

PLÁTANO EN RODAJAS MÍNIMAMENTE PROCESADO CON COBERTURAS DE QUITOSANA Y ÁCIDO ASCÓRBICO

Mario A. García^{1*}, Lisandra Valdés¹, Nilia de la Paz², José L. Rodríguez³ y Alicia Casariego¹

¹Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, Calle 222 No. 2317, La Habana, Cuba. CP 13600. E-mail: marioifal@gmail.com

²Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos, Ave. 26 No. 1605 e/Boyeros y Puentes Grandes. La Habana, Cuba.

³Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, Carretera al Guatao km 3 ½, La Habana, Cuba. CP 19200.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación de coberturas de quitosana en plátano maduro (*Musa* spp. var. FHIA-18) mínimamente procesado. Se prepararon disoluciones formadoras de cobertura de quitosana (2 % m/v) disuelta en ácido cítrico al 1 % (m/v) y con la adición de ácido ascórbico en diferentes concentraciones (0; 0,5; 1,0 y 1,5 % m/v). Las coberturas de quitosana y ácido cítrico, con o sin la adición de ácido ascórbico, previnieron las pérdidas de peso y conservaron la humedad inicial de los productos durante su almacenamiento. El efecto beneficioso de las coberturas estuvo relacionado con la inhibición de las reacciones de pardeamiento y la cobertura con ácido ascórbico al 1 % (m/v) fue la más efectiva en este sentido.

Palabras clave: quitosana, acetato de quitosana, lactato de quitosana, actividad antioxidante.

ABSTRACT

Minimally processed sliced banana with coatings of chitosan and ascorbic acid

The effect of the application of chitosan coatings in minimally processed sliced rippled banana (*Musa* spp. cv. FHIA-18) was evaluated. Coating-forming solutions were prepared by dissolving chitosan (2 % w/v) in citric acid at 1 % (w/v) and with the addition of ascorbic acid in different concentrations (0, 0.5, 1.0 and 1.5 % w/v). Chitosan and citric acid coatings, with or without ascorbic acid, prevented the weight loss and maintained the initial humidity of the products during their storage. The beneficial effect of the coatings was related with the inhibition of browning reactions and the coating with ascorbic acid at 1 % (w/v) was the more effective in this sense.

Keywords: chitosan, chitosan acetate, chitosan lactate, antioxidant activity.

INTRODUCCIÓN

Los vegetales mínimamente procesados son aquellos que han sido seleccionados, pelados y cortados y que posteriormente se han envasado para ofrecer a los consumidores un producto conveniente y que mantenga sus características de sabor, frescura y propiedades nutricionales originales (1). La conveniencia que ofrecen estos productos en términos de calidad, disponibilidad, facilidad de preparación, valor nutritivo, sabor y seguridad, responde a las necesidades y preferencias de los consumidores (2).

***Mario A. García Pérez:** Licenciado en Ciencias Alimentarias (2006). Master en Ciencia y Tecnología de Alimentos (2009). Se desempeña como profesor de Principios de Ingeniería de Alimentos, Conservación de Alimentos y Ciencia y Tecnología de Frutas y Hortalizas en el Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana. Su área de investigación está relacionada con el empleo de polímeros naturales en la industria alimentaria.

Un método alternativo para extender la vida útil y minimizar los cambios en la calidad en productos derivados de frutas frescas, es la aplicación de coberturas comestibles, las que originan una atmósfera modificada en el vegetal y reducen la pérdida de agua, permiten controlar la respiración, retrasan el envejecimiento y mejoran su calidad sensorial, físico-química y microbiológica. Entre las biomoléculas empleadas para la elaboración de coberturas, figuran diversos polisacáridos como la quitosana (3).

Considerando las posibilidades de utilización de la quitosana como recubrimiento para la conservación de productos hortofrutícolas, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de coberturas de quitosana en la elaboración de plátano mínimamente procesado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon plátanos maduros *Musa* spp. var. FHIA-18 del grupo AAAB seleccionados del centro del racimo donde presentan calidad óptima, teniendo en cuenta que todos presentaran un estado de madurez 6 (4), tamaño uniforme y que estuvieran libres de infecciones y defectos físicos visibles. Se realizó su caracterización mediante la determinación del largo, diámetro, porcentaje de humedad (5), acidez (6) y pH (7).

La aplicación de las coberturas de quitosana (masa molecular de 270 kDa y grado de desacetilación de 75 %), a escala de laboratorio, se realizó por inmersión de las rodajas de plátano (1 cm de espesor) en las disoluciones formadoras de cobertura (DFC) según los tratamientos (Tabla 1).

La concentración máxima de ácido ascórbico en las DFC que no afectara el sabor y retardara las reacciones de pardeamiento enzimático se determinó median-

te la evaluación sensorial en sesiones de grupo (8) en las que participaron siete jueces (9) que consideraron la apariencia y tipicidad del sabor de los productos una vez envasados.

Se utilizaron 80 rodajas para cada tratamiento y se mantuvo un lote control sin la aplicación de coberturas para comparar los cambios durante el almacenamiento acelerado de los tratamientos seleccionados en función de la concentración máxima de ácido ascórbico en las DFC. Los plátanos en rodajas se envasaron en bandejas de poliestireno cubiertas con estirables de polietileno de baja densidad de 10 µm de espesor, y se almacenaron durante 30 h entre 26 y 30 °C a 65 y 70 % de humedad relativa.

Las evaluaciones de los atributos de calidad de los productos se realizaron al inicio y transcurridas 24 y 30 h de almacenamiento. Los análisis físico-químicos incluyeron el porcentaje de humedad, acidez, pH y pérdidas de peso, las que se determinaron a las 30 h de almacenamiento mediante el método gravimétrico, utilizando cinco bandejas marcadas para cada tratamiento y los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de masa con respecto a la masa inicial.

Se realizaron análisis microbiológicos de conteo total de microorganismos aerobios mesófilos (10), conteo de coliformes totales (11) y conteo de hongos y levaduras totales (12) a los tratamientos seleccionados una vez finalizado el almacenamiento.

Los descriptores sensoriales fueron evaluados por cinco jueces adiestrados en este tipo de productos, mediante una escala estructurada de 10 cm acotada en ambos extremos con intensidad creciente del descriptor de izquierda a derecha tal como indica el método de análisis descriptivo cuantitativo (13). Las evaluaciones se realizaron según un diseño de bloques completos balanceados.

Tabla 1. Tratamientos aplicados a las rodajas de plátano

| Tratamiento | Quitosana (% m/v) | Tween 80 (% v/v) | Ácido cítrico (% m/v) | Ácido ascórbico (% m/v) |
|-------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|
| TC | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| TQ | 2,0 | 0,1 | 1,0 | 0,0 |
| TQ-A1 | 2,0 | 0,1 | 1,0 | 0,5 |
| TQ-A2 | 2,0 | 0,1 | 1,0 | 1,0 |
| TQ-A3 | 2,0 | 0,1 | 1,0 | 1,5 |

Los valores de los indicadores medidos se sometieron a análisis de varianza factorial mediante el programa STATISTICA (versión 7, 2004, StatSoft. Inc., Tulsa, EE.UU.). La prueba de rangos múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$) se usó para determinar la diferencia estadística entre las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los plátanos presentaron un sabor agrídulce semejante al del plátano manzano. Fueron rectos, gruesos, de 16 a 20 cm de largo con una textura suave y pulpa de color crema. La Tabla 2 presenta algunas de sus características físico-químicas. Se ha informado (14) para plátanos var. Cavendish un pH de 4,71; similar al obtenido en este estudio, y un valor de acidez superior debido posiblemente al menor estado de madurez de los frutos que emplearon. La diferencia entre estos valores y los reportados puede deberse a variaciones genotípicas propias de las variedades en estudio, así como la madurez en la recolección y condiciones agrológicas durante la pre y poscosecha (15).

Tabla 2. Características físico-químicas de plátanos maduros var. FHIA-18

| Parámetro | Media (desviación estándar) |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Masa (g) | 137 (3) |
| Largo (cm) | 15 (2) |
| Diámetro (cm) | 2,6 (0,1) |
| Acidez (% m/m de ácido cítrico) | 0,23 (0,04) |
| pH | 4,31 (0,005) |
| Humedad (% m/m) | 67,35 (0,41) |

El empleo de coberturas de quitosana influyó en el color característico de las rodajas de plátano, debido al color amarillo de las DFC (16) que le confirieron una coloración más intensa a las rodajas. Se observaron cambios en el color debidos a las reacciones de pardeamiento con mayor intensidad en el tratamiento control con respecto a las muestras con coberturas, mientras que el incremento de la concentración de ácido ascórbico retrasó la aparición de coloraciones oscuras. Esto pudo deberse al efecto combinado del pH de las DFC (pH= 3,0 a 3,2), presencia de ácido ascórbico (17), baja permeabilidad al oxígeno de las coberturas de quitosana (16) y su actividad antioxidante (18). El tratamiento TQ-A3 fue rechazado por los jue-

ces por su mayor acidez. Teniendo en cuenta los resultados anteriores se seleccionaron los tratamientos TC, TQ y TQA-2 para evaluar el comportamiento de sus atributos de calidad durante el almacenamiento acelerado.

La mayor pérdida de peso ($p \leq 0,05$) durante el almacenamiento se observó en las muestras control con 17,2 (0,3) %, mientras que los tratamientos TQ y TQ-A2 presentaron pérdidas de peso de 11,6 (0,8) y 11,7 (0,2) %, respectivamente. Pérdidas de agua superiores al 4-6 % del total de la masa fresca resultan en un encogimiento o arrugamiento de la superficie de la mayoría de las frutas y hortalizas (19). Los productos se almacenaron a una HR (65-70 %) que pudo ser la causa de su elevada pérdida de peso. Además, debe tenerse en cuenta que las películas y coberturas de quitosana se caracterizan por su elevada permeabilidad al vapor de agua (16). En tal sentido, se han utilizado coberturas emulsionadas de quitosana con ácido oleico para disminuir la permeabilidad al vapor de agua y consecuentemente, las pérdidas de peso por transpiración en fresas (20). Asimismo, se reportó el empleo de una cobertura bicapa carbohidrato/lípidos para trozos de manzana en los cuales se redujo de 12 a 14 veces la pérdida de peso comparado con muestras sin recubrir bajo las mismas condiciones de almacenamiento (21).

Los valores de contenido de humedad (Tabla 3) se corresponden, de forma general, con las pérdidas de peso de los productos durante su almacenamiento, lo que se relaciona con un efecto beneficioso de las coberturas. Los resultados mostraron que las muestras del lote control presentaron una disminución de su contenido de humedad asociado a los procesos de transpiración

Tabla 3. Contenido de humedad de plátano en rodajas mínimamente procesado al inicio y final del almacenamiento acelerado

| Tratamiento | Humedad (% m/m) | |
|-------------|-----------------|----------------|
| | 0 h | 30 h |
| TC | 67,35 (0,41) b | 66,57 (0,05) c |
| TQ | 67,35 (0,41) b | 68,98 (0,07) a |
| TQ-A2 | 67,35 (0,41) b | 69,41 (0,01) a |

Media (desviación estándar); n = 3.

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). TC, tratamiento control; TQ, tratamiento con quitosana al 2 % (m/v); TQ-A2, tratamiento con quitosana al 2 % (m/v) con ácido cítrico (1 % m/v) y ácido ascórbico (1 % m/v).

Tabla 4. Porcentaje de acidez y pH de plátano en rodajas mínimamente procesado al inicio y final del almacenamiento acelerado

| Tratamiento | Acidez (% m/m ácido cítrico) | | |
|-------------|------------------------------|----------------|----------------|
| | 0 h | 24 h | 30 h |
| TC | 0,23 (0,04) b | 0,33 (0,03) a | 0,29 (0,03) a |
| TQ | 0,31 (0,00) a | 0,29 (0,03) a | 0,29 (0,03) a |
| TQ-A2 | 0,35 (0,03) a | 0,35 (0,03) a | 0,33 (0,03) a |
| | pH | | |
| TC | 4,31 (0,005) e | 4,53 (0,005) a | 4,44 (0,036) c |
| TQ | 4,31 (0,005) e | 4,47 (0,005) b | 4,38 (0,005) d |
| TQ-A2 | 4,31 (0,005) e | 4,43 (0,005) c | 4,09 (0,005) f |

Media (desviación estándar); n = 3.

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

TC, tratamiento control; TQ, tratamiento con quitosana al 2 % (m/v); TQ-A2, tratamiento con quitosana al 2 % (m/v) con ácido cítrico (1 % m/v) y ácido ascórbico (1 % m/v).

del producto y que a su vez está relacionado con las condiciones de almacenamiento. Por otra parte, los tratamientos con cobertura conservaron la humedad inicial de los productos y el incremento en estos valores se debió al aporte de humedad de las coberturas aplicadas.

Aunque la acidez normalmente disminuye debido a que los ácidos orgánicos como el cítrico y málico, mayoritarios en el plátano (22), son sustratos en las reacciones enzimáticas asociadas con la respiración, en este estudio se observó un incremento de este parámetro relacionado probablemente con las condiciones acele-

radas de almacenamiento y el crecimiento de microorganismos en los productos. La acidez de los tratamientos con coberturas no varió ($p \leq 0,05$) durante el almacenamiento (Tabla 4), debido a que las coberturas disminuyeron la velocidad de respiración y retrasaron la degradación de los ácidos orgánicos durante el metabolismo (14).

La Tabla 5 muestra los resultados de las evaluaciones microbiológicas. Aunque se produjo un crecimiento microbiano al final del almacenamiento para todos los tratamientos como parte de su deterioro, las coberturas retrasaron el desarrollo microbiano, lo cual pudo

Tabla 5. Resultados de la evaluación microbiológica de plátano en rodajas mínimamente procesado

| Indicadores | Tratamiento | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | TC | | | TQ | | | TQ-A2 | | |
| Dilución | 10^{-1} | 10^{-3} | 10^{-5} | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-5} | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-5} |
| Conteo total de microorganismos aerobios mesófilos (ufc/g) | >300 | >300 | >300 | 31 | 6 | 5 | >300 | >300 | - |
| Conteo de coliformes totales (ufc/g) | 168 | - | - | 7 | - | - | - | - | - |
| Conteo de hongos (ufc/g) | 4 | 2 | - | 2 | 2 | - | 3 | - | - |
| Conteo de levaduras (ufc/g) | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 |

-: Negativo.

TC, tratamiento control; TQ, tratamiento con quitosana al 2 % (m/v); TQ-A2, tratamiento con quitosana al 2 % (m/v) con ácido cítrico (1 % m/v) y ácido ascórbico (1 % m/v).

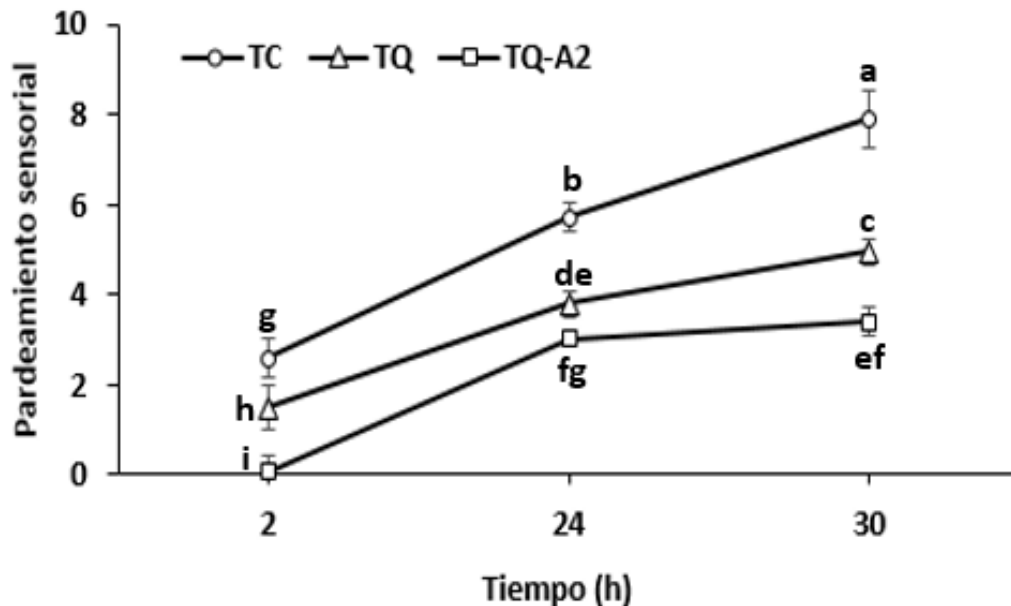


Fig. 1. Efecto de las coberturas de quitosana sobre el pardeamiento sensorial de plátano en rodajas mínimamente procesado. Las barras de error indican la desviación estándar ($n = 5$). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). TC, tratamiento control; TQ, tratamiento con quitosana al 2 % (m/v); TQ-A2, tratamiento con quitosana al 2 % (m/v) con ácido cítrico (1 % m/v) y ácido ascórbico (1 % m/v).

deberse a las condiciones de pH generadas en los productos y a la actividad antimicrobiana de la quitosana (23). Durante el almacenamiento no se desarrollaron microorganismos coliformes en ninguno de los tratamientos, lo cual indica que la manipulación fue correcta durante todo el proceso y que aunque la aplicación de las coberturas representa un paso adicional de manipulación que podría considerarse una fuente potencial de contaminación, se cumplieron las normas sanitarias establecidas para la elaboración de este tipo de producto.

Los productos recubiertos cumplieron con lo establecido (24) para contaminantes microbiológicos en alimentos, donde se plantean, para el caso de alimentos listos para el consumo, límites máximos de 10^5 y 10^3 ufc/g para el conteo total de microorganismos aerobios mesófilos y coliformes totales, respectivamente. El crecimiento de hongos y levaduras se debió a las condiciones de almacenamiento acelerado de los productos, óptimas para el crecimiento de estos microorganismos (23).

Los tratamientos TC y TQ no presentaron diferencias ($p \leq 0,05$) en su acidez sensorial, con una puntuación de 0,10 (0,04), inferior a la correspondiente a muy ligero en la escala sensorial. Sin embargo, con respecto a TQ-A2 con una puntuación de 0,80 (0,05) existieron diferencias ($p \leq 0,05$) por la adición de ácido ascórbico en las DFC de este tratamiento, aunque no influyó en la aceptación del producto. Estos resultados sensoriales coinciden con los resultados de acidez valorable (Tabla 4).

El tratamiento TC mostró mayor ($p \leq 0,05$) pardeamiento durante el almacenamiento que los tratamientos con coberturas de quitosana, aunque con el tratamiento TQ-A2 se observó el menor ($p \leq 0,05$) desarrollo de coloraciones oscuras por pardeamiento enzimático (Fig. 1), debido a la presencia de ácido cítrico y ácido ascórbico, con gran poder reductor, que disminuye el pH del producto por debajo del pH óptimo del enzima polifenoloxidasas y se retarda la oxidación (17). Además, la cobertura proporciona una barrera al oxígeno (16), junto a las propiedades antioxidantes de la quitosana (18).

CONCLUSIONES

Las coberturas de quitosana y ácido cítrico, con o sin la adición de ácido ascórbico, previnieron las pérdidas de peso y conservaron la humedad inicial de los productos durante su almacenamiento. El efecto benefi-

cioso de las coberturas estuvo relacionado con la inhibición de las reacciones de pardeamiento y la cobertura con ácido ascórbico al 1 % (m/v) fue la más efectiva en este sentido.

REFERENCIAS

1. IFPA. International Fresh Produce Association. Fresh-cut Produce: Get the Facts [en línea]. EE.UU., 2000. Consultado febrero 2005 en www.fresh-cuts.org.
2. Parzanese, M. Tecnologías para la industria alimentaria: películas y recubrimientos comestibles [en línea]. Alimentos Argentinos: una elección natural. Ficha No. 7, 2009, 11 p. Consultado abril 2014 en www.alimentosargentinos.gob.ar.
3. García, M. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 18 (1): 71-76, 2008.
4. Dadzie, B. K. y Orchard, J. K. Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and method. 1997.
5. NC 77-22-8. Conservas de frutas y vegetales. Métodos de ensayo. Determinación de la humedad. Cuba. 1982.
6. NC-ISO 750. Productos de frutas y vegetales. Determinación de la acidez valorable. Cuba. 2001.
7. NC-ISO 1842. Productos de frutas y vegetales. Determinación del pH. Cuba. 2001.
8. Powell, R. A.; Single, H. M. y Lloyd, K. R. *Int. J. Social Psychol.* 42 (3): 193-206, 1996.
9. Rodríguez, I. Introducción a la Evaluación Sensorial de Alimentos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. La Habana, 2002, 131 p.
10. NC-ISO 4833. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía general para la enumeración de microorganismos. Técnica de placa vertida a 30 °C. Cuba. 2002.
11. NC-ISO 4832. Microbiología de alimentos para consumo humano y animal. Guía general para la enumeración de coliformes. Técnica de placa vertida. Cuba. 2002.
12. NC-ISO 7954. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía general para la enumeración de levaduras y mohos. Técnica de placa vertida a 25 °C. Cuba. 2002.
13. Stone, H. R.; Sidel, J. L.; Oliver, S.; Woolsey, A. y Singleton, R. C. *Food Technol.* 28: 24-34, 1974.
14. Bico, S. L. S.; Raposo, M. F. J. R.; Morais, M. S. C. y Morais, A. M. M. B. *Food Control* 20: 508-514, 2009.
15. Artés, F.; Gómez, P.; Aguayo, E.; Escalona, V. y Artés, F. *Phyntoma* 189: 124-130, 2007.
16. Casariego, A. Desarrollo de películas y coberturas de quitosana de empleo potencial en alimentos (tesis doctoral, Universidad de La Habana), 2009, 100 p.
17. Hernández, C. E. y Castillo, M. Efectos de la polifenoloxidasas en alimentos. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Química Industrial, 2009, 87 p.
18. Chien, P. J.; Sheu, F.; Huang, W. T. y Su, M. S. *Food Chem.* 102: 1192-1198, 2007.
19. Kays, S. J. *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
20. Vargas, M.; Albors, A.; Chiralt, A. y González, C. *Postharvest Biol. Technol.* 41: 164-171, 2006.
21. Wong, D. W. S.; Tillin, S. J.; Hudson, J. S. y Pavlath, A. E. *J. Agr. Food Chem.* 42: 2278-2285, 1994.
22. Wiley, R. C. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. New York. London: Chapman and Hall, 1994.
23. Kong, M.; Chen, G. X.; Xing, K. y Park, J. H. *Int. J. Food Microbiol.* 144: 51-63, 2010.
24. NC 585. Contaminantes microbiológicos en alimentos requisitos sanitarios. Cuba. 2011.