

(S6-P179)

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES SOBRE CALIDAD Y COMPUESTOS FITOQUÍMICOS DE PAPAYA PRE-CORTADA

INÉS CRESPO, PEDRO ELEZ-MARTÍNEZ, CONCEPCIÓN SÁNCHEZ-MORENO, BEGOÑA DE ANCOS y M. PILAR CANO*

Departamento de Ciencia y Tecnología de Productos Vegetales, Instituto del Frío,
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
C/ José Antonio Novais 10, Ciudad Universitaria. E-28040 Madrid, España
e-mail: pcano@if.csic.es, Teléfono: +34 915492300, Fax: +34 915493627

Palabras clave: papaya pre-cortada – recubrimiento comestible – calidad – fotoquímicos

RESUMEN

El procesado mínimo de frutas se ha convertido en un objetivo importante para productores e industrias transformadoras de frutas debido a la creciente demanda de alimentos frescos, saludables y listos para ser consumidos. En el presente estudio se ha evaluado el efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles (RCs) sobre los parámetros de calidad y compuestos fitoquímicos de papaya pre-cortada. La composición de los RC fue: almidón (4%), glicerol (2%), ácido cítrico (5%) y lactato cálcico (2,5 %), estudiándose el efecto de la presencia (2,2 g/l) o ausencia de aceite esencial de canela (AEC) en el recubrimiento. Los trozos de papaya recubiertos se envasaron en bolsas de polietileno de baja permeabilidad al oxígeno, bajo atmósfera de nitrógeno y se almacenaron durante 15 días a 4 °C. Durante el almacenamiento se determinaron color, firmeza, acidez titulable, pH, sólidos solubles y totales, vitamina C y fenoles totales. No se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en los parámetros de color (ΔE) estudiados entre la papaya recubierta sin AEC y la papaya sin recubrir. La firmeza disminuyó no significativamente en la papaya recubierta a lo largo del tiempo de conservación refrigerada. El recubrimiento dio lugar a un descenso significativo del pH. Durante la conservación frigorífica, el pH aumentó en papaya recubierta, siendo significativamente mayor en las muestras sin AEC. Las variaciones en el pH se correlacionaron negativamente con la acidez. Ni el tiempo de almacenamiento ni los RCs afectaron significativamente al contenido en sólidos solubles y sólidos totales de la papaya pre-cortada. El contenido en vitamina C fue significativamente mayor en la papaya recubierta que en la no recubierta durante 11 días a 4 °C. El contenido en fenoles aumentó significativamente hasta un máximo el primer día de almacenamiento para la papaya sin recubrir y la recubierta sin AEC. Sin embargo, en las muestras con AEC se observó un aumento gradual de fenoles totales durante el almacenamiento, alcanzando al final del mismo un contenido significativamente mayor que en las muestras sin recubrir y que en las recubiertas sin AEC. El recubrimiento compuesto por almidón (4%), glicerol (2%), ácido cítrico (5%), lactato cálcico (2,5 %) y aceite esencial de canela (2,2 g/l) permitió garantizar la calidad y la estabilidad de vitamina C total y fenoles totales de la papaya pre-cortada envasada en atmósfera de nitrógeno durante 11 días a 4 °C.

EFFECT OF THE APPLICATION OF EDIBLE COATINGS ON QUALITY AND PHYTOCHEMICAL COMPOUNDS OF PRE-CUT PAPAYA

Keywords: pre-cut papaya – edible coating – quality – phytochemicals

ABSTRACT

Minimal processing of fruits has become an important goal for the fruit processing industry due to the increasing demand of fresh, healthy and ready-to-eat foods. The effect of the application of edible coatings on quality parameters and phytochemicals of pre-cut papaya was evaluated in the present work. Edible coating composition was: starch (4%), glycerol (2%), citric acid (5%), calcium lactate (2.5%). The addition of cinnamon essential oil (CEO) (2.2 g/l) to the coat was also studied. Pre-cut papaya was coated and packaged in polyethylene bags of low permeability to oxygen under nitrogen atmosphere, and was stored for 15 days at 4 °C. Colour, firmness, titratable acidity, pH, soluble solids, total solids, vitamin C and total phenolics were analyzed during storage. Colour parameters (ΔE) differences between coated papaya without CEO and non-coated papaya were not significantly ($P < 0.05$). Coated papaya firmness decreased not significantly during storage. Coating decreased significantly papaya pH value. During refrigerate storage, pH of coated papaya increased, with higher variations in coated papaya with CEO. The pH changes were negatively correlated with titratable acidity. Neither soluble solids nor total solids were significantly affected by storage time and edible coating. During storage, vitamin C content was lower in uncoated papaya than in coated papaya. Phenolic content reached a maximum the first day of storage in non-coated pre-cut papaya and in that coated without CEO, but phenolics significantly increased during storage in samples coated with CEO. The edible coating composed by starch (4%), glycerol (2%), citric acid (5%), calcium lactate (2.5%) and cinnamon essential oil (CEO) (2.2 g/l) guaranteed the quality and the stability of vitamin C and total phenolic of pre-cut papaya packaged under nitrogen atmosphere for 11 days at 4 °C.

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta nativa de América tropical, fundamentalmente México y otros países de Centro América y el Caribe, pero actualmente, se ha extendido su cultivo a otras regiones tropicales y subtropicales del Mundo como Hawaii, Florida, África Oriental, Sudáfrica, India, Malasia, Australia e Islas Canarias (España) (Sidhu, 2006). La papaya es una fruta frecuentemente consumida tanto en fresco como en productos derivados en zonas tropicales, si bien en los últimos 10 años y gracias a los avances en las técnicas postcosecha, su consumo se ha extendido a numerosos países de Europa incluido España (Sankat y Maharaj, 1997). La papaya es un alimento nutritivo y saludable, y muy apreciado por el atractivo color de su pulpa, succulencia, sabor y aromas característicos (Desai y Wagh, 1995). La papaya es una importante fuente de vitaminas C (62 mg/100 g pf) y A (175 µg ER), minerales especialmente potasio (257 mg/100 g pf) y carotenoides que además de tener actividad de pro-vitamina A, presentan propiedades antioxidantes (β -caroteno, β -criptoxantina, luteína, zeaxantina y licopeno). El consumo de esta fruta se ha incluido en numerosas dietas de adelgazamiento por su alto contenido en nutrientes (vitaminas y minerales) y bajo aporte calórico (39 kcal/100 g) debido a su bajo contenido en carbohidratos, fundamentalmente azúcares sencillos como sacarosa, glucosa y fructosa. Además es una fruta que facilita la digestión de otros alimentos gracias a la presencia de una enzima proteolítica

conocida como papaína por lo que esta fruta se utiliza como medida terapéutica en determinadas afecciones de estómago e intestino (Jayaraman, 1988).

La comercialización de frutas y vegetales frescos pre-cortados se ha incrementado en los últimos años ya que son consideradas como una alternativa de consumo sencilla y conveniente para proporcionar a los consumidores alimentos nutritivos, saludables y fáciles de preparar y consumir (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2003). Además, los últimos avances en las técnicas de procesado, envasado y almacenamiento ha permitido ofrecer al consumidor alimentos frescos, seguros y saludables durante tiempos de almacenamiento convenientes.

En las Islas Canarias se están buscando soluciones que permitan dar un valor añadido a la producción de fruta tropical, lo que permitiría a los productores y procesadores locales competir en el mercado peninsular español y en el resto de Europa con las frutas tropicales que son importadas de terceros países. Atendiendo a las demandas actuales de los consumidores, la comercialización de papaya pre-cortada podría ser una alternativa al consumo de papaya fresca, lo que permitiría mejorar los márgenes de venta de los productores y procesadores locales y ofrecer nuevos productos a los consumidores en el marco de la restauración colectiva (hoteles, comedores colectivos) o en el consumo doméstico.

Las frutas mínimamente procesadas son más perecederas que las frutas enteras de las que provienen debido al deterioro fisiológico y a los cambios bioquímicos y a las alteraciones microbiológicas producidas como consecuencia del procesado que dan lugar a la degradación del color, la textura, el aroma y el sabor del producto (Ahvenainen, 1996). Los recubrimientos comestibles (RCs) están ganando importancia como una alternativa para reducir los efectos perjudiciales generados por el procesado mínimo de las frutas frescas cortadas. La barrera semipermeable creada por los RCs tiene como objetivo alargar la vida útil de los productos frescos cortados mediante la reducción de la migración de agua y de solutos, del intercambio gaseoso, de la respiración, de la velocidad de las reacciones oxidativas, así como la supresión de los desórdenes fisiológicos. Los RC también pueden utilizarse como transportadores de aditivos alimentarios como agentes antimicrobianos y antipardecimiento, colorantes, aromas, sabores, nutrientes y especias. En los trabajos de Baldwin et al. (1995ab), Park (1999) y Olivas y Barbosa-Cánovas (2005) se resumen resultados sobre el potencial de los RCs para alargar la vida útil y mejorar la calidad de frutas y hortalizas mínimamente procesadas.

Los RCs de base polisacárida suelen utilizarse en frutas cortadas ya que reducen la tasa respiratoria y el intercambio de gases gracias a su permeabilidad selectiva al O₂ y al CO₂, aunque son una barrera deficiente al vapor de agua. La incorporación de otros componentes tales como lípidos, generalmente, mejoran las propiedades de barrera al vapor de agua de este tipo de recubrimientos. Entre los polisacáridos empleados como base para RC de frutas frescas cortadas se encuentran: alginato, gelano, carragenato, carboximetilcelulosa y metilcelulosa para manzana (Baldwin et al., 1996; Lee et al., 2003; Perez-Gago et al., 2005; Zuo et al., 2006; Rojas-Graü et al., 2007a), metilcelulosa para pera (Olivas et al., 2003), y carboximetilcelulosa, quitosano y almidón para mango (Freire et al., 2006; Chien et al., 2007). Otro componente importante de los RCs son los agentes plastificantes, que se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los RC. Entre éstos, el más utilizado en los RC de frutas cortadas es el glicerol (Baldwin et al., 1996; Lee et al., 2003; Perez-Gago et al., 2003, 2005, 2006; Freire et al., 2006; Rojas-Graü et al., 2007a). Además, también se utilizan antioxidantes, antimicrobianos y reafirmantes de la textura con el fin de mejorar las propiedades de los RCs. Se han utilizado agentes antioxidantes como el ácido cítrico, el ácido ascórbico, el ácido oxálico, la cisteína, el glutatión, y el 4-hexilresorcinol (Baldwin et al., 1996; McHugh y Senesi, 2000; Lee et al., 2003; Olivas et al., 2003; Freire et al., 2006; Perez-Gago et al., 2006; Rojas-Graü et al., 2007a), y agentes reafirmantes como el cloruro de calcio y el lactato del calcio (Baldwin et al., 1996; Lee et al., 2003; Olivas et al., 2003; Freire et al.,

2006; Zuo et al., 2006). Los RCs con sustancias antimicrobianas protegen de forma efectiva a las frutas frescas cortadas frente a la contaminación microbiana mediante la retención de los antimicrobianos en la superficie de la fruta cortada donde son necesarios, evitando la difusión en el tejido (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2005). Baldwin et al. (1996) incorporaron sorbato potásico y benzoato sódico a los RCs para controlar la microbiota en manzana mínimamente procesada, y Olivas et al. (2003) estudiaron lo propio con sorbato potásico en rodajas de pera. En los últimos tiempos, se está estudiando la incorporación de aceites esenciales a los RC como agentes antimicrobianos (Cagri et al., 2004; Cha y Chinnan, 2004). Rojas-Graü et al. (2006, 2007b) propusieron el uso de aceites esenciales de origen vegetal (canela, orégano y hierba de limón) para preparar RC antimicrobianos a base de puré de manzana.

En la bibliografía existen algunos trabajos donde se estudia la vida útil y la calidad de papaya fresca cortada durante su almacenamiento (O'Connor-Sahw et al., 1994; Paull y Chen, 1997; Karakurt y Huber, 2003; Rivera-López et al., 2005; Chauhan et al., 2006; Ergun et al., 2006). Sin embargo, en la bibliografía no existe información disponible relacionada con el efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles sobre la calidad y los compuestos fitoquímicos de papaya fresca cortada. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto que ejerce la aplicación de recubrimientos comestibles sobre los parámetros de calidad y los compuestos fitoquímicos de papaya pre-cortada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol), proporcionada por el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (Tenerife, España), en un estado de madurez anterior al comercial (50% verde-50% amarillo) se almacenó a 12 °C hasta su procesado. Se empleó una solución de 100 ppm de hipoclorito sódico (Panreac Química, Barcelona, España) para la higienización de la materia prima. Se utilizó almidón de arroz (Almidones y Derivados, S.L., Valencia, España) como base del recubrimiento y glicerol (Panreac Química) como plastificante. El ácido cítrico (Sigma Aldrich Chemicals, St. Louis, USA), el lactato cálcico (Panreac Química) y el aceite esencial de canela (AEC) (Farmacia Serra Mandri, Barcelona, España) se utilizaron como agentes antioxidante, texturizante y antimicrobiano, respectivamente. El hidróxido de sodio 0,1 N, el ácido metafosfórico, el ácido sulfúrico, el reactivo de Folin-Ciocalteu, el carbonato cálcico se adquirieron de Panreac Química. El ácido ascórbico y el DL-ditiotreitol se adquirieron de Sigma Aldrich Chemicals (St Louis, MO, USA), el ácido acético glacial y el ácido gálico de Merck (Dasmstadt, Alemania) y el metanol de Lab-Scan (Dublín, Irlanda).

Procesado

Los frutos de papaya enteros se higienizaron en una disolución de 100 ppm de NaClO durante 2 min. A continuación se escurrieron sobre papel de filtro y se procedió a su pelado con cuchillo afilado. La fruta pelada se dividió en dos mitades, se eliminaron las semillas y se troceó en rodajas de 1-1,5 cm. La papaya troceada se dividió en dos lotes: uno se sumergió durante 2 min en una disolución que contenía un 5% de ácido cítrico (p/v), un 2,5% de lactato cálcico (p/v) y 2,2 g/l de aceite esencial de canela-AEC, y otro lote, también dos minutos, en solución de 5% de ácido cítrico (p/v), un 2,5% de lactato cálcico (p/v) sin AEC. Después de escurrir, los trozos de papaya de los dos lotes (con y sin AEC) se sumergieron durante 2 min en una disolución de un 4% de almidón (p/v) y 2% de glicerol (p/v) para la formación del recubrimiento. La temperatura de ambos baños fue de 10 °C. Estos recubrimientos se seleccionaron en estudios previos basándose en el mayor control del desarrollo microbiológico (Crespo et al., 2006). Una vez escurrida las rodajas de papaya tratadas se

secaron en corriente de aire durante 15 min. El lote de papaya troceada sin recubrir se utilizó como control. A continuación, 160 g de rodajas de papaya no recubierta y la recubierta con y sin AEC se envasaron en bolsas de polietileno de baja permeabilidad al O₂ (30 cm³/m²/bar/día, CRYOVAC Europe, Grace, S.A., Sant Boi de Llobregat, Barcelona, España) bajo atmósfera de nitrógeno con una relación producto:gas de 1:2. Las muestras se almacenaron en ausencia de luz a 4 °C durante 15 días.

Color

El color de la papaya se midió utilizando un colorímetro de reflectancia triestímulo (HunterLab, model D25 A9, Hunter, Reston, VA, USA) calibrado con un estándar blanco (X=82,51; Y=84,53; Z=101,23). La luminosidad (L*), la tonalidad verde-roja (a*) y la tonalidad azul-amarilla (b*) se determinaron y los resultados se expresaron como diferencia de color ($\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$).

Firmeza

La firmeza de los trozos de papaya se determinó con un equipo de ensayo de alimentos INSTRON modelo 4501 (Instron, Canton, MA, USA) utilizando una célula de carga de 5kN y el programa Instron serie IX. Se realizó un ensayo de Kramer en una celda Kramer con 50 g de trozos de papaya. Los resultados se expresaron como fuerza máxima por gramo de papaya.

pH y acidez titulable

De una mezcla de trozos de papaya se tomó una cantidad (10 g) y se mezcló con 20 ml de agua desionizada en un ultrahomogeneizador (Omni mixer, modelo ES-207, Omni International Inc, Gainesville, VA, USA). La mezcla se calentó a 100 °C, a continuación se añadieron 20 ml de agua desionizada y la mezcla resultante se enfrió a 20 °C. El pH se midió con un pH-metro (Microph2000, Crisol, Barcelona, España). Después de la determinación del pH, la disolución se valoró con NaOH 0,1 N hasta pH 8,1 y los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico [gramos ácido cítrico/100 gramos peso fresco (pf)].

Sólidos solubles

Los sólidos solubles de la papaya se determinaron utilizando un refractómetro digital (ATAGO, Tokyo, Japón) a 20 °C y los resultados se expresaron como grados Brix.

Sólidos totales

Los sólidos totales se determinaron en estufa (JP Selecta, Barcelona, España) a 90 °C hasta secado total de las muestras y peso constante. Los resultados se expresaron como gramos de sólidos totales/100 gramos pf.

Vitamina C

El ácido ascórbico y la vitamina C total (ácido ascórbico+ácido dehidroascórbico) se determinaron mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) siguiendo el método descrito por Sánchez-Moreno et al. (2003) con algunos cambios. La vitamina C total se determinó mediante la reducción de ácido dehidroascórbico a ácido ascórbico, utilizando DL-ditiotreitol como agente reductor de acuerdo con el método de Sánchez-Mata et al. (2000).

Una muestra de 7,5 g de papaya se homogeneizó en un ultrahomogeneizador (Omni mixer, modelo ES-207, Omni International Inc, Gainesville, VA, USA) con 20 ml de disolución de extracción (30 g/l ácido metafosfórico + 80 g/l ácido acético glacial). La mezcla resultante se centrifugó a 11000 rpm durante 10 min a 5 °C (Centrífuga, Sorvall RC-5B, Termo Scientific, Waltham, MA, USA). Las muestras se filtraron con filtros de nylon de 0,45

μm y 20 μl de cada extracto se analizaron mediante HPLC. Los resultados de ácido ascórbico se expresaron como miligramos de ácido ascórbico por 100 gramos pf de papaya.

Se mezcló una alícuota del extracto anterior (0,5 ml) con 3 ml de una disolución 20 g/l de ditiotreitol durante 2 horas en la oscuridad y a temperatura ambiente. Las muestras se filtraron a través de filtros de nylon de 0,45 μm y 20 μl de cada extracto se analizaron mediante HPLC. Los resultados de vitamina C total se expresaron como miligramos de ácido ascórbico por 100 gramos pf de papaya.

Los análisis se llevaron a cabo en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución Agilent serie 1.100 (Agilent Technologies, Wilmington, DE), empleando como fase móvil una solución de ácido sulfúrico (0,1 g/l), y como fase estacionaria una columna C18 (modelo Mediterranean Sea de 250×4,6 mm y 5 μm de tamaño de partícula, Teknokroma, Barcelona, España), seguido de un detector de UV-visible de diodos a 245 nm (serie 1100, Agilent Technologies, Wilmington, DE). La identificación del ácido ascórbico se llevó a cabo por comparación con el tiempo de retención y el espectro UV-vis con el patrón correspondiente.

Fenoles totales

El contenido en fenoles totales se determinó por un método espectrofotométrico empleando el reactivo de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). La extracción de los fenoles se realizó homogeneizando en un ultrahomogeneizador (Omni mixer, modelo ES-207, Omni International Inc, Gainesville, VA, USA) 5 g de papaya con 20 ml de una mezcla de metanol/agua (80/20). Se filtró el homogeneizado y se enrasó hasta 50 ml con agua destilada. La determinación del contenido en fenoles totales se realizó mezclando 1 ml del extracto con 7,5 ml de agua, 0,5 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu y 1 ml de una disolución saturada de carbonato sódico. Después de mantener la mezcla durante 1 hora en la oscuridad, se midió la absorbancia a 760 nm (Amersham Pharmacia Biotech Ultrospec 4300, Biochrom Ltd., Cambridge, UK). El contenido de fenoles totales se expresó como equivalentes de ácido gálico (miligramos ácido gálico por 100 gramos pf).

Estadística

Las determinaciones analíticas se realizaron por triplicado en cada uno de los dos replicados de tratamiento. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Statistical Graphics Corporation, Inc, Rockville, MD, USA). Se aplicó un análisis de varianza multifactorial (ANOVA) para determinar el efecto de los recubrimientos comestibles y del tiempo de almacenamiento sobre los parámetros estudiados (LSD tipo III) con un nivel de confianza del 95% ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color

La aplicación de RCs a la papaya pre-cortada dio lugar a cambios significativos en el color de la papaya, siendo esta diferencia de color con respecto al control significativamente mayor cuando se empleó un RC con AEC (Figura 1). Durante el periodo de almacenamiento, no se apreciaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la papaya recubierta sin AEC y la no recubierta y, además el valor de este parámetro ΔE permaneció constante para los dos productos. Sin embargo, las variaciones de color iniciales observadas en la papaya recubierta con AEC se mantuvieron a lo largo del almacenamiento. Rivera-López et al. (2005) y Ergun et al. (2006) tampoco observaron variaciones de color en papaya fresca cortada durante durante 18 y 10 días, respectivamente, a 5 °C, si bien no se han encontrado datos sobre papaya tratada con un RC.

Firmeza

La firmeza de la papaya pre-cortada se incrementó significativamente con la aplicación de RC con lactato cálcico como ingrediente (Figura 2). No se observó descenso de firmeza a lo largo del tiempo de almacenamiento en la papaya pre-cortada control, mientras que se cuantificó un descenso de la firmeza no significativo a lo largo del tiempo en la papaya recubierta, siendo más evidente en la papaya recubierta con AEC. Los resultados obtenidos para la papaya pre-cortada sin recubrimientos contrastan con los obtenidos por Rivera-López et al. (2005) y Chauhan et al. (2006), estos autores observaron pérdidas considerables en la firmeza de papaya mínimamente procesada durante su almacenamiento a 5 °C y 6 °C, respectivamente. Las diferencias entre los resultados obtenidos en el presente trabajo y las encontradas en la bibliografía podrían atribuirse al empleo de papayas de variedades distintas y de estados de madurez diferentes.

Acidez titulable y pH

Inicialmente, la acidez titulable fue significativamente más elevada (37,5%) en la papaya pre-cortada recubierta que en la papaya control sin recubrimiento debido a que los RC contenían ácido cítrico en su composición. Asimismo, el pH de la papaya control (pH=5,9) disminuyó significativamente tras el recubrimiento (pH=5,6 sin AEC y pH=5,3 con AEC). El pH (5,9) y la acidez titulable (0,088 mg acid cítrico/100 g pf) de la papaya control no se modificaron hasta el día 11 de almacenamiento, en el que se detectó una disminución del pH y un aumento de la acidez titulable. Cuando se aplicó el recubrimiento a la papaya, se observó un aumento continuado de pH y una disminución de la acidez titulable durante la conservación, de tal forma que al final del periodo de almacenamiento, la acidez titulable fue significativamente más baja (23%) en la papaya pre-cortada recubierta que en la papaya control sin recubrir (Figura 3). El incremento del valor de pH fue mayor cuando se utilizó un RC sin aceite esencial de canela. Estos resultados coinciden con los resultados publicados por Chauhan et al. (2006) respecto al comportamiento de la papaya fresca cortada sin recubrir, en los que observaron un descenso del pH en el día 30 de almacenamiento a 6 °C.

Sólidos solubles y sólidos totales

Los valores iniciales de sólidos solubles fueron estadísticamente iguales ($P>0,05$) para la papaya recubierta y la no recubierta, con un valor medio de 9,48 °Brix. El contenido en sólidos solubles de la papaya pre-cortada recubierta se mantuvo constante durante todo el periodo de almacenamiento. Sin embargo, los sólidos solubles de la muestra control sin RC aumentó significativamente (10,5%) durante la conservación frigorífica a 4 °C (Tabla 1). Rivera-López et al. (2005) observaron un descenso en el contenido en sólidos solubles durante el almacenamiento a 5 °C de papaya fresca cortada sin recubrir. Estas diferencias con respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio podrían ser debidas al diferente grado de madurez de las papayas empleadas y, en consecuencia, a los diferentes procesos metabólicos que se hayan podido desarrollar durante el periodo de conservación. Ni los RCs ni el tiempo de almacenamiento afectaron significativamente ($P>0,05$) al contenido en sólidos totales de la papaya pre-cortada (Tabla 1).

Vitamina C

El contenido inicial de vitamina C de la papaya fue de 49,67 mg ácido ascórbico/100 g pf y la concentración en ácido ascórbico y vitamina C total de la papaya pre-cortada sin recubrir y recubierta se muestran en la Tabla 2. El recubrimiento sin AEC dio lugar a un descenso significativo del 12% en la concentración de vitamina C extraída, mientras que el recubrimiento la reducción no significativa fue del 9%. Durante el almacenamiento, la vitamina C total no varió significativamente en la papaya sin recubrir y en la recubierta con y

sin AEC, si bien se observó un máximo en el contenido de vitamina C total en el día octavo de almacenamiento en los RCs con AEC. El contenido de ácido ascórbico de los productos de papaya pre-cortada estudiados mostró un comportamiento similar. Por tanto, los resultados muestran que la adición de aceite esencial de canela-AEC pudo impulsar algún mecanismo fisiológico que activase la síntesis de ácido ascórbico y por tanto de vitamina C total en la mitad del periodo de conservación refrigerada. Rivera-López et al. (2005) observaron disminución en el contenido de vitamina C de papaya fresca cortada no recubierta conservada a 5 °C a partir del décimo día de almacenamiento. No obstante, en el presente estudio no se observó degradación de vitamina C durante los 15 días de conservación a 4 °C. La reducción significativamente mayor de vitamina C observada en el estudio de Rivera-López et al. (2005) podría deberse a que el envasado se llevó a cabo con aire y, por tanto, la presencia de oxígeno pudo contribuir a la oxidación de la vitamina C, mientras que en el presente estudio la concentración de oxígeno en el espacio de cabeza fue mínima, dado que se realizó un envasado bajo atmósfera de nitrógeno.

Fenoles totales

El contenido en fenoles totales de la papaya pre-cortada sin recubrir (53,90 mg ácido gálico/100 g pf) y la recubierta sin AEC (54,06 mg ácido gálico/100 g pf) se incrementó significativamente (6-10%) en el primer día de almacenamiento, para posteriormente iniciarse una disminución significativa durante la conservación a 4 °C (Tabla 3). Este incremento durante los primeros momentos del almacenamiento podría atribuirse a la respuesta fisiológica de la papaya a los tratamientos realizados (pelado, corte, tratamientos). Por otro lado, la papaya pre-cortada recubierta con AEC mostró un incremento continuo durante el almacenamiento en el contenido fenólico, alcanzando un valor máximo hacia el final de la conservación (60,10 mg ácido gálico por 100 g pf) que fue un 18% y un 9,5% más alto que en la papaya sin recubrir y en la recubierta sin AEC, respectivamente. El aumento del contenido fenólico a lo largo de la conservación en las muestras cuyo RC contenía AEC pudo ser debido a la liberación de los compuestos de naturaleza fenólica que contiene el recubrimiento aplicado.

CONCLUSIONES

La viabilidad de la aplicación de recubrimientos comestibles para la conservación de la calidad de papaya pre-cortada ha quedado demostrada. El recubrimiento comestible compuesto por almidón (4%), glicerol (2%), ácido cítrico (5%), lactato cálcico (2,5%) y aceite esencial de canela (2,2 g/l) permitió garantizar la calidad y la estabilidad de vitamina C y fenoles totales de la papaya pre-cortada envasada en atmósfera de nitrógeno durante 11 días a 4 °C.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a través del proyecto RTA04-171-C2-2 del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) (España) y del Proyecto CYTED XI.22. P. Elez-Martínez agradece al Ministerio de Educación y Ciencia (España) su contratación dentro del Programa Juan de la Cierva.

BIBLIOGRAFÍA

Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 7: 179-187.

Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M.O.; Baker, R.A. 1995a. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30: 35-38.

Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M.O.; Baker, R.A. 1995b. Use of edible coatings to preserve the quality of lightly (and slightly) processed products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35: 509-524.

Baldwin, E.A.; Nisperos, M.O.; Chen, X.; Hagenmaier, R.D. 1996. Improving life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 9: 151-163.

Cagri, A.; Ustunol, Z.; Ryser, E.T. 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*, 67 (4): 833-848.

Cha, D.S.; Chinnan, M.S. 2004. Biopolymer-based antimicrobial packaging: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44: 223-237.

Chauan, O.P.; Raju, P.S.; Shylaja, R.; Dasgupta, D.K.; Bawa, A.S. 2006. Synergistic effects of modified atmosphere and minimal processing on the keeping quality of pre-cut papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81 (5): 903-909.

Chien, P.; Sep, F.; Yang, F. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, 78: 225-229.

Crespo, I.; de Ancos, B.; Sánchez González, L.; Sánchez-Moreno, C.; Elez-Martínez, P.; Cano, M.P. 2006. Application of edible coatings to the preservation of minimally processed papaya. *Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria*. Sevilla, España. Libro de resúmenes, p. 26.

Desai, U.T.; Wagh, A.N. 1995. Papaya. In: Salunke, D.K.; Kadam, S.J. (eds.). *Handbook of fruits science and technology production, composition, storage and processing*. Marcel Dekker. New York, USA.

Ergun, M.; Huber, D.J.; Jeong, J.; Bartz, J.A. 2006. Extended shelf life and quality of fresh-cut papaya derived from ripe fruit treated with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131 (1): 97-103.

Freire JR., M.; Lebrun, M.; Ducamp, M.N.; Reynes, M. 2006. Evaluation of edible coagins in fresh cuts mango fruits. *Alimentaria*, 369: 85-91.

Jayaram, K.S. 1988. Development of intermediate moisture tropical fruits and vegetables products. Technological problems and prospects. In: Seow, C.C. (ed.). *Food Preservation by Moisture Control*. Elsevier Applied Science. Essex, UK.

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

Lee, J.Y.; Park, H.J.; Lee, C.Y.; Choi, W.Y. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *LWT-Food Science and Technology*, 36: 323-329.

McHugh, T.H.; Senesi, E. 2000. Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, 65 (3): 480-485.

Olivas, G.I.; Rodriguez, J.J.; Barbosa-Cánovas, G.V. 2003. Edible coatings composed of methylcellulose, stearic acid, and aditives to preserve quality of pear wedges. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27: 299-320.

Olivas, G.I.; Barbosa-Cánovas, G.V. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45: 657-670.

O'Connor-Shaw, R.E.; Roberts, R.; Ford, A.L.; Nottingham, S.M. 1994. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *Journal of Food Science*, 59 (6): 1202-1206.

Park, H.J. 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 254-260.

Paull, R.E.; Chen, W. 1997. Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 12: 93-99.

Perez-Gago, M.B.; Serra, M.; Alonso, M.; Mateos, M.; del Río, M.A. 2003. Effect of solid content and lipid content of whey protein isolate-beeswax edible coatings on color change of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, 68 (7): 2186-2191.

Perez-Gago, M.B.; Serra, M.; Alonso, M.; Mateos, M.; del Río, M.A. 2005. Effect of whey protein- and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 36: 77-85.

Perez-Gago, M.B.; Serra, M.; del Río, M.A. 2005. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 84-92.

Rivera-López, J.; Vázquez-Ortiz, F.A.; Ayala-Zavala, J.F.; Sotelo-Mundo, R.R.; González-Aguilar, G.A. 2005. Cutting shape and storage temperature affect overall quality of fresh-cut papaya cv. "Maradol". *Journal of Food Science*, 70 (7): S482-S489.

Rojas-Graü, M.A.; Avena-Bustillos, R.J.; Friedman, M.; Henika, P.R.; Martín-Belloso, O.; McHugh, T.H. 2006. Mechanical, barrier, and antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 9262-9267.

Rojas-Graü, M.A.; Tapia, M.S.; Rodríguez, F.J.; Carmona, A.J.; Martín-Belloso, O. 2007a. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids*, 21: 118-127.

Rojas-Graü, M.A.; Avena-Bustillos, R.J.; Olsen, C.; Friedman, M.; Henika, P.R.; Martín-Belloso, O.; Pan, Z.; McHugh, T.H. 2007b. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. *Journal of Food Engineering*, 81: 634-641.

Sánchez-Mata, M.C.; Cámara-Hurtado, M.; Díez-Marques, C.; Torija-Isasa, M.E. 2000. Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of green beans (*Phaseolus vulgaris* L). *European Food Research and Technology*, 210: 270-276.

Sánchez-Moreno, C.; Plaza, L.; De Ancos, B.; Cano, M.P. 2003. Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 430-439.

Sankat, C.K.; Maharaj, R. 1997. Papaya. p. 167-189. In: Mitra, S.K. (ed.). *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical foods*. CAB International. New York, USA.

Sidhu, J.S. 2006. Tropical fruits: guava, lychee, and papaya. p. 597-634. In: Hui, Y.H.; Barta, J.; Cano, M.P.; Gusek, T.; Sidhu, J.S.; Sinha, N. (eds.). *Handbook of fruits and fruit processing*. Blackwell Publishing. Ames, Iowa, USA. 697 pp.

Singleton, V.L.; Rossi, J.A., Jr. 196). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.

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

Vodjani, F.M. Torres, A. 1990. Potassium sorbate permeability of methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose coatings: Effect on fatty acids. *Journal of Food Science*, 55 (3): 841-846.

Zuo, L.; Lee, J.H. 2006. Application of statistical experimental design to improve the quality of fresh-cut apple cubes by edible coatings with alginate. *Food Science and Biotechnology*, 15 (6): 825-832.

Tabla 1. Sólidos solubles y sólidos totales de de papaya pre-cortada sin recubrir (control), recubierta sin aceite esencial de canela (No AEC) y recubierta con aceite esencial de canela (AEC) durante el almacenamiento refrigerado a 4 °C.

Tiempo	Sólidos solubles (° Brix)			Sólidos totales (g/100 g pf)		
	Control	No AEC	AEC	Control	No AEC	AEC
Día 0	9,58±0,72ABa	9,45±0,47ABa	9,40±0,47Aa	12,98±0,38ABb	10,75±0,29ABa	11,69±0,60Aab
Día 1	9,18±0,13Aa	9,03±0,13Aa	10,15±0,98Bb	12,10±0,62ABa	10,21±0,00Aa	11,12±0,94Aa
Día 4	9,88±0,49BCb	9,18±0,44ABa	10,10±0,24Bb	13,01±0,21Ba	11,45±1,30ABa	12,14±0,47Aa
Día 8	10,88±0,39Db	10,23±0,26Ba	9,78±0,17ABa	12,41±0,67ABa	11,20±0,56ABa	12,27±0,73Aa
Día 11	10,30±0,18Cdb	9,60±0,41Ca	9,83±0,17ABa	12,28±0,22ABab	11,48±0,14ABa	12,49±0,44Aa
Día 15	10,53±0,21Dc	9,25±0,17ABa	9,78±0,15ABb	11,89±0,37Aa	11,77±0,38Ba	11,69±0,80Aa

Letras (A, B, C,...) diferentes dentro de un mismo tratamiento y parámetro de medida implican diferencias significativas ($P<0,05$) debidas al tiempo en la conservación

Letras (a, b, c,...) diferentes dentro de un mismo día y parámetro de medida implican diferencias significativas ($P<0,05$) debidas al tratamiento aplicado

Tabla 2. Contenido en ácido ascórbico y vitamina C total de papaya pre-cortada sin recubrir (control), recubierta sin aceite esencial de canela (No AEC) y recubierta con aceite esencial de canela (AEC) durante el almacenamiento refrigerado a 4 °C.

Tiempo	Ácido Ascórbico (mg ácido ascórbico/100 g pf)			Vitamina C total (mg ácido ascórbico/100 g pf)		
	Control	No AEC	AEC	Control	No AEC	AEC
Día 0	45,78±2,54Aa	41,48±4,83Aa	41,91±0,92Aa	49,67±2,61ABb	43,84±4,54Aa	44,85±0,12Aab
Día 1	48,71±0,64Ab	43,13±4,06Aa	48,08±3,04DEb	53,63±1,21Bb	47,14±4,39ABa	49,74±2,59Bab
Día 4	48,37±0,17Ab	49,16±0,59Bb	45,56±1,61BCa	51,22±0,34Bb	51,44±0,28Bb	49,99 0,44Ba
Día 8	48,14±3,30Ab	42,55±0,83Aa	50,89±0,24Eb	51,28±3,41Bb	44,98±1,21Aa	53,61±0,03Cb
Día 11	45,58±3,40Aa	44,96±4,93 ABa	47,18±0,11CDa	48,63±1,97Aa	48,08±5,61ABa	49,40±0,48Ba
Día 15	48,45±0,33Ab	45,86±3,70 ABab	43,58±0,21ABa	50,55±1,45Bc	46,83±2,69ABb	45,71±0,19Aa

Letras (A, B, C,...) diferentes dentro de un mismo tratamiento y parámetro de medida implican diferencias significativas ($P<0,05$) debidas al tiempo en la conservación.

Letras (a, b, c,...) diferentes dentro de un mismo día y parámetro de medida implican diferencias significativas ($P<0,05$) debidas al tratamiento aplicado

Tabla 3. Contenido en fenoles totales de papaya pre-cortada sin recubrir (control), recubierta sin aceite esencial de canela (No AEC) y recubierta con aceite esencial de canela (AEC) durante el almacenamiento refrigerado a 4 °C.

Tiempo	Fenoles Totales (mg ácido gálico/100 g pf)		
	Control	No AEC	AEC
Día 0	53,90±0,57Ca	54,06±4,05Aa	54,30±1,52Aa
Día 1	57,23±0,43Da	59,25±2,93Ba	55,67±3,34ABa
Día 4	52,42±1,47Ba	55,75±0,43ABab	59,03±4,01BCb
Día 8	54,21±0,83Ca	54,21±1,12Aa	58,31±2,90BCb
Día 11	53,66±0,64Ca	55,23±2,35ABa	60,62±1,00Cb
Día 15	50,94±0,46Aa	54,90±4,01Aa	60,10±1,61BCb

Letras (A, B, C,...) diferentes dentro de un mismo tratamiento y parámetro de medida implican diferencias significativas ($P < 0,05$) debidas al tiempo en la conservación

Letras (a, b, c,...) diferentes dentro de un mismo día y parámetro de medida implican diferencias significativas ($P < 0,05$) debidas al tratamiento aplicado

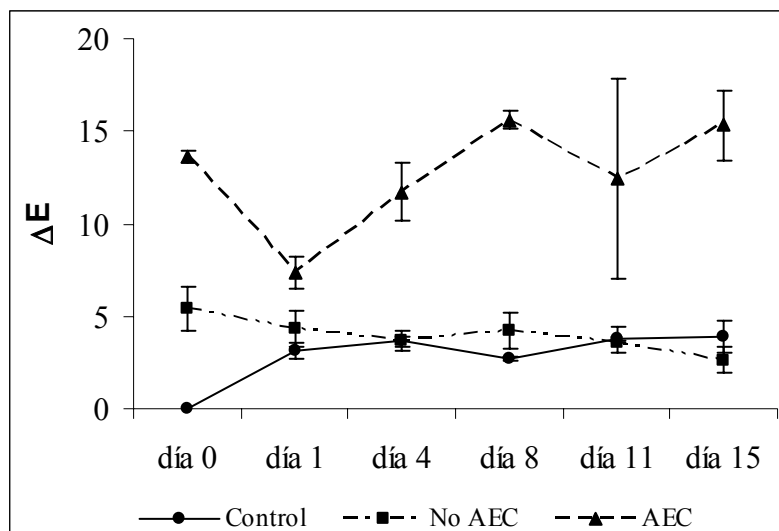


Figura 1. Variación de color de papaya pre-cortada sin recubrir (control), recubierta sin aceite esencial de canela (No AEC) y recubierta con aceite esencial de canela (AEC) durante el almacenamiento refrigerado a 4 °C.

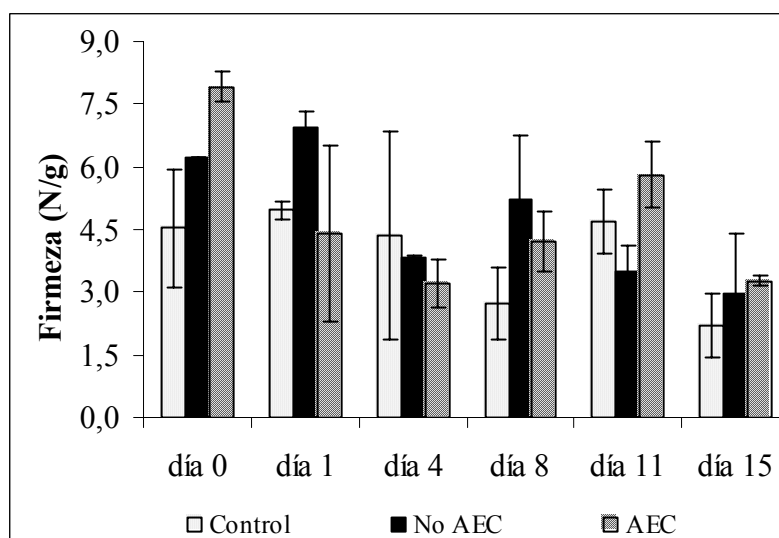


Figura 2. Firmeza de papaya pre-cortada sin recubrir (control), recubierta sin aceite esencial de canela (No AEC) y recubierta con aceite esencial de canela (AEC) durante el almacenamiento refrigerado a 4 °C.

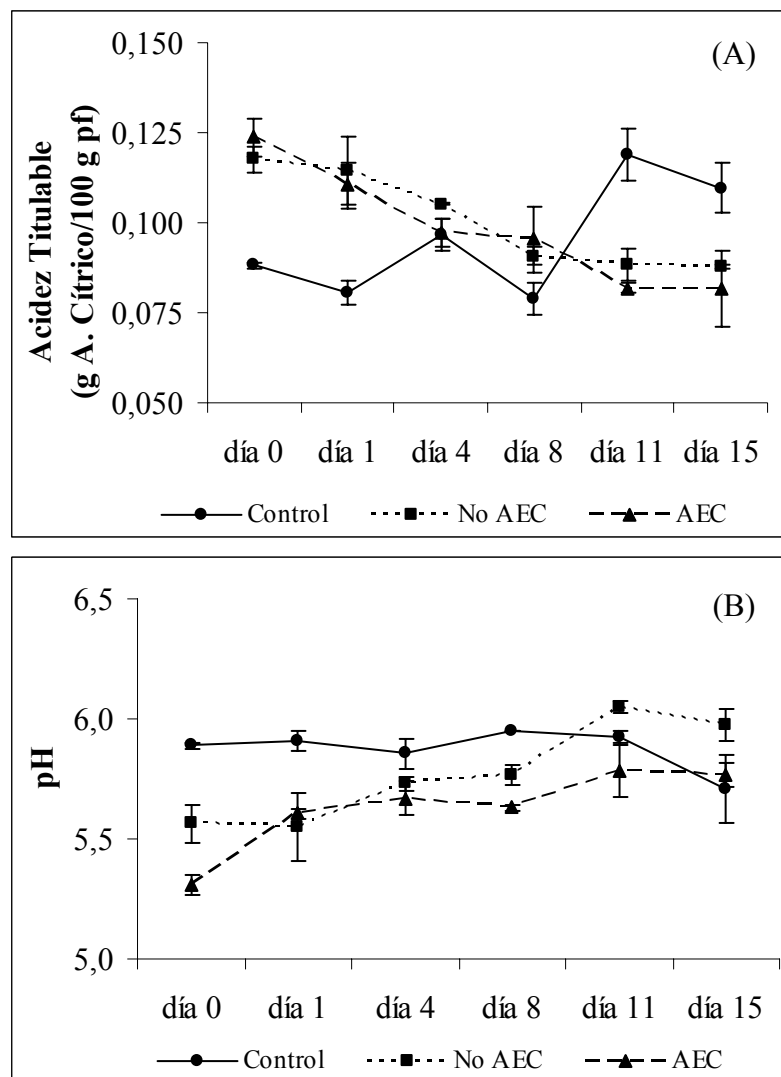


Figura 3. Acidez titulable (A) y pH (B) de papaya pre-cortada recubierta durante el almacenamiento. AEC, aceite esencial de canela.