un inicio, a través de la vía y síntesis de etileno promotor de la acción de las PPO, explicado en el capítulo anterior (Sección 3.3.3) y la presencia de O₂ como substrato, culminando con el pardeamiento de los tejidos. El efecto de las bajas y/o moderadas concentraciones de O₂ y/o CO₂ sobre la actividad de las PPO fue descrito en la Sección 3.3.8 (Capítulo III). La acción de los agentes antipardeantes fue descrita en la Sección 2.3.7 (Capítulo II).

Conclusiones

Concentraciones bajas en O₂ y moderadas en CO₂, reducen la tasa respiratoria y producción de etileno de los cascos de pera 'Packham's Triumph' almacenados a 5 °C por 7 días.

El uso agentes antipardeantes con atmósferas bajas en O₂ y moderadas en CO₂, son efectivas en retardar el pardeamiento enzimático, medido a través de la luminosidad del color de cascos de pera 'Packham's Triumph', hasta el día 3 de almacenaje a 5 °C.

Concentraciones bajas de O₂ y moderadas de CO₂ retardan la pérdida de firmeza por cinco días a 5 °C.

El uso de agentes antipardeantes y un envasado en concentraciones bajas de O₂ y/o moderadas en CO₂ no influyen en los sólidos solubles de los cascos de pera 'Packham's Triumph', pero sí en la acidez titulable y pH aumentándolos y disminuyéndolos respectivamente.

El uso de agentes antipardeantes y un envasado en aire constituyen una combinación eficaz en retardar la pérdida de calidad de los cascos de pera 'Packham's Triumph' en los primeros 3 días de almacenamiento a 5 °C. Posteriormente, surgen en la superficie de corte coloraciones pardo-rojizas que deterioraron su calidad.

Inmersiones en agentes antipardeantes y concentraciones de O₂ y CO₂ bajas y moderadas respectivamente son efectivas en reducir la actividad de las PPO durante 3 días 3 de almacenaje a 5 °C.

CAPÍTULO V

EFFECTOS DE AGENTES ANTIPARDEANTES Y PERMEABILIDADES DE ENVASADO SOBRE PERAS 'PACKHAM'S TRIUMPH' MÍNIMAMENTE PROCESADAS, EN ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA

Resumen

Se evaluó la inmersión de cascos de peras 'Packham's Triumph' (PT) en antipardeantes (C) y agua potable (S); envasados en atmósfera modificada (EAM) activa, de un 5 % O₂ en bolsas de distintas permeabilidades: perforada (P), alta (6.000-8.000 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹) (A) y baja (3.000-6.000 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹) (B). Los antipardeantes usados fueron ácido ascórbico (2 g·L⁻¹) + ácido cítrico (2 g·L⁻¹) + L-cisteína (2 g·L⁻¹). Los cascos se almacenaron por 6 días a 5 °C. Se evaluó la actividad metabólica, parámetros físicos y químicos, calidad sensorial y microbiológica, y compuestos bioactivos. Los cascos envasados en baja permeabilidad presentaron la concentración gaseosa más adecuada al sexto día (2,7 % O₂ + 5,7 % CO₂); tras 6 días los cascos sin antipardeantes presentaron la mayor luminosidad (76,7) y los cascos con antipardeantes desarrollaron una coloración roja representada por bajos valores de tono (H_{ab}) (83,4). En el mismo día, la firmeza de los cascos con antipardeantes (4,8 kg-f) fue menor a la de los cascos en agua potable (5,2 kg-f). El mínimo proceso provocó una disminución de la AT y aumento de pH; durante el almacenamiento estos parámetros se mantuvieron estables. Los cascos EAM activa B presentaron el menor % SS tras 6 días, por a un menor consumo de ácidos. Tras un día, la mejor apariencia y menor pardeamiento lo presentaron los cascos con antipardeantes; sin embargo tras 4 días fueron los cascos en agua potable. En un inicio los agentes antipardeantes inhibieron la actividad de las PPO (1 U·mg⁻¹·prot⁻¹), éstos después se agotaron y presentaron actividades similares a los inmersos en agua potable (2,7 y 2,6 U·mg⁻¹·prot⁻¹, día 6). Tras 6 días el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante fueron mayores en los cascos con antipardeantes (5,1 mg EAG·g⁻¹·p.f⁻¹ y 0,8 mg TROLOX g⁻¹ p.f⁻¹ respectivamente), comparado a los cascos sin antipardeantes (2,7 mgEAG·g⁻¹· p.f⁻¹ y 0,4 mg TROLOX g⁻¹ p.f⁻¹ respectivamente). El envasado de baja y alta permeabilidad fueron los más adecuados en mantener una calidad microbiológica, comparados al envasado en bolsa perforada. A pesar de que al inicio el uso de antipardeantes mantuvo una mejor apariencia de los cascos, al término del almacenaje el envasado de baja permeabilidad sin antipardeante fue el que mantuvo una mejor vida útil.

Palabras claves: bioactivos, atmósfera modificada activa, fenoles, microorganismos.

Abstract

Immersion effects in antibrowning agents (A) (ascorbic acid ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + citric acid ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + cysteine ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)) and drinking water (W) under active modified atmosphere packaging were evaluated on 'Packham's Triumph' pear slices. Permeability bags were: perforated (P), high permeability ($6.000\text{-}8.000 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) (H) and low permeability ($3.000\text{-}6.000 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) (L). Treatments were: PW; HW; LW; PA; HA and LA. Slices were stored for 6 days at $5 \text{ }^\circ\text{C}$ and gases concentration inside bag, color, firmness, chemical parameters, sensory and microbial quality and functional compounds were evaluated. Slices packed in L had the best concentration on day 6 ($2.7 \text{ \% O}_2 + 5.7 \text{ \% CO}_2$). After 6 days, slices W had the highest luminosity value (76.7) and slices A developed a red coloration represented by low hue values (83.4). On the same day, firmness slices A was lower ($4,8 \text{ kg}\cdot\text{f}$) than slices W ($5,2 \text{ kg}\cdot\text{f}$). Fresh cut process caused a decrease in the titratable acidity (TA) and increase in the pH. During storage these parameters were stable. After 1 day, better appearance and lowest enzymatic browning was registered in slices A; but after 4 days were in slices W. Initially antibrowning agents inhibited PPO activity ($1 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$), then they sold out and had similar activities to slices W (2.7 y $2.6 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$, day 6). After 6 days, total phenol content and antioxidant activity were higher in slices with A ($5.1 \text{ mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{fw}^{-1}$ and $0,8 \text{ mg TROLOX}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{fw}^{-1}$ respectively) than slices in W ($2.7 \text{ mg g}^{-1} \text{ EAG pf}^{-1}$ and $0,4 \text{ mg TROLOX}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{fw}^{-1}$). B bags are the best suitable to maintain microbiological stability. After 6 d antioxidant activity in slices A was higher ($0.8 \text{ mg TROLOX fw}^{-1}$) that slices W ($0.4 \text{ mg TROLOX}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{fw}^{-1}$). The bags B are the best suited to maintain microbiological stability. Packaging H and L were best suitable to maintain microbiological quality compared to packaging P. Initially antibrowning agents used caused a better appearance, at the end of storage packaging P with slices W was the only who had a better shelf life.

Key words: active modified atmosphere, phenols, microorganism, appearance.

Introducción

Hoy en día el consumidor es más consciente de la importancia de una buena alimentación, y busca nuevas alternativas en comidas saludables, sabrosas, variadas y fáciles de preparar (Montero - Calderón *et al.*, 2009). Los productos MPF son alimentos que mantienen las características de los productos frescos recién cortados (Montero - Calderón *et al.*, 2009) cumpliendo con las exigencias de los consumidores actuales. El éxito de estos productos dependerá principalmente de la selección, óptima madurez de cosecha y el manejo cuidadoso de un buen producto (Zagory y Kader, 1988). La vida útil de estos productos es corta (aproximadamente menos de 7 días) debido a que el procesado mínimo involucra operaciones unitarias como el lavado, pelado y reducción de tamaño que aumentan su perecibilidad, sin embargo la mayoría de las técnicas del procesado de alimentos estabilizan al producto alargando su vida útil y de almacenamiento (López-Gálvez y Cantwell, 1996). Dentro de estas técnicas de estabilización se emplean métodos convencionales como el uso de bajas temperaturas, modificaciones atmosféricas o aditivos químicos (Pérez, 2003; He y Luo, 2007).

Uno de los principales problemas relacionados a la pérdida de calidad de los productos MPF es el desarrollo del pardeamiento enzimático debido a las reacciones oxidativas de los compuestos fenólicos por las polifenol oxidasas (PPO), producto del daño mecánico de las membranas permitiendo la interacción de los sustratos con las enzimas (Pérez-Cabrera *et al.*, 2008; Defilippi y Campo, 2006). Sivertsvik *et al.* (2002) señalan que el uso de envases en atmósfera modificada (EAM) se ha vuelto una alternativa comercial y económica en los mercados que poseen una cadena de frío bien establecida, pudiendo mantener un producto de alta calidad y precio. Gorny *et al.* (1999) indican que el uso de EAM con bajas temperaturas son muy usados en varios productos hortofrutícolas MPF porque reducen la tasa respiratoria y el pardeamiento enzimático de la superficie cortada. El EAM se logra cuando la generación y estabilización de la atmósfera es obtenida envasando el producto refrigerado en una película plástica, de permeabilidad selectiva a los gases permanentes del aire y cerrada herméticamente (Artés, 2006; Kader, 2002). El EAM obtiene mediante la interacción entre la respiración del producto,

la permeabilidad del gas y la atmósfera externa a la película plástica (pasiva) o inyectando en el envase nitrógeno (N_2) o una mezcla gaseosa para sustituir el aire del espacio que queda antes del cierre hermético (activa) (Artés et al., 2000; Kader, 2002); una vez que la mezcla gaseosa es introducida, ningún control sobre ella es ejercida y el cambio de la composición dentro del envase es inevitable debido a la interacción de la fisiología del producto y su entorno físico (Sivertsvik *et al.*, 2002; Zagory y Kader, 1988). Cada fruto MPF dependiendo de su estado fisiológico requiere de un envasado en una atmósfera de composición gaseosa diferente para su conservación (Cantwell y Suslow, 2007).

La ventaja del EAM activa se sustenta en que se asegura el establecimiento rápido de la atmósfera óptima (Kader, 2002; Zagory y Kader, 1988) resultando en una mayor vida útil. Se ha evaluado en cascos de pera 'Flor de invierno' el almacenamiento a 4 °C en EAM activa de bajo O_2 (2,5 % O_2 + 7 % CO_2 , balanceado con N_2) y alto O_2 (70 % O_2 , balanceado con N_2) comparado con el EAM pasiva, observándose que el EAM activa constituyó un mejor tratamiento para extender la vida útil (Oms-Oliu *et al.*, 2007). También se ha evaluado en cubos de pera 'Conference' almacenados a 4 °C e inmersos en ácido ascórbico (10 g·L⁻¹) y cloruro de calcio (5 g·L⁻¹) el EAM activa (100 % N_2 ó 90,5 N_2 + 7 % CO_2 + 2,5 % O_2) usando bolsas de distintas permeabilidades al O_2 : baja (1476 mL·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C y 0% humedad relativa) y alta (2952 mL·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C y 0% humedad relativa); observándose que el envasado de baja permeabilidad al O_2 con 100 % de N_2 mantiene la estructura celular evitando parcialmente la ruptura de la membrana y la acumulación de exudados (Soliva-Fortuney *et al.*, 2002). Soliva-Fortuney *et al.* (2004) señalan que los cubos de manzana 'Golden Delicious' almacenados a 4 °C en un EAM activa de alta concentración de CO_2 (2,5 % O_2 + 7 % CO_2 , balanceado con N_2) es un método eficaz para la preservación, desde el punto de vista microbiológico, sin embargo la comerciabilidad del producto podría verse comprometida por el desarrollo de bacterias anaerobias que son motivo de preocupación por razones de seguridad.

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

El almacenamiento refrigerado en atmósfera modificada activa junto con agentes antipardeantes son efectivos en inhibir el pardeamiento enzimático sobre cascotes de peras 'Packham's Triumph'.

Objetivos

Evaluar el efecto de atmósferas modificadas activas junto al uso de agentes antipardeantes sobre: concentración gaseosa del envase, parámetros físicos y químicos, aspectos sensoriales, calidad microbiológica y compuestos bioactivos en cascotes de pera 'Packham's Triumph'.

Materiales y método

El presente estudio consistió en la inmersión de cascos para PT en agentes antipardeantes y envasado en películas plásticas de distintas permeabilidades inyectándoseles N_2 hasta obtener un 5 % O_2 en ellas. Se realizó en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y Laboratorio de Microbiología de Alimentos, pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y fue financiado por el proyecto D07I1026 FONDEF – CONICYT, Chile.

5.1- Materiales

El origen y las condiciones de almacenamiento fueron descritos en la Sección 3.1.

Los agentes antipardeantes fueron: ácido cítrico (ACi), ácido ascórbico (AA) y L-cisteína (CIS); su descripción y preparación de las soluciones se describieron en la Sección 2.1.

Se usaron tres tipos de bolsas, estas fueron: perforada (7 perforaciones con una aguja de 0,67 mm de diámetro) (P), alta permeabilidad al O_2 ($6.000-8.000 \text{ mL } O_2 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1} \cdot atm^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ C$) (A) y baja permeabilidad al O_2 ($3.000-6.000 \text{ mL } O_2 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1} \cdot atm^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ C$) (B). Las bolsas (FF, Chile) fueron llenadas con N_2 hasta un 5 % O_2 desde un panel mezclador de gases; sus dimensiones fueron de 0,16 x 0,22 m.

Los frutos estuvieron almacenados por 129 días en AC y luego por 77 días en FC, hasta octubre de 2010.

5.2- Método

5.2.1- Determinaciones en frutos enteros (caracterización)

El procedimiento de caracterización de la fruta entera y sus determinaciones de parámetros físicos y químicos se detalla en la sección 2.2.1.

5.2.2- Procesamiento

5.2.2.1- Preparación de los cascos de pera

Las características del lugar y los utensilios usados para el mínimo procesamiento, así como también el procedimiento de obtención de los cascos, se detallan en la sección 2.2.2.1.

5.2.2.2- Soluciones utilizadas

Se efectuaron dos soluciones, una con agentes antipardeantes y otra con agua potable, ambas a 5 °C. Para la solución con agentes antipardeantes se usaron 3 compuestos. Ácido ascórbico (AA) (Calbiochem, China), ácido cítrico (ACi) (Winkler, México) y L-cisteína (CIS) (Biogerm, Portugal) todos se emplearon en concentraciones de 2 g·L⁻¹. Los compuestos se solubilizaron en 30 L de agua potable.

5.2.2.3- Envasado en atmósfera modificada activa

Los cascos fueron envasados en bolsas de distintas permeabilidades: perforada (P), alta (A) y baja (B) (FF, Chile). Los cascos envasados en A y B fueron llenados con N₂ hasta un 5 % O₂ desde un panel mezclador de gases. Posteriormente todas las bolsas fueron selladas por calor empleando una máquina selladora (FR400, Plastic Film Sealer, China) y luego almacenadas a 5 °C por 6 días.

5.2.2.4- Aplicación de los tratamientos

La aplicación de las soluciones antipardeantes se detalla en la sección 2.2.2.3; los cascos se almacenaron por 6 días a 5 °C. La Figura 5.1 muestra el diagrama de flujo para el procesamiento mínimo, la obtención de los cascos y la aplicación de los tratamientos.

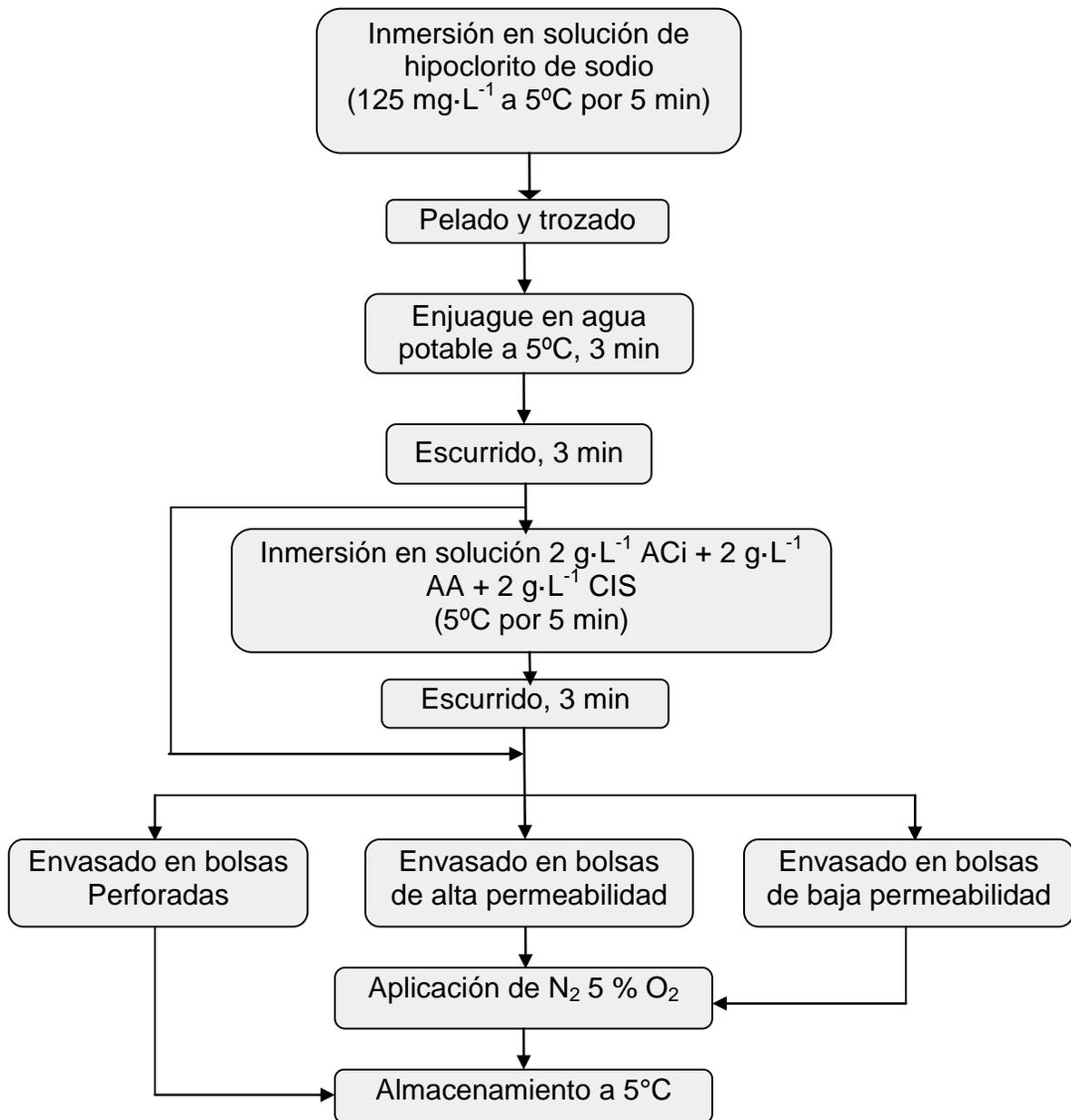


Figura 5.1. Diagrama de flujo del procesamiento mínimo de las peras 'Packham's Triumph' del estudio IV. Con dos y tres niveles de solución y envasado respectivamente, empleados como inhibidores del pardeamiento enzimático.

El estudio constó de 3 tratamientos con agentes antipardeantes (C) y otros 3 sin ellos (S). En cada tratamiento los cascos se envasaron bajo 3 distintas bolsas P, A y B, totalizando un total de 6 tratamientos: SP, SA, SB, CP, CA y CB. En el Cuadro 5.1 se detalla la concentración del compuesto utilizado y el pH alcanzado por las soluciones.

Cuadro 5.1. Concentraciones de agentes antipardeantes y pH de las soluciones utilizadas en cascos de pera 'Packham's Triumph' almacenados a 5 °C durante 6 días.

Solución	Ácido ascórbico g·L ⁻¹	Ácido cítrico g·L ⁻¹	L-Cisteína g·L ⁻¹	pH
Antipardeante (C)	2	2	2	2,4
Agua potable (S)	-	-	-	6,8

La aplicación de N₂ se llevó a cabo mediante un barrido de la atmósfera del envase hasta obtener un 5 % O₂ dentro del envase, verificándose con un analizador manual de gases descrito en la Sección 3.2.2.2. El envasado en atmósfera modificada activa asegura el rápido establecimiento de una atmósfera deseada en el envase, suscitando una mayor vida útil de los cascos (Zagory y Kader, 1988).

5.2.3- Parámetros evaluados en cascos de pera

Los parámetros medidos durante el almacenaje fueron evaluaciones de carácter físico, químico, metabólico, bioquímico, sensorial y microbiológico. Las determinaciones físicas y químicas se realizaron en los días 1, 4 y 6. Las evaluaciones metabólicas se realizaron en los días 0, 1, 4 y 6. Las determinaciones bioquímicas se realizaron en los días 1 y 6. Y las evaluaciones sensoriales y microbiológicas en los días 1 y 4.

5.2.3.1- Determinación de la tasa respiratoria: se determinó según lo establecido en la Sección 2.2.3.1; sólo para cascos de fruta y fruto entero.

5.2.3.2- Determinación de la producción de etileno: se determinó siguiendo la metodología para tasa respiratoria, pero usando jeringas y cromatógrafo descritos en la Sección 3.2.3.2.

5.2.3.3- Parámetros de color: se realizó con un colorímetro portátil tri-estímulo siguiendo la metodología descrita en la Sección 2.2.3.2. El color se expresó en valores de luminosidad (L), saturación (C*) y tono (H_{ab}).

5.2.3.4- Firmeza: se determinó con un texturómetro FTA, (Fruit Texture Analyser, GS-14, Guüs, Italia), siguiendo la metodología descrita en la Sección 2.2.3.3. Los resultados se expresaron en kg-f.

5.2.3.5- Parámetros químicos

Los parámetros químicos se determinaron de acuerdo a lo establecido en la Sección 2.2.4.4.

5.2.3.6- Determinación de la calidad sensorial: se determinó siguiendo la misma metodología descrita en la Sección 2.2.4.5. La pauta de evaluación se describe en el Anexo 1.

5.2.3.7- Determinación de la actividad de polifenol oxidasas (PPO): se determinó al inicio (día 1) y término (día 6) del estudio según lo establecido en la Sección 2.2.3.6.

5.2.3.8- Determinación de fenoles totales: se determinó al inicio (día 1) y término (día 6) del estudio. Para lo anterior se obtuvo una muestra de 1 g de pera la que se homogenizó en un mortero con 9 mL de metanol (50%) hasta obtener una completa disgregación de la muestra. Posteriormente la muestra se filtró en 4 capas de gasa y se centrifugo a 10.000 g_n por 30 min a 4 °C en una centrifuga modelo Z326k (Hemle Labortechnik, Alemania). Luego el sobrenadante se filtró con papel whatman n° 1 y se hizo reaccionar con el reactivo Folin-Ciocalteu (preparado previamente con Reactivo A: 27 $g \cdot L^{-1}$ Na/K tartrato + 4H₂O; Reactivo B: 20 $g \cdot L^{-1}$ Na₂CO₃ en 1N NaOH; Reactivo C: A + B y Reactivo Folin – Ciocalteu). En un tubo falcón se tomó 0,5 mL de extracto + 5 mL de reactivo C los cuales se dejaron reaccionar por 10 minutos a 25 °C. A continuación se adicionó 1 mL de reactivo Folin – Ciocalteu reservando por una hora la reacción. La reacción se cuantifico en el espectrofotómetro UV-Vis T70 (PG Instruments Limited, UK) a una longitud de onda de 660 nm. Los fenoles totales se expresaron como equivalente de ácido gálico (EAG) por $mg \cdot g^{-1}$ peso fresco.

5.2.3.9- Determinación de la capacidad antioxidante: se determinó al inicio (día 1) y término (día 6) del estudio, para lo anterior se obtuvo una muestra de 1 g de pera la que se homogenizó en un mortero con nitrógeno líquido hasta obtener un polvo fino. Luego se agregó 5 mL de etanol (50 %) para realizar la extracción y se filtró en papel whatman n° 1 depositando el filtrado en un tubo eppendorf. La muestra luego se centrifugó por 10 min a 20000 g_n y 4 °C en una centrifuga modelo Z326k (Hemle Labortechnik, Alemania). A continuación la muestra se volvió a filtrar con papel whatman n° 1 rescatando el sobrenadante y de allí se tomaron 20 µL, que se mezclaron con 80 µL de agua miliQ y 900 µL de reactivo FRAP (Buffer Acetato 300 mmol/L pH 3,5; Cloruro férrico hexohidrato 20 mmol/L y TPTZ 10 mmol/L en HCl 40 mmol/L). Para la preparación del reactivo FRAP los reactivos se mezclaron en proporción 10:1:1 sin modificar el orden de adición, y luego se agitó durante 10 minutos entre 37 a 40 °C en baño maría termoregulada. A partir de la mezcla del filtrado (20 µL), agua miliQ (80 µL) y reactivo FRAP (900 µL) se midió su absorbancia a 593 nm cada 1 min durante 4 min en un espectrofotómetro UV-Vis T70 (PG Instruments Limited, Reino Unido). Los resultados se expresaron como mg TROLOX g⁻¹pf⁻¹.

5.2.3.10- Recuentos microbiológicos: el recuento de microorganismo se realizó al inicio (día 1) y término (día 6) del estudio. Se hizo un recuento de bacterias aerobias mesófilas (RAM), enterobacterias y bacterias psicrófilas, por tratarse de productos refrigerados, además de hongos y levaduras.

Para lo anterior, se obtuvo una muestra de 10 g de pera, la que se molió y homogenizó en 90 mL de agua estéril peptonada (APE, Merck Darmstadt, Alemania) dentro de una bolsa estéril (Model 400 Bags 6141, Reino Unido) empleando un masticador (Seward Medical, Londres, RU) durante 1 min. Luego se realizaron varias diluciones seriadas (10⁻¹ - 10⁻⁴) en 9 mL de agua peptonada estéril.

Para el recuento de RAM y enterobacterias, se emplearon los medios de cultivo PCA (Plate Count Agar) y EMB (Eosin methylene blue Agar) (Merck, Alemania) respectivamente, las cuales se incubaron a 37 °C, durante 2 días. Para el recuento de bacterias aeróbicas psicrófilas se utilizó el medio de cultivo PCA (Merck, Alemania) incubándose a 5 °C por 7 días. Para el recuento de hongos y levaduras se empleó

como medio de cultivo una base de PDA (Potato Dextrosa Agar) (Merck, Alemania), previamente acidificado a pH 3,5 con ácido láctico, incubándose a 25 °C durante 5 días.

Los recuentos microbiológicos se expresaron como el logaritmo de la unidad formadora de colonia por g ($\log \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$). Los resultados obtenidos en RAM y enterobacterias se evaluaron de acuerdo al Reglamento Sanitario de los Alimentos (Ministerio de Salud, 2010), para frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados, listos para el consumo.

5.2.4- Diseño de experimento y análisis estadístico

El diseño del estudio fue de estructura factorial con variables independientes por día, con 6 tratamientos, 2 niveles de solución (con agentes antipardeantes y agua potable), 3 niveles de envasado (bolsa perforada, alta y baja permeabilidad) y 3 repeticiones. La una unidad experimental fue una bolsa con 200 g de cascos para los parámetros físicos, químicos, determinación de compuestos bioactivos y atributos visuales (aparición y pardeamiento). Para los atributos gustativos (sabor extraño y firmeza) fueron cubos de 1 cm³ de pera, presentados en pots de cerámica blancos. Tanto para los atributos visuales y gustativos fueron 12 las repeticiones.

Los datos obtenidos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95%, al encontrar diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones de TUKEY con un nivel de significancia del 5%. En caso de encontrar interacción entre los factores, se realizó un ANDEVA entre tratamientos.

Todos los resultados de se analizaron estadísticamente mediante el programa de software estadístico Minitab 16.

Resultados y discusión

5.3.1- Caracterización de la fruta entera

En el Cuadro 5.2 se detallan los resultados de la caracterización de los frutos enteros un día previo al mínimo proceso; estos resultados difieren con los del estudio anterior (Capítulo IV) en color de pulpa, firmeza y parámetros químicos. La fruta de este estudio fue acondicionada por 3 días (Apéndice, Cuadro 5.1), con el fin de desarrollar en ella un aroma y sabor deseable (Beaulieu y Grimm 2001), característico de la variedad PT.

Cuadro 5.2. Parámetros físicos y químicos de 20 frutos de pera PT.

Caracterización de la fruta entera			
	Parámetro		Promedio ± EE
	Peso (g)		181,9 ± 3,0
	Diámetro (mm)	polar	73,8 ± 1,9
		ecuatorial	72,1 ± 0,8
Físicos	Color de epidermis	L	62,2 ± 1,1
		C*	45,0 ± 0,6
		H _{ab}	103,5 ± 1,0
	Color de pulpa	L	76,6 ± 0,5
		C*	23,0 ± 0,7
		H _{ab}	108,0 ± 8,5
	a*	-3,6 ± 0,2	
	Firmeza (kg-f)		5,4 ± 0,1
Químicos	Sólidos solubles (SS)		11,8 ± 0,1
	Acidez titulable (AT)		0,17 ± 0,0
	pH		4,3 ± 0,0
	SS/AT		67,2 ± 5,6

Los valores representan las medias ± el error estándar (EE)

En este estudio los valores de los parámetros de color de pulpa L (76,6) y C* (23,0) fueron menores a los observados en el Capítulo IV (78,7 y 27,0) (Sección 4.3.1); asociándose a una pera más opaca para L y de color menos intenso para C*. Los valores de color de pulpa H_{ab} (108,0) y a* (-3,6) fueron mayores a los obtenidos en el estudio anterior (Capítulo IV) (100,7 y -4,9), relacionándose a una pera más verde y roja para H_{ab} y a* respectivamente. La firmeza y AT fueron menores en el presente

estudio (5,3 kg-f y 0,17 %) comparados con el estudio anterior (Capítulo IV) (6,5 kg-f y 0,20 %), asociándose a un estado de madurez más avanzado y menor cantidad de ácidos. No obstante, el valor de pH en el presente estudio fue de 4,2 y en el estudio anterior (Capítulo IV) fue de 4,7; sugiriendo una mayor cantidad de ácidos en las peras PT del presente estudio. Los valores de SS fueron similares; sin embargo Kader, 2010 señala que un % de SS mínimo para un sabor y calidad de pera aceptable debe ser de un 13 %, lo que no fue obtenido en los Capítulos III, IV y V (11,3; 11,3 y 11,8 %) en los cuales la materia prima fue una pera fuera de estación y sí lo fue en el estudio del Capítulo I (15,3 %) (Sección 2.3.1) en el cual la materia prima fue de la temporada; no obstante como fruta entera tiene buenas propiedades de conservación (Kader, 2002; Richardson *et al.*, 1997). Una relación de SS:AT mayor indica un menor contenido de ácidos, asociados a una vida útil menor. De acuerdo a la relación SS:AT las peras PT del presente estudio presentaron una relación mayor (67,2) comparados al estudio anterior (55,9) (Capítulo IV), a pesar de que el presente estudio se efectuó aproximadamente 1 mes antes, probablemente los valores obtenidos se deben al acondicionamiento de la fruta por 3 días, lo que no fue efectuado en el estudio anterior (Capítulo IV), provocando un aceleramiento del metabolismo, con el consecuente consumo de los ácidos.

5.3.2- Tasa respiratoria

En el Cuadro 5.3, se observó que la tasa respiratoria de los cascos después del corte (4 - 6 h) y en el día 1 fueron de alrededor de 6 veces al de la fruta entera. Posteriormente en los días 4 y 6 de almacenamiento los cascos presentaron una tasa respiratoria de 3 veces al de la fruta entera.

Cuadro 5.3. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en cascos y fruto entero de pera 'Packham's Triumph' en aire a 5°C.

	Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)			
	Día 0	Día 1	Día 4	Día 6
Cascos	37,9 ± 1,2	24,0 ± 1,8	18,8 ± 2,9	17,2 ± 1,8
Fruto entero	6,0 ± 0,8	3,7 ± 1,0	6,0 ± 0,7	5,4 ± 0,7

Los valores son las medias (n=3) ± EE.

Una elevada tasa de respiratoria va asociada a una corta vida de almacenamiento (MADR, 2000). Al comparar la tasa respiratoria de los cascos de este estudio con la tasa de los cascos testigos obtenida en el Capítulo II (Sección 2.3.2), se observó que en el día del mínimo proceso los cascos de ambos estudios presentaron tasas similares de 36,2 y 37,9 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹, Capítulos II y V respectivamente. Tras 1, 3, 6 y 8 días las tasas respiratorias de los cascos del Capítulo II disminuyeron a un valor promedio de 8,1 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ y tras 1, 4 y 6 días las tasas respiratorias de los cascos del Capítulo V disminuyeron a un valor promedio de 20,0 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. De acuerdo a los resultados observados, los cascos del Capítulo II presentaron una menor actividad metabólica, esto supone que se encontraban en un estado de menor madurez al momento del mínimo proceso, esto es ratificado por las firmezas observadas de 5,6 kg-f en el Capítulo II (Sección 2.3.1) y de 5,3 kg-f en el presente estudio (Sección 5.3.1), indicando un estado de madurez más avanzado para este estudio. Lo obtenido esta en correspondencia con lo reportado en cascos de peras 'Flor de Invierno' en donde se señaló que un estado de madurez más avanzado al momento del proceso implica una mayor actividad fisiológica y por lo tanto, una mayor producción de CO₂, C₂H₄ y etanol (Oms-Oliu et al., 2009).

Las tasas respiratorias de los frutos enteros del presente estudio fueron similares a las del Capítulo II. En el presente capítulo tuvo un promedio de 5,0 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ en los días evaluados. En el Capítulo II fue de 5,4 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ en los días evaluados. Según los resultados obtenidos en ambos capítulos se es difícil definir cuáles peras PT se encontraban en un estado más maduro, no obstante se ha indicado por varios autores que un fruto entero más maduro tiene un incremento en su tasa respiratoria (Arpaia, 1980; Gorny et al., 2002; Oms-Oliu et al., 2009).

5.3.3- Producción de etileno

Se observó en los cascos un aumento progresivo de la producción de etileno desde el día 0 (2,5 µL·kg⁻¹·h⁻¹) hasta el término del almacenaje, día 6 (17,6 µL·kg⁻¹·h⁻¹), debido al mínimo proceso. En el fruto entero se observó una leve tendencia al alza registrando valores entre 6,0 y 9,9 µL kg⁻¹·h⁻¹ (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.4. Tasa producción de etileno en cascós y fruto entero de pera ‘Packham’s Triumph’ en aire a 5 °C.

	Tasa producción de etileno ($\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)			
	Día 0	Día 1	Día 4	Día 6
Cascos	2,5 ± 0,6	8,3 ± 0,1	14,9 ± 2,0	17,3 ± 1,5
Fruto entero	6,0 ± 1,0	7,6 ± 0,2	9,5 ± 0,0	9,9 ± 0,7

Los valores son medias (n=3) ± EE.

De acuerdo con los estudios anteriores (Capítulos III y IV) y Soliva –Fortuny *et al.*, (2003) las bajas producciones de etileno están asociadas a un efecto sinérgico de bajas concentraciones de O₂ y altas de CO₂. Oms-Oliu (2008) señala haber observado en peras ‘Flor de Invierno’ almacenadas en atmósfera de 2,5 % O₂ + 7 % CO₂ y aire a 4 °C a tres distintos estados de madurez una mayor tasa de producción de etileno en peras maduras con respecto a las parcialmente maduras y verdes, siendo las peras verdes las cuales presentaron la menor tasa de producción.

5.3.4- Concentración de gases

Los cascós envasados en bolsas perforadas (P) presentaron una composición gaseosa similar a la del aire; en cambio los cascós EAM activa presentaron un aumento de su concentración de CO₂, aquellos en bolsas de baja permeabilidad (B) se estabilizaron a una concentración de 5,2 % y aquellos en bolsas de alta permeabilidad (A) a una de 3,8 %, ambos al sexto día. En relación al O₂ los cascós en A aumentaron su concentración de un 5 a un 15,7 %, en cambio aquellos envasados en B descendieron su concentración a un 2,7 % (Figura 5.2).

Respecto al O₂, tras el mínimo proceso no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y factor antiparadeante, pero sí para el factor permeabilidad, en el cual los cascós en bolsas perforada (P), alta (A) y baja (B) permeabilidad presentaron los valores de 21,0; 5,0 y 5,1 % O₂ respectivamente. Tras 1 día, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, pero sí para los factores permeabilidad y antiparadeante. Los cascós en bolsas P, A y B presentaron los

valores de 20,9; 6,6 y 4,8 % O₂ respectivamente. A pesar de las diferencias observadas en el factor antipardeante los valores fueron similares, los cascos con antipardeante (C) y sin antipardeante (S) presentaron los valores de 10,6 y 10,9 % O₂ respectivamente. Tras 4 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, pero sí para los factores antipardeante y permeabilidad. Los cascos en bolsas P, A y B presentaron los valores de 20,6; 13,3 y 3,4 % O₂ respectivamente y los cascos C y S presentaron los valores de 2,3 y 2,1 % O₂ respectivamente. Tras 6 días para la interacción de los factores y factor antipardeante no se observaron diferencias significativas, pero sí para el factor permeabilidad. Los cascos en P, A y B presentaron los valores de 20,7; 15,7 y 2,7 % O₂ respectivamente (Apéndice, Cuadro 5.2).

Respecto al CO₂, tras el mínimo proceso no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor. Tras 1 día, para la interacción de los factores y para el factor antipardeante no se observaron diferencias significativas, pero sí para el factor permeabilidad. Los cascos en P, A y B presentaron los valores de 0,5; 2,0 y 2,3 % CO₂ respectivamente. Tras 4 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores pero sí para los factores de antipardeante y permeabilidad. Los cascos en P, B y A presentaron los valores de 0,1; 3,5 y 5,2 % CO₂ respectivamente; a pesar de las diferencias observadas en el factor antipardeante los valores fueron similares de 2,3 y 2,1 % CO₂. Tras 6 días, se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, los cascos en bolsas de baja permeabilidad (CB y SB) presentaron los valores más altos de 5,5 y 5,6 %, por el contrario los cascos con antipardeante en bolsa perforada (CP) presentaron el valor más bajo de 0,2 % y los cascos sin y con antipardeante en alta permeabilidad (SA y CA) presentaron los valores intermedios de 4,2 y 3,4 % respectivamente; y sin antipardeante en bolsa perforada (SP) de 0,4 % CO₂ (Apéndice, Cuadro 5.3).

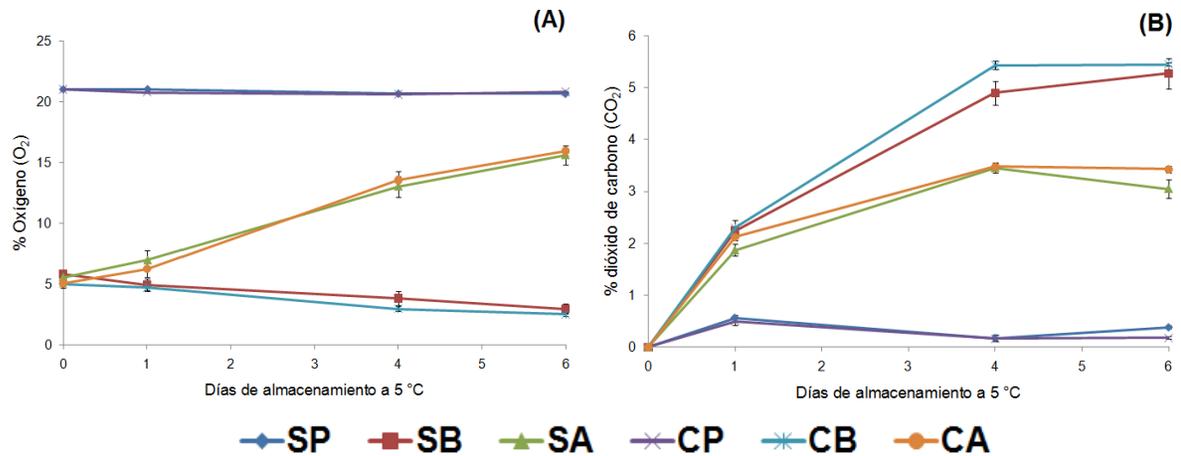


Figura 5.2. Evolución de la composición gaseosa en el interior de las bolsas con cascos de pera 'Packham's Triumph', tratados con antiparaldeantes y envasados en atmósfera modificada activa. A: % oxígeno (O₂) y B: % dióxido de carbono (CO₂). S: agua potable y C: AC + AA + CIS. P: perforada, B: baja permeabilidad y A: alta permeabilidad. Los valores son medias (n=3) y barras verticales el error estándar (EE).

La composición gaseosa recomendada para cascos de pera es de 0,5 % O₂ y < 10 % CO₂ (Cantwell y Suslow, 2007); las concentraciones obtenidas en el envasado de baja permeabilidad fueron similares a la recomendada (2,7 % O₂ y 5,5 % CO₂) al sexto día. El establecimiento de una atmósfera de un 5 % O₂ para conseguir antes la atmósfera ideal fue conveniente en la película de permeabilidad 3.000-6.000 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C (B). Resultados similares fueron reportados por Oms-Oliu *et al.* (2008) en cascos de pera 'Flor de Invierno' almacenados a 4 °C por 28 días, inmersos en N-acetil-cisteína (7,5 g·L⁻¹) y glutatión (7,5 g·L⁻¹), EAM activa de 2,5 % O₂ + 7 % CO₂, balanceado con N₂ (LOA), en películas de 64 μm de espesor y de una permeabilidad de 1024,27 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ y de 467,209 mL CO₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C y 0 % de HR, observando un rápido agotamiento del O₂ en el envase hasta una concentración por debajo de un 1 % al séptimo día; estos mismos autores en las mismas condiciones de envasado reportaron un aumento rápido del CO₂ obteniendo al día 28 de almacenaje un 20 %. En este estudio, el envasado de 6.000-8.000 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C (A) presentó un aumento en la concentración de O₂ y CO₂ alcanzando al sexto día concentraciones de 15,8 y 3,8 % respectivamente, estos resultados no han sido reportado por otros autores; por el contrario se ha observado en cascos de manzana 'Golden Delicious', peras 'Flor

de Invierno' y peras PT disminuciones de la concentración de O₂ a valores por debajo del 5 % e importantes aumentos de CO₂ a valores superiores al 15 % a los 8 días dentro de distintos envases y condiciones de AM (Soliva-Fortuny *et al.* (2002); Oms-Oliu *et al.* 2008; Mery, 2011). No hubo un efecto de los agentes antipardeantes sobre la evolución de la concentración gaseosa, estos resultados están en correspondencia con lo reportado por Soliva-Fortuny *et al.* (2002) en cascos de manzana 'Golden Delicious' inmersos en 10 g·L⁻¹ de AA y 5 g·L⁻¹ de cloruro de calcio, envasados en bolsas de una permeabilidad de 1476 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C y 0 % de HR, saturados con N₂ (100%) o en aire y almacenados a 4 °C por 60 días.

5.3.5- Parámetros de color

Luminosidad (L): Tras 1 día, los cascos CP se ubicaron en el área gris definida como no aceptable de un mínimo de 76,2 (Apéndice, Figura 1); tras 4 días, fueron los cascos CP y SA; y tras 6 días fueron los cascos C (CP, CB y CA). Después de un día no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y factor antipardeante, pero sí para el factor permeabilidad. Los cascos en A, B y P presentaron los valores de 78,2; 77,7 y 76,1 respectivamente. Después de 4 días para la interacción de los factores se observaron diferencias significativas, los cascos CB presentaron el valor más alto de 76,7, los cascos CP presentaron el más bajo de 74,4 y los demás cascos presentaron valores de 74,5 a 76,5. Después de 6 días sólo se observaron diferencias significativas para el factor antipardeante. Los cascos C presentaron el valor de 73,2 y los cascos S el valor de 76,8 (Apéndice, Cuadro 5.4).

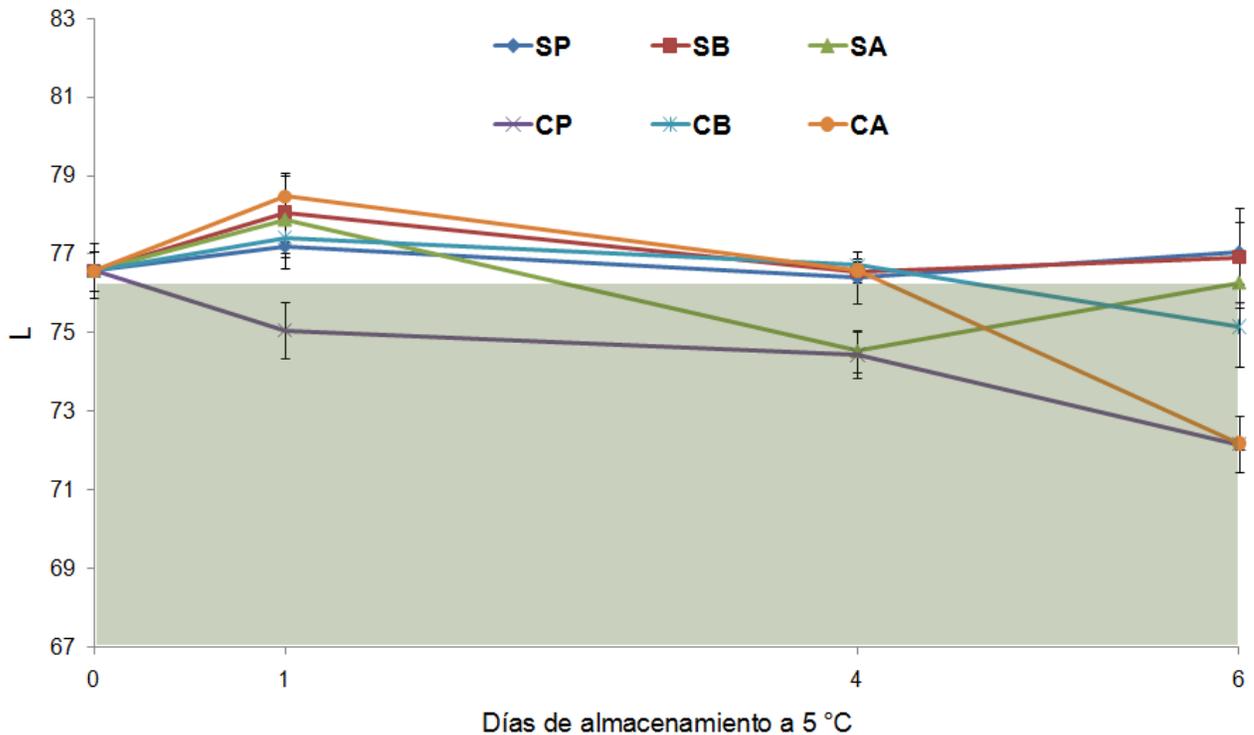
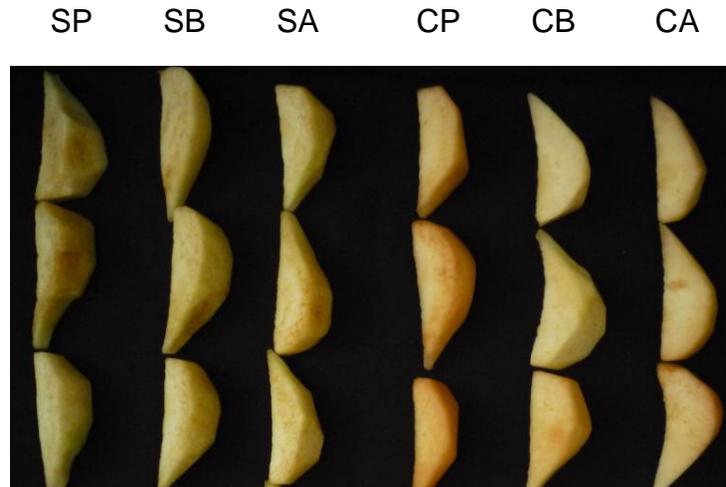


Figura 5.3. Evolución de la luminosidad (L) en cascos de pera 'Packham's Triumph'. S: agua potable y C: ACi + AA + CIS. P: perforada B: baja permeabilidad y A: alta permeabilidad. Área gris indica el límite de pardeamiento ($L = 76,2$), por encima de la cual se considera una L aceptable. Los valores son medias ($n=3$) y barras verticales el EE.

El uso de agentes antipardeantes provocó un descenso de L al inicio (CP) y término del estudio (CA y CB). El rápido descenso de L en los cascos C estuvo asociado a las coloraciones rojizas por la regeneración de fenoles a partir de los aductos de L-cisteína junto con o-quinonas (Oms-Oliu *et al.*, 2006) (Figura 5.4) esto fue explicado en H_{ab} del Capítulo IV (Sección 4.3.4). Oms-Oliu *et al.* (2006) detectaron el pardeamiento en cascos de pera 'Flor de Invierno' envasados en aire a 4 °C a los 21 días de almacenamiento, cuando un exceso de o-quinonas pudo reaccionar culminando con la formación de compuestos coloreados. Contrario a lo observado por Soliva-Fortuny *et al.* (2002) en cascos de manzana 'Golden Delicious' de 5 mm de espesor envasados en bolsas de una permeabilidad de $1476 \text{ mL O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ a 23 °C, almacenados a 4 °C, estos autores observaron una disminución rápida de L en los cascos sin antipardeante envasados en atmósferas de 100 % N_2 y aire comparado a los cascos con

antipardeantes ($10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ AA + $5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ cloruro de calcio). El EAM activa fue beneficioso al inicio (día 1) e intermedio del estudio (día 4).

Figura 5.4. Cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ inmersos en agentes antipardeantes y envasados en atmósferas modificadas activas al sexto día de almacenamiento a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.



S: sin antipardeante; C: con antipardeante (AC + AA + C).

ACi: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

P: Perforada; B: Baja permeabilidad; A: Alta permeabilidad.

Saturación (C^*): Los valores de C^* en los cascos sin antipardeante (S) (SP, SB y SA) se mantuvieron estables durante el almacenaje; pero en los cascos con antipardeante (CP, CB, y CA) tras el mínimo proceso (día 1) registraron un descenso y luego un aumento al término del almacenaje. Tras 1 día, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para el factor permeabilidad, no obstante para el factor antipardeante sí. Los cascos sin antipardeante presentaron un valor de 22,9 y los cascos con antipardeante un valor de 20,4. Tras 4 y 6 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y cada factor (Apéndice, Cuadro 5.5).

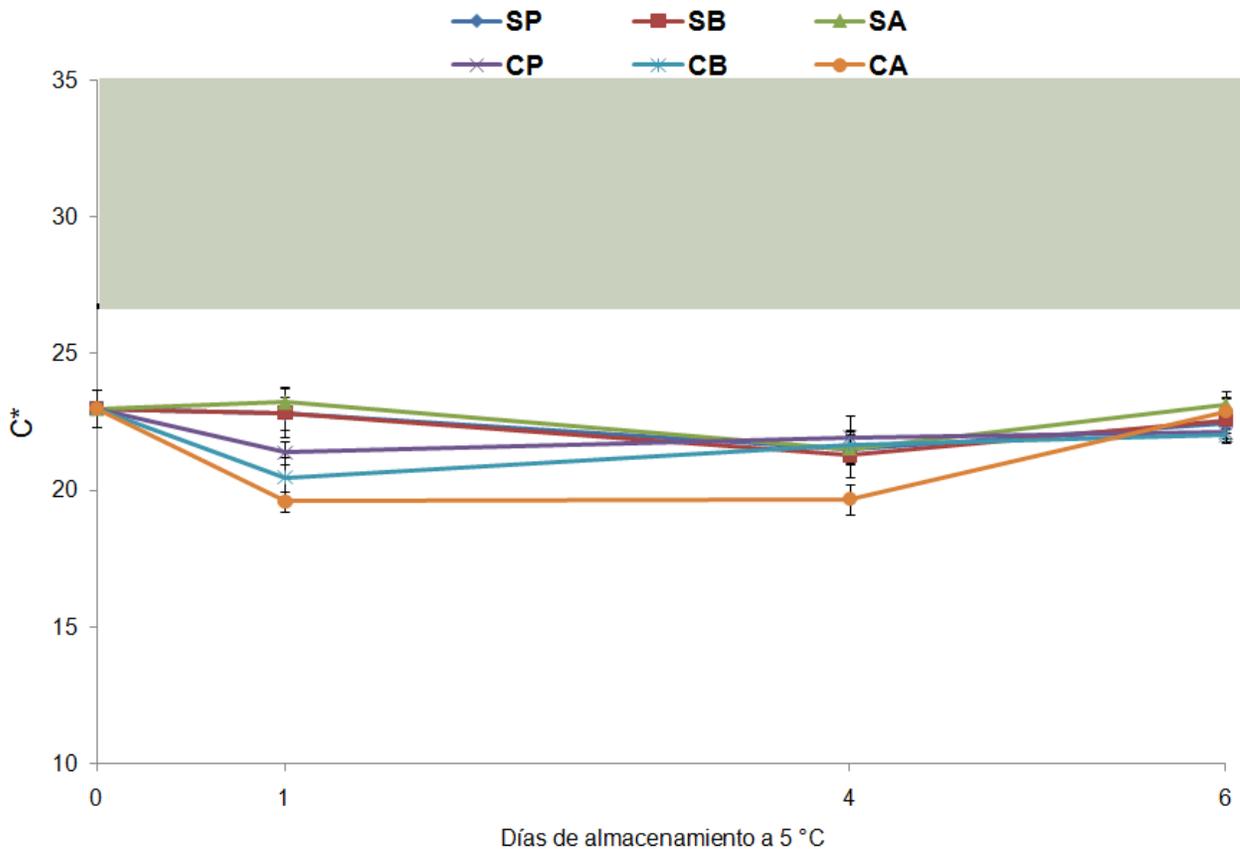


Figura 5.5. Evolución de la saturación (C^*) en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’. S: agua potable y C: ACi + AA + CIS. P: perforada B: baja permeabilidad y A: alta permeabilidad. Área gris indica el límite de pardeamiento ($C^* = 26,7$), por debajo de la cual se considera una C^* aceptable. Los valores son medias ($n=3$) y barras verticales el EE.

El parámetro C^* al igual que en los capítulos anteriores (Secciones 3.3.4 y 4.3.4) no fue afectado por el mínimo proceso, sin embargo tras un día tal como sucedió en el Capítulo II (Sección 2.3.3) los cascos con antipardeantes presentaron un descenso. El descenso del valor C^* podría atribuirse a la disminución de los valores de b^* (datos no mostrados), componente azul-amarillo, siendo valores negativos y positivos respectivamente (Mora et al., 2008), volviéndose los cascos de pera PT menos amarillos después del procesamiento (Figura 5.6). Estos resultados son distintos a lo reportado por Rocha y Morais, (2003) quienes observaron al inicio del almacenamiento un aumento importante del valor C^* en cubos de manzana ‘Jonagored’ de 1,5 cm almacenados en cajas con aire a 4 °C por 10 días, se observó en el presente estudio

una tendencia constante hasta el fin del período de almacenaje (6 días). No hubo un efecto del EAM activa sobre los valores de C^* .

Figura 5.6. Cascos de pera 'Packham's Triumph' inmersos en agentes antipardeantes y envasados en atmósferas modificadas activas al primer día de almacenamiento a 5 °C.



S: sin antipardeante; C: con antipardeante (AC + AA + C).

ACi: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

P: Perforada; B: Baja permeabilidad; A: Alta permeabilidad.

Tono (H_{ab}): tras 1 día los cascos S presentaron los valores más bajos. Hasta el cuarto día los cascos EAM activa presentaron los valores más altos. Tras 6 días, todos los cascos se ubicaron por debajo de lo aceptable definido como mínimo $92,3^\circ$ (Apéndice, Figura 1) (Figura 5.7). Después de 1 día, para la interacción de los factores se observaron diferencias significativas. Los cascos CA presentaron el valor más alto de $99,7^\circ$ y los cascos sin antipardeante (SP, SB y SA) presentaron los valores más bajos de $91,8$ a $93,2^\circ$, los cascos CB y CP presentaron valores de $98,1$ y $95,3^\circ$ respectivamente. Tras 4 días, sólo se observaron diferencias significativas para el factor permeabilidad. Los cascos en B registraron el valor más alto de $94,0^\circ$; los cascos en A el valor de $93,6^\circ$ y los cascos en P el valor de $91,5^\circ$. Tras 6 días, sólo se observaron diferencias significativas para el factor antipardeante. Los cascos C presentaron el valor de $83,4^\circ$ y los cascos S de $90,2^\circ$ (Apéndice, Cuadro 5.6).

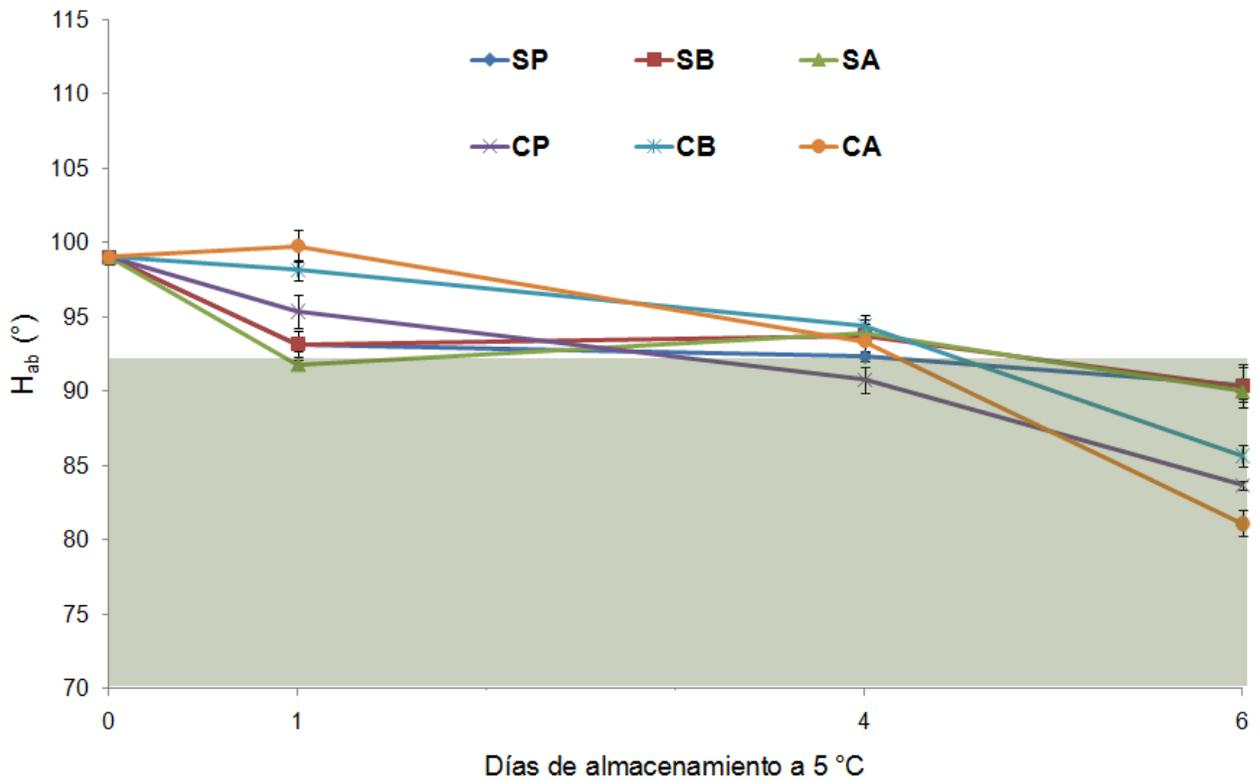


Figura 5.7. Evolución del tono (H_{ab}) en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’. S: agua potable y C: ACi + AA + CIS. P: perforada B: baja permeabilidad y A: alta permeabilidad. Área gris indica el límite de pardeamiento ($H_{ab} = 92,3^\circ$), por encima de la cual se considera un H_{ab} aceptable. Los valores son medias ($n=3$) y barras verticales el EE.

Los bajos valores de H_{ab} al término del almacenaje se asocian a coloraciones rojas; estos se deben a los altos valores de a^* (datos no mostrados) que produjo el uso de L-cisteína. Estos resultados coinciden con los bajos valores de L registrados en los cascos C al término del estudio. Oms-Oliu *et al.* (2006), observaron en cascos envasados en aire y almacenados a 4 °C por 28 días que las concentraciones usadas de N-acetil-Lcisteína, glutatiión (0 a 30 g·L⁻¹), y 4-hexylresorcinol (0 a 20 g·L⁻¹) presentaron valores superiores de H_{ab} comparado a los cascos control. Dong *et al.*, (2000) reportaron en cascos de peras ‘Anjou’ envasados al vacío e inmersos en 10 g·L⁻¹ de AA + 10 g·L⁻¹ de lactato de calcio los valores más altos de H_{ab} durante el almacenamiento por 30 días respecto a los cascos con sólo lactato de calcio o agua potable (control). De acuerdo a lo anterior y el Capítulo II (Sección 2.3.3) el uso de

agentes antipardeantes permite mantener altos valores de H_{ab} durante el almacenaje, sin embargo la aparición de coloraciones rojas producto de la L-cisteína puede provocar un descenso importante del H_{ab} promovido por la reconversión de los fenoles (Oms-Oliu *et al.*, 2006). EAM activa mantuvo los valores de H_{ab} al inicio e intermedio del estudio.

5.3.6- Firmeza

Los cascos presentaron una pérdida de firmeza debido al mínimo proceso, en el cual los cascos CP registraron en un inicio el mayor descenso, luego se mantuvieron estables (Figura 5.8). Tras 1 y 4 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor. Tras 6 días, sólo se observaron diferencias significativas para el factor antipardeante. Los cascos S presentaron una firmeza de 5,1 kg-f y los cascos C de 4,8 kg-f (Apéndice, Cuadro 5.7).

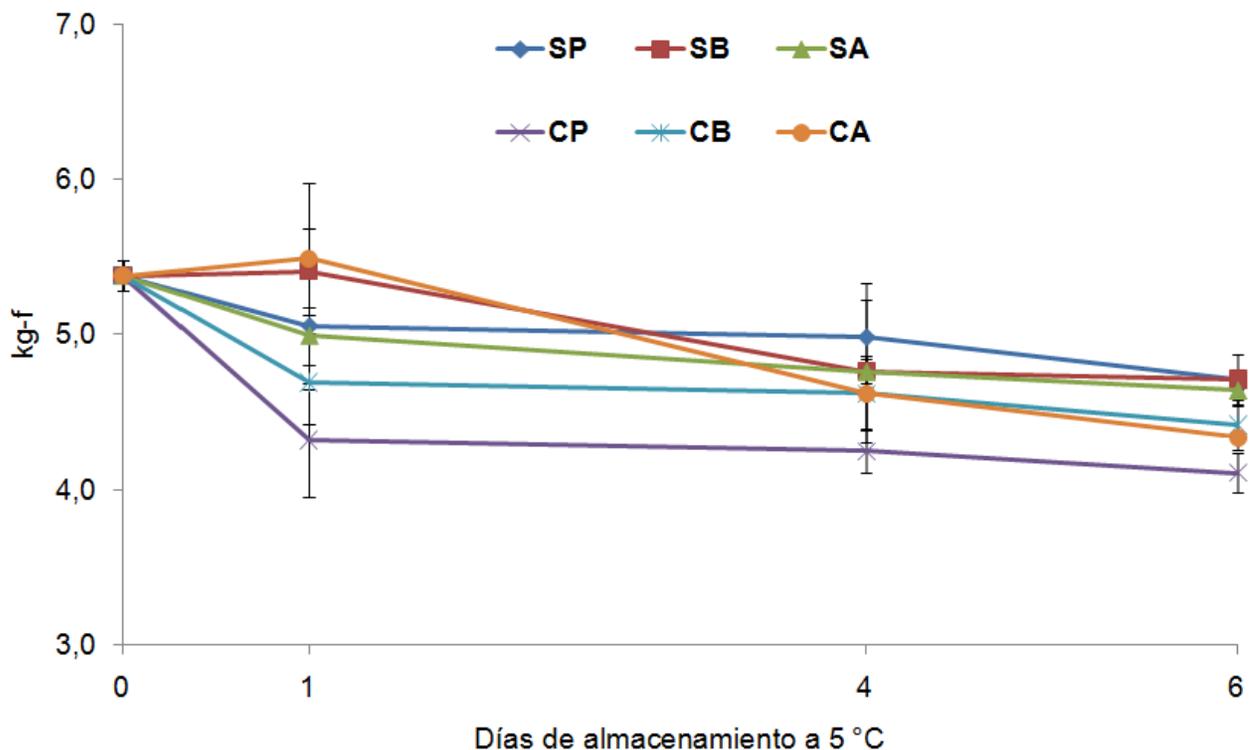


Figura 5.8. Evolución de la firmeza en cascos de pera Packham's Triumph'. S: agua potable y C: ACi + AA + CIS. P: perforada B: baja permeabilidad y A: alta permeabilidad. Los valores son medias (n=3) y barras verticales EE.

De acuerdo a los capítulos anteriores (Secciones 2.3.4, 3.3.5 y 4.3.5) y el presente estudio se observó que los cascos luego de ser sometidos al mínimo proceso experimentaron una reducción de su firmeza. Lo cual es uno de los principales problemas en la extensión de la vida útil debido a la acción de varias enzimas sobre la degradación de la pared celular y consecuente crecimiento de microorganismos (Mery, 2011; Saavedra, 2011 y Rocha y Morais, 2003). La disminución de CP al inicio pudo deberse a la presencia de O₂ que aceleró el metabolismo, se indica que el uso de bajas temperaturas y atmósferas modificadas disminuye la tasa respiratoria (Mery, 2011) reduciendo así el metabolismo de las enzimas y crecimiento de microorganismos involucrados en la degradación de la pared celular. A pesar de no registrar diferencias significativas los cascos en EAM activa en un inicio presentaron mayores firmezas, coincidiendo con menores concentraciones de O₂ (Sección 5.3.4). El uso de agentes antipardecantes provocó al término un ablandamiento de los cascos.

Soliva-Fortuny *et al.* (2002) reportaron en cascos de manzana 'Golden Delicious' en bolsas de una permeabilidad de 1476 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C, almacenados a 4 °C, que los cascos almacenados en atmósferas de 100 % N₂ con AA (10 g·L⁻¹) y cloruro de calcio (CaCl₂) (5 g·L⁻¹) inhibieron los cambios de textura importantes por más de 1 mes para cualquier estado de madurez (verde, parcialmente madura y madura); el CaCl₂ reduciría el ablandamiento de la pulpa mediante la interacción del ácido péctico de las paredes celulares con el pectato cálcico. Oms-Oliu *et al.* (2008) reportaron que los cascos de peras 'Flor de Invierno' inmersos en 7,5 g·L⁻¹ de N-acetil-cisteína y glutatión almacenados a 4 °C y envasados en atmósferas de 2,5 % O₂ + 7 % CO₂, balanceado con N₂ (LOA) presentaron una mayor firmeza respecto a los cascos envasados en 70 % O₂, balanceados con N₂ (HOA) y los EAM pasiva; el mecanismo por el cual la modificación de la composición gaseosa reduce el ablandamiento se podría explicar porque se reduce la biosíntesis del etileno, la tasa respiratoria y la degradación de la pared celular (Hertog *et al.*, 2001).

5.3.7- Parámetros químicos

Ácidoz titulable (AT): las peras PT fueron procesadas con una AT de 0,17 % y tras 1 día sus valores disminuyeron para luego mantenerse estables hasta el término del almacenaje con valores de 0,13 a 0,16 %. Después de 1, 4 y 6 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor (Apéndice, Cuadro 5.8).

La disminución de la AT se asocia al consumo de los ácidos orgánicos como primera fuente de energía para mantener el metabolismo (Rocha *et al.*, 1998). De acuerdo a lo señalado, Rocha y Morais (2003) observaron que la AT en cubos de manzana 'Jonagored' almacenados en aire a 4 °C por 10 días disminuyó, provocando un aumento del pH. Martín-Belloso y Oms-Oliu (2005) indican que la disponibilidad de O₂ en el interior de los envases tiene un impacto en la variación del contenido de los ácidos. Soliva-Fortuny *et al.* (2004) señalan que cubos de manzana 'Golden Delicious' almacenados a 0 °C en condiciones de EAM en ausencia de O₂ y de permeabilidad baja al O₂ (1476 mL·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C , 0 % HR) previene las pérdidas de ácidos respecto a los cascos envasados en bolsas de permeabilidad media al O₂ (2952 mL·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C, 0 % HR) a los 30 días.

pH: Las peras PT fueron procesadas con un pH de 4,2 y tras el mínimo proceso los valores fueron de 4,2 a 4,4. El comportamiento del pH coincide con la disminución observada en AT. Después de 1, 4 y 6 días no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor (Apéndice, Cuadro 5.9).

Los altos valores obtenidos se asocian a una baja cantidad de ácidos, al igual que en los estudios anteriores (Secciones 3.3.6 y 4.3.6).

Sólidos solubles (SS): las peras PT fueron procesadas con un valor de 11,8 % y tras 1 día se observó un descenso en los cascos CA y CB (ambos 9,7 %); posteriormente aumentaron en el día 4 a 10,9 y 10,5 % respectivamente y se mantuvieron estables hasta el término del almacenaje. Los demás cascos registraron un descenso tras el mínimo proceso pero luego presentaron valores estables durante el almacenaje. Tras 1 día, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para

cada factor. Tras 4 días, sólo se observaron diferencias significativas para el factor antipardeante. Los cascos S presentaron un valor de 11,3 % y los cascos C presentaron un valor de 10,8 %. Tras 6 días se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores. Los cascos SP, SB, SA, CP y CA presentaron los valores más altos en un rango de 11,0 a 11,1 %; los cascos CB presentaron el valor de 10,4 % (Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre los sólidos solubles (SS), en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		SS (%)		
		Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	10,5	11,1	11,0
	Baja	10,3	11,0	10,7
	Perf	11,1	11,1	11,0
Antipardeante (ANTIP)	Con	10,2	10,8 b	10,8
	Sin	11,0	11,3 a	11,1
PERM x ANTIP	Alta x Con	9,7	10,9	11,0 a
	Alta x Sin	11,3	11,3	11,0 a
	Baja x Con	9,7	10,5	10,4 b
	Baja x Sin	10,9	11,5	11,1 a
	Perf x Con	11,2	11,0	11,0 a
	Perf x Sin	11,0	11,2	11,1 a
Nivel de Significancia	PERM	NS	NS	**
	ANTIP	NS	**	**
	AM x ANTIP	NS	NS	**

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

El descenso de los SS puede estar relacionado al consumo de los azúcares, como fue explicado en el Capítulo II (Sección 2.3.5); esto ocurrió tras el mínimo proceso. Por otro lado el aumento puede deberse al consumo de los ácidos, esto fue explicado en el Capítulo IV (Sección 4.3.6), siendo los cascos CB y los EAM activa de una permeabilidad $3.000\text{-}6.000 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ a 23 °C (B) los que presentaron el menor contenido de SS tras 6 días, probablemente por una menor respiración de los ácidos. Sin embargo, se ha indicado que las distintas condiciones de EAM no tienen un

efecto significativo sobre la evolución de los niveles de azúcares durante el almacenamiento en fruta MPF (Martín-Belloso y Oms-Oliu, 2005). Contrario a lo señalado y de acuerdo a los resultados del día 6, Soliva-Fortuny *et al.* (2004) reportaron en cubos de manzana 'Golden Delicious' EAM activa de 100 % N₂, que aquellos cubos en bolsas de permeabilidad al O₂ de 1476 mL·m⁻² d⁻¹ atm⁻¹ a 23 °C, 0 % HR, y con una atmósfera inicial de 0 % O₂ y CO₂ (100 % N₂) no presentaron variaciones en sus SS, sin embargo los cubos envasados en aire o en bolsas de 2952 mL·m⁻² d⁻¹ atm⁻¹ a 23 °C, 0 % HR bajo una atmósfera de 100 % N₂ o aire, sí presentaron ligeras reducciones a lo largo del almacenamiento por 56 días. El descenso y posterior aumento de los SS en los días 1 y 4 respectivamente en los cascos CA, CB y SB coincide con lo reportado por Rocha y Morais (2003) en cubos de manzana 'Jonagored' almacenados en cajas plásticas en aire a 4 °C, estos autores observaron un aumento de los SS entre el día 0 y 3 debido al consumo de los ácidos, y posteriormente un descenso entre los días 7 y 10 por su uso en el metabolismo.

5.3.8- Calidad sensorial

Apariencia: se observó en los cascos C y S una pérdida y ganancia de apariencia respectivamente (Cuadro 5.6). Tras 1 día, los cascos C estuvieron próximos a una puntuación excelente (13,1 puntos) y los cascos S a una puntuación muy mala (5,8 puntos). Sin embargo, tras 4 días las puntuaciones se concentraron en un rango de 6,8 a 9,2 puntos; excepto por el tratamiento CP que obtuvo 3,0 puntos. Tras 1 día, se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores, los cascos CA y CB presentaron las puntuaciones más altas de 13,9 y 13,5 puntos respectivamente; los cascos CP presentaron una puntuación de 12,0 puntos y los cascos SA, SP y SB presentaron puntuaciones de 4,7; 5,8 y 7,1 puntos respectivamente. Tras 4 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores pero sí para los factores de permeabilidad y antipardeante. Los cascos en A y B presentaron las puntuaciones de 7,5 y 8,2 puntos respectivamente y los cascos en P presentaron la puntuación de 4,9 puntos. Los cascos C y S presentaron las puntuaciones de 5,8 y 7,9 puntos respectivamente (Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la apariencia evaluado sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=12).

Nivel		Apariencia	
		Día 1	Día 4
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	9,3	7,5 a
	Baja	10,3	8,2 a
	Perf	8,9	4,9 b
Antipardeante (ANTIP)	Con	13,1	5,8 b
	Sin	5,8	7,9 a
PERM x ANTIP	Alta x Con	13,9 a	7,2
	Alta x Sin	4,7 c	7,7
	Baja x Con	13,5 a	7,2
	Baja x Sin	7,0 c	9,2
	Perf x Con	12,0 b	3,0
	Perf x Sin	5,8 c	6,8
Nivel de Significancia	PERM	**	***
	ANTIP	***	***
	AM x ANTIP	**	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Las altas puntuaciones observadas en el primer día de evaluación se deben al efecto de los agentes antipardeantes sobre la actividad de las PPO inhibiéndolas; posteriormente (día 4) las menores puntuaciones en los mismos cascos se deben a las coloraciones rojas presentes a causa de la regeneración de fenoles, como fue explicado en el Capítulo IV Sección 4.3.4 (Oms-Oliu *et al.*, 2006). Estos resultados están asociados al comportamiento del color (Sección 5.3.4) coincidiendo en los bajos valores de L y H_{ab} por pardeamiento y L-cisteína. El EAM activa permitió mantener la apariencia de los cascos por 4 días.

Pardeamiento: se observó que las puntuaciones fueron opuestas a las de apariencia. Tras 1 día, los cascos con antipardeantes estuvieron próximos a sin pardeamiento (1,2 puntos) y los sin a muy pardeado (9,3 puntos). Tras 4 días, las puntuaciones fueron similares con valores de 5,1 a 7,4; excepto por el tratamiento CP que presentó la

puntuación de 12,2. Tras 1 día, se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores. Los cascos SB, SP y SA presentaron las puntuaciones de 8,0; 9,5 y 10,4 puntos respectivamente. Los cascos CP y CB presentaron puntuaciones de 2,5 y 0,8 puntos y los cascos CA de 0,5 puntos. Tras 4 días, se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores. Los cascos CP presentaron la puntuación de 12,2 y los demás cascos (SP, SB, SA, CB y CA) presentaron puntuaciones en un rango de 5,2 a 7,5 (Cuadro 5.7).

Cuadro 5.7. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre el pardeamiento evaluado sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=12).

Nivel		Pardeamiento	
		Día 1	Día 4
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	5,4	6,2
	Baja	4,4	6,3
	Perf	5,9	9,3
Antipardeante (ANTIP)	Con	1,2	8,4
	Sin	9,3	6,1
PERM x ANTIP	Alta x Con	0,4 c	5,6 b
	Alta x Sin	10,4 a	6,7 b
	Baja x Con	0,8 bc	7,4 b
	Baja x Sin	8,0 a	5,1 b
	Perf x Con	2,4 b	12,2 a
	Perf x Sin	9,5 a	6,5 b
Nivel de Significancia	PERM	**	***
	ANTIP	***	***
	AM x ANTIP	**	***

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

El uso de agentes antipardeantes fue efectivo en el día 1; sin embargo luego de 4 días estos se agotaron provocando un mayor pardeamiento por acción de las o-quinonas sobre los aductos de cisteína, explicado en el Capítulo IV (Sección 4.3.4). No obstante se ha reportado que el uso de N-acetilcisteína y glutatión, compuestos que contienen tiol, en dosis de $7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ previenen el pardeamiento enzimático en cascos de pera 'Flor de Invierno' almacenados en aire a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ por 28 días (Oms-Oliu *et al.*, 2006). Oms-Oliu *et al.* (2008) reportaron resultados similares en cascos de la misma variedad de pera

inmersos en N-acetilcisteína ($7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y glutatión ($7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) almacenados por 14 días a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ en envases de permeabilidades de $1024,27 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ y $467 \text{ mL CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ comparados a los no tratados con antipardeantes. El envasado en bolsa perforada con antipardeante (CP) presentó el mayor pardeamiento comparado a los demás cascos en el día 4, probablemente debido a la disponibilidad de O_2 dentro del envase para llevar a cabo las reacciones de pardeamiento, lo anterior tiene relación con lo reportado por Oms-Oliu *et al.*, (2008), obteniendo el menor pardeamiento en los cascos de pera 'Flor de Invierno' envasados en condiciones de $2,5 \text{ \% O}_2 + 7 \text{ \% CO}_2$ (LOA) y atmósfera modificada pasiva (PA) respecto a los envasados en 70 \% O_2 (HOA) todas balanceadas con N_2 a $4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, en envases de permeabilidades de $1024,27 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ y $467 \text{ mL CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$. El uso del EAM activa fue beneficioso hasta el día 4 de almacenaje.

Firmeza: tras un día, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor, el rango de las puntuaciones estuvo entre 10,0 y 12,1 puntos. Tras 4 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores pero sí para los factores de permeabilidad y antipardeante. Los cascos en A, B y P presentaron los valores de 10,5; 9,9 y 7,7 puntos respectivamente. El mecanismo por el cual la composición gaseosa reduce el ablandamiento se debe por una reducción en la tasa respiratoria, producción de etileno y degradación de la pared celular (Hertog *et al.*, 2001). Los cascos con antipardeante (C) presentaron un valor de 8,5 y los sin (S) un valor de 10,2 puntos (Apéndice, Cuadro 5.10). Estos resultados coinciden con los de firmeza instrumental, en el cual al inicio no se detectaron diferencias y al término el uso de antipardeantes provocó un ablandamiento (Sección 5.3.6).

Contrario a lo observado, Oms-Oliu *et al.* (2008) reportaron no percibir el ablandamiento de los cascos de pera 'Flor de Invierno' con N-acetil-cisteína ($7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y glutatión ($7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) con respecto a los que no los poseían, además señalan que durante el transcurso del almacenamiento por 14 días a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ tampoco se percibió un ablandamiento de los cascos. Asimismo, Pérez-Cabrera *et al.* (2011) reportaron no percibir diferencias en el ablandamiento de los cascos de pera 'Blanquilla' envasados en bolsas de $76 \text{ }\mu\text{m}$ de grosor con permeabilidades al O_2 y CO_2 de 6.000 a 7.000 y de 2.000 a 3.000 $\text{mL}\cdot\text{m}^{-2}$

día⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C respectivamente, tratados con 4-hexylresorcinol, citrato, ascorbato o EDTA.

Sabor extraño: tras 1 día, sólo se observaron diferencias significativas para el factor antipardeante. Los cascos con antipardeante (C) presentaron el valor de 4,4 y los sin (S) de 2,4 puntos. Tras 4 días, no se observaron diferencias significativas para la interacción de los factores y para cada factor, el rango de las puntuaciones estuvo entre 0,6 y 2,2 puntos. (Apéndice, Cuadro 5.11).

La presencia de un sabor extraño puede deberse a la presencia de L-cisteína (2 g·L⁻¹), de acuerdo a lo explicado en el Capítulo II (Sección 2.3.6) los compuestos amino sulfurados pueden aportar sabores y olores extraños durante el almacenamiento de fruta MPF. Además se ha reportado que la presencia de otros agentes antipardeantes pueden tener efectos sobre el sabor de la fruta MPF, así Dong *et al.* (2000) reportaron que los cascos de pera Bartlett y Anjou con 4-hexilresorcinol (0,5 a 1 g·L⁻¹) presentaron un sabor distinto de aquellas sin antipardeantes.

Independiente de los cascos degustados se indicó una falta de sabor típico en ambos días (datos no mostrados), se señaló en la sección de comentarios una pera sin gusto o insípida. Se ha reportado en cubos de manzana que la falta de sabor está asociado principalmente a la disminución en el contenido de fructosa; confirmando lo señalado en la Sección 5.3.7 (parámetro SS) y 5.3.1 (caracterización de fruta entera). Así mismo, se ha reportado en cascos de pera 'Blanquilla' que las puntuaciones de sabor disminuyeron de forma importante durante el almacenamiento por 14 días a 4 °C (Oms-Oliu *et al.*, 2008) probablemente debido a la respiración de los azúcares.

5.3.9- Actividad de polifenol oxidasa (PPO)

Se observó una tendencia al aumento. Tras 1 día, los cascos sin antipardeante (S) tuvieron actividades cercanas al doble de los con antipardeante (C) y tras 6 días las actividades aumentaron a valores de 2,0 a 3,4 U·mg⁻¹·prot⁻¹ (Cuadro 5.8). Tras 1 día, sólo se observaron diferencias significativas para el factor antipardeante. Los cascos C

presentaron el valor de $1,0 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$ y los cascos S el valor de $1,8 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$. Tras 6 días, para la interacción de los factores se observaron diferencias significativas, los cascos CP y CA presentaron los valores de $3,4$ y $3,2 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$ respectivamente, por el contrario los cascos CB presentaron el valor de $2,0 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$; los demás cascos SB, SP y SA presentaron los valores de $2,5 \text{ U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$ (Cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la actividad de las PPO, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Los valores son media ($n=3$).

		$\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{prot}^{-1}$	
Nivel		Día 1	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	1,2	2,9
	Baja	1,1	2,6
	Perf	1,2	3,0
Antipardeante (ANTIP)	Con	1,0 b	2,6
	Sin	1,8 a	2,7
PERM x ANTIP	Alta x Con	1,0	3,2 a
	Alta x Sin	2,0	2,5 ab
	Baja x Con	1,0	2,0 b
	Baja x Sin	1,7	2,5 ab
	Perf x Con	1,2	3,4 a
	Perf x Sin	1,8	2,5 ab
Nivel de Significancia	PERM	NS	**
	ANTIP	*	NS
	PERM x ANTIP	NS	**

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

De acuerdo a los resultados, el uso ACi ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) + CIS ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) tuvo una inhibición sobre la actividad de las PPO al inicio del almacenaje. Oms-Oliu *et al.* (2006) reportaron en cascos de pera 'Flor de Invierno' envasados en aire a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ por 28 días, inmersos en agentes antipardeantes en concentraciones de 0 a $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de AA, N-acetil-cisteína y glutatión, y de 0 a $20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de 4-hexylresorcinol, que la actividad de las PPO disminuyó a medida que se aumentaban las concentraciones de AA y que los cascos con N-acetil-cisteína, glutatión o 4-hexilresorcinol inhibieron completamente la actividad

de las PPO desde el inicio. El efecto de los agentes antipardecantes sobre la inhibición de las PPO fue discutido en la Sección 2.3.7 (Capítulo II). Tras 6 días los cascos EAM activa obtuvieron una menor actividad de las PPO, esto debido a la menor y mayor concentración de O_2 y CO_2 dentro del envase (Sección 5.3.4) respectivamente. Lo anterior tiene relación con lo reportado por Soliva-Fortuny *et al.* (2001) en cubos de manzana 'Golden Delicious' inmersos en $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de AA y $5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloruro de calcio envasados en bolsas de una permeabilidad al O_2 baja ($1476 \text{ mL}\cdot\text{m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$, 0 % HR) y alta ($2952 \text{ mL}\cdot\text{m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$, 0 % HR) bajo distintas condiciones de atmósfera (100 % N_2 o 2,5 % de O_2 + 7 % CO_2 , balance N_2) en donde la mayor reducción de la actividad de las PPO se produjo en los cascos en presencia de un 7 % CO_2 en la atmósfera inicial del envase. Tras 6 días la concentración gaseosa de CO_2 en los envases de $3.000\text{-}6.000 \text{ mL } O_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ (B) fue de un 5,5 % y de O_2 de un 2,7 %.

5.3.10- Contenido fenólico

La tendencia de los cascos fue a la disminución o a mantenerse estables. El uso de agentes antipardecantes provocó un aumento del contenido fenólico en un rango de 4,5 a $7,3 \text{ mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{p}\cdot\text{f}^{-1}$ respecto al de pera fresca de $4,0 \text{ mg EAG g}^{-1} \text{ p}\cdot\text{f}^{-1}$. El mínimo proceso en los cascos sin antipardecantes provocó una disminución en un rango de 3,0 a $3,2 \text{ mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{p}\cdot\text{f}^{-1}$ (Cuadro 5.10). Tras 1 y 6 días sólo se observaron diferencias significativas para el factor antipardecante. En el día 1 los cascos con antipardecante presentaron un valor de $5,8 \text{ mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{p}\cdot\text{f}^{-1}$ y los sin antipardecante un valor de $3,1 \text{ mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{p}\cdot\text{f}^{-1}$. En el día 6, los cascos con antipardecantes presentaron el valor de $5,1 \text{ mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{p}\cdot\text{f}^{-1}$ y los sin de $2,7 \text{ mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{p}\cdot\text{f}^{-1}$ (Apéndice, Cuadro 5.12).

Los resultados observados están en correspondencia con lo reportado por Oms-Oliu *et al.* (2008) quienes indican que cascos de pera 'Flor de Invierno' inmersos en $7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-acetil-cisteína y $7,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de glutatión envasados en bolsas con una permeabilidad al O_2 y CO_2 de $1024,27 \text{ mL } O_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ y $467 \text{ mL } CO_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ y 0 % de HR respectivamente, almacenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ por 14 días, presentaron

significativamente un mayor contenido fenólico que los cascos sin antipardeantes. Los mismos autores adjudican este aumento a los compuestos que contienen tiol, como lo son la cisteína y glutatión. A pesar de que no se observaron diferencias para el tipo de envasado, los cascos EAM activa presentaron mayores valores promedios en ambos días evaluados (4,0 a 5,2 mg EAG·g⁻¹·p.f⁻¹) con respecto a los de bolsa perforada (3,6 a 3,8 mg EAG·g⁻¹·p.f⁻¹).

5.3.11- Capacidad antioxidante

Los resultados registrados coinciden con los obtenidos en contenido fenólico. Los cascos con antipardeante presentaron una mayor capacidad antioxidante comparados a los sin antipardeante. La tendencia de los cascos fue a la disminución y tras 6 días los cascos EAM activa en una película plástica de 3.000-6.000 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C (B) presentaron una mayor capacidad antioxidante. Tras 1 día, para la interacción de los factores se observaron diferencias significativas. Los cascos CA (1,6 mg TROLOX g⁻¹ p.f⁻¹) tuvieron la mayor capacidad antioxidante, seguidos de los cascos CP y CB (1,3-1,4 mg TROLOX g⁻¹ p.f⁻¹ respectivamente), luego de los cascos SB (0,8 mg TROLOX g⁻¹ p.f⁻¹) y de los cascos SP y SA ambos con valores de 0,5 mg TROLOX·g⁻¹·p.f⁻¹. Tras 6 días, sólo se observaron diferencias significativas para el factor antipardeante. Los cascos con antipardeante presentaron un valor de 0,8 mg TROLOX·g⁻¹·p.f⁻¹ y los cascos sin de 0,4 mg TROLOX·g⁻¹·p.f⁻¹. (Apéndice, Cuadro 5.13).

De acuerdo a los resultados de contenido fenólico y de capacidad antioxidante el EAM activa no previene el descenso de los fenoles totales y de la capacidad antioxidante tras 6 días de almacenaje. No obstante mantienen valores mayores que el envasado en aire. Por otro lado los agentes antipardeantes las aumentan. De acuerdo a lo anterior, Oms-Oliu *et al.* (2008) reportaron en cascos de pera 'Flor de Invierno' almacenados a 4 °C por 14 días en envases de una permeabilidad al O₂ de 1024,27 mL O₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ y al CO₂ de 2467 mL CO₂·m⁻²·d⁻¹·atm⁻¹ a 23 °C y 0 % de HR, que la incorporación de antipardeantes como la N-acetil-cisteína (7,5 g·L⁻¹) o glutatión (7,5 g·L⁻¹) tienen una mayor contribución a la actividad captadora de radicales libres, ayudando a mantener

una mejor capacidad antioxidante comparado a los cascos sin antipardeante. Mery, (2011) reportó un comportamiento similar en cascos de peras PT envasados en AM pasiva en bolsas de una permeabilidad de $3.000 \text{ mL O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ y de $9.800 \text{ mL CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ usando como agentes antipardeantes L-cisteína ($5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) y ácido cítrico ($5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$). Cocci *et al.* (2006) ratifican lo observado en este estudio y reportado por Oms-Oliu *et al.* (2008) y Mery (2011), señalando que la aplicación de compuestos antioxidantes y antipardeantes como EDTA, CIS y ACi podrían enriquecer a los tejidos con sustancias antioxidantes y por tanto contribuir a aumentar la actividad antioxidante.

5.3.12- Calidad microbiológica

Recuento de aerobios mesófilos (RAM): se puede observar un incremento en la población desde recuentos iniciales de <1 a valores de <1 a $2,5 \log \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ después 6 días (Cuadro 5.12). La Legislación Chilena para el recuento de RAM en frutas y otros vegetales comestibles pre-elaborados listos para el consumo permite un límite de $5,69 \log \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$, este límite no fue superado. Los resultados observados están en correspondencia con lo reportado en cubos de manzana 'Golden Delicious' tratados con $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ AA} + 5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CaCl}_2$, colocados en bolsas de diferentes permeabilidades al O_2 , llenadas con N_2 o una mezcla de $2,5 \% \text{ O}_2 + 7 \% \text{ CO}_2$, siendo los recuentos de RAM en un inicio de aproximadamente $2 \log \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$; presentándose un incremento sin afectar la composición atmosférica durante 60 días (Soliva-Fortuny *et al.*, 2004). Se ha reportado que bajos contenidos de O_2 en la atmósfera de envasado pueden reducir el crecimiento de los microorganismos, especialmente de los aerobios (Martín-Belloso *et al.*, 2007). Oms-Oliu *et al.* (2008) reportaron en cascos de peras 'Flor de Invierno' envasados en condionces de $2,5 \% \text{ O}_2 + 7 \% \text{ CO}_2$ (LOA) y $70 \% \text{ O}_2$, ambos balanceados con N_2 (HOA) en envases de permeabilidades $1024,27 \text{ mL O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ y $2467 \text{ mL CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ y 0% de HR, que estos redujeron significativamente el crecimiento de los microorganismos en comparación a los envasados en atmósfera pasiva. Estos mismos autores señalan que la estabilidad microbiológica durante el almacenaje queda asegurada bajo un envasado en HOA; sin

embargo su vida útil no, debido a la aparición de pardeamiento en las zonas cortadas y malos olores después de 14 días a 4 °C.

Recuento de psicrófilos: el recuento inicial tuvo valores de $<1,0$ a $1,3 \log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$. Tras 6 días, hubo un incremento presentándose recuentos de $1,2$ a $2,5 \log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$. Los mayores recuentos fueron en los cascos en aire (P) en promedio $2,4 \log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$ y los más bajos en los cascos EAM activa de permeabilidad $3.000\text{-}6.000 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ a 23 °C (B) de valor promedio $1,6 \log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$ (Cuadro, 5.12). El efecto beneficioso de una elevada concentración de CO_2 en el uso de EAM, se podría atribuir a sus efectos fungicidas y bactericidas, que controlarían muchos de los microorganismos que pueden crecer a temperaturas de refrigeración (Soliva-Fortuny *et al.*, 2004), siendo la concentración de CO_2 en el EAM activa B de un $5,5 \%$ al sexto día (Sección 5.3.4).

Recuentos de hongos y levaduras: tras 1 día, se presentaron recuentos <1 , tras 6 días sólo los cascos en aire (P) con antipardeante (CP) presentaron recuentos ($1,3 \log \text{ufc g}^{-1}$) (Cuadro, 5.12).

Recuento de enterobacterias: en un inicio los cascos EAM activa de permeabilidad $3.000\text{-}6.000 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ a 23 °C (B) presentaron recuentos <1 , en cambio los cascos envasados en aire (P) y EAM activa de permeabilidad $6.000\text{-}8.000 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ a 23 °C (A) presentaron recuentos similares de $2,1$ a $2,7 \log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$. Tras 4 días los cascos con antipardeante envasados en bolsas de baja permeabilidad (CB) presentaron recuentos <1 , los demás cascos presentaron recuentos de $2,4$ a $3,2 \log \text{ufc g}^{-1}$ (Cuadro, 5.12). Los recuentos finales no superaron el límite de la legislación chilena de un máximo de $4,69 \log \text{ufc g}^{-1}$. Las propiedades antimicrobianas de concentraciones altas de CO_2 y de agentes antipardeantes, se deberían a la disminución del pH del medio modificando la permeabilidad de la membrana (Mastromatteo *et al.*, 2009; Rico *et al.*, 2009) o al formar polímeros coloreados que constituyen una defensa en contra de la penetración de los microorganismos (Cheftel y Cheftel, 1980). Lo anterior explica los recuentos bajos en el EAM activa de de permeabilidad $3.000\text{-}6.000 \text{ mL O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$ a 23 °C (B) y los altos en bolsas con aire (P).

Cuadro 5.12. Recuento de microorganismos en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ tratados con agentes antipardeantes y atmósferas modificadas activas, almacenados a 5 °C por 6 días.

Tratamiento	Bacterias aerobias mesófilas log UFC·g ⁻¹		Bacterias psicrófilas log UFC·g ⁻¹		Enterobacterias log UFC·g ⁻¹		Levaduras y hongos log UFC·g ⁻¹	
	Días		Días		Días		Días	
	1	6	1	6	1	6	1	6
SP	<1	2	<1	2,5	2,4	2,5	<1	<1
SB	<1	2	1,2	2	<1	2,4	<1	<1
SA	<1	3	<1	2,3	2,7	2,9	<1	<1
CP	<1	2	1,3	2,2	2,7	3,2	<1	1,3
CB	<1	2	<1	1,2	<1	<1	<1	<1
CA	<1	<1	<1	1,6	2,1	2,4	<1	<1

S: agua potable y C: AC + AA + CIS . P: Perforada, B: baja permeabilidad y A: alta permeabilidad. Los valores son las medias (n=3).

Conclusiones

El uso de un envasado en atmósfera modificada activa en películas de una permeabilidad de $3.000-6.000 \text{ mL O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ es lo más apropiado para favorecer una concentración gaseosa al interior del envase para los cascos de pera 'Packham's Triumph' almacenados a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

El envasado en atmósfera modificada activa con antipardeantes inhibe el pardeamiento enzimático medido a través de la luminosidad y tono de los cascos de pera 'Packham's Triumph' hasta el día 4 de almacenamiento a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

El uso de agentes antipardeantes produce al sexto día de almacenaje a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ un ablandamiento de los cascos de pera.

Los parámetros químicos de acidez titulable y pH no son afectados por los agentes antipardeantes y atmósferas modificadas activas. Sin embargo, los cascos envasados en películas plásticas de una permeabilidad de $3.000-6.000 \text{ mL O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ y con agentes antipardeantes reducen sus sólidos solubles.

La calidad sensorial es evaluada positivamente en el envasado de atmósfera modificada activa y los antipardeantes favorecen en un inicio la calidad, pero tras 4 días la afectan negativamente.

En un inicio los antipardeantes inhiben la actividad de las PPO y el envasado en atmósfera modificada activa en una película de una permeabilidad de $3.000-6.000 \text{ mL O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ las inhibe después de 6 días de almacenaje a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

El uso de agentes antipardeantes produce un aumento del contenido fenólico y capacidad antioxidante en los cascos de pera. Éstos no presentan problemas de recuentos de microorganismos hasta el sexto día de almacenamiento a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anónimo. 2008. Etileno ácido abscísico. Biosíntesis de etileno y su regulación. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/56268307/ABAETILENO-2008>. Leído el 2 de agosto de 2011.

Ackermann, J; M. Fischer and R. Amado. 1992. Changes in sugars, acids and amino acids during ripening and storage of apples (cv. Glockenapfel). *Journal Agriculture Food and Chemistry* 40: 1131-1134.

Adams, D.O. and S.F. Yang. 1979. Ethylene Biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proceedings of Natural Academy of Science USA* 76: 170-174.

Arias E.; J. González; P. López-Buesa y R. Oria. 2005. Optimización del proceso de obtención de pera en IV gama. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/65/944/65944.pdf>. Leído el 28 de junio de 2011.

Arias A.E. 2007. Pera en cuarta gama: diseño del proceso y estudio de los mecanismos de control del pardeamiento enzimático. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. 181p.

Artés, F.; M. Castañer and M.I. Gil. 1998. Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. *Food Science and Technology International* 4(6): 377-389.

Artés, F., F. Artés-Hernández, J.A. Tudela y Villaescusa. 2000. Conservación de uva de mesa tardía en atmósfera modificada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 2: 189-193.

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

Artés, F., P. Gómez and F. Artés-Hernández. 2007. Physical, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. *Food Science and Technology* 13: 177-188.

Artés-Hernandez F.; E. Aguayo; P Gómez y F. Artés. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama. *Horticultural Science* 69: 52-57.

Arpaia, M.L. 1980. Fisiología de postcosecha de la palta. Chile. Disponible en: http://www.avocadosource.com/Journals/CIVDMCHILE_1990/CIVDMCHILE_1990_PG_16.pdf. Leído el 17 de agosto de 2011.

Alandes, L.; A. Quiles; I. Pérez-Munuera and I. Hernando. 2011. Fresh-cut Apple treated with natural additives: quality and structural aspects. *Journal of Food* 9(1): 17-24.

Aguayo, E.; C. Requejo-Jackman; 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.

Benedetti, F.F.; P. Gómez; M. Martins; 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.

Beaulieu, J.C. and C.C. Grimm. 2001. Identification of volatile compounds in cantaloupe at various developmental stages using solid phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 1345-1352.

Beaulieu, J.C. and J.R. Gorny. 2001. Fresh-cut fruits. Disponible en: http://www.agrichill.us/handbook/fresh_cut_fruits.pdf. Leído el 15 de diciembre 2010.

Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30 (1): 18-22.

Bruhn, C. 2007. Aspectos de calidad y seguridad alimentaria de interés para el consumidor. Traducido por Pelayo-Zaldivar, C. pp 37-44. In: Kader, A.A. (Ed.). Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Tercera edición. Universidad de California. Centro de Información e Investigación en Tecnología Postcosecha. California, Estados Unidos. 580p.

Buta, J.G, H.E. Moline, D.W. Spaulding and C.Y. Wang. Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. 1999. Journal of agricultural and food chemistry. 47 (1): 1-6.

Casado, J. 2004. Aproximación cinética, molecular y proteómica al estudio de podredumbre apical en frutos de tomate ("Lycopersicum esculentum" M.). Implicación de polifenol oxidasa (PPO) y enzimas antioxidantes. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. 231p.

Cantwell M. y T. V. Suslow. 2007. Sistemas de manejo post-cosecha: frutas y hortalizas precortadas (Mínimamente Procesadas). Traducido por Corrales- García y Cantwell. pp 497-518. In: Kader, A.A. (Ed.). Tecnología Postcosecha de cultivos Hortofrutícolas. Tercera edición. Universidad de California. Centro de Información e Investigación en Tecnología Postcosecha. California, EE.UU. 580p.

Chen J., Z. Wang, J. Wu, Q. Wang and X. Hu. 2007. Chemical compositional characterization of eight pear cultivars grown in China. Food Chemistry 104: 268-275.

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

CHILEANFRESHFRUIT. 2011. Fruit pears. Disponible en: http://www.chileanfreshfruit.com/newchileanfreshfruit/especie.asp?id_especie=91&ID_DIOMA=1. Leído el 11 de junio de 2011.

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

Dea, S.; J. K. Brecht; M. C. N. Nunes and E. A. 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. 20-21.

Dong, X.; R.E. Wrolstad and D. Sugar. 2000. Extending shelf life of fresh-cut pears. *Journal of Food Science* 65 (1): 181-186.

Dorantes-Álvarez L. and C. Chiralt. 2000. Color of minimally processed fruits and vegetables as affected by some chemical and biochemical changes. In: Alzamora S.T.; M.S. Tapia; A. López-Malo. *Minimally processed fruits and vegetables*. Aspen. Maryland, EE.UU. 111-126.

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 and F. Artés. 2006. 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.

FCE. 2011. What is the difference between controlled atmosphere and modified atmosphere? Italia. Disponible en: <http://www.fruitcontrol.it/en/faq/>. Leído el 10 de julio de 2011.

FIA. 2005. Boletín trimestral de hortalizas. Santiago, Chile. 2 p. Disponible en: <http://www.fia.gob.cl/difus/boletin/bhorta/bhenero2005.pdf>. Leído el 11 de junio de 2011.

Fonseca, S.C., F.A.R. Oliveira and J.K. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering* 52: 99-119.

García-Iglesias E.; L. Gago-Cabezas y J.L. Fernández-Nuevo. 2006. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. España. Disponible en: http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_d_e_envasado_en_atmosfera_protectora.pdf. Leído el 10 de julio de 2011.

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

Gomes, M.H., R.M. Beaudry, D.P.F. Almeida and F.X. Malcata. 2010. Modelling respiration of packaged fresh-cut "Rocha" pear as affected by oxygen concentration and temperature. *Journal of Food Engineering* 96: 74-79.

Gorny J.R.; M.I. Gil and A.A. Kader. 1998. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh cut pears. *Acta Horticulturae* 96: 231-236.

Gorny J.R.; B. Hess-Pierce and A.A. Kader. 1999. Quality changes in fresh-cut Peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments. *Journal of Food Science* 64 (3): 429-432.

Gorny, J.R.; R.A. Cifuentes; B. Hess-Pierce and A.A. Kader. 2000. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size and storage regime. *Journal of Food Science* 65 (3): 541-544.

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

Gorny J.R. 2003. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. *Acta Horticulturae* 600: 609-614.

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

Hertog, M.L.A.T.M.; S.E. Nicholson and N.H. Banks. 2001. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in 'Braeburn' apples. *Postharvest Biology and Technology* 23: 175-184.

Hu, W.Z.; K. Pang; A.L. Jiang and M.X. Tian. 2007. Changes in ethylene production, respiration and polyphenol oxidase of fresh cut apple. *Acta Horticulturae* 746: 369-374.

Jeong, H.L.; W. J. Jin; D. M. Kwang and J.P. Kee. 2008. Effect of antibrowning agents on polyphenoloxidase activity and total phenolics as related to browning of fresh-cut 'Fuji' apple. *Journal of Food Science* 15 (1): 79-97.

Kader, A.A. 1995. Regulation of fruit physiology by controlled / modified atmosphere. *Acta Horticulturae* 395: 59-70.

Kader, A.A. 2002. Postharvest biology and technology: An Overview. In: Kader A.A. (Ed). *Postharvest technology of horticultural crops*. pp 43-53. Third edition. Ed. University of California. Davis, EE.UU. 535.

Kader, A.A. 2002. Modified atmospheres during transport and storage. pp 157-168. In: Kader A.A. (Ed). *Postharvest technology of horticultural crops*. Third edition. Ed. University of California. California, EE.UU. 535.

Kader. 2010. Ripening and conditioning fruits for fresh cut. EE.UU. UCDavis. Disponible en:

http://www.evolutions.com/postharvest/uwilectures/davis_freshcut/FruitConditioning.pdf.

Leído el 17 de agosto de 2011.

Karakurt, Y. and D.J. Huber. 2003. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperatures storage of intact and fresh cut papaya (*Carica Papaya*) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 28: 219-229.

Kim, D.M.; N.L. Smith and C.Y. Lee. 1993. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *Journal of Food Science* 58: 1115-1117.

Lakakul, R.; R.M. beaudry and R.J. Hernández. 1999. Modeling respiration of apple slices in modified-atmosphere packages. *Journal of Food Science* 64 (1): 105-110.

López-Gálvez, G. y M. Cantwell. 1996. Los productos de cuarta gama en Estados Unidos. *Horticultura* 117: 33-38.

Martín-Belloso, O.; R. Soliva-Fortuny y G. Oms-Oliu. 2007. Avances en la mejora de la calidad comercial de los frutos frescos cortados: aspectos físico-químicos y microbiológicos. V congreso iberoamericano de tecnología de postcosecha y agroexportacione.862-868.

Martín-Belloso, O. and G. Oms-Oliu. 2005. Efecto de la atmósfera modificada en las características físico químicas y nutricionales de la fruta fresca cortada. Simposium “nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados”. La Habana, Cuba, marzo 2005. 47-58.

Martín-Belloso, O., R. Soliva-Fortuny, G. Oms-Oliu. 2006. Fresh-cut fruits. pp 129-144. In: Hui, Y.H. (Ed.), *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. Blackwell Publishing, Iowa. 679p.

MADR. 2000. Cultivo uchuva. Colombia. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Cultivo%20de%20uchuva.pdf. Leído el 10 de agosto 2011.

Mastromatteo, M.; A. Conte and M.A. Del Nobile. 2009. Preservation of fresh cut produce using natural compounds. *Stewart Postharvest Review* 4 (4): 1-7.

Mery-K, L; A. Machuca; A. Hinojosa; M.I. Gil y V.H. Escalona. 2010. Efecto de agentes antipardeantes sobre la calidad de cascos de pera 'Packham's Triumph'. 12° Congreso de la Sociedad Uruguaya de Hortifruticultura 20-23 de octubre, 2010.

Mery, L. E. 2011. Evaluación de distintas técnicas de postcosecha para prolongar la vida útil de peras mínimamente procesadas. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo y al grado de magíster en ciencias agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 213 p.

Miyawaki M. 2006. Control of Polyphenol oxidase and pectin methylesterase activities by ultra-high pressure. Tesis Doctor of Philosophy. Washington State University. Department of Food Science and Human Nutrition. Washington, EE.UU. 213 p.

Morales, V.I.A. 2002. Control de pardeamiento enzimático. EE. UU. Disponible en: http://aromateca.com/main/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=80. Leído el 9 de julio de 2011.

Mora, O.F.; J.R. Tobar Reyes; R. Quijano Ruíz y A. González Huerta. 2008. Caracterización preliminar de frutos de granada China (*Pasiflora Ligularis* Juss.) en Hueyapan y Teziutlán, Puebla. *Ciencia Ergo Sum*. 15 (001): 54-60.

Moggia, C., M. Pereira, J.A. Yuri y M.A. Moya. 2003. Evolución de madurez en pre y poscosecha y potencialidad de almacenaje de peras Packham's Triumph. *Agricultura Técnica (Chile)* 65(3):246-257.

Moggia, C.; M. Pereira y Yuri. 2005. Evolución de madurez en pre y postcosecha y potencialidad de almacenaje de peras Packham's Triumph. Agricultura Técnica. Julio-Septiembre. 65(3): 246-257.

Montero – Calderón, M.; M.A. Rojas – Graû; R. Soliva-Fortuney y O. Martín-Belloso. 2009. Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas. Horticultura International 69: 48-51.

ODEPA. 2007. Producción estimada y superficie plantada de huertos frutales, superficie de frutales por región. Disponible en: <http://www.odepa.cl/menu/MacroRubros.action;jsessionid=1F5B00EFFD8B3AFC1A774647FD4AB2B8?rubro=agricola&reporte=>. Leído el 14 de agosto 2010.

ODEPA. 2010. Boletín frutícola. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servicios-informacion/Boletines/BFruticola0411.pdf>. Leído el 18 de junio 2011.

ODEPA. 2011. Boletín frutícola. Disponible en: <http://www.odepa.cl/servlet/articulos.ServletGrabaDescargaTrx;jsessionid=DDD5F9656BD2F61BA9A1B8E6AF3717B8?url=/odepaweb/servicios-informacion/Boletines/BFruticola0811.pdf>. Leído el 13 de octubre 2011.

Oms-Oliu, G.; I. Aguiló-Aguayo and M. Martín-Belloso. 2006. Inhibition of Browning on Fresh-cut Pear Wedges by Natural Compounds. Journal of Food Science 71 (3):216-224.

Oms-Oliu, G. 2008. Alternativas de envasado de pera y melón frescos cortados en atmósfera modificada. Departamento de tecnología de alimentos. Universidad de Lleida. 354 p.

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

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

Oms-Oliu, G.; I. Aguiló-Aguayo; R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2009. Effect of ripeness at processing on fresh-cut 'Flor de Invierno' pears packaged under modified atmosphere conditions. *International Journal of Food Science and Technology* 44 (5): 900-909.

Oms-Oliu G., M.A. Rojas-Grau, L. Alandes Gonzalez, P. Varela, R. Soliva-fortuny, M.I. Hernando, I. Pérez Munuera, S. Fiszman and O. Martín Belloso. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology* 57: 139-148.

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

Pérez L.E. 2003. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad BLANQUILLA) mínimamente procesada. Tesis doctoral. Departamento de tecnología de alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. 256 p.

Pérez-Gago M. B. ; M. Serra and M. A. Del Río. 2006. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39: 84-92.

Pérez-Cabrera, L.; M. Chafer; A. Chiralt; C. González-Martínez. 2011. Effectiveness of antibrowning agents applied by vacuum impregnation on minimally processed pear. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643811001320>. Leído el 10 de junio de 2010.

Qi, L; T. Wu and A.E. Watada. 1999. Quality changes of fresh-cut Honeydew melons during controlled atmosphere storage. *Journal of Food Quality* 22: 513-521.

Quevedo R., O. Díaz, A. Caqueo, B. Ronceros and J.M. Aguilera. 2009. Quantification of enzymatic browning kinetics in pears slices using non-homogenous L* color information from digital images. *LWT-Food Science and Technology* 42: 1367-1373.

Rattanapanone, N.; Y. Lee; T. Wu and A.E. Watada. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. *Hortscience* 36 (6): 1091-1095.

Razeto, B. 2006. La fruta después de la cosecha. pp 327 - 338. In: Bruno Razeto (Ed). *Para entender la fruticultura*. Cuarta edición. Ed. Salesianos S.A. Santiago, Chile. 518.

Richard-Forget, F.C.; P.M. Goupy and J.J. Nicolas. 1992. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. Kinetic Studies. *Journal of Agriculture Food and Chemistry* 40 (11): 2108-2113.

Richardson, D., and E. Kupferman. 1997. Controlled atmosphere storage of pears. *Postharvest Horticulture Series* 16 (2): 31-35.

Rico, D.; A.B. Martín-Diana; 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.

Rivas. N.J., J.R. Whitaker. 1973. Purification and some properties of two polyphenol oxidases from Barlett pear. *Plant Physiology* 52:501-507.

Rosen, J.C. and A.A. Kader. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *Journal of Food Science* 54 (3): 656-659.

Rocha, A.M.C.N and A.M.M.B. Morais. 2000. Effect of controlled atmosphere on quality of minimally processed apple (cv. Jonagored). *Journal of Food Processing Preservation* 24: 435-451.

Rocha, A.M.C.N. 1998. Influence of chemical treatment on quality of cut apple (cv. Jonagored). *Journal of Food Quality* 21(1): 13-18.

Rocha, A.M.C.N and A.M.M.B. Morais. 2001. Influence of controlled atmosphere storage on polyphenoloxidase activity in relation to colour changes of minimally processed 'Jonagored' apple. *International Journal of Food Science and Technology* 36: 425-432.

Rocha, A.M.C.N and A.M.M.B. Morais. 2003. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. *Food Control* 14: 13-20.

Rojas Graü. 2006. Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: una nueva estrategia de conservación. Tesis Doctoral. Escuela técnica superior de ingeniería agraria. Departamento de tecnología de alimentos. Universidad de Lleida. 76.

Rojas Graü, M.A; A. Sobrino-López; M.S. Tapia and O. Martín-Belloso. 2006. Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' apple slices by natural antibrowning agents. *Journal of Food Science* 71 (1):59-65.

Saavedra, A.G. 2011. Efecto de tratamientos térmicos sobre pera (*Pyrus communis* L.) variedad Packham's triumph mínimamente procesada. Memoria para optar al título de ingeniero agrónomo. Departamento de Agroindustria. Universidad de Chile. 53p.

Saftner, R.A.; J. Bai; 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.

Saftner, R.A.; J.A. Abbot; A.A. Bhagwat and B.T. Vinyard. 2005. Quality measurement of intact and fresh-cut slices of fuji, granny smith, pink lady and goldrush apples. *Journal of Food Science* 70 (5): 317-324.

Sandhya and K. Vigyan Kendra. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology* 43: 381-392.

Salman A., H. Filgueiras, S. Cristescus, F. Lopez-Lauri, F. Harren, H. Sallanon. 2009. Inhibition of wound-induced ethylene does not prevent red discoloration in fresh-cut endive (*Cichorium intybus* L.). *European Food Research and Technology* 228: 651-657.

Sapers G.M. and R.L. Miller. 1998. Browning inhibition in fresh-cut pears. *Journal of Food Science* 63: 343-345.

Sepúlveda, A. 2010. Efecto de inhibidores del pardeamiento enzimático en peras (*pyrus communis* L.) cv. Packham's Triumph mínimamente procesadas. Memoria de título. Facultad de ciencias agronómicas, Universidad de Chile. 76 p.

Sivertsvik M.; J.T. Rosnes and H. Bergslien. 2002. Modified atmosphere packaging. In: Woodhead.. *Minimal processing technologies in the food industry*. Thomas Olsson and Nils Bengtsson. Boca ratón, EE.UU. 61-86.

Silveira, A.C.; Aguayo, E.; Leglise, A. y F. Artés. 2007. Aptitud de tres cultivares de melón tipo "Galia" para su procesado en fresco. V Congreso Iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones. 1182-1192.

Silveira, A. C. 2010. Fisiología y bioquímica de los productos MPF. Uruguay. Disponible en:http://www.fagro.edu.uy/~alimentos/cursos/frutas/Materiales_Disponibles/Unidad%2012_%20MPF_2010.pdf. Leído el 28 de junio de 2011.

Silveira, 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. 380 p.

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

Soliva-Fortuney, R.C.; N. Grigelmo-Miguel; I. Hernando; M. A. Lluch and O. Martín-Belloso. 2002. Effect of minimal processing on the textural and structural properties of fresh-cut pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 1682-1688.

Soliva-Fortuny, R.C.; G. Oms-Oliu and O. Martín-Belloso. 2002. Effects of ripeness stages on the storage atmosphere, color, and textural properties of minimally processed apple slices. *Journal of Food Science* 67 (5):1958-1963.

Soliva-Fortuny, R:C. and O. Martín-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf life of fresh cut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology* 14: 341-353.

Soliva-Fortuny, R.C.; P. Elez-Martínez and O. Martín-Belloso. 2004. Microbiological and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5: 215-224.

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

Sun J.; J. Shi; M. Zhao; S.J. Xue; J. Ren and Y. Jiang. 2008. A comparative analysis of property of lychee polyphenoloxidase using endogenous substrates. 2008. *Food Chemistry* 108: 818-823.

Vilas-Boas, E.V.B and A.A. Kader. 2006. Effect of atmospheric modification, 1-mcp and chemicals on quality of fresh-cut banana. *Postharvest Biology and Technology* 39: 155-166.

Watada A.E.; N.P. Kho and D.A. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9 (2): 115-125.

Walker J.R.L. 1964. The polyphenol oxidase of pear fruit. *Australian Journal of Biology Science* 17: 575-576.

Wiley, R.C. 1994. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: Wiley, R. C. (Ed). *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. pp 1-14. Primera edición. Chapman and Hall. (published) Great Britain. London. 258 p.

Yahia, E. La tecnología de las atmósferas modificadas y controladas. *Horticulturae International* 2: 20-25.

Yang, S.A. and N.E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Plant Physiology* 35:155-189.

Zagory D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 42 (9): 70-77.

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

ANEXO 1

EVALUACIÓN DE CALIDAD PANEL SEMI-ENTRENADO

Nombre:.....Fecha:.....

Instrucciones:

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

Muestra N° ____

Aspecto visual

Apariencia

0

15

Muy mala

Excelente

Pardeamiento

0

15

Sin pardeamiento

Muy pardeado

Aspecto gustativo

Firmeza

0

15

Muy blando

Muy firme

Sabor

0

15

Sin extraño sabor

Sabor extraño intenso

Comentarios: _____

APÉNDICES



L	80,1	77,0	76,2	73,3	66,4
C*	22,3	26,2	26,7	26,2	32,2
H _{ab}	102,0°	94,0°	92,3°	88,0°	81,7°
a*	-4,6	-1,8	-1,0	0,8	4,7

Figura 1. Escala de color para cascos de pera 'Packham's Triumph', usada para identificar valores límites de L, C*, H_{ab} y a*.

1: Corresponde a la ausencia de defectos. Fruta recién cortada. **3:** Corresponde a la presencia de defectos leves. No afecta su aceptabilidad. **5:** Corresponde a los defectos moderados. Límite de la aceptabilidad. **7:** Corresponde a la presencia de defectos graves que no permiten su aceptabilidad. **9:** Corresponde a los defectos severos.

Cuadro 2.1. Efecto de antipardeantes sobre la tasa respiratoria de cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	Tasa respiratoria (mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)				
	Día 0	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	36,2 ± 2,1 ^{NS}	7,0 ± 0,8 b	8,3 ± 0,2 b	6,7 ± 1,3 ^{NS}	10,3 ± 1,3 c
AC + AA + C	26,6 ± 0,9	11,9 ± 0,5 a	9,9 ± 0,2 ab	8,2 ± 1,3	11,1 ± 1,3 bc
AA + C + EDTA	27,9 ± 2,7	12,6 ± 0,3 a	9,6 ± 2,0 ab	9,2 ± 1,5	15,3 ± 1,5 abc
AC + C + EDTA	30,0 ± 3,9	10,0 ± 0,4 ab	9,9 ± 0,4 ab	7,9 ± 0,1	18,0 ± 0,1 a
AC + AA + EDTA	27,2 ± 5,8	9,7 ± 1,0 ab	11,0 ± 0,8 ab	7,1 ± 0,8	16,1 ± 0,8 ab
AC + AA + C + EDTA	23,2 ± 1,4	8,5 ± 0,5 b	13,3 ± 0,3 a	10,0 ± 0,2	12,3 ± 0,2 abc

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC (2 g·L⁻¹); ácido ascórbico: AA (2 g·L⁻¹); cisteína: C (1 g·L⁻¹); ácido etilendiaminotetraacético EDTA (2 g·L⁻¹).

Cuadro 2.2. Efecto de agentes antipardeantes sobre la luminosidad (L) del color de cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	L			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	74,0 ± 0,4 b	71,9 ± 0,7 b	73,9 ± 0,6 ab	73,8 ± 0,3 a
AC + AA + C	78,1 ± 0,2 a	76,2 ± 0,2 a	76,5 ± 0,2 a	75,6 ± 0,6 a
AA + C + EDTA	78,3 ± 0,2 a	75,6 ± 0,9 a	75,4 ± 0,9 a	74,1 ± 0,5 a
AC + C + EDTA	77,3 ± 0,1 a	76,8 ± 0,2 a	76,2 ± 0,2 a	75,0 ± 0,3 a
AC + AA + EDTA	73,4 ± 0,2 b	72,2 ± 0,3 b	72,0 ± 0,6 b	70,8 ± 0,3 b
AC + AA + C + EDTA	77,9 ± 0,2 a	77,4 ± 0,4 a	75,8 ± 0,4 a	75,6 ± 0,2 a

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC (2 g·L⁻¹); ácido ascórbico: AA (2 g·L⁻¹); cisteína: C (1 g·L⁻¹); ácido etilendiaminotetraacético EDTA (2 g·L⁻¹).

Cuadro 2.3. Efecto de antipardeantes sobre la saturación (C^*) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media ($n=3$) \pm EE.

Tratamiento	C^*			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	21,7 \pm 0,5 a	25,7 \pm 0,4 a	23,0 \pm 1,2 a	21,8 \pm 0,4 b
AC + AA + C	15,4 \pm 0,2 b	21,8 \pm 0,5 b	17,7 \pm 0,5 b	18,5 \pm 0,2 c
AA + C + EDTA	16,1 \pm 0,4 b	21,4 \pm 0,2 b	18,4 \pm 0,5 b	19,5 \pm 0,2 c
AC + C + EDTA	17,4 \pm 1,1 b	21,6 \pm 0,2 b	18,3 \pm 0,5 b	18,9 \pm 0,3 c
AC + AA + EDTA	21,8 \pm 0,1 a	27,1 \pm 0,1 a	23,1 \pm 0,4 a	24,4 \pm 0,1 a
AC + AA + C + EDTA	15,5 \pm 0,3 b	22,4 \pm 0,6 b	19,0 \pm 0,4 b	19,0 \pm 0,3 c

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P<0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 2.4. Efecto de antipardeantes sobre el tono (H_{ab}) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media ($n=3$) \pm EE.

Tratamiento	H_{ab} (°)			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	88,4 \pm 0,3 c	96,6 \pm 0,7 c	83,9 \pm 0,7 ^{NS}	86,5 \pm 0,4 ab
AC + AA + C	101,2 \pm 0,2 a	105,5 \pm 0,5 ab	92,2 \pm 0,3	91,2 \pm 0,2 a
AA + C + EDTA	100,7 \pm 0,1 a	103,2 \pm 0,2 b	84,8 \pm 0,8	80,8 \pm 0,2 b
AC + C + EDTA	97,4 \pm 0,5 b	105,0 \pm 0,2 ab	90,2 \pm 0,7	85,4 \pm 0,3 ab
AC + AA + EDTA	89,1 \pm 0,3 c	96,7 \pm 0,1 c	87,0 \pm 0,3	85,6 \pm 0,1 ab
AC + AA + C + EDTA	101,2 \pm 0,2 a	106,4 \pm 0,6 a	87,7 \pm 0,3	82,9 \pm 0,3 b

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P<0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 2.5. Efecto de antipardeantes sobre la firmeza de los cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	Firmeza (kg-f)			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	5,1 ± 0,0 ^{NS}	5,2 ± 0,0 ^{NS}	5,1 ± 0,2 ^{NS}	4,9 ± 0,0 ^{NS}
AC + AA + C	5,2 ± 0,1	5,3 ± 0,1	5,2 ± 0,2	5,1 ± 0,05
AA + C + EDTA	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	4,8 ± 0,15	4,9 ± 0,0
AC + C + EDTA	5,1 ± 0,2	5,0 ± 0,1	4,9 ± 0,11	5,0 ± 0,1
AC + AA + EDTA	5,1 ± 0,0	5,2 ± 0,0	5,3 ± 0,2	5,1 ± 0,0
AC + AA + C + EDTA	5,3 ± 0,1	5,2 ± 0,1	5,1 ± 0,1	5,2 ± 0,1

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 2.6. Efecto de antipardeantes sobre la acidez titulable (AT) de los cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	AT (%)			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	0,22 ± 0,0 ^{NS}	0,22 ± 0,0 ^{NS}	0,21 ± 0,0 ^{NS}	0,20 ± 0,0 ^{NS}
AC + AA + C	0,23 ± 0,0	0,22 ± 0,0	0,22 ± 0,0	0,22 ± 0,0
AA + C + EDTA	0,25 ± 0,0	0,24 ± 0,0	0,23 ± 0,0	0,23 ± 0,0
AC + C + EDTA	0,24 ± 0,0	0,23 ± 0,0	0,24 ± 0,0	0,21 ± 0,0
AC + AA + EDTA	0,23 ± 0,0	0,23 ± 0,0	0,22 ± 0,0	0,22 ± 0,0
AC + AA + C + EDTA	0,25 ± 0,0	0,23 ± 0,0	0,22 ± 0,0	0,22 ± 0,0

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 2.7. Efecto de antipardeantes sobre el pH de los cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	pH			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	3,7 ± 0,0 ^{NS}	3,7 ± 0,0 ^{NS}	3,8 ± 0,2 ^{NS}	3,9 ± 0,0 ^{NS}
AC + AA + C	3,7 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,7 ± 0,0
AA + C + EDTA	3,6 ± 0,0	3,6 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,7 ± 0,0
AC + C + EDTA	3,6 ± 0,0	3,6 ± 0,0	3,6 ± 0,0	3,8 ± 0,0
AC + AA + EDTA	3,6 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,8 ± 0,0	3,8 ± 0,0
AC + AA + C + EDTA	3,6 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,8 ± 0,0	3,7 ± 0,0

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 2.8. Efecto de antipardeantes sobre los sólidos solubles (SS) de los cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	SS (%)			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	13,46 ± 0,0 ^{NS}	13,30 ± 0,3 ^{NS}	14,13 ± 0,4 a	13,66 ± 0,3 a
AC + AA + C	12,26 ± 0,3	12,76 ± 0,2	12,60 ± 0,3 b	13,10 ± 0,2 ab
AA + C + EDTA	12,60 ± 0,1	13,06 ± 0,1	13,06 ± 0,0 ab	12,96 ± 0,2 ab
AC + C + EDTA	13,06 ± 0,7	12,83 ± 0,1	12,73 ± 0,2 b	12,46 ± 0,4 ab
AC + AA + EDTA	13,00 ± 0,3	13,06 ± 0,1	13,26 ± 0,2 ab	13,73 ± 0,0 a
AC + AA + C + EDTA	12,53 ± 0,2	12,83 ± 0,2	13,06 ± 0,0 ab	12,00 ± 0,2 b

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 2.9. Efecto de antipardeantes sobre la apariencia evaluada sensorialmente, en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=12) ± EE.

Tratamiento	Apariencia			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	4,2 ± 0,5 b	3,7 ± 0,5 c	5,2 ± 0,8 b	5,2 ± 0,8 b
AC + AA + C	13,4 ± 0,3 a	12,5 ± 0,3 ab	9,7 ± 1,0 a	11,6 ± 0,4 a
AA + c + EDTA	12,6 ± 0,7 a	12,4 ± 0,7 ab	10,3 ± 1,1 a	9,7 ± 0,9 a
AC + c + EDTA	13,2 ± 0,5 a	11,3 ± 0,5 b	9,5 ± 0,9 a	8,9 ± 0,9 a
AC + AA + EDTA	5,0 ± 0,9 b	3,5 ± 0,9 c	5,1 ± 0,9 b	4,3 ± 0,9 b
AC + AA + C + EDTA	12,3 ± 0,5 a	13,3 ± 0,5 a	10,3 ± 1,1 a	11,9 ± 0,5 a

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 2.10. Efecto de antipardeantes sobre el pardeamiento evaluado sensorialmente, en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=12) ± EE.

Tratamiento	Pardeamiento			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	10,3 ± 0,7 a	11,2 ± 0,6 a	11,2 ± 0,5 a	9,5 ± 1,0 a
AC + AA + C	0,6 ± 0,1 b	2,4 ± 0,6 b	3,0 ± 0,7 b	2,2 ± 0,5 b
AA + c + EDTA	2,6 ± 0,9 b	2,7 ± 0,8 b	2,9 ± 0,6 b	3,2 ± 0,7 b
AC + c + EDTA	1,4 ± 0,3 b	3,3 ± 0,6 b	3,3 ± 0,9 b	4,6 ± 1,0 b
AC + AA + EDTA	10,6 ± 1,0 a	11,5 ± 0,5 a	10,0 ± 0,9 a	10,6 ± 0,8 a
AC + AA + C + EDTA	2,5 ± 0,7 b	2,1 ± 0,9 b	2,3 ± 0,6 b	1,8 ± 0,5 b

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido ascórbico: AA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); cisteína: C ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); ácido etilendiaminotetraacético EDTA ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 2.11. Efecto de antipardeantes sobre la firmeza evaluado sensorialmente, en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=12) ± EE.

Tratamiento	Firmeza			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	10,2 ± 0,8 ^{NS}	10,0 ± 0,9 ^{NS}	11,1 ± 0,7 ^{NS}	9,6 ± 0,6 ^{NS}
AC + AA + C	10,2 ± 1,0	9,2 ± 1,1	10,7 ± 0,9	10,3 ± 0,8
AA + C + EDTA	10,8 ± 0,8	10,1 ± 1,0	9,8 ± 1,1	9,7 ± 0,9
AC + C + EDTA	10,5 ± 0,9	10,3 ± 1,0	10,6 ± 0,5	11,1 ± 1,0
AC + AA + EDTA	11,0 ± 0,8	8,5 ± 1,0	11,5 ± 0,6	10,0 ± 0,9
AC + AA + C + EDTA	10,3 ± 0,8	10,3 ± 1,0	11,0 ± 0,6	11,0 ± 0,8

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC (2 g·L⁻¹); ácido ascórbico: AA (2 g·L⁻¹); cisteína: C (1 g·L⁻¹); ácido etilendiaminotetraacético EDTA (2 g·L⁻¹).

Cuadro 2.12. Efecto de antipardeantes sobre el sabor extraño evaluado sensorialmente, en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=12) ± EE.

Tratamiento	Sabor extraño			
	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
Testigo	3,2 ± 0,6 b	3,0 ± 1,2 ^{NS}	3,6 ± 1,2 ^{NS}	4,8 ± 1,1 ^{NS}
AC + AA + C	8,6 ± 1,0 a	4,9 ± 1,3	2,9 ± 1,1	5,0 ± 1,2
AA + C + EDTA	6,1 ± 1,4 ab	5,9 ± 1,3	4,3 ± 1,2	5,2 ± 1,1
AC + C + EDTA	5,7 ± 1,5 ab	2,3 ± 0,7	3,9 ± 1,2	3,9 ± 1,1
AC + AA + EDTA	7,2 ± 1,3 ab	3,8 ± 1,3	3,0 ± 1,0	6,0 ± 1,5
AC + AA + C + EDTA	6,6 ± 1,3 ab	6,0 ± 1,3	4,5 ± 1,2	4,8 ± 1,0

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos. Ácido cítrico: AC (2 g·L⁻¹); ácido ascórbico: AA (2 g·L⁻¹); cisteína: C (1 g·L⁻¹); ácido etilendiaminotetraacético EDTA (2 g·L⁻¹).

Cuadro 3.1. % de gases, O₂ y CO₂, corroborados desde el panel mezclador en la mañana (AM) y tarde (PM). Siendo los tratamientos % O₂ - % CO₂, balance N₂.

TRATAMIENTO	día 0				día 2			
	AM		PM		AM		PM	
	% O ₂	% CO ₂						
0 - 0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
0 - 10	0,0	11,4	0,0	11,4	0,0	11,2	0,0	11,2
5 - 0	4,7	0,0	6,1	0,0	4,5	0,0	4,7	0,0
5 - 10	5,6	9,7	5,7	9,4	5,5	9,3	5,6	9,8
21 - 0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
21 - 10	18,5	8,9	19	9,5	18,4	9,1	18,9	7,5

TRATAMIENTO	día 3				día 4			
	AM		PM		AM		PM	
	% O ₂	% CO ₂						
0 - 0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
0 - 10	0,0	11,5	0,0	9,0	0,0	10,8	0,0	10,8
5 - 0	4,7	0,0	6,0	0,0	5,7	0,0	5,5	0,0
5 - 10	5,7	9,8	5,7	10,2	5,8	9,5	5,4	9,6
21 - 0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
21 - 10	19,6	8,6	16,5	7,9	18,4	8,7	17,6	9,4

TRATAMIENTO	día 5	
	AM	
	% O ₂	% CO ₂
0 - 0	0,0	0,0
0 - 10	0,0	10,5
5 - 0	5,5	0,0
5 - 10	5,4	9,3
21 - 0	21,0	0,0
21 - 10	18,3	7,4

Cuadro 3.2. Efecto del acondicionado de peras 'Packham's Triumph' en cajas cosechadas cubiertas con plástico a 13 ± 20 °C, sobre la firmeza de pulpa (kg-f).

	DIA 0	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
Mañana	7,1	7,6	7,0	5,8	5,8	Caracterización
	7,7	7,2	7,2	6,5	6,1	
	8,8	8,8	7,5	6,5	6,9	
	9,2	6,3	8,2	9,6	7,2	
		7,3				
Promedio	8,2	7,4	7,5	7,1	6,5	5,3
Tarde	8,1	7,2	6,6	7,7	5,1	
	7,9	8,0	7,1	7,9	5,5	
	7,6	6,9	7,9	7,2	5,7	
	8,0	7,7	8,9	5,3	5,7	
	8,0					
Promedio	7,948	7,4	7,6	7,0	5,5	5,3

Cuadro 3.3. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la saturación (C*) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	C*		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	19,1 b	21,0
	5	19,3 a	21,1
	21	21,1 a	20,3
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	20,0	20,7
	10	19,7	20,8
O₂ x CO₂	0 x 0	18,8	21,0
	0 x 10	19,3	21,1
	5 x 0	19,5	21,3
	5 x 10	19,1	20,9
	21 x 0	21,6	20,1
	21 x 10	20,6	20,5
Nivel de Significancia	O ₂	**	NS
	CO ₂	NS	NS
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

Cuadro 3.4. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre el tono (H_{ab}) del color de cascós de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		$H_{ab}(^{\circ})$	
		Día 3	Día 5
Oxígeno (O ₂) (%)	0	95,6 a	91,5
	5	95,3 a	90,5
	21	92,1 b	91,6
Dióxido de carbono (CO ₂) (%)	0	93,9	90,7
	10	94,8	91,7
O ₂ x CO ₂	0 x 0	95,8	90,9
	0 x 10	95,5	92,2
	5 x 0	94,8	89,9
	5 x 10	95,8	91,1
	21 x 0	91,2	91,3
	21 x 10	93,0	91,8
Nivel de Significancia	O ₂	***	NS
	CO ₂	NS	NS
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05, 0,01$ o $0,001$, respectivamente.

Cuadro 3.5. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la acidez titulable (AT) en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	AT (%)		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	0,21 a	0,14 b
	5	0,16 b	0,16 a
	21	0,17 b	0,15 ab
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	0,18	0,14 b
	10	0,17	0,16 a
O₂ x CO₂	0 x 0	0,22	0,12
	0 x 10	0,19	0,15
	5 x 0	0,17	0,15
	5 x 10	0,15	0,16
	21 x 0	0,17	0,14
	21 x 10	0,17	0,16
Nivel de Significancia	O ₂	**	**
	CO ₂	NS	***
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

Cuadro 3.6. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre el pH en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	pH		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	4,2	4,3
	5	4,3	4,3
	21	4,2	4,3
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	4,2	4,3
	10	4,2	4,2
O₂ x CO₂	0 x 0	4,2	4,3 ab
	0 x 10	4,2	4,3 ab
	5 x 0	4,2	4,3 ab
	5 x 10	4,4	4,2 ab
	21 x 0	4,2	4,4 a
	21 x 10	4,2	4,2 b
Nivel de Significancia	O ₂	NS	NS
	CO ₂	NS	*
	O ₂ x CO ₂	NS	*

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

Cuadro 3.7. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la concentración de sólidos solubles (CSS) en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	SS (%)		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	11,4 a	11,3 a
	5	10,4 b	10,4 b
	21	11,1 ab	10,8 b
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	10,7	10,8
	10	11,2	10,8
O₂ x CO₂	0 x 0	11,0	11,3
	0 x 10	11,9	11,3
	5 x 0	10,3	10,4
	5 x 10	10,6	10,5
	21 x 0	11,0	10,9
	21 x 10	11,2	10,8
Nivel de Significancia	O ₂	*	**
	CO ₂	NS	NS
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

Cuadro 3.8. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la firmeza evaluada sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=12).

Nivel	Firmeza		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	10,6	10,4
	5	11,2	9,7
	21	10,6	8,9
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	11,0	9,6
	10	10,6	9,7
O₂ x CO₂	0 x 0	10,8	10,3
	0 x 10	10,5	10,5
	5 x 0	12,1	10,8
	5 x 10	10,2	8,7
	21 x 0	10,0	7,8
	21 x 10	11,1	10,0
	Nivel de Significancia	O ₂	NS
	CO ₂	NS	NS
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

Cuadro 3.9. Análisis factorial de atmósferas controladas sobre la firmeza evaluada sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 5 días a 5 °C. Los valores son media (n=12).

Nivel	Sabor extraño		
	Día 3	Día 5	
Oxígeno (O₂) (%)	0	2,6	2,5
	5	3,3	2,9
	21	2,5	2,2
Dióxido de carbono (CO₂) (%)	0	2,7	2,9
	10	2,9	2,2
O₂ x CO₂	0 x 0	2,8	3,3
	0 x 10	2,4	1,7
	5 x 0	2,6	2,6
	5 x 10	3,9	3,1
	21 x 0	2,6	2,8
	21 x 10	2,4	1,6
Nivel de Significancia	O ₂	NS	NS
	CO ₂	NS	NS
	O ₂ x CO ₂	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente.

Cuadro 4.1. % de gases, O₂ y CO₂, corroborados desde el panel mezclador en la mañana (AM) y tarde (PM). Siendo los tratamientos %O₂-%CO₂, balance N₂ (Solución).

TRATAMIENTO	día 0				día 2			
	AM		PM		AM		PM	
	% O ₂	% CO ₂						
0 - 0 (A)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 - 5 (A)	4,4	5,2	4,6	5,0	4,5	5,0	5,1	4,8
21 - 0 (A)	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
0 - 0 (B)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 - 5 (B)	5,0	4,7	5,2	5,5	5,5	4,7	5,2	4,9
21 - 0 (B)	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
21 - 0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
TRATAMIENTO	día 3				día 4			
	AM		PM		AM		PM	
	% O ₂	% CO ₂						
0 - 0 (A)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 - 5 (A)	5,3	4,7	5,5	4,5	5,6	4,5	5,0	5,1
21 - 0 (A)	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
0 - 0 (B)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 - 5 (B)	5,6	4,1	5,0	4,5	5,3	4,4	5,5	5,2
21 - 0 (B)	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
21 - 0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
TRATAMIENTO	día 5				día 6			
	AM		PM		AM		PM	
	% O ₂	% CO ₂						
0 - 0 (A)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 - 5 (A)	4,9	5,2	5,3	5,1	5,0	5,8	5,3	5,6
21 - 0 (A)	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
0 - 0 (B)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 - 5 (B)	5,4	5,6	5,5	4,9	5,2	5,7	4,8	4,5
21 - 0 (B)	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
21 - 0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0
TRATAMIENTO	día 7				día 8			
	AM		PM		AM			
	% O ₂	% CO ₂	% O ₂	% CO ₂	% O ₂	% CO ₂		
0 - 0 (A)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
5 - 5 (A)	5,0	5,1	5,0	5,3	4,2	5,5		
21 - 0 (A)	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0		
0 - 0 (B)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
5 - 5 (B)	4,4	5,2	5,0	5,0	5,3	5,7		
21 - 0 (B)	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0		
21 - 0	21,0	0,0	21,0	0,0	21,0	0,0		

Cuadro 4.2. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre la luminosidad (L) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	L			
	Día 3	Día 5	Día 8	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	79,0	76,6	74,5
	5 + 5	78,5	77,0	73,9
	21 + 0	76,7	74,9	73,0
Antipardeante (ANTIP)	A	78,0	76,0	74,0
	B	78,1	76,3	73,6
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	79,7 a	77,1 a	75,5
	0 + 0 x B	78,2 ab	76,0 ab	73,4
	5 + 5 x A	78,1 ab	77,4 a	73,8
	5 + 5 x B	78,8 a	76,5 ab	74,1
	21 + 0 x A	76,1 c	73,6 b	72,7
	21 + 0 x B	77,2 bc	76,3 ab	73,4
Nivel de Significancia	ATM	***	*	NS
	ANTIP	NS	NS	NS
	AM x ANTIP	**	*	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. 1, 2 y 3 indican (% O₂ + % CO₂, balance N₂): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Cuadro 4.3. Comparación de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo sobre la luminosidad (L) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	L		
	Día 3	Día 5	Día 8
21 + 0 x S (testigo)	76,3 ± 0,8	77,4 ± 0,2	75,2 ± 0,9
0 + 0 x A	79,7 ± 0,1 *	77,1 ± 0,7	75,5 ± 0,6
0 + 0 x B	78,2 ± 0,2	76,0 ± 0,9	73,4 ± 0,1
5 + 5 x A	78,1 ± 0,1	77,4 ± 0,0	73,8 ± 1,0
5 + 5 x B	78,8 ± 0,4 *	76,5 ± 0,2	74,0 ± 0,0
21 + 0 x A	76,1 ± 0,6	73,6 ± 0,8 *	72,7 ± 1,2
21 + 0 x B	77,2 ± 0,1	76,3 ± 0,1	73,4 ± 0,9

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnett ($p < 0,05$). 1, 2 y 3 indican (% O₂ + % CO₂, balance N₂): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Cuadro 4.4. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre la saturación (C*) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	C*			
	Día 3	Día 5	Día 8	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	22,4 b	23,1	23,5
	5 + 5	23,2 ab	22,9	23,5
	21 + 0	23,9 a	23,1	23,8
Antipardeante (ANTIP)	A	23,5	23,2	23,5
	B	22,9	22,9	23,7
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	22,0	23,3	22,8
	0 + 0 x B	22,9	22,9	24,3
	5 + 5 x A	23,9	22,0	23,4
	5 + 5 x B	22,5	23,8	23,5
	21 + 0 x A	24,6	24,1	24,2
	21 + 0 x B	23,2	22,0	23,3
Nivel de Significancia	ATM	*	NS	NS
	ANTIP	NS	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. 1, 2 y 3 indican (% O₂ + % CO₂, balance N₂): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Cuadro 4.5. Comparación de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo sobre la saturación (C*) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	C*		
	Día 3	Día 5	Día 8
21 + 0 x S (testigo)	24,8 ± 0,9	23,2 ± 0,0	23,8 ± 0,2
0 + 0 x A	22,0 ± 0,0 *	23,3 ± 0,3	22,8 ± 0,6
0 + 0 x B	22,9 ± 0,2	22,9 ± 0,4	24,3 ± 0,3
5 + 5 x A	23,9 ± 0,3	22,0 ± 0,5	23,5 ± 0,4
5 + 5 x B	22,5 ± 0,2	23,8 ± 0,3	23,5 ± 0,4
21 + 0 x A	24,6 ± 0,6	24,1 ± 0,8	24,2 ± 0,5
21 + 0 x B	23,2 ± 0,1	22,0 ± 0,5	23,3 ± 0,5

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnet ($p < 0,05$). 1, 2 y 3 indican (% O₂ + % CO₂, balance N₂): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Cuadro 4.6. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre el tono (H_{ab}) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		H_{ab} (°)		
		Día 3	Día 5	Día 8
Atmósfera (ATM)	0 + 0	95,1	84,1	79,0
	5 + 5	93,6	85,3	79,8
	21 + 0	88,8	80,7	78,8
Antipardeante (ANTIP)	A	93,6	84,8	80,6
	B	91,4	81,9	77,8
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	98,4 a	87,1 ab	81,4
	0 + 0 x B	91,7 bcd	81,1 bc	76,6
	5 + 5 x A	94,8 ab	87,5 a	80,9
	5 + 5 x B	92,5 bc	83,1 abc	78,7
	21 + 0 x A	87,6 d	80,0 c	79,5
	21 + 0 x B	90,1 cd	81,5 abc	78,1
Nivel de Significancia	ATM	***	*	NS
	ANTIP	**	*	NS
	AM x ANTIP	***	*	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. 1, 2 y 3 indican (% O_2 + % CO_2 , balance N_2): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 4.7. Comparación de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo sobre el tono (H_{ab}) del color de cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) \pm EE.

Tratamiento	H_{ab} (°)		
	Día 3	Día 5	Día 8
21 + 0 x S (testigo)	91,1 \pm 1,5	91,0 \pm 0,6	87,8 \pm 0,5
0 + 0 x A	98,4 \pm 0,6 *	87,1 \pm 1,0	81,4 \pm 1,7
0 + 0 x B	91,7 \pm 0,8	81,1 \pm 1,8 *	76,6 \pm 1,5 *
5 + 5 x A	94,8 \pm 0,6	87,5 \pm 0,0	80,9 \pm 1,9 *
5 + 5 x B	92,5 \pm 0,6	83,1 \pm 0,8 *	78,7 \pm 0,8 *
21 + 0 x A	87,6 \pm 1,6	80,0 \pm 1,8 *	79,5 \pm 1,8 *
21 + 0 x B	90,1 \pm 0,8	81,5 \pm 1,3 *	78,1 \pm 1,9 *

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnett ($p < 0,05$). 1, 2 y 3 indican (% O_2 + % CO_2 , balance N_2): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 4.8. Comparación de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo sobre el pH, en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	pH		
	Día 3	Día 5	Día 8
21 + 0 x S (testigo)	4,3 ± 0,0	4,4 ± 0,0	4,5 ± 0,0
0 + 0 x A	4,3 ± 0,0	4,4 ± 0,0	4,5 ± 0,0
0 + 0 x B	4,3 ± 0,0	4,4 ± 0,0	4,5 ± 0,0
5 + 5 x A	4,3 ± 0,0	4,3 ± 0,0	4,4 ± 0,0
5 + 5 x B	4,3 ± 0,0	4,4 ± 0,0	4,4 ± 0,0
21 + 0 x A	4,4 ± 0,0 *	4,5 ± 0,0	4,4 ± 0,0
21 + 0 x B	4,5 ± 0,0 *	4,4 ± 0,0	4,4 ± 0,0

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnet ($p < 0,05$). 1, 2 y 3 indican (% O₂ + % CO₂, balance N₂): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Cuadro 4.9. Comparación de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo sobre la concentración de sólidos solubles (CSS), en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) ± EE.

Tratamiento	SS (%)		
	Día 3	Día 5	Día 8
21 + 0 x S (testigo)	11,6 ± 0,1	11,0 ± 0,0	11,0 ± 0,1
0 + 0 x A	11,7 ± 0,2	11,1 ± 0,0	10,8 ± 0,0
0 + 0 x B	10,7 ± 0,2	10,7 ± 0,3	10,8 ± 0,2
5 + 5 x A	10,8 ± 0,3	11,5 ± 0,3	10,9 ± 0,2
5 + 5 x B	11,6 ± 0,1	11,1 ± 0,1	11,6 ± 0,0
21 + 0 x A	11,6 ± 0,1	11,7 ± 0,2	11,4 ± 0,1
21 + 0 x B	11,4 ± 0,1	11,2 ± 0,2	10,9 ± 0,1

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnet ($p < 0,05$). A1, 2 y 3 indican (% O₂ + % CO₂, balance N₂): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Cuadro 4.10. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre la apariencia evaluada sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son medias (n=3).

Nivel	Apariencia		
	Día 3	Día 5	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	7,2 b	5,1
	5 + 5	8,9 ab	4,7
	21 + 0	10,0 a	4,1
Antipardeante (ANTIP)	A	9,3	4,8
	B	8,2	4,4
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	7,1	5,4
	0 + 0 x B	7,3	4,8
	5 + 5 x A	9,4	5,3
	5 + 5 x B	8,5	4,2
	21 + 0 x A	11,4	3,8
	21 + 0 x B	8,7	4,3
Nivel de Significancia	ATM	**	NS
	ANTIP	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. 1, 2 y 3 indican (% O₂ + % CO₂, balance N₂): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico (0,2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (0,2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (0,2 g·L⁻¹); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético (0,1 g·L⁻¹).

Cuadro 4.11. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre el pardeamiento evaluado sensorialmente, en cascots de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	Pardeamiento		
	Día 3	Día 5	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	5,0	8,5
	5 + 5	5,0	9,2
	21 + 0	4,0	9,8
Antipardeante (ANTIP)	A	3,9 a	8,7
	B	5,5 b	9,5
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	4,2	7,8
	0 + 0 x B	5,9	8,6
	5 + 5 x A	4,3	8,9
	5 + 5 x B	5,6	9,5
	21 + 0 x A	3,2	9,5
	21 + 0 x B	4,9	10,1
Nivel de Significancia	ATM	NS	NS
	ANTIP	*	NS
	AM x ANTIP	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. 1, 2 y 3 indican (% O_2 + % CO_2 , balance N_2): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 4.12. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre la firmeza evaluada sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	Firmeza		
	Día 3	Día 5	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	12,5	12,5
	5 + 5	12,5	12,0
	21 + 0	11,9	12,4
Antipardeante (ANTIP)	A	12,3	12,6
	B	12,2	12,0
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	12,4	13,0
	0 + 0 x B	12,5	11,9
	5 + 5 x A	12,7	12,2
	5 + 5 x B	12,2	11,9
	21 + 0 x A	11,8	12,5
	21 + 0 x B	12,0	12,3
Nivel de Significancia	ATM	NS	NS
	ANTIP	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. 1, 2 y 3 indican (% O_2 + % CO_2 , balance N_2): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 4.13. Comparación de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo sobre la firmeza evaluada sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) \pm EE.

Tratamiento	Firmeza	
	Día 3	Día 5
21 + 0 x S (testigo)	12,5 \pm 0,6	12,4 \pm 0,4
0 + 0 x A	12,4 \pm 0,6	13,0 \pm 0,5
0 + 0 x B	12,5 \pm 0,5	11,9 \pm 0,7
5 + 5 x A	12,7 \pm 0,6	12,2 \pm 0,5
5 + 5 x B	12,2 \pm 0,7	11,9 \pm 0,5
21 + 0 x A	11,8 \pm 0,7	12,5 \pm 0,4
21 + 0 x B	12,0 \pm 0,8	12,3 \pm 0,5

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnet ($p < 0,05$). 1, 2 y 3 indican (% O_2 + % CO_2 , balance N_2): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 4.14. Análisis factorial de 3 atmósferas controladas, 2 soluciones antipardeantes y su interacción sobre el sabor extraño evaluado sensorialmente, en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel	Sabor extraño		
	Día 3	Día 5	
Atmósfera (ATM)	0 + 0	2,3	2,9
	5 + 5	2,8	3,7
	21 + 0	2,7	2,6
Antipardeante (ANTIP)	A	2,9	2,5
	B	2,3	3,7
ATM x ANTIP	0 + 0 x A	2,4	2,3
	0 + 0 x B	2,2	3,5
	5 + 5 x A	3,2	3,4
	5 + 5 x B	2,3	4,1
	21 + 0 x A	3,1	1,9
	21 + 0 x B	2,3	3,3
Nivel de Significancia	ATM	NS	NS
	ANTIP	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. 1, 2 y 3 indican (% O_2 + % CO_2 , balance N_2): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 4.15. Comparación de los tratamientos (atmósferas controladas y antipardeantes) con el testigo sobre el sabor extraño evaluado sensorialmente, en cascotes de pera 'Packham's Triumph' conservados por 8 días a 5 °C. Los valores son media (n=3) \pm EE.

Tratamiento	Sabor extraño	
	Día 3	Día 5
21 + 0 x S (testigo)	1,3 \pm 0,4 ^{NS}	2,6 \pm 1,0 ^{NS}
0 + 0 x A	2,4 \pm 0,7	2,3 \pm 1,0
0 + 0 x B	2,2 \pm 0,8	3,5 \pm 1,1
5 + 5 x A	3,2 \pm 1,1	3,4 \pm 1,0
5 + 5 x B	2,3 \pm 1,1	4,1 \pm 1,2
21 + 0 x A	3,1 \pm 1,0	1,9 \pm 0,7
21 + 0 x B	2,3 \pm 0,8	3,3 \pm 1,1

*: indica diferencias significativas en comparación con el testigo para cada día de vida útil según la prueba de Dunnett ($p < 0,05$). 1, 2 y 3 indican (% O_2 + % CO_2 , balance N_2): 0 + 0 ; 5 + 5 y 21 + 0 respectivamente. A, B y S indican inmersiones en ACi + AA + C; ACi + AA + C + EDTA y agua potable respectivamente. ACi: ácido cítrico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($0,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); EDTA: ácido etilendiaminotetraacético ($0,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.1. Efecto del acondicionado de peras 'Packham's Triumph' en cajas cosechadas cubiertas con plástico a 18 ± 25 °C, sobre la firmeza de pulpa (kg-f).

	DIA 0	DIA 1	DIA 2	DIA 3
Mañana	6,0	5,6	4,9	Caracterización
	6,1	5,8	5,1	
	6,4	6,4	5,3	
	6,7	6,8	5,9	
Promedio	6,3	6,2	5,3	4,8
Tarde	6,2	5,2	4,7	
	6,2	5,4	4,8	
	6,9	5,6	4,9	
	7,1	6,3	5,1	
Promedio	6,6	5,6	4,9	4,8

Cuadro 5.2. Análisis factorial de 3 permeabilidades de bolsas, 2 soluciones y su interacción sobre la concentración gaseosa (% de O₂) en el interior de los envases, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C.

Nivel		Concentración de O ₂ en bolsas			
		Día 0	Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	5,0 b	6,6 b	13,3 b	15,7 b
	Baja	5,1 a	4,8 c	3,4 c	2,7 c
	Perf	21,0 a	20,9 a	20,6 a	20,7 a
Antipardeante (ANTIP)	Con	10,2	10,6 b	12,3	13,1
	Sin	10,4	10,9 a	12,5	13,0
PERM x ANTIP	Alta x Con	4,9	6,2	13,5	15,9
	Alta x Sin	5,0	6,9	13,0	15,6
	Baja x Con	4,9	4,7	2,9	2,5
	Baja x Sin	5,4	4,9	3,8	2,9
	Perf x Con	21,0	20,7	20,6	20,8
	Perf x Sin	21,0	21,0	20,6	20,6
Nivel de Significancia	PERM	***	***	***	***
	ANTIP	NS	**	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.3. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la concentración gaseosa (% de CO₂) en el interior de los envases, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C.

Nivel		Concentración CO ₂ bolsas			
		Día 0	Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	0,0	2,0 b	3,5 b	3,7
	Baja	0,0	2,3 a	5,2 a	5,5
	Perf	0,0	0,5 c	0,1 c	0,2
Antipardeante (ANTIP)	Con	0,0	1,6	2,3 a	2,3
	Sin	0,0	1,5	2,1 b	2,3
PERM x ANTIP	Alta x Con	0,0	2,1	3,4	3,4 b
	Alta x Sin	0,0	1,8	3,4	4,2 b
	Baja x Con	0,0	2,3	5,4	5,5 a
	Baja x Sin	0,0	2,2	4,9	5,6 a
	Perf x Con	0,0	0,5	0,1	0,2 d
	Perf x Sin	0,0	0,5	0,1	0,4 c
Nivel de Significancia	PERM	NS	***	***	***
	ANTIP	NS	NS	*	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS	**

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para P < 0,05, 0,01 o 0,001, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico (2 g·L⁻¹); AA: ácido ascórbico (2 g·L⁻¹); C: L-cisteína (2 g·L⁻¹).

Cuadro 5.4. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la luminosidad (L) del color, en cascos de pera ‘Packham’s Triumph’ conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		L		
		Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	78,2 a	75,5	74,2
	Baja	77,7 ab	76,6	76,0
	Perf	76,6 b	75,4	74,6
Antipardeante (ANTIP)	Con	76,9	75,9	73,2 b
	Sin	77,7	75,8	76,8 a
PERM x ANTIP	Alta x Con	78,4	76,5 ab	72,1
	Alta x Sin	77,8	74,5 ab	76,2
	Baja x Con	77,4	76,7 a	75,1
	Baja x Sin	78,0	76,5 ab	76,9
	Perf x Con	75,0	74,4 b	72,1
	Perf x Sin	77,1	76,4 ab	77,0
Nivel de Significancia	PERM	*	*	NS
	ANTIP	NS	NS	***
	AM x ANTIP	NS	**	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.5. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la saturación (C*) del color, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		C*		
		Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	21,4	20,6	23,0
	Baja	21,6	21,4	22,2
	Perf	22,0	21,7	22,2
Antipardeante (ANTIP)	Con	20,4 b	21,1	22,3
	Sin	22,9 a	21,4	22,7
PERM x ANTIP	Alta x Con	19,5	19,6	22,8
	Alta x Sin	23,2	21,5	23,1
	Baja x Con	20,4	21,6	22,0
	Baja x Sin	22,8	21,2	22,5
	Perf x Con	21,3	21,9	22,1
	Perf x Sin	22,8	21,4	22,4
Nivel de Significancia	PERM	NS	NS	NS
	ANTIP	***	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.6. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre el tono (H_{ab}) del color, en cascós de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		H_{ab} (°)		
		Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	95,7	93,6 ab	85,5
	Baja	95,6	94,0 a	88,0
	Perf	94,2	91,5 b	87,0
Antipardeante (ANTIP)	Con	97,7	92,8	83,4 b
	Sin	92,7	93,3	90,2 a
PERM x ANTIP	Alta x Con	99,7 a	93,3	81,0
	Alta x Sin	91,8 c	93,9	89,9
	Baja x Con	98,1 ab	94,3	85,6
	Baja x Sin	93,2 c	93,7	90,3
	Perf x Con	95,3 bc	90,7	83,6
	Perf x Sin	93,1 c	92,3	90,4
Nivel de Significancia	PERM	NS	*	NS
	ANTIP	***	NS	***
	AM x ANTIP	*	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.7. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la firmeza (Kg-f), en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		Firmeza (kg-f)		
		Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	5,2	4,7	4,4
	Baja	5,0	4,7	4,5
	Perf	4,6	4,6	4,4
Antipardeante (ANTIP)	Con	4,8	4,6	4,2 b
	Sin	5,1	4,8	4,6 a
PERM x ANTIP	Alta x Con	5,5	4,6	4,3
	Alta x Sin	5,0	4,7	4,6
	Baja x Con	4,7	4,6	4,4
	Baja x Sin	5,4	4,7	4,7
	Perf x Con	4,3	4,2	4,1
	Perf x Sin	5,0	4,9	4,7
Nivel de Significancia	PERM	NS	NS	NS
	ANTIP	NS	NS	***
	AM x ANTIP	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.8. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la acidez titulable (AT), en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		AT (%)		
		Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	0,15	0,15	0,15
	Baja	0,16	0,14	0,14
	Perf	0,16	0,15	0,14
Antipardeante (ANTIP)	Con	0,16	0,14	0,14
	Sin	0,16	0,15	0,15
PERM x ANTIP	Alta x Con	0,14	0,15	0,15
	Alta x Sin	0,16	0,16	0,15
	Baja x Con	0,16	0,13	0,14
	Baja x Sin	0,15	0,14	0,14
	Perf x Con	0,16	0,14	0,13
	Perf x Sin	0,15	0,15	0,15
Nivel de Significancia	PERM	NS	NS	NS
	ANTIP	NS	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.9. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre el pH, en cascots de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

		pH		
Nivel		Día 1	Día 4	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	4,3	4,3	4,4
	Baja	4,3	4,4	4,4
	Perf	4,3	4,3	4,4
Antipardeante (ANTIP)	Con	4,3	4,3	4,4
	Sin	4,3	4,3	4,3
PERM x ANTIP	Alta x Con	4,3	4,3	4,3
	Alta x Sin	4,2	4,3	4,3
	Baja x Con	4,3	4,3	4,4
	Baja x Sin	4,3	4,4	4,4
	Perf x Con	4,2	4,3	4,4
	Perf x Sin	4,3	4,3	4,3
Nivel de Significancia	PERM	NS	NS	NS
	ANTIP	NS	NS	NS
	AM x ANTIP	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.10. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la firmeza evaluada sensorialmente, en cascós de pera ‘Packham’s Triumph’ conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=12).

Nivel		Firmeza	
		Día 1	Día 4
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	11,3	10,5 a
	Baja	11,8	9,9 ab
	Perf	10,7	7,7 b
Antipardeante (ANTIP)	Con	11,3	8,5 b
	Sin	11,3	10,2 a
PERM x ANTIP	Alta x Con	12,1	10,3
	Alta x Sin	10,5	10,7
	Baja x Con	11,6	8,1
	Baja x Sin	12,0	11,8
	Perf x Con	10,0	7,2
	Perf x Sin	11,3	8,1
Nivel de Significancia	PERM	NS	*
	ANTIP	NS	*
	AM x ANTIP	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.11. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre el sabor extraño evaluado sensorialmente, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=12).

Nivel		Sabor extraño	
		Día 1	Día 4
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	3,7	1,5
	Baja	2,5	1,5
	Perf	4,1	0,6
Antipardeante (ANTIP)	Con	4,4 a	1,6
	Sin	2,4 b	0,8
PERM x ANTIP	Alta x Con	5,2	1,9
	Alta x Sin	2,3	1,0
	Baja x Con	2,5	2,2
	Baja x Sin	2,4	0,8
	Perf x Con	5,7	0,6
	Perf x Sin	2,5	0,6
Nivel de Significancia	PERM	NS	NS
	ANTIP	*	NS
	AM x ANTIP	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.12. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre el contenido fenólico, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		Contenido fenólico (mg EAG·g ⁻¹ ·p.f ⁻¹)	
		Día 1	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	4,4	4,0
	Baja	5,2	4,1
	Perf	3,8	3,6
Antipardeante (ANTIP)	Con	5,8 a	5,1 a
	Sin	3,1 b	2,7 b
PERM x ANTIP	Alta x Con	5,6	5,6
	Alta x Sin	3,2	2,4
	Baja x Con	7,3	5,2
	Baja x Sin	3,1	3,0
	Perf x Con	4,5	4,4
	Perf x Sin	3,0	2,7
Nivel de Significancia	PERM	NS	NS
	ANTIP	***	***
	PERM x ANTIP	NS	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 5.13. Efecto de atmósferas modificadas activas junto con antipardeantes sobre la actividad antioxidante, en cascos de pera 'Packham's Triumph' conservados por 6 días a 5 °C. Los valores son media (n=3).

Nivel		Actividad antioxidante (mg TROLOX·g ⁻¹ ·p.f ⁻¹)	
		Día 1	Día 6
Permeabilidad de bolsa (PERM)	Alta	1,0	0,5
	Baja	1,1	0,8
	Perf	0,9	0,5
Antipardeante (ANTIP)	Con	1,4	0,8 a
	Sin	0,6	0,4 b
PERM x ANTIP	Alta x Con	1,6 a	0,7
	Alta x Sin	0,5 c	0,4
	Baja x Con	1,4 ab	1,0
	Baja x Sin	0,8 bc	0,6
	Perf x Con	1,3 ab	0,8
	Perf x Sin	0,5 c	0,3
Nivel de Significancia	PERM	NS	NS
	ANTIP	*	**
	PERM x ANTIP	*	NS

NS, *, **, ***: No Significativo o Significativo para $P < 0,05$, $0,01$ o $0,001$, respectivamente. Sin y Con indican inmersión en agua potable y en AC + AA + EDTA respectivamente. AC: ácido cítrico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); AA: ácido ascórbico ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); C: L-cisteína ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).