

RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES ANTIOXIDANTES PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DE PERA CV *CONFERENCIA*

Cirilo, A., Fernández-Pan, I., Fernández-García, T

ALITEC. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

Abstract

This paper proposes a new alternative to improve the quality of conference pear during marketing conditions. Thus, in order to extend the shelf-life of the pears, maintaining their appearance over a prolonged period and prevent the appearance of superficial scald during marketing conditions, alginate-based edible coatings were developed as carriers of natural antioxidants: cinnamaldehyde, eugenol and carvacrol. The coatings improved the appearance and firmness of the samples for a period of 15 trading days at 20 °C throughout the period of analysis. No significant differences between treatments and control effectiveness in retaining the α -farnesene and its impact on the superficial scald were observed. A sensory analysis of samples was done, which results showed that the coating did not alter the appearance of the samples but some changes in their taste were detected. It is necessary to continue with the studies initiated by advancing the date of application of the coating and focusing on the formulation with carvacrol as an active agent, and higher concentrations of alginate.

Keywords: Edible coating, alginate, essential oil, pear, scald.

Antecedentes

La conservación de frutas y hortalizas ha sido un problema a tratar por la sociedad desde tiempos inmemorables, sin embargo, las tendencias actuales del mercado que demandan alimentos frescos, saludables y con una larga vida de estos, incrementan la necesidad de desarrollar nuevos métodos de conservación de los productos hortofrutícolas. Con el objetivo de reducir la velocidad de los procesos de senescencia y deterioro de frutas y vegetales, en los últimos años se han desarrollado recubrimientos y películas comestibles para ellos (1). Estos son una alternativa de conservación para los productos frescos y están causando gran aceptación por las consideraciones ambientales y las tendencias hacia los alimentos de fácil preparación (2). Previene el deterioro de las frutas y verduras mediante

la inhibición de la respiración, reducción de la deshidratación, mantenimiento de la firmeza, retención de los volátiles, y disminución del crecimiento microbiano (3). Los recubrimientos se pueden obtener de diferentes tipos de materiales, pero los más frecuentes son los constituidos por polisacáridos, proteínas, y lípidos (4). Además, las películas y recubrimientos comestibles pueden ser utilizados como transportadores de aditivos que permitan conservar la calidad de los productos hortofrutícolas en fresco como antimicrobianos, preservadores de textura, nutrientes, y precursores de aroma entre otros (5). Las propiedades de los recubrimientos se pueden ver reforzadas con su uso como matrices portadoras de aceites esenciales. El empleo de los aceites esenciales está viéndose

incrementado en los últimos años, dadas sus propiedades antimicrobianas, y antioxidantes (6–8). El éxito de los recubrimientos dependerá de tres factores: características del recubrimiento (composición, grosor, estructura química, tipo de enlace de las moléculas), características del fruto a recubrir (variedad, estado de madurez, contenido en humedad) y características de almacenamiento a lo largo del ciclo del producto (9).

El alginato es un polisacárido aislado de las algas pardas, compuesto de ácido manurónico y ácido gulurónico (10,11). Este polisacárido es capaz de formar películas resistentes y translúcidas mediante la formación de enlaces con iones divalentes como el calcio. Las películas y recubrimientos de alginato se han empleado para mejorar la calidad de frutas enteras (12), y mínimamente procesadas (13–15). También se han desarrollado películas de alginato como portadores de diferentes tipos de aceites esenciales (canela, orégano y clavo) por su elevada actividad antioxidante y antimicrobiana (6,13,16,17).

Los desórdenes externos más habituales en pera son el escaldado superficial y los daños físicos o mecánicos. Entre los desórdenes internos destacan el corazón pardo, el pardeamiento interno y los desórdenes asociados a la senescencia que afectan tanto a la piel como a la pulpa (18). La tendencia actual al mínimo empleo de productos químicos abre problemáticas hasta ahora solventadas con estos, como el escaldado superficial, problema resuelto con químicos como la difenilamina y etoxiquina (19,20) prohibidos por la directiva europea 91/414 CE. En consecuencia, han surgido líneas como el tratamiento con 1-MCP (1-metil ciclopropeno) para intentar evitar el problema, pero sin llegar a lograr un éxito completo. El escaldado es un trastorno superficial importante que se produce en la epidermis de manzanas y las peras. Los síntomas se manifiestan como manchas marrones o negras en la piel que generalmente empeoran después de la salida de la

cámara de conservación, haciendo que la fruta no sea comercializable (21). Asimismo, hay métodos de conservación empleados actualmente que pueden provocar problemas como el corazón pardo y cavidades internas. Estos son desórdenes inducidos por el CO₂, que ocurren cuando la pera está almacenada con baja concentración de O₂.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar recubrimientos comestibles de alginato como portadores de los antioxidantes naturales cinamaldehído, eugenol y carvacrol para alargar la vida comercial de la pera evitando la aparición de desórdenes fisiológicos superficiales y retrasando su maduración.

Material y métodos

Materia prima

La materia prima empleada (Pera cv. *Conferencia*) fue recolectada en Carcar (Navarra) el día 20 de agosto de 2014 y se almacenó hasta el 15 de diciembre de 2014 en cámaras frigoríficas a -1°C, HR del 97 % y condiciones ULO con una concentración de CO₂ del 2 % y O₂ del 1 %.

Formulación y aplicación del recubrimiento

Se prepararon soluciones formadoras de recubrimiento (SFR) basadas en alginato de sodio según el método seguido por Oms-Oliu G *et al.* (4). Así, se preparó una solución acuosa al 1 % (p/v) de alginato de sodio (Algogel 6020 Cargill, Francia) y se mantuvo en agitación constante a 90°C durante 70 minutos. A continuación se añadió 2 % (p/v) de cinamaldehído (CIN), eugenol (EUG) o carvacrol (CARV) (≥ 98 % FCC, Sigma Aldrich, Alemania) como agentes antioxidantes. Como emulsionante se añadieron ésteres de ácidos grasos (mono, diglicerido de ácidos grasos E-471, Diasa Industrial, España) al 0,1 % (p/v). Las

emulsiones se homogeneizaron con un ultrasonidos focalizado (UP 400S Hielscher, Alemania) y un sonotrodo acoplado S7 de titanio durante 5 minutos en ciclo continuo y a la máxima amplitud.

Las muestras se mantuvieron en un baño de hielo para evitar su sobrecalentamiento. Una vez formadas, las SFR se aplicaron sobre pera cv. *Conferencia*. Los recubrimientos se aplicaron de forma individualizada sobre cada pera en la semana 17 de almacenamiento tras su recolección. Así, sobre cada pera se aplicó 1 ml de SFR, se extendió con brochas y se expuso a una corriente de aire frío durante 7 minutos hasta su secado. A continuación, las muestras recubiertas con cada formulación se almacenaron en cámaras frigoríficas independientes a -1°C. Así, resultaron 5 grupos para el experimento: un control, un grupo para recubrir únicamente con alginato y tres grupos para recubrir con alginato y adicionarles aceites esenciales de cinamaldehído, eugenol y carvacrol a cada uno de ellos de forma individualizada.

Periodicidad de análisis: evolución y acción del recubrimiento

Se determinó la evolución de los parámetros fisicoquímicos e indicadores de maduración y posible alteración fisiológica para la muestra control (no tratada) y recubierta tanto en condiciones de conservación (-1°C) como de comercialización (20°C). Los análisis realizados sobre pera conservada en refrigeración se realizaron con una periodicidad de 3 semanas desde la fecha de aplicación del recubrimiento (Semana 3, Semana 6, Semana 9, Semana 12). Los análisis realizados para la pera en condiciones de comercialización se realizaron tras un almacenamiento a temperatura ambiente de las muestras de 2 semanas de duración tras su salida de las cámaras de refrigeración (Semana 5, Semana 8, Semana 11, Semana 14).

Caracterización de emulsiones

Las emulsiones se caracterizaron a través de la determinación del tamaño de partícula y del potencial- ζ empleando un Mastersizer 3000 (Malvern Instruments, UK). Para su determinación directa se prepararon diluciones acuosas 0,5:10 ml en agua MQ1, para determinar el tamaño de partícula se aplicó la teoría de Mie y para el potencial- ζ el modelo de Smoluchowsky (22). Además se realizó un seguimiento de las mismas durante 3 días a temperatura ambiente para detectar la posible aparición de separación de fases, agregados y precipitados.

Apariencia y detección de desórdenes fisiológicos en la fruta

Para detectar la posible aparición de desórdenes fisiológicos en la piel de las muestras mantenidas en condiciones de conservación y comercialización se realizó un seguimiento visual y fotográfico. Para el registro fotográfico de las muestras se empleó una cámara fotográfica Canon EOS 400 D y se trabajó en una sala de catas normalizada con control de las condiciones de iluminación seleccionando luz blanca (D50). Con la misma periodicidad que el resto de análisis físico-químicos se registró la aparición o presencia de los siguientes desórdenes fisiológicos relacionados con el almacenamiento prolongado en frío de la pera cv. *Conferencia*: corazón pardo, desarrollo de cavidades y escaldado superficial.

Cuantificación de alfa-farnaseno y trienoles.

Para la determinación del contenido en α -farnaseno y trienoles conjugados se siguió el método descrito por Isidoro y Almeida (23) con ligeras modificaciones. Para ello se separó la piel de las zonas ecuatoriales de cada muestra y con un sacabocados se obtuvieron discos de 17 mm de diámetro. Cada disco fue sumergido en 5 ml

de hexano (PA, Panreac, España) y se mantuvo en agitación durante 10 minutos a 20°C. A continuación se filtró empleando filtros de membrana hidrófobos de 13 mm (Durapore Membrane Filters, 0.45 µm HVHP) y el volumen se enrasó a 5 ml. Inmediatamente y con un espectrofotómetro (MultiScan Go Termoscientific, EEUU) se determinó la densidad óptica a 232 nm para la detección del contenido en α -farnaseno (DO_{232}) y en el rango de 281 a 290 nm para la detección de los trienoles conjugados. Las concentraciones de estos compuestos fueron calculadas a través de los coeficientes de extinción molar de $\epsilon_{232nm}=27.740$ y $\epsilon_{281nm-290nm}=25.000$ para α -farnaseno y trienoles respectivamente.

Índices de madurez

Determinación del pH.

El pH fue determinado sobre una muestra de 10g de pera en 100 ml de agua destilada, homogeneizados con una batidora. Las medidas se tomaron de acuerdo con los Métodos Oficiales 981.12 (AOAC 2000) usando un pH-metro Crison Basic 2.0 (Barcelona, España)

Determinación de sólidos solubles

La determinación de sólidos solubles se realizó a partir de muestra procedente de 10 g de pera homogeneizados en 100 ml de agua destilada, empleando un refractómetro portátil Refrac S-28, (Atago, Japón).

Firmeza

La firmeza de las peras fue medida mediante el parámetro de fuerza máxima aplicada (N), sobre una distancia prefijada (10 mm). Para ello se empleó el texturómetro TAXT2i Texturometer Analyzer, (Stable microsystems, Reino Unido) con una sonda cilíndrica de superficie plana de 11 mm de diámetro sobre las zonas ecuatoriales de ambos lados de la pera. Los

análisis se realizaron a temperatura ambiente del laboratorio 20°C.

Análisis sensorial

Se plantearon dos pruebas, una sobre peras en condiciones de conservación (Evaluación 1) y otra, tras ocho días de acondicionamiento a temperatura ambiente, en condiciones de comercialización (Evaluación 2). El análisis se realizó en la sala normalizada de catas de la Universidad Pública de Navarra (ISO 8589:2007). Se contó con la colaboración de un panel de 12 jueces entrenados en los principios del análisis sensorial (UNE 87024-1:1995), (UNE-EN ISO 87-003-95), (UNE-EN ISO 4120) para las pruebas. Se evaluaron varios atributos sensoriales, mediante un análisis sensorial discriminante, con la ayuda de una escala de siete puntos de intensidad. Los atributos sensoriales analizados fueron: brillo, firmeza, aroma, dulzor, acidez y astringencia. Las muestras analizadas se presentaron enteras, ordenadas y codificadas, mediante un sistema de tres números elegidos aleatoriamente, sobre una bandeja de fondo blanco.

Análisis estadístico

Se obtuvieron datos por triplicado de cada tratamiento por día de análisis salvo para la textura, donde se obtuvieron seis datos por tratamiento. Para el tratamiento estadístico de los datos se empleó el programa Statgraphics Centurion XVI con el cual se realizaron análisis de varianza (ANOVA) empleando el test de Tukey al 95 % de significancia.

Resultados y discusión

Emulsiones

Las soluciones formadoras de recubrimiento (SFR) que contenían cinamaldehído, eugenol o carvacrol resultaron estables en el tiempo y presentaban color

blanquecino. Tras tres días a temperatura ambiente no se observó separación de fases ni aparición de precipitados o sedimentos. Una vez aplicadas sobre la pera, los recubrimientos formados se presentaron continuos, homogéneos, con buena adhesión a la superficie de las peras e incoloros, sin alterar en ningún caso la apariencia normal de la fruta. Los recubrimientos se mantuvieron estables durante todo el periodo de ensayos tanto en temperaturas de conservación como de comercialización. Desde la semana 6 las muestras recubiertas con la formulación que contenía cinamaldehído presentaron unas manchas pardas con forma de gota que pueden ser debidas al contacto del antioxidante con la piel, indicando que éste hubiera podido migrar de manera heterogénea hacia la superficie de la pera provocando su abrasión. En las tres emulsiones se obtuvieron valores de ζ -potencial menores de -30 mV por lo que las tres emulsiones se consideran estables (Tabla 1). El menor tamaño de partícula lo presentó la emulsión que contenía carvacrol como antioxidante.

Tabla 1 Resultados de la caracterización de la estabilidad de las soluciones formadoras de recubrimiento para los 3 tipos de antioxidantes empleados

ANTIOXIDANTE	Z-POTENCIAL (MV)	TAMAÑO DE PARTÍCUL A (μ M)
NINGUNO	-88.30±1.25	----
CINAMALDEHÍD O	-80.90±2.01	1.73±0.18
EUGENOL	-79.30±2.08	1.36±0.31
CARVACROL	-87.80±3.22	0.79±0.10

Índices de madurez

Grados brix y pH

El contenido en grados brix de las muestras refrigeradas sufrió un descenso a lo largo del tiempo desde la

aplicación del recubrimiento (Tabla 2), pero no se apreciaron variaciones significativas entre tratamientos. En muestras aclimatadas la tendencia es similar (Tabla 3) salvo para la semana 5 de análisis, donde el recubrimiento con alginato mostró un contenido en grados brix significativamente superior a los recubrimientos con carvacrol y cinamaldehído ($p < 0,05$). Al contrario que los resultados obtenidos por Moraes *et al.* (10) donde los recubrimientos de alginato en peras lograron evitar el aumento de grados brix. Tampoco se detectaron diferencias significativas en el efecto que los recubrimientos ejercieron sobre el pH de la fruta. La poca evolución del pH y contenido en sólidos solubles de las muestras puede ser debida a que en el momento en que se aplicaron los recubrimientos ya se había alcanzado la madurez fisiológica de las peras (24).

Pérdida de peso y firmeza

Las pérdidas de peso, en las frutas recubiertas, fue pareja para el control y los recubrimientos de alginato y alginato y cinamaldehído, mientras que el porcentaje de pérdidas fue superior en los recubrimientos con carvacrol y eugenol. En la semana 12, el control fue el tratamiento que menor porcentaje de peso perdió respecto al día de recepción 4,98 % , sobre el resto de recubrimientos. Los recubrimientos de alginato y cinamaldehído tuvieron unas pérdidas ligeramente superiores al control, 5,79 % y 6,71 % respectivamente. Por otro lado, los recubrimientos con carvacrol y eugenol perdieron más peso: hasta un 10,09 % de y un 41,15 % de peso respectivamente. Al contrario que otros ensayos que emplearon alginato como recubrimiento en uva (25) y en mora (6) los recubrimientos no lograron reducir la pérdida de peso de las muestras. Este problema está causado por la actividad respiratoria y la evaporación del agua que contiene la fruta. Los recubrimientos comestibles actúan como una protección añadida que logra reducir la velocidad de transpiración y con ello las pérdidas de

peso. Las diferencias mostradas en el trabajo respecto a otros tratamientos pueden darse debido a la fecha de aplicación de los recubrimientos, puesto que generalmente en los artículos que lograron paliar las pérdidas de los recubrimientos se aplicaron sobre las frutas pocos días después a su recolección, y a la mayor concentración de alginato que aplicaron respecto a la que se empleó en el presente estudio. La retención de la firmeza es un parámetro habitualmente valorado por los consumidores. En este trabajo, para las muestras aclimatadas, los tratamientos con eugenol y carvacrol consiguieron incrementar de forma significativa ($p < 0,05$) la firmeza de las muestras al final del periodo. Asimismo, para la semana 11 se observa que el recubrimiento con alginato mantuvo la firmeza en niveles superiores al control. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por estudios previos (26) que observaron el comportamiento de diferentes

variedades de melocotón recubiertas con alginato, consiguiendo mantener el recubrimiento la textura de las muestras almacenadas en condiciones de climatización durante 10 días. Por otro lado, los recubrimientos retuvieron la firmeza de las muestras en condiciones de conservación hasta la semana 9, mientras que el recubrimiento con eugenol resultó el menos favorable para retener la firmeza de estas. Una de las causas que provoca la pérdida de firmeza en las frutas es la actividad del etileno.

Existen evidencias previas de que la actividad del etileno se ve disminuida gracias a la acción de los recubrimientos, con lo que se logra retrasar el proceso de maduración, por ende, problemas como la pérdida de firmeza evolucionaron de forma más lenta en recubrimientos con polisacáridos en pera (27)

Tabla 2 Contenido en sólidos solubles, pH y firmeza de muestras de pera con los diferentes tratamientos aplicados tras 8 horas de su extracción de las cámaras a $-1^{\circ}C$

Parámetro	Semana	CON	ALG	CIN	EUG	CARV
CSS (Brix)	S3	10,50±0,71abAB	11,67±0,58bB	10,33±0,58abA	10,67±0,58abA	10,17±0,29aA
	S6	11,13±0,15a B	11,77±0,25a B	11,60±0,87aA	10,83±1,02aA	10,60±0,46aA
	S9	10,23±0,25aA	10,60±0,36abA	11,53±0,87bA	11,23±0,75abA	11,20±0,46abA
	S12	10,63±0,15a AB	10,30±0,26aB	10,27±0,25aA	10,43±0,35aA	10,47±0,25aA
pH	S3	4,87±0,06aA	4,84±0,06aA	4,69±0,06aA	4,84±0,09aA	4,91±0,13aA
	S6	5,04±0,19a AB	5,13±0,09aB	5,30±0,05aB	5,14±0,25a AB	5,38±0,17a BC
	S9	5,17±0,06abAB	4,89±0,08aA	5,14±0,24ab B	5,38±0,26b AB	5,05±0,20abAB
	S12	5,40±0,24aB	5,30±0,13aB	5,26±0,03aB	5,35±0,15aB	5,55±0,11aC
Firmeza (N)	S3	118,57±7,28aB	127,47±16,31abA	120,21±3,57aA	130,40±12,64abA	155,57±13,82bB
	S6	99,17±8,20aA	123,41±4,12abA	120,61±13,78abA	140,73±8,46bA	116,62±8,39abA
	S9	127,63±6,58aB	124,08±18,93aA	114,05±11,82aA	119,75±15,16aA	111,91±11,29aA
	S12	113,93±6,19abAB	127,28±3,55bA	113,91±6,92abA	106,03±1,26aA	115,56±5,58abA

Los valores en la misma columna precedidos de diferente letra mayúscula y los valores precedidos en la misma fila por diferente letra minúscula son significativamente diferentes ($p < 0,05$) por el Test de Tukey

Tabla 3 Contenido en sólidos solubles, pH y firmeza de muestras de pera con los diferentes tratamientos aplicados tras 15 días de aclimatación a 20°C

Parámetro	Semana	CON	ALG	CIN	EUG	CARV
CSS (°Brix)	S5	11,77±0,25 abB	12,63±0,93 bB	11,05±0,07 aA	11,53±0,87 abA	11,10±0,42 aA
	S8	10,83±0,29 aA	11,10±0,42 aA	11,47±0,31 aA	11,47±0,35 aA	11,23±0,25 aA
	S11	10,93±0,42aAB	11,20±0,32 aA	10,87±0,70 aA	11,03±0,78 aA	11,00±0,72 aA
	S14	11,13±0,31aAB	10,60±0,20 aA	10,60±0,20 aA	10,63±0,15 aA	10,43±0,40 aA
pH	S5	4,48±0,39 aA	4,84±0,06 aA	4,92±0,07 aA	4,71±0,02 aA	4,61±0,24 aA
	S8	4,74±0,11 aA	4,63±0,17 aA	4,65±0,20 aA	4,90±0,07 aAB	4,56±0,38 aA
	S11	4,89±0,16 aA	4,77±0,27 aA	4,75±0,27 aA	4,78±0,05 aA	4,83±0,12 aA
	S14	4,80±0,21 aA	5,09±0,24 aA	4,85±0,06 aA	5,01±0,14 aB	5,03±0,05 aA
Firmeza (N)	S5	17,23±3,27 abA	16,74±0,66 abA	15,00±0,60 abB	19,98±2,28 bB	13,87±1,07 aA
	S8	14,54±2,54 aA	14,55±0,28 aA	11,48±0,27 aA	13,99±2,27 aA	13,50±0,99 aA
	S11	20,64±2,74 aA	21,48±2,05 aA	16,17±1,02 aB	17,56±1,66 aBA	15,98±3,33 aA
	S14	21,84±0,76 abA	21,15±5,66 aA	16,51±0,54 aB	33,67±2,83 cC	31,38±0,91 bcB

Los valores en la misma columna precedidos de diferente letra mayúscula y los valores precedidos en la misma fila por diferente letra minúscula son significativamente diferentes ($p < 0,05$) por el Test de Tukey

Color

La apariencia de las peras varió con el paso del tiempo en condiciones de aclimatación (Figura 1), virando hacia un color amarillo intenso las peras que no estaban recubiertas. Las peras recubiertas mantenían el color verde de las muestras conservada en condiciones de refrigeración. Esta evolución ya se había percibido en ensayos anteriores con recubrimientos en base a alginato para diferentes cultivares de melocotón (26) y en recubrimientos de alginato para pera (10). Uno de los cambios más evidentes que tienen lugar durante la senescencia de los tejidos vegetales que contienen clorofila, es la desaparición de su color verde característico. En la cadena de venta, la fruta debe tener un color de fondo verde. La *desverdización* de la piel se asocia con la madurez de las frutas y se evidencia con la aparición de un color de fondo amarillo claro y de hecho sólo es adecuada para el consumo inmediato. En algunas fórmulas comerciales se ofrece la pera *Conferencia* como a punto para consumir. En este caso, las peras tienen generalmente un fondo amarillo claro. Si las peras tienden hacia el amarillo oscuro, son

demasiado maduras y ya no son más aptas para la venta (28). En nuestro caso, sin embargo, no se han detectado cambios significativos (Tabla 3) en los principales parámetros indicadores de la maduración analizados como pH y sólidos solubles indicando que el cambio de color detectado únicamente para las muestras no recubiertas fue debido a la degradación/catabolismo de la clorofila. El recubrimiento de alginato podría haber provocado sobre la pera una menor velocidad de respiración y de producción de etileno manteniendo a su vez la firmeza, y el color verde. Esta disminución de la velocidad de respiración y producción de etileno vendría dada por la falta de O₂ disponible y la activación de la enzima clorofilasa. Las atmósferas controladas ayudan a mantener el color verde de las hortalizas, probablemente por inhibición competitiva de la acción del etileno por las elevadas concentraciones de CO₂ y por la inhibición directa a consecuencia de la baja concentración de O₂ en el metabolismo y en la síntesis de etileno (29).



Figura 1 Aspecto de las muestras en la semana 14 desde la aplicación del recubrimiento (15 días de aclimatación a 20°C). De izquierda a derecha, tres muestras de alginato y tres controles sin recubrimiento

Evolución de α -farnaseno y trienoles conjugados

Se cuantificó el α -farnaseno y trienoles para determinar la efectividad antioxidante de los aceites esenciales sobre su evolución, al estar íntimamente relacionada con la aparición de escaldado superficial. En la figura 2 se aprecia un pico de acumulación de farnaseno en la semana 6, donde la acción antioxidante del eugenol varía sobre el resto de recubrimientos. Para la semana 9 se observa que el carvacrol logró mantener una mayor concentración de α -farnaseno ($p < 0,05$), respecto al resto de tratamientos. En la semana 12 de análisis la acción del carvacrol parece haber disminuido, a pesar de que junto con el control fueron las dos muestras que aún conservaban mayores concentraciones de α -farnaseno respecto al resto de tratamientos ($p < 0,05$).

En cuanto al contenido en trienoles se observa que los tratamientos se comportaron de forma similar a la evolución del α -farnaseno. El control resultó tener el mayor contenido en trienoles en la semana 12, seguido por el carvacrol, significativamente diferentes al resto de tratamientos ($p < 0,05$). Esta tendencia se va debilitando paulatinamente las siguientes semanas.

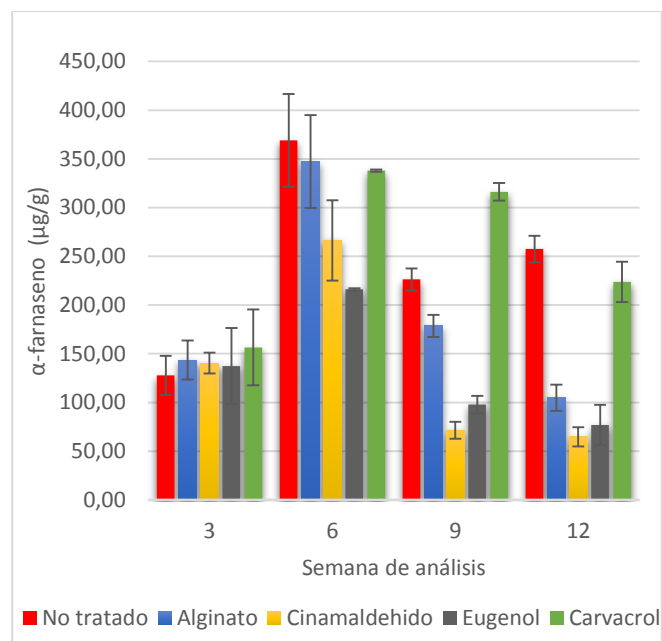


Figura 1 Evolución de α -farnaseno en condiciones de refrigeración

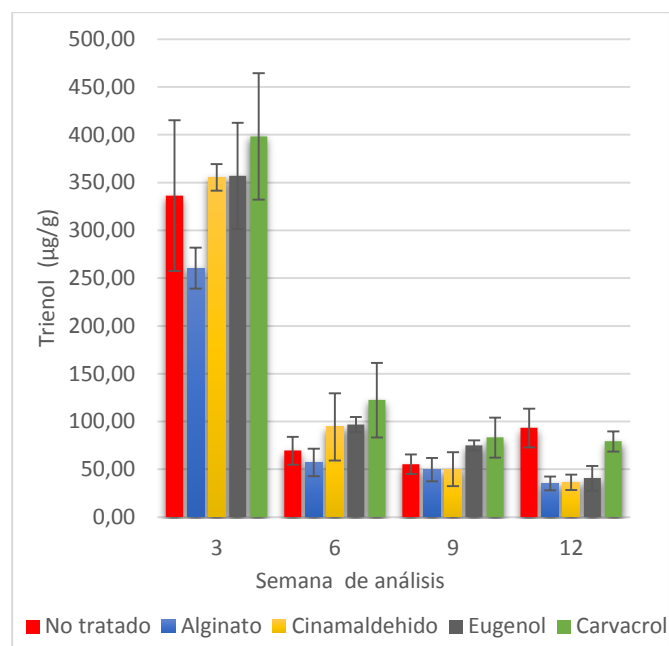


Figura 2 Evolución del contenido en trienoles en condiciones de refrigeración

Los resultados obtenidos no siguen el patrón esperado, observado por Isidoro y Almeida (23). Este hecho se debe a la tardía aplicación del recubrimiento así como en la fecha de análisis del farnaseno y trienoles. En este tipo de estudios se realiza una vez las peras han sido recolectadas, obteniéndose un pico de concentración entre los primeros 90-100 días de conservación

frigorífica (32), mientras que en nuestro caso el análisis fue más tardío, por lo que no se puede saber con certeza la acción de los antioxidantes sobre la aparición del escaldado al no tener una referencia inicial de concentración una vez las peras son recolectadas.

Evaluación sensorial

Las dos evaluaciones sensoriales realizadas en las semanas 11 (Figura 4) y semana 12 (Figura 5) del tratamiento mostraron resultados diferentes. En la primera evaluación sensorial, sobre peras con ocho horas de aclimatación, no se mostraron diferencias significativas en los parámetros evaluados.



Figura 4 Evaluación sensorial de los tratamientos tras aclimatación durante 24 horas. Se valoraron los parámetros mediante una escala de la intensidad del atributo de forma creciente del atributo del 1 al 7

Para la segunda evaluación, en la cual las peras estaban aclimatadas, la firmeza para el recubrimiento de alginato se diferenció del resto de tratamientos ($p < 0,05$) (Figura 5). Este fue el único parámetro que se diferenció en las dos evaluaciones sensoriales planteadas. A modo de observación fueron recogidas las anotaciones de los jueces, los cuales destacaron la incorporación de aceites esenciales a los recubrimientos en el sabor de las muestras para ambas evaluaciones. El recubrimiento con cinamaldehído fue comentado en las preguntas realizadas a los panelistas como el que mayor

dulzor tenía. Asimismo, el recubrimiento con eugenol fue destacado en varios comentarios de los catadores en el apartado observaciones por su mal sabor. El carvacrol también fue señalado por los jueces en la segunda evaluación como poseedor de aromas extraños no correspondientes a fruta. El resto de recubrimientos no fueron objeto de ningún apunte en el apartado de observaciones. Estos comentarios entran dentro de lo observado en otros trabajos que emplearon aceites esenciales, como observado por Aloui *et al* (33) con aceites esenciales de uva incorporados a recubrimientos de alginato sobre uvas, o como lo relatado por Rojas graü *et al* (16) donde observaron que la incorporación de concentraciones altas (0,5-1 %) de orégano implicaron una pérdida de las cualidades sensoriales de manzana cortada.

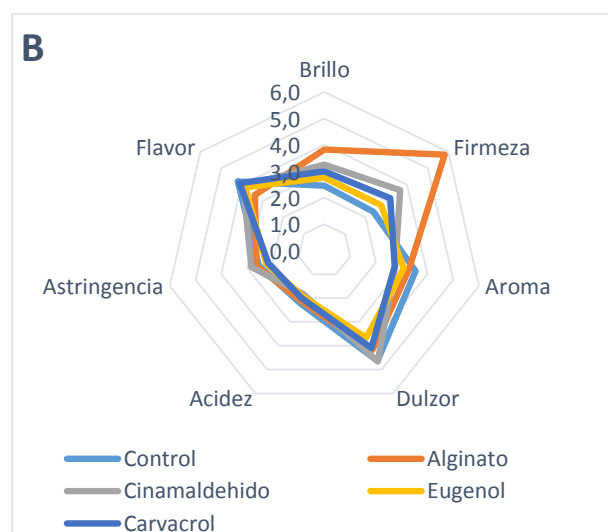


Figura 5 Evaluación sensorial de los tratamientos tras aclimatación durante 8 días. Se valoraron los parámetros mediante una escala de la intensidad del atributo de forma creciente del atributo del 1 al 7

Conclusiones

La aplicación de los recubrimientos comestibles de alginato mejoró la apariencia de las peras aclimatadas. No se obtuvieron mejoras sensibles en los parámetros de calidad más allá de estas mejoras.

En vista a los resultados obtenidos se hace necesario continuar con los estudios iniciados, adelantando la fecha de aplicación del recubrimiento, tras la recolección y lo antes posible desde que alcanzan la madurez fisiológica, y centrando la formulación de los recubrimientos en el alginato con diferentes concentraciones y el uso de compuestos activos que tengan un menor impacto sensorial sobre las muestras.

Bibliografía

- Perez Gago M., González-Aguilar GA, Olivás GI. Edible Coatings for Fruits and Vegetables. *Stewart Postharvest Rev.* 2010;6:1–14.
- Zhou R, Li Y, Yan L, Xie J. Effect of edible coatings on enzymes, cell-membrane integrity, and cell-wall constituents in relation to brittleness and firmness of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) during storage. *Food Chem [Internet]. Elsevier Ltd;* 2011 Jan [cited 2014 Nov 11];124(2):569–75. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814610007867>
- Zhou R, Mo Y, Li Y, Zhao Y, Zhang G, Hu Y. Quality and internal characteristics of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) treated with different kinds of coatings during storage. *Postharvest Biol Technol.* 2008;49(1):171–9.
- Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biol Technol.* 2008;50(1):87–94.
- Olivás GI, Barbosa-Cánovas G V. Edible Films and Coatings for fruits and Vegetables. In: Embuscado ME, Huber KC, editors. *Edible Films and Coatings for Food Applications.* Nueva York: Springer; 2009. p. 211–44.
- Guerreiro AC, Gago CMLL, Faleiro ML, Miguel MGCC, Antunes MDCC. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. *Postharvest Biol Technol [Internet]. Elsevier India Pvt Ltd;* 2015;100:226–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.002>
- Kou X-H, Guo W, Guo R, Li X, Xue Z. Effects of Chitosan, Calcium Chloride, and Pullulan Coating Treatments on Antioxidant Activity in Pear cv. “Huang guan” During Storage. *Food Bioprocess Technol [Internet].* 2013 Apr 2 [cited 2014 Nov 11];7(3):671–81. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11947-013-1085-9>
- Azaraksh N, Osman A, Ghazali HM, Tan CP, Mohd Adzahan N. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biol Technol [Internet]. Elsevier B.V.;* 2014;88:1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.09.004>
- Rojas-Graü MA, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci Technol.* 2009;20(10):438–47.
- Moraes K., Fagundes C, Melo M, Andreani P, Monteiro A. Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carrageenan. *Cienc E Tecnol Aliment.* 2012;32(4):679–84.
- Ayala Sánchez L., Valenzuela Real P, Pérez Bohórquez Y. Effect of an edible crosslinked coating and two types of packaging on antioxidant capacity of castilla blackberries. 2014;2014(June):281–6.
- Medeiros BGDS, Pinheiro AC, Teixeira J a., Vicente A a., Carneiro-da-Cunha MG. Polysaccharide/Protein Nanomultilayer Coatings: Construction, Characterization and Evaluation of Their Effect on “Rocha” Pear (*Pyrus communis* L.) Shelf-Life. *Food Bioprocess Technol [Internet].* 2011 Jan 21 [cited 2014 Nov 11];5(6):2435–45. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11947-010-0508-0>
- Rojas-Graü M a., Tapia MS, Rodríguez FJ, Carmona a. J, Martín-Belloso O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocoll.* 2007;21(1):118–27.
- Raybaudi-Massilia RM, Mosqueda-Melgar J, Martín-Belloso O. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *Int J Food Microbiol.* 2008;121(3):313–27.
- Xiao Z, Luo Y, Luo Y, Wang Q. Combined effects of sodium chlorite dip treatment and chitosan coatings on the quality of fresh-cut d’Anjou pears. *Postharvest Biol Technol [Internet]. Elsevier B.V.;* 2011 Dec [cited 2014 Nov 11];62(3):319–26. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925521411001748>
- Rojas-Graü M a., Avena-Bustillos RJ, Olsen C, Friedman M, Henika PR, Martín-Belloso O, *et al* . Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. *J Food Eng.* 2007;81(3):634–41.
- Rojas-Graü M a., Raybaudi-Massilia RM, Soliva-Fortuny RC, Avena-Bustillos RJ, McHugh TH, Martín-Belloso O. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biol Technol.* 2007;45(2):254–64.
- Chiriboga MA. Aplicación poscosecha de 1-metilciclopropeno en peras. *ITEA.* 2008;104(1):12–30.
- Soria V, Jacinta Y. El escaldado superficial en manzana granny smith. *Fisiología de la alteración y estudio de métodos de control alternativos a la difenilamina. LLEIDA;* 1999.
- Torres C, Hernández O, Fuentes M. Escaldado superficial en manzanas: Nuevos desafíos. 2012;12(1):1–6.
- Whitaker BD, Villalobos-Acuña M, Mitcham EJ, Mattheis JP. Superficial scald susceptibility and α -farnesene metabolism in “Bartlett” pears grown in California and

- Washington. Postharvest Biol Technol [Internet]. 2009 Jul [cited 2014 Nov 11];53(1-2):43–50. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925521409000830>
22. Mc Clements DJ. Characterization of emulsion properties. In: McClements (Ed.), editor. CRC Press Boca; 2005. p. pp. 461–513.
 23. Isidoro N, Almeida DPF. α -Farnesene, conjugated trienols, and superficial scald in “Rocha” pear as affected by 1-methylcyclopropene and diphenylamine. Postharvest Biol Technol [Internet]. 2006 Oct [cited 2014 Dec 11];42(1):49–56. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925521406001372>
 24. Alonso Gaité MA. Caracterización sensorial y fisico-química de manzanas reineta y pera *Conferencia*, figuras de calidad en Castilla y León. 2011.
 25. Aloui H, Khwaldia K, Sánchez-González L, Muneret L, Jeandel C, Hamdi M, *et al* . Alginate coatings containing grapefruit essential oil or grapefruit seed extract for grapes preservation. Int J Food Sci Technol. 2014;49(4):952–9.
 26. Valero D, Díaz-Mula HM, Zapata PJ, Guillén F, Martínez-Romero D, Castillo S, *et al* . Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. Postharvest Biol Technol [Internet]. Elsevier B.V.; 2013;77:1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.10.011>
 27. Hasan S, Nicolai B. Quality of pears with permeability of Bio-Fresh™ edible coatings. African J Food Sci [Internet]. 2014 Aug 31 [cited 2014 Nov 11];8(8):410–8. Available from: <http://academicjournals.org/journal/AJFS/article-abstract/03C78D246736>
 28. Dhall RK. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. Crit Rev Food Sci Nutr [Internet]. 2013;53(5):435–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23391012>
 29. Alonso J, Alique R, Sotelo C, Navarro MAMS, Ciencia D De, Vegetales DP, *et al* . Incremento de vida útil de pera cv. *Conferencia* y evolución de compuestos volátiles por la aplicación de recubrimientos comestibles. Madrid;
 30. Buchner S, Kinnear M, Crouch IJ, Taylor J, Minnaar A. Effect of kafirin protein coating on sensory quality and shelf-life of “Packham”s Triumph’ pears during ripening. J Sci Food Agric. 2011;91(15):2814–20.
 31. Amarante C, Banks NH. Ripening behaviour, postharvest quality, and physiological disorders of coated pears (*Pyrus communis*). New Zeal J Crop Hortic Sci [Internet]. 2002;30(1):49–59. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01140671.2002.9514198>
 32. Lurie S, Watkins CB. Superficial scald, its etiology and control. Postharvest Biol Technol [Internet]. Elsevier B.V.; 2012 Mar [cited 2014 Nov 11];65:44–60. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925521411002523>
 33. Aloui H, Khwaldia K, Sánchez-González L, Muneret L, Jeandel C, Hamdi M, *et al* . Alginate coatings containing grapefruit essential oil or grapefruit seed extract for grapes preservation. Int J Food Sci Technol. 2014;49(4):952–9.