

EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES SOBRE LA CALIDAD EN POSCOSECHA DEL NÍSPERO JAPONÉS (*Eriobotrya japonica* T.)

EFFECT OF EDIBLE COATINGS ON JAPANESE LOQUAT (*Eriobotrya japonica* T.) POSTHARVEST QUALITY

Carlos J. MÁRQUEZ C.^{1*}, Jose R. CARTAGENA V.², Maria B. PÉREZ-GAGO³.

Recibido: Abril 29 de 2009 Aceptado: Septiembre 18 de 2009

RESUMEN

Se estudia el efecto de dos recubrimientos comestibles sobre la calidad de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* T.) procedentes de Callosa d'En Sarriá (España). Los recubrimientos se preparan a partir de soluciones comerciales de quitosano (0,6%) y sucroéster de ácidos grasos (1%) que se aplican a frutos cosechados en madurez de consumo, los cuales se almacenan durante 16 días a 20°C y 90% de HR. La cromatografía gaseosa se usa para encontrar la tasa de respiración y la producción de etileno, la firmeza se precisa con una máquina universal *Instron Machine*-Modelo 4302, Canton Mass, USA[®], la pérdida fisiológica de peso se determina gravimétricamente y la calidad sensorial la establece un panel de jueces entrenados. Los resultados muestran que el quitosano es más eficiente en reducir la pérdida fisiológica de peso, la tasa de respiración y la producción de etileno. Ambas sustancias contribuyen a mantener la firmeza de la pulpa, las características organolépticas y la presentación de los frutos.

Palabras clave: quitosano, sucroéster, etileno, respiración, evaluación sensorial.

ABSTRACT

Effect of two edible coatings on the quality of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* T.) from Callosa d'En Sarria (Spain) is studied. The coatings are prepared with commercial solutions of chitosan (0,6%) and sucroester fatty acids (1%), that are applied to fruit at fully-ripe stage, and stored at 20°C and 90% RH for 16 days. Gas chromatography is used to find the rate of respiration and ethylene production. Firmness is determined with a universal machine (*Instron Machine* Model 4302, Canton Mass, USA[®]). Physiological weight loss is measured gravimetrically, and a panel of trained judges assesses sensory quality. Results display that chitosan is more efficient reducing weight loss, respiration rate, and ethylene production. Both substances contribute to maintain flesh firmness, organoleptic characteristics and the fruits presentation.

Keywords: chitosan, sucroester, ethylene, respiration, sensory evaluation.

1 Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A.A. 568. Medellín, Colombia.

2 Departamento de Ciencias Agronómicas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A.A. 568. Medellín, Colombia.

3 Departamento de Postcosecha. Fundación AGROALIMED. Ctra Moncada-Náquera Km. 5-46113. Valencia, España.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: cjmarque@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

El níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.) es un árbol frutal de la familia Rosaceae, subfamilia Maloideae, originario del sudeste de China. Alcanza de 6 a 9 m de altura, tiene copa redondeada, tronco corto que ramifica a muy baja altura, con ramillas gruesas y leñosas. Los frutos son ovales, redondeados o en forma de pera, de 3-5 cm de longitud, y 3-4 cm de diámetro, con una cutícula lisa o pilosa, amarilla o naranja, con zonas a veces rojizas. La pulpa es succulenta, ácida, dulce y dependiendo del cultivar tiene coloración blanca, amarilla o naranja. Cada fruto contiene cinco óvulos, entre los cuales maduran 3 y 5 generando grandes semillas pardas. La piel, aunque dura, se puede pelar fácilmente cuando el fruto está maduro (1, 2).

En la Comunidad Valenciana (España), la zona productiva está localizada principalmente en la población de Callosa d'En Sarriá, en la Comarca de la Marina Baixa, donde la excelente calidad del níspero japonés ha permitido comercializarlo con el sello de calidad de la Denominación de Origen (D.O. Callosa d'En Sarriá) (1).

El níspero japonés es un fruto considerado no climatérico y por ello se recolecta una vez ha madurado en el árbol, posee una textura frágil y de gran actividad enzimática, lo que lo hace muy susceptible a daños mecánicos y bioquímicos en su etapa de poscosecha. El período de vida útil tras la recolección es muy corto, como consecuencia de su alta susceptibilidad a la pérdida de agua, el pardeamiento de la pulpa y el ataque por hongos (3). España produce unas 43.000 toneladas anuales (13% de la producción mundial), lo que la sitúa como el primer productor europeo y segundo mundial, detrás de China. Casi la mitad de esta producción es exportada, siendo España el primer exportador mundial de frutos de níspero japonés. Alrededor del 60% de la producción española se localiza en la provincia de Alicante, el resto se cultiva casi todo en Andalucía (Granada, Málaga y Almería).

Dentro de los principales problemas se encuentran, la alteración fisiológica conocida como "mancha púrpura" el factor más limitante para la comercialización de los frutos, al igual que el moteado, producido por el hongo *Spilocaea eriobotryae*. Estos problemas influyen significativamente en las altas pérdidas poscosecha, que pueden llegar a ser superiores al 25% de la producción, lo cual le da pertinencia a los estudios que traten de prolongar la vida útil de los frutos (2).

Los recubrimientos comestibles aplicados a frutas con el fin de mantener sus atributos en poscosecha han sido estudiados por diferentes investigadores (4-6). Estas sustancias pueden actuar favorablemente sobre algunas características como la pérdida de peso y la disminución de la tasa respiratoria, además de servir como vehículo para incorporar otros aditivos alimentarios, que mejoren la calidad del alimento que recubren (7-9).

Entre los distintos productos capaces de formar películas o recubrimientos comestibles, se encuentran el quitosano y los sucroéster de ácidos grasos. El quitosano corresponde a un derivado de la quitina, inocuo, biodegradable, con capacidad de formar películas comestibles y con propiedad antipardeante cuando es aplicado a vegetales (10-12). Soluciones de quitosano al 1%, 2% y 3% se han utilizado como recubrimientos en variedades de fresa, demostrando efectos positivos en el control de la pérdida de peso, manteniendo los atributos de calidad y extendiendo la vida útil del fruto (4). En pitahayas se estableció que recubrimientos de quitosano entre 0,2% y 1,0% conservan la concentración de ácido ascórbico e inhiben el desarrollo de microorganismos (13).

Los sucroéster de ácidos grasos están constituidos por ácidos grasos como el palmítico, el esteárico y el láurico, esterificados con sacarosa (14). El sucroéster se ha estudiado como antimicrobiano para microorganismos gram positivos, gram negativos y levaduras, encontrando que inhibe el desarrollo significativamente (15). Recubrimientos comestibles con base en sucroéster (Semperfresh®) entre el 1 y 2%, se han aplicado sobre frutos de piña almacenados en refrigeración a 10°C y 90-95% de HR. Los resultados que se pueden observar en la calidad de la fruta respecto a la pérdida fisiológica de peso, el color de la piel, el pardeamiento de la pulpa, la acidez total, los sólidos solubles totales y el ácido ascórbico, mostraron que el recubrimiento fue significativamente efectivo (16). En la manzana se encontró que, además de conservar las características de calidad típicas, el sucroéster mejora la apariencia e imparte un brillo natural atractivo a la fruta (17).

Los recubrimientos, en combinación con conservantes y otros aditivos alimentarios, han resultado efectivos para la conservación de la calidad de frutos frescos o mínimamente procesados (14, 18).

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de dos recubrimientos comestibles a base de quitosano y sucroéster de ácidos grasos en la

calidad en poscosecha del níspero japonés durante el almacenamiento a 20°C y 90% de HR.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Frutos de níspero japonés procedentes de Callosa d' En Sarriá, Comunidad Valenciana-España, fueron cosechados y transportados al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), donde se seleccionaron por calidad y homogeneidad del color. Se utilizaron un total de 300 frutos de primera calidad, los cuales se dividieron en tres grupos, uno correspondiente al control sin recubrimiento y los otros dos para ser tratados con cada uno de los recubrimientos de quitosano y sucroéster respectivamente.

Preparación de los recubrimientos

Soluciones comerciales concentradas de quitosano al 1,25% de contenido en sólidos (Biorend®, Idebio, S.L., Salamanca, España) y de sucroéster de ácidos grasos al 25,2% (GUSTEC®, Texnidex S.A., Valencia, España), fueron utilizadas para preparar diluciones acuosas a 0,6% y 1% de contenido en sólidos (v/v), respectivamente. La dilución se realizó a 80°C con agitación continua durante 5 minutos. Las concentraciones de los recubrimientos se seleccionaron a partir de ensayos preliminares, en los que demostraron no afectar la apariencia física ni sensorial de los frutos.

Aplicación de los recubrimientos

Los frutos fueron inmersos durante 1 min en las soluciones de los recubrimientos, con una suave agitación para garantizar homogeneidad en la distribución. El control fue inmerso en agua durante el mismo tiempo. Tras la aplicación se dejaron secar durante 1 h en condiciones ambientales de laboratorio y posteriormente se almacenaron a 20°C y 90% de HR. Los análisis de calidad de la fruta se realizaron al día 0, 8 y 16 de almacenamiento.

Pérdida fisiológica de peso

Se determinó gravimétricamente con una balanza analítica (OHAUS®) y se expresó como porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial en 30 frutos por tratamiento.

Tasa respiratoria

La tasa de respiración se determinó como producción de CO₂ y fue medida por triplicado para cada tratamiento. Dos frutos por tratamiento, previamente pesados, fueron depositados durante 4 horas en recipientes de cristal de 450 mL de volumen, herméticamente cerrados. Del espacio de cabeza fue tomada una alícuota de 1 mL e inyectada en un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer® Mod. 2000; Norwalk CT USA), equipado con una columna Poropack QS 80/100 (1,2 m x 0,32 cm de d.i.) y un detector de termopropiedad (TCD). Las temperaturas de trabajo en el cromatógrafo fueron de 35°C para el horno y de 150°C tanto para el inyector como para el detector. Se usó Helio como gas portador a un flujo de 30 mL·min⁻¹. La concentración de CO₂ de las muestras se calculó por comparación con un patrón de concentración conocida, y los resultados se expresaron como mL·Kg⁻¹·h⁻¹ (19).

Producción de etileno

Se determinó de la producción de etileno por triplicado para cada tratamiento, mediante el método estático (20, 21, 22, 23). Dos frutos por tratamiento, previamente pesados, fueron introducidos durante 24 horas en recipientes de cristal de 450 mL de volumen, los cuales se sellaron herméticamente. En el interior de los frascos se adicionaron 25 mL de KOH 1N para evitar la acumulación de CO₂ durante la respiración, que podría inhibir la producción de etileno. Del espacio de cabeza fue tomada una alícuota de 1 mL e inyectada en un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer® Mod. 2000; Norwalk CT USA), equipado con una columna Poropack QS 80/100 (1,2 m x 0,32 cm de d.i.) y un detector de ionización de llama (FID). Las temperaturas de trabajo del cromatógrafo fueron de 75, 175 y 300°C, para el horno, inyector y detector respectivamente. Se usó Helio como gas portador a un flujo de 30 mL·min⁻¹. La concentración de etileno en las muestras se calculó por comparación con un patrón de concentración conocido y los resultados se expresaron como mL·Kg⁻¹·h⁻¹.

Medida de la firmeza

La firmeza se determinó usando un texturómetro (Instron Machine-Modelo 4302, Canton Mass, USA®), provisto de una sonda de 8 mm de diámetro, y se expresó como la fuerza máxima en Newton (N) necesaria para penetrar la pulpa en la zona ecuatorial del fruto. Las mediciones se efectuaron

sobre 30 frutos por tratamiento para cada tiempo de evaluación.

Evaluación sensorial

La calidad sensorial de los frutos se estableció para cada tratamiento y tiempo de evaluación con siete jueces entrenados, a los cuales se les presentaron las muestras codificadas con tres dígitos aleatorios. Se evaluaron para cada tratamiento los atributos de sabor y aroma, en una escala del 1 al 9, donde de 1 a 3 representa mala calidad, 4 a 6 representa una calidad aceptable, y de 7 a 9 una calidad excelente. El aspecto general del recubrimiento fue evaluado teniendo en cuenta la homogeneidad del recubrimiento y la presencia de grietas o manchas, asignando valor de 1 a la mala apariencia, 2 a la aceptable y de 3 a la buena. El brillo fue otra característica que se valoró ordenando las muestras de mayor a menor brillo.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA), y para la comparación de medias se aplicó la prueba de Duncan. Para el análisis sensorial se aplicó la prueba de Kruskal-Walis

y para la comparación de las medianas, la prueba de Mann-Whitney. El programa utilizado fue STAT-GRAPHICS Centurión XV.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pérdida fisiológica de peso (A), la tasa de respiración (B), la producción de etileno (C) y la firmeza (D) de los frutos de níspero japonés recubiertos y del control durante el almacenamiento a 20°C y 90% de HR son mostrados a continuación (Véase figura 1). La aplicación de los recubrimientos redujo la pérdida fisiológica de peso, la tasa de producción de CO₂, la producción de etileno y la firmeza de los frutos, respecto a las muestras control. Comparando entre los dos recubrimientos aplicados, el quitosano fue el más efectivo en reducir la pérdida fisiológica de peso, la tasa de respiración y la producción de etileno (Véase figura 1A, 1B y 1C), mientras que no se encontraron diferencias significativas en la firmeza (Véase figura 1D) entre los dos recubrimientos aplicados; no obstante, ambos obtuvieron un valor superior para la firmeza con respecto al control.

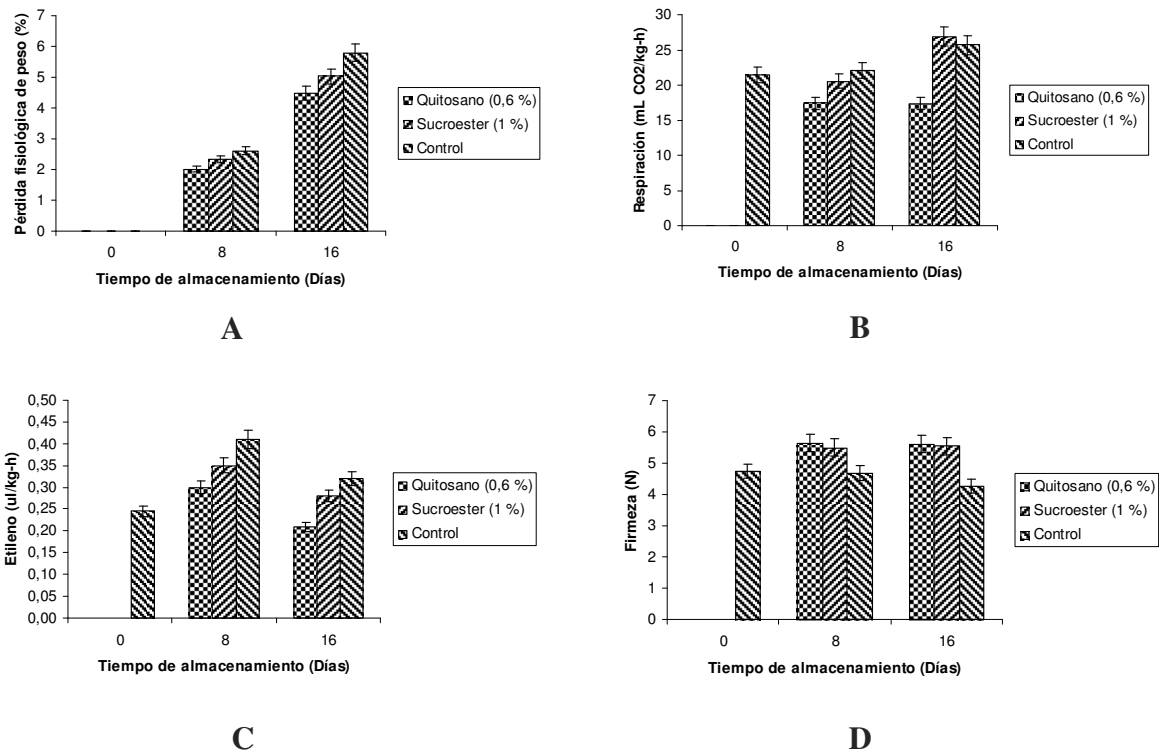


Figura 1. Evolución de la actividad metabólica expresada en pérdida fisiológica de peso (A), tasa de respiración (B), producción de etileno (C) y firmeza (D), en frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* T.) tratados con recubrimientos comestibles y almacenados a 20°C y 90% HR. Las barras muestran el intervalo de confianza al 95%.

La pérdida fisiológica de peso de los frutos aumentó con el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos como consecuencia de la transpiración. Los frutos tratados con los recubrimientos comestibles tuvieron menor pérdida de peso que el control, siendo el recubrimiento de quitosano (0,6%), el más efectivo ($p < 0,05$), perdiendo 2,01% y 4,47%, mientras que los frutos tratados con el recubrimiento sucroéster (1,0%) tuvieron mermas de 2,33% y 5,01% con respecto al control, que registró reducciones de peso de 2,61% y 5,79%, para los días 8 y 16 respectivamente (Véase figura 1A). Varios autores han informado sobre el efecto de los recubrimientos comestibles para evitar la pérdida de peso en diferentes frutos (4, 25-29).

La respiración, como proceso fisiológico fundamental en la degradación y síntesis de metabolitos en el fruto, requiere como sustrato principal el oxígeno, que se ve disminuido por la barrera física que ejercen los recubrimientos comestibles. Por tanto, cabe esperar que su aplicación reduzca la tasa respiratoria del fruto de níspero japonés, prolongando así su vida útil (23, 24). Algunos investigadores han encontrado que la tasa de respiración de diferentes frutos disminuye con la aplicación de recubrimientos comestibles (25, 26). La efectividad de los recubrimientos depende de la barrera al oxígeno que los mismos ejerzan. Con los días de almacenamiento, los frutos recubiertos sufrieron disminución en la tasa de respiración en relación con los frutos control. El recubrimiento con quitosano (0,6%) registró valores de respiración menores al control, del 21,0% y 32,3%, para los días 8 y 16 respectivamente, siendo el tratamiento que más inhibió la respiración. El recubrimiento con sucroéster mostró ser efectivo solo a los 8 días de almacenamiento, con un porcentaje de disminución de la respiración con respecto al control del 7,05%, mientras que a los 16 días de almacenamiento la respiración aumentó en 1,4% ($p < 0,05$) (Véase figura 1B).

La inhibición de la producción de etileno en los frutos recubiertos puede obedecer a la barrera al oxígeno que ejercen las películas comestibles, lo cual se traduce en la reducción de la actividad de la enzima amino ciclo propano carboxil oxidasa (ACC-oxidasa), o enzima formadora de etileno (EFE), dependiente de oxígeno y directa precursora de la síntesis de etileno (22, 24). Los frutos de níspero japonés tratados con el recubrimiento de quitosano (0,6%) mostraron, para todos los tiempos de evaluación, menor tasa de producción de

etileno frente al control, siendo de 26,8% y 34,4%, mientras que los porcentajes de disminución de la producción de etileno de los frutos tratados con el recubrimiento de sucroéster (1,0%) fueron del 14,6% y 12,5%, para los días 8 y 16 respectivamente ($p < 0,05$) (Véase figura 1C).

La pérdida de agua que experimentan los frutos durante el almacenamiento se ve acompañada por ablandamiento (pérdida de firmeza) y arrugamiento, consecuencia de la actividad enzimática propia de la maduración y senescencia de los tejidos (24). Esto se traduce en una disminución de su valor comercial (30). La aplicación de los recubrimientos mejoró la firmeza de los frutos de níspero japonés respecto al control (Véase figura 1D), pero entre los frutos tratados con los recubrimientos no se encontraron diferencias significativas en esta característica. Esto podría obedecer a una actividad enzimática semejante sobre algunos polímeros constitutivos de la pared celular, como protopectina, ácidos pécticos y carbohidratos de alto peso molecular de carácter amiláceo, lo que se manifiesta en una firmeza similar de los frutos con recubrimiento (31).

Evaluación sensorial

Se presenta la evaluación sensorial (sabor y aroma) de los frutos de níspero japonés recubiertos y el control, una vez aplicada la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la comparación de las medianas con la prueba de Mann-Whitney (Véase tabla 1).

Tabla 1. Evaluación sensorial del sabor y aroma de los frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* T.) tratados con recubrimientos comestibles y almacenados a 20°C y 90% HR.

Tratamiento	Valores de rango promedio para los días de almacenamiento		
	0	8	16
Control	9,5aA	8,3aB	11,4aC
Quitosano (0,6%)	9,5aA	8,1aB	10,8aC
Sucroéster (1%)	9,5aA	7,6aB	6,3aC

Por columnas, valores seguidos de la misma letra minúscula no difieren significativamente ($p < 0,05$).

Por filas, valores de diferente letra mayúscula difieren significativamente ($p < 0,05$).

Para un mismo período de almacenamiento, los jueces no detectaron diferencias significativas entre los frutos recubiertos y los frutos control, lo que indica que la aplicación de los recubrimientos no modifica el sabor, ni propició la aparición de

malos sabores. Con el transcurrir del tiempo de almacenamiento, los frutos perdieron calidad organoléptica, pasando de una valoración excelente a una aceptable. La diferencia en la calidad de los frutos entre los tiempos de almacenamiento se debe a los procesos normales de senescencia durante el período de poscosecha (24).

Se muestra la calificación del aspecto general de los frutos de níspero japonés, recubiertos y el control, destacando aspectos como la homogeneidad del recubrimiento sobre el fruto y la presencia o ausencia de agrietamientos o manchas que pudieran afectar su aceptación por parte de los consumidores (Véase tabla 2).

Tabla 2. Calificación promedio del aspecto general de los frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* T.) tratados con recubrimientos comestibles y almacenados a 20°C y 90% HR.

Tratamiento	Días de almacenamiento		
	0	8	16
Control	3	3	2
Quitosano (0,6%)	3	3	3
Sucroéster (1%)	3	3	3

Para un mismo período de almacenamiento no se encontraron diferencias significativas en aspecto entre los frutos recubiertos y el control; solo a los 16 días de almacenamiento, se evaluó con menor valor el control, probablemente porque los recubrimientos redujeron la deshidratación y la pérdida de firmeza de los frutos, que mostraban menor arrugamiento de la epidermis.

Los valores promedio para el brillo de los frutos fueron ordenados de mayor (1^{ero}) a menor (3^{ero}) (Véase tabla 3).

Tabla 3. Ordenación por brillo de los frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* T.) tratados con recubrimientos comestibles y almacenados a 20°C y 90% HR.

Orden de mayor a menor brillo
1 ^{ero} Sucroéster (1,0%)
2 ^{do} Quitosano (0,6%)
3 ^{ero} Control

En todos los períodos de almacenamiento, el tratamiento que los jueces escogieron como el de mayor brillo, fue el correspondiente a los frutos de níspero recubiertos con sucroéster de ácidos grasos (1%), seguido del recubrimiento de quitosano (0,6%), y con menor brillo fueron evaluados los frutos control. Esto confirma que los recubrimientos comestibles también tienen como efecto beneficioso el aportar brillo y, por lo tanto, mejorar la apariencia de los frutos (27).

CONCLUSIONES

Los recubrimientos comestibles de soluciones de quitosano (0,6%) y de sucroéster de ácidos grasos (1%) fueron eficientes en reducir la pérdida fisiológica de peso, la tasa de respiración, la producción de etileno y en mantener la firmeza de los frutos de níspero japonés.

Los recubrimientos comestibles no modificaron la calidad sensorial de los frutos de níspero japonés; sin embargo, se observó una disminución de la calidad en el sabor y el aroma de los frutos al pasar el tiempo de almacenamiento. Además, mejoraron el aspecto de los frutos de níspero japonés, aportando brillo a la epidermis.

Entre los dos recubrimientos comestibles utilizados, el quitosano (0,6%) fue el más efectivo en reducir la pérdida fisiológica de peso, la tasa respiratoria y la producción de etileno, mientras que los frutos recubiertos con sucroéster de ácidos grasos (1%) presentaron mejor aspecto general y brillo.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), especialmente al personal del Centro de Tecnología Poscosecha, por todo el apoyo, particularmente al doctor Miguel Ángel del Río y a la técnica de laboratorio Elena Sanchís Soler, por su valiosa colaboración para la ejecución y culminación de esta investigación, y a la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), que aportó parte de los recursos económicos para la investigación a través del proyecto A/5096/06.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gariglio N, Castillo A, Mariano J, Almela V, Agusti M. El níspero japonés: Técnicas para mejorar la calidad del fruto. Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació; 2002.
- Gisbert AD, Reig C, Martínez-Calvo J, Gariglio N, Badenes ML, Agustí M, *et al.* Frutales menores. El níspero japonés como ejemplo: Situación actual, problemas y perspectivas. XI Congreso SECH. Albacete 2007. Actas de Horticultura N° 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas.
- Quila HF. Efecto de tres temperaturas y tres períodos de almacenaje sobre el comportamiento en postcosecha de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl). [Tesis Ingeniero Agrónomo]. Valparaíso-Chile: Universidad Católica de Valparaíso; 2003.
- Huaqiang D, Liangying C, Jiahou T, Kunwang Z, Yueming J. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *J Food Eng.* 2004; 64 (3): 355- 358.
- Olivas GI, Mattinson DS, Barbosa-Canovas GV. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biol Technol.* 2007; 45 (2): 89-96.
- Rojas-Grau MA, Tapia MS, Belloso OM. Using polysaccharide based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biol Technol.* 2007; 45 (2): 265-275.
- Pen LT, Jiang YM. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. *Food Sci Technol.* 2003; 36 (3): 359 - 364.
- Han C, Zhao Y, Leonard SW, Traber MG. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*). *Postharvest Biol Technol.* 2004; 33 (1): 67-78.
- Bautista BS, Hernández LA, Velásquez VM, Hernández LM, Ait BE, Bosquez ME, *et al.* Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection.* 2006; 25 (2): 108-118.
- Donglin Z, Quantick PC. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biol Technol.* 1997; 12 (2): 195-202.
- González AG, Monroy GI, Goycoolea VF, Díaz CM, Ayala ZJ. Cubiertas comestibles de quitosano. Una alternativa para prevenir el deterioro microbiano y conservar la calidad de la papaya fresca cortada. Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. La Habana: 2005; 121-132.
- Hernández MP, Valeria VE, Vélez D, Gavara R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chem.* 2008; 110 (2): 428-435.
- Jung Ch, Fuu S, Hung-Ren L. Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas. *J Food Eng.* 2007; 79 (2): 736-740.
- Mireille C, Melle G. Technical fields of application of sucrose esters and sucroglycerides, Lyon, Francia: Université Cl. Bernard; 2001.
- Ferrer M, Soliveri J, Plou JF, López-Cortés N, Duarte R, Christensen M, *et al.* Synthesis of sugar esters in solvent mixtures by lipases from *Thermomyces lanuginosus* and *Candida antarctica* B, and their antimicrobial properties. *Enzyme Microb Technol.* 2005; 36 (4): 391-398.
- Nimitkeatjai H, Srilaong V, Kanlayanarat S. Effect of edible coating on pineapple fruit quality during cold storage. Bangkok, Thailande. International conference on managing quality in chains. 2006; 2 (4): 948-956.
- Moldão MM, Beirão da Costa SM, Beirão da Costa ML. The effects of edible coatings on postharvest quality of the "Bravo de Esmolfe" apple. *Eur Food Res Technol.* 2003; 217 (4): 325-328.
- Maftoonazad N, Ramaswamy H, Marcotte M. Evaluation of factors affecting barrier, mechanical and optical properties of pectin-based films using response surface methodology. *J Food Process Eng.* 2007; 30 (5): 539-563.
- Kader A, Salveit M, Chairat R. Postharvest physiology handling of horticultural crops. California: Universidad de California Davis; 1999.
- Archbold DD, Pomper KW. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics. *Postharvest Biol Tec.* 2003; 30 (1): 99-103.
- Atta-Aly MA, Brecht JK, Huber DJ. Ethylene feedback mechanisms in tomato and strawberry fruit tissues in relation to fruit ripening and climacteric patterns. *Postharvest Biol Technol.* 2000; 20 (12): 151-162.
- Bradford KJ, Shang FY. Pioneer in plant ethylene biochemistry. *Plant Sci.* 2008; 175 (3): 2-7.
- Trinchero GD, Sois GO, Cerri AM, Vilella F, Frascina A. Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in golden berry (*Physalis peruviana* L.) a solanaceous species. *Postharvest Biol Technol.* 1999; 16 (1): 139-145.
- Taiz L, Zeiger E. Plant physiology. 4ª ed. Sunderland MS: Sinauer Associates; 2006.
- Baldwin EA, Carriedo MO, Baker RA. Use of edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *Sci Hortic.* 1995; 30 (1): 35-38.
- Jiang, YM, Li YB. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chem.* 2001; 73 (2): 39-143.
- McHugh TH, Krochta JM. Sorbitol vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *J Agric Food Chem.* 1994; 42 (4): 841-845.
- Li P, Barth MM. Impact of edible coating on nutritional and physiological changes in lightly processed carrots. *Postharvest Biol Technol.* 1998; 14 (1): 51-60.
- Pérez-Gago MB, Serra M, Alonso M, Mateos M, del Río MA. Effect of whey protein and hydroxypropyl methylcellulose based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. *Postharvest Biol Technol.* 2005; 36 (1): 77-85.
- Wills R. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Zaragoza: Acribia; 1984.
- Majumed BC, Mazumdar BC. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. *Sci Hortic.* 2002; 96 (1): 91-101.