

Películas comestibles para extender el largo de vida útil de naranjas (*Citrus sinensis*) frescas peladas^{1,2}

Luz A. Buitrago³, María L. Plaza⁴, Lynette Orellana⁵
y Linda Wessel-Beaver⁶

J. Agric. Univ. P.R. 100(1):43-56 (2016)

RESUMEN

El Núcleo de Productores de Cítricas de Puerto Rico produce naranjas peladas, pero enfrenta el problema de la corta vida útil de este producto. Esta investigación se realizó para comparar tratamientos de películas comestibles que puedan ser utilizadas para extender el largo de vida útil de naranjas frescas peladas almacenadas a 4 ± 0.5 °C. Se evaluaron cuatro tratamientos: NatureSeal® (NS), NatureSeal® con 2% de sorbato de potasio (NS+SP), hidroxipropilmetilcelulosa con 2.5% de glicerol (HPMC), hidroxipropilmetilcelulosa con 2.5% de glicerol y 2% de sorbato de potasio (HPMC+SP), y un control de frutas sin película. Se realizó un recuento total en plato petri de microorganismos aerobios, hongos y levaduras. Se midió la pérdida de peso, apariencia externa, textura, color, pH, actividad de agua (a_w), °Brix, contenido de vitamina C y acidez titulable en las frutas tratadas. Estos análisis se realizaron a los 0, 3, 7, 14, 21 y 28 días después de aplicar la película comestible. En general, las películas comestibles con SP presentaron menor carga microbial. No se encontraron diferencias significativas entre las películas en pérdida de peso, textura, color, pH, a_w , °Brix, contenido de vitamina C y acidez titulable. Las películas comestibles elaboradas a base de HPMC mostraron mejor apariencia. En conclusión, con la película comestible HPMC+SP se obtuvo el mejor resultado.

Palabras clave: láminas comestibles, cítricas, hidroxipropilmetilcelulosa, sorbato de potasio, calidad fruta

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 18 de diciembre de 2014.

²Este proyecto fue financiado por el Fondo para la Investigación y Desarrollo de la Agricultura del Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Los autores agradecen la cooperación del Núcleo de Productores de Cítricas de Puerto Rico y reconocen la colaboración del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Colegio de Ciencias Agrícolas.

³Exestudiante graduada, Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁴Catedrática Asociada, Departamento de Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁵Catedrática, Departamento de Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Box 9000, Mayagüez, PR 00681.

⁶Catedrática, Departamento de Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

ABSTRACT

Use of edible film to extend the shelf life of fresh peeled oranges
(*Citrus sinensis*)

The 'Núcleo de Productores de Cítricos de Puerto Rico' produces peeled oranges as its main product; however, this product is highly perishable. The main objective of this research is to compare different edible film treatments for extending the shelf life of fresh peeled oranges stored at 4 ± 0.5 °C. Four edible film treatments were evaluated: NatureSeal® (NS); NatureSeal® with 2% potassium sorbate (NS+PS); hydroxypropyl methylcellulose with 2.5% of glycerol (HPMC); hydroxypropyl methylcellulose with 2.5% glycerol and 2% potassium sorbate (HPMC+PS); and a control treatment (fruit without edible film). Aerobic microorganisms, yeast and molds were counted on petri plates. Weight loss, external appearance, texture, color, pH, water activity (a_w), °Brix, vitamin C content and acid titration were measured in the treatments. The analyses were performed at 0, 3, 7, 14, 21, and 28 days after application of the edible film treatments. Overall, edible films with PS had the lowest microbial counts. There were no significant differences among edible films regarding weight loss, texture, pH, a_w , °Brix, vitamin C content and acid titration. The HPMC edible films had the best external appearance. Overall, this study found that the edible film HPMC+PS produced the best results.

Key words: fruit quality, citrus, hydroxypropyl methylcellulose, potassium sorbate

INTRODUCCIÓN

La producción y el consumo mundial de frutas y vegetales frescos ha ido aumentando debido a que los consumidores actuales tienden a preferir alimentos de buena calidad, saludables, frescos, convenientes, seguros y amigables con el medio ambiente. Se han realizado estudios que han documentado que el consumo adecuado de frutas y vegetales tiene beneficios en la salud (Southon, 2000; Soerjomataram et al., 2010). Sin embargo, el consumo mundial por persona no llega a los 400 g diarios recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011). Por otra parte, cerca de un tercio de los alimentos que se producen cada año en el mundo para el consumo humano (aproximadamente 1,300 millones de toneladas) se pierden o desperdician, principalmente las frutas y verduras, además de raíces y tubérculos (FAO, 2011).

La naranja dulce, procedente del sureste asiático (Amorós, 2003), es el fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis*), perteneciente a la familia de las Rutáceas. Se produce en todas las zonas tropicales y templadas. En Puerto Rico se encuentra a través de toda la isla, especialmente en las fincas de café en la base de la Cordillera Central y en toda la zona húmeda (Little et al., 2001). Es una fruta cítrica muy apetecida cuyo jugo es de alto valor comercial debido a sus agradables cualidades sensoriales y su aporte de vitamina C a la dieta del ser humano (Martín-Diana et al., 2009).

Un problema postcosecha de importancia económica en los cítricos, que afecta su producción en casi todas las regiones del mundo, es la presencia de hongos verdes y azules, *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum*, respectivamente (Cañamás et al., 2008), causantes de enfermedades que se caracterizan por una pudrición blanda y acuosa que se inicia en cualquier parte del fruto y rápidamente cubre todo el órgano (Baraona y Sanchó, 1998). El tejido es recubierto por una masa de color verde oliva rodeado de una franja blanca cuando se trata de *Penicillium digitatum* Sacc. Si el hongo presente es *Penicillium italicum* Wehmer, el síntoma es similar, solo que la masa de conidios es de color azul. Puede darse también la infección simultánea de los dos patógenos. Estos hongos sobreviven saprofiticamente sobre diferentes sustratos orgánicos y fácilmente se diseminan por medio del viento, que remueve los numerosos conidios superficiales. Los patógenos infectan las frutas a través de las heridas producidas por lesiones mecánicas durante el manejo de las operaciones de cultivo y cosecha y en pocos días empiezan a manifestar los síntomas (Cañamás et al., 2008).

Para controlar estas enfermedades, disminuyendo los residuos generados y por ende los riesgos a la salud y la contaminación ambiental, se pueden utilizar métodos alternativos como el control biológico y la elaboración de diferentes láminas y cubiertas comestibles con preservativos (Ulloa, 2007). El recubrimiento con materiales comestibles para conservar la calidad y extender el largo de vida de anaquel de las frutas es una práctica que ha sido usada hace mucho tiempo, siendo el encerado la más común. El encerado retarda la respiración, deshidratación y senescencia de alimentos vegetales y ha sido efectivo en cítricos y manzanas. En la actualidad, el empleo de películas comestibles se ha intensificado como una medida de conservación de frutas.

Las películas comestibles son un sistema de empaque que permite alargar la vida útil de frutas y vegetales actuando como una atmósfera modificada, ya que limita la transferencia de gases, a la vez que disminuye los problemas ecológicos por la acumulación de material no degradable (Falguera et al., 2011). Los recubrimientos de ceras comestibles especialmente en los cítricos han sido utilizados en los Estados Unidos en productos frescos desde 1930 para reducir la pérdida de humedad y mejorar el brillo (McHugh et al., 2009).

Las películas y coberturas comestibles actúan como una barrera para controlar el intercambio de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, sabor y aroma entre los componentes de los alimentos o con la atmósfera que rodea el alimento (McHugh et al., 2009; Dahll, 2013). Además, estas películas mejoran las propiedades de manipulación mecánica ayudando a mantener la integridad estructural, funcionan como cargadores de ingredientes alimenticios funcionales, prolongan la vida útil, y mejoran el valor nutricional y la apariencia de los alimentos (Dahll, 2013).

Actualmente, el Núcleo de Productores de Cítricas de Puerto Rico produce naranjas peladas que se venden a los comedores escolares. Sin embargo, para lograr incursionar en el mercado internacional, debe extenderse el largo de vida útil de este producto listo para consumo. Esta investigación evaluó dos tipos de películas comestibles, una disponible comercialmente y otra de hidroxipropilmetilcelulosa con sorbato de potasio, para extender el largo de vida útil durante el almacenamiento de naranjas peladas y el efecto de estas películas en algunos parámetros de calidad de la fruta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

El diseño experimental fue un factorial de 5 x 6 en un arreglo de bloques completos aleatorizados, con cuatro repeticiones (corridas). Cada corrida constó de cinco tratamientos: NatureSeal® (Nature Seal Inc, Westport, CT)⁷ (NS); NatureSeal® con 2% sorbato de potasio (NS+SP); hidroxipropilmetilcelulosa con 2.5% glicerol (HPMC); hidroxipropilmetilcelulosa con 2.5% de glicerol y 2% de sorbato de potasio (HPMC+SP); y un control (C), evaluados en seis tiempos (0, 3, 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento).

Obtención de las naranjas

Las muestras de naranjas peladas 'Valencia' se obtuvieron del Núcleo de Productores de Cítricas de Puerto Rico, provenientes de República Dominicana y Puerto Rico. Para cada corrida, se utilizaron 165 naranjas peladas, de las cuales se escogieron al azar 33 por tratamiento. En cada tiempo de muestreo para cada tratamiento se seleccionaron al azar dos naranjas, una para realizar el análisis microbiológico y otra para determinar la pérdida de peso y textura. Cada naranja se partió por la mitad y se determinó el color de la parte interna, luego se extrajo el jugo, el cual se usó para los análisis químicos.

Elaboración de películas comestibles

La aplicación de las películas de NatureSeal® se realizó mediante inmersión en una solución de NatureSeal® al 9% (Rôble et al., 2009). Para la película de NatureSeal® con 2% de sorbato de potasio, se ajustó el pH de la solución a 6 con una solución de ácido ascórbico al 1%.

⁷Los nombres de compañías y de marcas registradas solo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

Las soluciones se prepararon a temperatura ambiente en recipientes previamente desinfectados. Todos los reactivos utilizados fueron grado alimenticio.

Las películas de hidroxipropilmetilcelulosa también se aplicaron por inmersión. En este caso, se preparó una solución de hidroxipropilmetilcelulosa al 5%, glicerol al 2.5%, y 2% de sorbato de potasio para la película con preservativo. Las soluciones se prepararon a una temperatura de $70 \pm 4^\circ \text{C}$, con agitación constante. Cuando la solución estuvo homogénea se enfrió hasta una temperatura aproximada de 25°C .

Una vez preparadas las soluciones, las naranjas se sumergieron en cada solución por 2 min y se dejaron secar por un periodo de 30 min a 1 h dependiendo de la lámina comestible. Una vez completado el secado, las naranjas se identificaron, pesaron y colcaron en cestas debidamente rotuladas y previamente desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio a 200 mg/L. Las muestras se almacenaron bajo refrigeración a $4 \pm 0.5^\circ \text{C}$ por cuatro semanas.

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó para determinar la presencia de hongos y levaduras y para aerobios totales. Con este propósito se utilizaron los medios PDA (Potato Dextrose Agar) y PCA (Plate Count Agar), respectivamente. Los análisis se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos establecidos en el "Bacteriological Analytical Manual" (BAM, por sus siglas en inglés, <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm>). Los medios PCA y PDA se prepararon según las indicaciones del fabricante. Se realizaron diluciones seriadas desde 10^1 hasta 10^6 .

Variables fisicoquímicas

El porcentaje de pérdida de peso fresco se determinó siguiendo el procedimiento descrito por Materano y colaboradores (2007). Se tomó una naranja al azar de cada tratamiento y se determinó su peso inicial y final a temperatura ambiente. La apariencia se determinó por medio de fotografías y observaciones de la superficie en cada tiempo de muestreo. La firmeza se determinó mediante la prueba de compresión con un analizador de textura TA-XT2 (Stable Micro Systems, London) previamente calibrado. Para la realización de la prueba, se utilizó una sonda ("probe") TA-60, que consiste de un cilindro de 10 mm de diámetro con punta redonda. La fuerza aplicada para cada determinación fue de 2,000 g, la velocidad de la sonda antes de la prueba fue de 5.00 mm/s, durante la prueba fue de 2.00 mm/s y después retornaba con una velocidad de 10.00 mm/s. Se tomaron como mínimo tres mediciones por tratamiento.

El color interno de las naranjas se determinó utilizando el colorímetro MiniScan XE (Hunter Lab Inc, Reston, VA) previamente calibrado. Cada naranja se cortó por la mitad en sentido ecuatorial y las mediciones se realizaron en tres lugares diferentes. Se registraron las variables L, *a y *b, donde L representa luminosidad, con valores que van desde 0 (negro) hasta 100 (blanco). Los parámetros *a y *b se utilizaron para encontrar el Chroma (saturación) y °Hue (tono) (McGuire, 1992). Los valores de Chroma y °Hue se calcularon en Infostat (Di Rienzo, 2009)

Las determinaciones de pH se realizaron con un medidor de pH previamente calibrado (Sartorius, Goettingen, Germany) siguiendo el método 981.12 de la AOAC (1997). El porcentaje de acidez titulable se determinó según el método oficial 939.05 de la AOAC (2000). El contenido de vitamina C o ácido ascórbico se determinó según el método oficial 967.21 de la AOAC (1998). Los sólidos solubles totales se determinaron según el método oficial 932.14 de la AOAC (1998) utilizando un refractómetro digital a 25° C. La actividad de agua se determinó con un hidrómetro de punto de rocío a 25° C, Aqua Lab CX-2 (Deacagon, Pullman, WA), previamente calibrado.

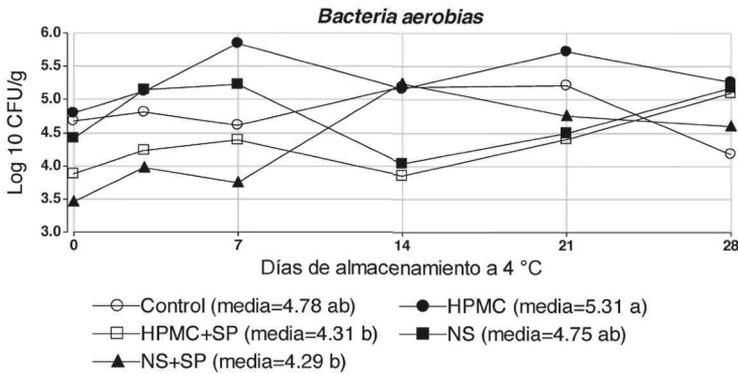
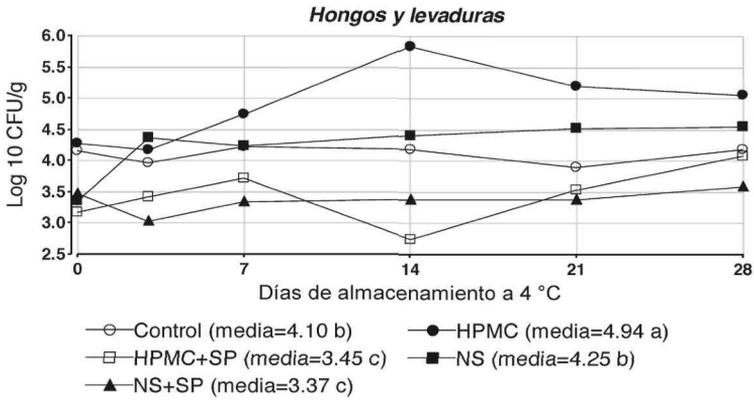
Análisis estadístico

Los datos se sometieron a análisis de varianza y se determinó la significancia de las interacciones y efectos principales de los factores con prueba de F. Se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para comparar medias de tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis microbiológico

Los recuentos de bacterias aerobias (PCA \log_{10} CFU/g, donde CFU = “colony forming units” o unidades formadoras de colonias) y los recuentos de hongos y levaduras (PDA \log_{10} CFU/g) variaron entre los tratamientos (Figura 1). Estas diferencias fueron consistentes en el tiempo de almacenamiento, donde no se encontraron diferencias ni se presentaron interacciones con los tratamientos. En el caso de bacterias aerobias, los tratamientos no presentaron diferencia respecto al control (C). Las frutas tratadas con NS+SP y HPMC+SP presentaron menor recuento de bacterias aerobias que las tratadas con HPMC. La adición de SP en las películas comestibles de NS no tuvo efecto significativo en el recuento de bacterias aerobias. Los efectos de tratamientos sobre el recuento de hongos y levaduras fueron similares a lo observado en el recuento de bacterias aerobias. Sin embargo, las frutas tratadas con HPMC presentaron recuentos de hongos y levaduras significati-



CFU=unidades formadoras de colonias (“colony forming units”). Dentro de los gráficos, la diferencia mínima significativa de Tukey (5%) es igual a 2.03 (hongos y levaduras) y 2.31 (bacteria) para la comparación de tratamientos entre o dentro de días de almacenamiento. En las leyendas, medias con una letra común no son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05) para la comparación de medias promediadas sobre los 28 días de almacenamiento.

FIGURA 1. Recuento de hongos y levaduras, y de bacterias aerobias en naranjas peladas no tratadas (C) o tratadas con Nature Seal® (NS), Nature Seal® con 2% de sorbato de potasio (NS+SP), hidroxipropilmetilcelulosa con 2.5% de glicerol (HPMC) o hidroxipropilmetilcelulosa con 2.5% de glicerol y 2% sorbato de potasio (HPMC+SP) evaluadas después de 0, 3, 7, 21 y 28 días de almacenamiento a 4° C.

vamente más altos que los demás tratamientos. El efecto de SP en las películas de NS y HPMC resultó en un bajo recuento de hongos y levaduras. El tratamiento de HPMC tendió a presentar mayor carga microbiana con respecto a los otros tratamientos y el control (C), aunque en el recuento de bacterias aerobias no fue significativo. Una posible explicación a este resultado es que en este tratamiento el proceso de secado de la película comestible tardó más tiempo (aproximadamente 1 h) que en los demás tratamientos, por lo que las muestras estuvieron expuestas al medio ambiente por un periodo de tiempo más largo. El tiempo de secado de la película comestible es uno de los puntos críticos de control durante el procesamiento (McHugh et al., 2009). El material de la película comestible pudo ser fuente de energía para los microorganismos presentes en la muestra, ya que este es a base de celulosa. En general, en todos los tratamientos las medias de los conteos de hongos y levaduras no excedieron el límite ($6 \log_{10}$ CFU/g) para determinar el largo de vida útil en frutas estipulado por el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos IFST (Rojas-Graü et al., 2007).

La efectividad de SP en reducir el crecimiento de bacterias aerobias y de hongos y levaduras ha sido reportada en varios estudios. García y colaboradores (1998) observaron una reducción en el crecimiento microbiano y prolongación en el largo de vida útil de fresas usando cobertura a base de almidón con sorbato de potasio. Valencia-Chamorro y colaboradores (2011a y 2011b) observaron una actividad inhibitoria de sorbato de potasio contra *P. digitatum* y *P. italicum* al utilizar una película comestible de HPMC-lípido. Además, reportaron que el uso del sorbato de potasio en combinación con benzoato de potasio era más efectivo en reducir la severidad de la enfermedad. La investigación actual confirma las observaciones sobre la efectividad de SP para mejorar la inocuidad de los alimentos. En general, los tratamientos NS+SP y HPMC+SP ocasionaron una disminución en el crecimiento de bacterias aerobias y de hongos y levaduras, aunque en el recuento de bacterias aerobias no hubo diferencias con NS ni con el control. Estos resultados concuerdan con Ghadeer y colaboradores (2011) quienes comprobaron la efectividad del sorbato de potasio como agente antifúngico incorporado en una lámina comestible de goma guar en tomates, pepinillos y manzanas almacenadas a temperatura de refrigeración. El sorbato de potasio es una sustancia conocida como GRAS (“Generally Recognized as Safe”), la cual es ampliamente utilizada en alimentos para prevenir el crecimiento de hongos y así extender el largo de vida útil (Valencia-Chamorro et al., 2008). Este compuesto presenta buena solubilidad en agua, lo cual facilita su uso en soluciones acuosas (Montesinos-Herrero et al., 2009). Su efectividad mejora cuando se combina con calor. La acción antimicrobiana de sorbatos depende del pH, siendo más efecti-

vo a pH bajos, principalmente en un rango de 3 a 6.5, aunque pueden ser efectivos a pH tan altos como 7 (Montesinos-Herrero et al., 2009; Valencia-Chamorro et al., 2008). El pH bajo permite que la molécula esté en su estado no disociado, lo que facilita permear la membrana plasmática. Posteriormente, al encontrarse con un pH más alto en el interior de la célula, la molécula se disocia dando como resultado la liberación de aniones y protones que se acumulan dentro de la célula. Varios mecanismos para la inhibición del crecimiento de microorganismos por la acción de ácidos débiles han sido planteados, entre estos se incluyen: la disrupción de la membrana, la inhibición de reacciones metabólicas esenciales, la tensión en la homeostasis del pH intracelular y la acumulación de aniones tóxicos (Brul y Coote, 1999). Se ha propuesto que la acción actual inhibitoria de preservativos de ácidos débiles podría ser debido a la respuesta de estrés introducido, el cual consume mucha energía para intentar restaurar la homeostasis, reduciendo la energía disponible para el crecimiento y otras funciones metabólicas esenciales.

Se observó que la película comestible de HPMC que no contenía preservativo no fue efectiva para prevenir el crecimiento de microorganismos. Esto coincide con lo reportado en estudios anteriores, donde se evaluó el efecto antimicrobiano de películas comestibles de HPMC en la disminución del crecimiento de *P. italicum* y *A. niger* (Pastor et al., 2013). Esta inhibición solo se observó cuando la cubierta comestible contenía própolis (una sustancia resinosa natural extraída por las abejas de los brotes de las hojas de diferentes especies de árboles) como preservativo en su formulación.

En cuanto a los tratamientos con NS, en rodajas de manzanas recién cortadas se ha reportado un aumento del recuento total de colonias aerobias en aproximadamente 4.3 log CFU/g de peso fresco, del día 1 al día 19 a condiciones de 4° C. En tratamientos de NS que contenía vainilina a una concentración de 12 mM, los incrementos de las cargas microbianas totales solo fueron de 1.6 log CFU/g de peso fresco, mostrando el efecto inhibitorio de vainilina (Rupasinghe et al., 2006).

Apariencia

Los tratamientos que contenían NS tomaron una coloración marrón en la superficie, debido a la oxidación de los compuestos de la cubierta. En el día 28 el tratamiento de NS+SP presentó cristales del preservativo sobre la superficie. En general, después de 15 días de almacenamiento se observó resequedad en la superficie especialmente con los tratamientos NS y el control. Los tratamientos que tuvieron mejor apariencia durante el periodo de almacenamiento fueron HPMC y HPMC+SP

Pérdida de peso y textura

No se encontraron diferencias significativas en la pérdida del peso y textura con los diferentes tratamientos (Cuadro 1). En términos de textura, estos resultados fueron consistentes en el tiempo, no mostraron diferencias. Durante el experimento, el porcentaje de pérdida de peso aumentó significativamente de 4.1% entre 0 d y 3 d de almacenamiento a 16.2% entre 21 d y 29 d. Este incremento trascurrió como comportamiento natural de la fruta.

Los resultados concuerdan con lo encontrado en estudios previos. Valencia-Chamorro y colaboradores (2009) observaron que las películas comestibles compuestas de hidroxipropilmetilcelulosa y lípidos que contenían sorbato de potasio no presentaron efectividad para prevenir la pérdida de peso en naranjas 'Valencia'. Valencia-Chamorro y colaboradores (2008) reportaron que las películas mostraron alta permeabilidad al vapor de agua. Hadar y colaboradores (2014) utilizaron una lámina comestible con base de carboximetil celulosa para recubrir frutos cítricos y encontraron que este recubrimiento disminuyó pero no evitó la pérdida de peso de las cítricas almacenadas a temperatura de refrigeración.

Color

Los parámetros L, Chroma y °Hue de la parte interna de las naranjas peladas no variaron entre los tratamientos (Cuadro 2). Estos resultados en L y °Hue fueron consistentes durante el tiempo de almacenamiento (interacción no significativa). Chroma tendió a disminuir ($p < 0.05$) su saturación levemente con el tiempo, aunque en el día 28 se presentó un aumento de 35.20 a 40.36 (Cuadro 2). Los valores de L estuvieron en un rango de 59.10 a 62.19; los valores de Chroma estuvieron en un rango más amplio de 34.63 a 44.18; y los valores de °Hue, de 76.85 a 80.26. Estos resultados concuerdan con los encontrados por

CUADRO 1.—Porcentaje de pérdida de peso y textura de naranjas peladas durante 28 días de almacenamiento. Las medias son promediadas sobre cuatro tratamientos de película comestible y un control sin película.

Tiempo (día)	% Pérdida de peso	Textura (mm)
0	—	6.09 a
3	4.1 a ¹	6.46 a
7	6.9 b	6.14 a
14	10.3 c	6.43 a
21	14.3 d	5.40 a
28	16.2 e	5.66 a

¹En una columna, medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba de diferencia significativa de Tukey.

CUADRO 2.—*Color de naranjas peladas durante 28 días de almacenamiento. Las medias son promediadas sobre cuatro tratamientos de película comestible y un control sin película.*

Tiempo (día)	L	Chroma	°Hue
0	60.10 a ¹	43.31 c	77.89 a
3	61.20 a	42.01 bc	78.32 a
7	60.47 a	39.93 bc	78.94 a
14	61.03 a	38.75 ab	78.91 a
21	59.66 a	35.20 a	77.71 a
28	60.67 a	40.36 bc	78.59 a

¹En una columna, medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba de diferencia significativa de Tukey.

Carmona y colaboradores (2012), quienes no observaron cambios significativos en el color de la naranja ‘Navelina’ a 2° C almacenada hasta por siete días.

Análisis químico

Los resultados de pH, α_w , °Brix y acidez titulable no variaron entre los tratamientos (Cuadro 3). En contenido de vitamina C se encontraron diferencias entre los tratamientos. Sin embargo, ninguno de los tratamientos fue diferente al control (C). Las frutas tratadas con NS presentaron mayor contenido de vitamina C que las tratadas con NS+SP y HPMC.

Resultados similares fueron encontrados por Tiwari y colaboradores (2008), quienes reportaron la estabilidad en pH, °Brix y acidez titulable en jugo de naranja sometido a diferentes tratamientos de zonificación. El contenido de vitamina C de todos los tratamientos

CUADRO 3.—*Valores de pH, α_w , °Brix, contenido de vitamina C y porcentaje de acidez titulable en naranjas peladas sometidas a los diferentes tratamientos. Las medias fueron promediadas sobre seis periodos de almacenamiento 0, 3, 7, 14, 21 y 28 días.*

Tratamiento ¹	pH	α_w	°Brix	Vit. C (mg/100g)	Ac. Titulable %
NS	3.52 a ²	0.9909 a	10.10 a	51.49 c	1.12 a
HPMC	3.63 a	0.9908 a	9.88 a	45.11 ab	0.97 a
NS+SP	3.58 a	0.9917 a	9.79 a	43.78 a	1.03 a
HPMC+SP	3.47 a	0.9915 a	10.06 a	51.08 bc	1.12 a
C	3.47 a	0.9922 a	9.64 a	48.85 abc	1.18 a

¹NS=NatureSeal®, HPMC= hidroxipropilmetilcelulosa con 2.5% de glicerol, SP=sorbato de potasio, C=control.

²En una columna, medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba de diferencia significativa de Tukey.

estuvo entre los rangos establecidos por la Comisión Venezolana de Normas Industriales de 40 a 50 mg/100 ml de jugo (Huallparimachi, 2009). Para los diferentes tratamientos, las medias en el contenido de °Brix estuvieron en un rango de 9.64 a 10.10, siendo similares a los reportados en estudios anteriores de 9.7 a 10.9 (Huallparimachi, 2009).

Los valores de pH, a_w , acidez titulable y el contenido de vitamina C no presentaron diferencias a través del tiempo de almacenamiento (Cuadro 4). En términos de °Brix, se puede observar que no hubo cambios significativos durante los 28 días de almacenamiento (Cuadro 4). No se presentaron interacciones entre los tratamientos y el tiempo de almacenamiento (21 días).

Los valores de pH durante el tiempo de almacenamiento estuvieron en un rango de 3.44 a 3.59, siendo cercanos a los encontrados en estudios anteriores de 3.43 a 4.00 en la naranja 'Hamlin' y de 3.52 a 3.91 en 'Rhode Red Valencia' (Huallparimachi, 2009). Los valores de acidez titulable estuvieron en un rango de 0.97 a 1.18. Estos valores están dentro de los rangos reportados por Palacio (1978), donde la naranja dulce mantiene un porcentaje de acidez total titulable que va desde 1 a 2%, con variaciones de 0.5 a 4.9%. No se presentaron interacciones entre los tratamientos y el tiempo de almacenamiento (21 días).

CONCLUSIONES

Las películas comestibles utilizadas no afectaron significativamente las características químicas y físicas de las naranjas peladas durante el tiempo de almacenamiento y sus valores estuvieron entre los rangos de calidad establecidos. La película comestible HPMC+SP presentó

CUADRO 4.—Valores de pH, a_w , °Brix, vitamina C y porcentaje de acidez titulable de naranjas peladas durante el tiempo de almacenamiento. Las medias son promediadas sobre cuatro tratamientos de película comestible y un control sin película.

Tiempo (día)	pH	a_w	°Brix	Vit. C (mg/100 g)	Ac. Titulable %
0	3.44 a ¹	0.9925 a	9.80 ab	46.81 a	1.11 a
3	3.58 a	0.9931 a	10.00 b	47.47 a	1.05 a
7	3.59 a	0.9904 a	8.69 a	48.59 a	1.10 a
14	3.57 a	0.9915 a	10.06 b	47.37 a	1.08 a
21	3.50 a	0.9903 a	10.49 b	48.79 a	1.07 a
28	3.52 a	0.9906 a	10.31 b	49.34 a	1.09 a

¹En una columna, medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba de diferencia significativa de Tukey.

mejores características, ya que las naranjas tratadas con esta película mostraron buena apariencia durante el almacenamiento. Además, los recuentos de bacterias aerobias y hongos y levaduras tendieron a ser bajos con respecto a los tratamientos de NS, HPMC y C.

LITERATURA CITADA

- Amorós, M., 2003. Producción de Agrios. 3ª edición. Mundi-Prensa. Madrid. p 352.
- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg, MD, Estados Unidos. AOAC International.
- AOAC, 1998. Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg, MD, Estados Unidos. AOAC International.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg, MD, Estados Unidos. AOAC International.
- Baraona, M. y E. Sancho, 1998. Cítricos, Fruticultura Especial. Editorial Universidad Estatal a Distancia. España. pp 97.
- Brul, S. y P. Coote, 1999. Preservative agents in foods: Mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology* 50: 1-17.
- Carmona, L., L. Zacarías y M. J. Rodrigo, 2012. Stimulation of coloration and carotenoid biosynthesis during postharvest storage of 'Navelina' orange fruit at 12 and 2° C. *Postharvest Biology and Technology* 74: 108-117.
- Cañamás, T. P., I. Viñas, J. Usall, R. Torres, M. Anguera y N. Teixidó, 2008. Control of postharvest diseases on citrus fruit by preharvest applications of biocontrol agent *Pantoea agglomerans* CPA-2 Part II. Effectiveness of different cell formulations. *Postharvest Biology and Technology* 49: 96-106.
- Dahll, R. K., 2013. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(5): 435-450.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez y C.W. Robledo, 2009. Infostat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (<http://www.inforstat.com.ar>).
- FAO, 2011. Reducir el desperdicio para alimentar al mundo. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <http://www.fao.org/news/story/es/item/74327/icode/>. Accesado 07/01/2013.
- Falguera, V., J. P. Quintero, A. Jiménez, J. A. Muñoz y A. Ibarz, 2011. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology* 22: 292-303.
- García, M. A., M. N. Martino y N. E. Zaritzky, 1998. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria* × *Ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(9): 3758-3767.
- Hadar, A., R. Granit, R. Portat y E. Poverenov, 2014. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology* 87: 21-26.
- Huallparimachi, M., 2009. Utilización de parámetros de calidad de jugo para determinar tiempo óptimo de cosecha en variedades de naranjas 'Hamlin' y 'Rhode Red Valencia'. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. pp 109.
- Little, E. L., F. H. Wadsworth y J. Marrero, 2001. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. pp 764.
- Martín-Diana, A. B., D. Rico, J. M. Barat y C. Barry-Ryan, 2009. Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: 590-600.
- Materano, W., A. Valera, J. Zambrano, M. Maffei y C. Torres, 2007. Efecto de recubrimientos sobre la postcosecha y la evolución del color del zumo de la fruta del naranjo. *Agronomía Tropical* 57: 129-136.

- McGuire, R., 1992. Reporting of Objective Color Measurement. *HortScience*. 27(12): 1254-1255.
- McHugh, T. H., R. J. Avana-Bustillos y W. Du, 2009. Extension of shelf life and control of human pathogens in produce by antimicrobial edible films and coatings. *En: X. Fan, B. A. Niemira, C. J. Doona, F. E. Feeherry and R. B. Gravani (eds). Microbial Safety of Fresh Produce*, Wiley-Blackwell, Oxford, UK. doi: 10.1002/9781444319347.ch12 (pp 225 - 239).
- Mehyar, G. F., H. M. Al-Qadiri, H. A. Abu-Blan y B. G. Swanson, 2011. Antifungal effectiveness of potassium sorbate incorporated in edible coatings against spoilage molds of apples, cucumbers, and tomatoes during refrigerated storage. *Journal of Food Science* 76(3): M210-M217.
- Montesinos-Herrero, C., M. Á. del Río, C. Pastor, O. Brunetti y L. Palou, 2009. Evaluation of brief potassium sorbate dips to control postharvest penicillium decay on major citrus species and cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 52: 117-125.
- OMS, 2011. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Fomento del consumo mundial de frutas y verduras: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/>. Accesado 05/20/2013.
- Palacios, J., 1978. *Citricultura Moderna. Hemisferio Sur*. Buenos Aires, Argentina. pp 409.
- Pastor, C., L. Sánchez-González, A. Chiralt, M. Cháfer y C. González-Martínez, 2013. Physical and antioxidant properties of chitosan and methylcellulose based films containing resveratrol. *Food Hydrocolloids* 30: 272-280.
- Ròble, C., T. R. Gormley y F. Butler, 2009. Efficacy of Natureseal® AS1 browning inhibitor in fresh-cut fruit salads applications, with emphasis on apple wedges. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology ISAFRUIT Special Issue* 62-67.
- Rojas-Grati, M. A., R. M. Raybaudi-Massilia, R. C. Soliva-Fortuny, R. J. Avena-Bustillos, T. H. McHugh y O. Martín-Belloso, 2007. Apple pectin-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology* 45(2): 254-264.
- Rupasinghe, H. P. V., J. Boulter-Bitzer, T. Ahn y J. A. Odumeru, 2006. Vanillin inhibits pathogenic and spoilage microorganisms in vitro and aerobic microbial growth in fresh-cut apples. *Food Research International* 39: 575-580.
- Soerjomataram, I., D. Oomen, V. Lemmens, A. Oenema, V. Benetou, A. Trichopoulou, J. W. Coebergh, J. Barendregt y E. De Vries, 2010. Increased consumption of fruit and vegetables and future cancer incidence in selected European countries. *European Journal of Cancer* 46: 2563-2580.
- Southon, S., 2000. Increased fruit and vegetable consumption within the EU: Potential health benefits. *Food Research International* 33: 211-217.
- Tiwari, B. K., K. Muthukumarappan, C. P. O'Donnell y P. J. Cullen, 2008. Colour degradation and quality parameters of sonicated orange juice using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology* 41(10): 1876-1883.
- Ulloa, J. A., 2007. Frutas auto estabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos, primera edición. Universidad Autónoma de Nayarit. México. pp 55.
- Valencia-Chamorro, S. A., L. Palou, M. Á. del Río y M. B. Pérez-Gago, 2008. Inhibition of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* by hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible composite films containing food additives with antifungal properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (23): 11270-11278.
- Valencia-Chamorro, S. A., M. B. Pérez-Gago, M. Á. del Río y L. Palou, 2009. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)-lipid edible composite coatings on postharvest decay development and quality attributes of cold-stored 'Valencia' oranges. *Postharvest Biology and Technology* 54 (2): 72-79.
- Valencia-Chamorro, S. A., L. Palou, M. Á. del Río y M. B. Pérez-Gago, 20011a. Antimicrobial Edible Films and Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: A review. *Critical Reviews I Food Science & Nutrition* 51(9): 872-900.
- Valencia-Chamorro, S. A., L. Palou, M. Á. del Río y M. B. Pérez-Gago, 20011b. Performance of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)-lipid edible coatings with antifungal food additives during cold storage of 'Clemenules' mandarins. *LWT Food Sci. Technol.* 44: 2342-2348.