

## **RECUBRIMIENTOS DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) Y PECTINA CON ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*ROSMARINUS OFFICINALIS*) EN LA CONSERVACIÓN DE NARANJAS**

Franklin A. Molina\*, Ninfá M. Osorio, Mariana E. Yáñez, Jaime O. Rojas y Mario A. García  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi, Av. Simón  
Rodríguez s/n Barrio El Ejido, Sector San Felipe, Latacunga, Ecuador.

E-mail: franklin.molina@utc.edu.ec

Recibido: 05-03-2019 / Revisado: 13-03-2019 / Aceptado: 02-04-2018 / Publicado: 30-04-2019

### **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar, a escala de laboratorio, el efecto de la aplicación de recubrimientos a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica* [L.] Mill.) y pectina con aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) en la conservación de naranjas (*Citrus sinensis* L.) var. Valencia Late Frost durante 28 días de almacenamiento entre 5 y 7 °C. La aplicación de los recubrimientos no influyó, desde un punto de vista práctico, en los indicadores físicos y químicos de calidad de naranjas durante su almacenamiento. El recubrimiento obtenido a partir de la mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla, resultó el más efectivo para disminuir la pérdida de peso.

**Palabras clave:** nopal, *Opuntia ficus-indica*, mucílago, aceite esencial de romero, naranja.

### **ABSTRACT**

**Nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*) and pectin coatings with rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) in the conservation of orange fruits**

The objective of the present work was to evaluate, on a laboratory scale, the effect of the application of coatings based on nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica* [L.] Mill.) and pectin with rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis* L.) in the conservation of oranges (*Citrus sinensis* L.) var. Valencia Late Frost during 28 days of storage between 5 and 7 °C. The application of the coatings did not influence, from a practical point of view, in the physical and chemical quality indicators of oranges during storage. The coating obtained from the mixture with 94% (w/w) of nopal mucilage and 6% (w/w) of commercial pectin with addition of 0.5% (v/v) of rosemary essential oil with respect to the volume of the mixture, proved the most effective in reducing weight loss.

**Keywords:** nopal, *Opuntia ficus-indica*, mucilage, rosemary essential oil, orange.

### **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de recubrimientos biodegradables para aplicaciones en el sector agroalimentario, en especial en la conservación de frutas y hortalizas, como las naranjas, se basa en características como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas, propiedades ópticas, efecto barrera frente a la transferencia de gases y vapor de agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial. Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material

---

**Franklin A. Molina Borja:** Ingeniero Agroindustrial (Universidad Técnica de Cotopaxi, 2002). Magister en Industrias Pecuarias Mención en Industrias de lácteos (2013). Director carrera Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Actualmente se encuentra matriculado en el programa de Doctorado en Ciencias de los Alimentos del Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana.

implementado como matriz estructural así como tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes) (1).

Entre los materiales para la formulación de los recubrimientos biodegradables, se han empleado mucílagos obtenidos a partir de fuentes naturales como el nopal (*Opuntia ficus-indica* [L.] Mill.) (2, 3).

En Ecuador, la producción de nopal se realiza principalmente en Tungurahua, Santa Elena, Loja, Imbabura y Carchi; estas dos últimas cubren el 30 % de la demanda del mercado nacional, aunque su procesamiento e industrialización es escaso. Los mucílagos son carbohidratos complejos constituidos por cadenas de L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-xilosa y ácido galacturónico. La proporción de estos monómeros en la molécula varía de acuerdo con diversos factores como la variedad, edad, condiciones ambientales, forma de extracción, parte de la planta, entre otros factores. El mucílago está presente como su sal de calcio en las células del parénquima de la penca (4).

Por otra parte, para potenciar la acción de estos recubrimientos, se emplean aditivos con actividad biológica que pueden incrementar la durabilidad de los productos en los que se apliquen. Con este fin, se han utilizado los aceites esenciales, como el de romero, por sus actividades antimicrobiana y antioxidante (5). Además, la inclusión de estos componentes hidrofóbicos en la matriz polimérica del recubrimiento, disminuye la permeabilidad al vapor de agua de los recubrimientos y, por ende, la incidencia de la pérdida de peso que genera cambios en la firmeza y causa arrugamiento superficial de las frutas y hortalizas (6), especialmente de productos no climatéricos como los cítricos. Por tal razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar, a escala de laboratorio, el efecto de la aplicación de recubrimientos a base de mucílago de nopal (*O. ficus-indica*) y pectina con aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) en la conservación de naranjas (*Citrus sinensis* L.) var. Valencia Late Frost durante 28 días de almacenamiento entre 5 y 7 °C.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la extracción del mucílago se emplearon nopales que no superaran los dos años. Con ayuda de un cuchillo se retiraron las espinas y las pencas se lavaron por

inmersión en una disolución de hipoclorito de sodio al 0,1 % (m/v) durante 15 min. Posteriormente, las pencas escurridas se pelaron y trocearon para facilitar su licuado; la pulpa resultante se calentó a 80 °C por 20 min con agitación ocasional, para después eliminar los sólidos mediante filtración a 5 °C durante 24 h y obtener un líquido viscoso de color verde amarillento.

Para la aplicación de los recubrimientos se prepararon mezclas de mucílago de nopal y pectina comercial (Guinama, Valencia, España) mediante agitación mecánica durante 2 h a 20 °C. Posteriormente, se adicionaron Tween 80 (Acros Organics, Bélgica) al 0,1 % (v/v) y aceite esencial de romero (Aromalab, Quito). La mezcla se emulsionó a 12 000 min<sup>-1</sup> durante 5 min. Se hicieron cuatro tratamientos:

- Tratamiento 1 (T1): Mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 1 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla.

- Tratamiento 2 (T2): Mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla.

- Tratamiento 3 (T3): Mezcla con 97 % (m/m) de mucílago de nopal y 3 % (m/m) de pectina comercial con adición de 1 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla.

- Tratamiento 4 (T4): Mezcla con 97 % (m/m) de mucílago de nopal y 3 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla.

La investigación se realizó a escala de laboratorio con naranjas var. Valencia Late Frost, adquiridas en un mercado local. Las naranjas se clasificaron según su tamaño mediano (~130 g), estado de madurez uniforme y ausencia de imperfecciones e infecciones fúngicas. Se dividieron en cuatro lotes de 50 unidades, teniendo en cuenta los tratamientos a realizar. Además, se mantuvo un lote control (50 unidades) sin la aplicación de coberturas para comparar las variaciones de los atributos físicos y químicos de calidad durante el almacenamiento.

Las coberturas se aplicaron por inmersión simple de las frutas durante 15 s, seguido de un escurrimiento y secado en parrillas de acero inoxidable en condiciones ambientales. Posteriormente, las frutas se envasaron en cajas plásticas y se almacenaron de 5 a 7 °C. Las evaluaciones de los atributos físicos y químicos de calidad se llevaron a cabo cada siete días durante 28 días.

Se realizaron determinaciones del contenido de sólidos solubles refractométricos (7), acidez titulable (8) y valor de pH (9). Las pérdidas de peso durante el almacenamiento se determinaron a partir de 10 frutas marcadas por cada tratamiento y los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso en cada momento de evaluación con respecto al peso inicial de las frutas.

Los valores de los indicadores medidos se sometieron a análisis de varianza factorial mediante el programa STATISTICA (ver. 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

La Tabla 1 muestra los resultados de los indicadores físicos y químicos determinados a las naranjas durante su almacenamiento. Se observa que, de forma general, no existió una influencia, desde un punto de vista práctico, en estos indicadores de calidad, cuyos valores resultaron similares a los reportados para la naranja.

**Tabla 1. Indicadores físicos y químicos de las naranjas durante su almacenamiento entre 5 y 7 °C**

Indicador	Tiempo (d)	Tratamiento				
		Control	T1	T2	T3	T4
pH	0	3,0 (0,1) cdefg	2,7 (0,0) fgh	3,1 (0,1) cdef	3,1 (0,2) cdef	3,3 (0,0) c
	7	3,2 (0,1) cde	2,6 (0,3) gh	2,7 (0,0) efgh	3,3 (0,2) c	3,2 (0,2) cd
	14	3,8 (0,1) ab	2,6 (0,1) gh	2,5 (0,1) h	3,8 (0,1) ab	3,2 (0,1) cde
	28	4,0 (0,1) a	2,9 (0,1) cdefgh	2,7 (0,6) defgh	3,9 (0,1) a	3,4 (0,3) bc
Acidez (% m/m de ácido cítrico)	0	0,60 (0,01) f	0,62 (0,04) ef	0,60 (0,01) f	0,62 (0,01) ef	0,62 (0,02) ef
	7	0,78 (0,02) bcd	0,66 (0,02) ef	0,62 (0,02) ef	0,60 (0,04) f	0,7 (0,1) def
	14	0,82 (0,05) bc	0,7 (0,0) cde	0,6 (0,1) ef	0,6 (0,0) f	0,66 (0,04) ef
	28	0,98 (0,05) a	0,86 (0,04) b	0,68 (0,05) def	0,66 (0,02) ef	0,71 (0,03) def
Sólidos solubles (°Brix)	0	10,2 (0,1) abc	9,4 (0,3) bc	9 (1) bc	9,2 (0,2) c	10,0 (0,6) abc
	7	10,5 (0,3) abc	9,4 (0,2) bc	9,75 (0,07) bc	9,4 (0,2) bc	10 (1) abc
	14	11,3 (0,1) ab	9,6 (0,7) bc	9,55 (0,35) bc	9,65 (0,07) bc	12 (2) a
	28	11,8 (0,3) a	10,3 (0,7) abc	10 (1) abc	9,95 (0,07) abc	11 (1) ab
Relación sólidos solubles/acidez	0	17,0 (0,2) ab	15 (1) abc	16 (2) abc	14,7 (0,5) abc	15,9 (0,4) abc
	7	13,6 (0,8) bc	14,2 (0,8) abc	15,6 (0,4) abc	15 (1) abc	14,6 (0,8) abc
	14	14 (1) bc	13,2 (0,9) bc	16 (3) abc	16,1 (0,1) ab	18 (4) a
	28	12,1 (0,2) c	12,0 (0,3) c	15 (2) abc	15,2 (0,3) abc	15,9 (0,9) abc

Media (desviación estándar).

T1: Mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 1 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla; T2: Mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla; T3: Mezcla con 97 % (m/m) de mucílago de nopal y 3 % (m/m) de pectina comercial con adición de 1 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla; T4: Mezcla con 97 % (m/m) de mucílago de nopal y 3 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla.

Las diferencias entre estos valores y los informados en esta investigación se deben a las variedades en estudio y condiciones agrológicas durante su cultivo.

Se observa que las naranjas presentaron valores de pH entre 2,55 y 3,99. Se han reportado para esta fruta valores de pH entre 2,9 y 3,9 (10) y de 3,4 a 3,6 en naranjas recubiertas con quitosana (11).

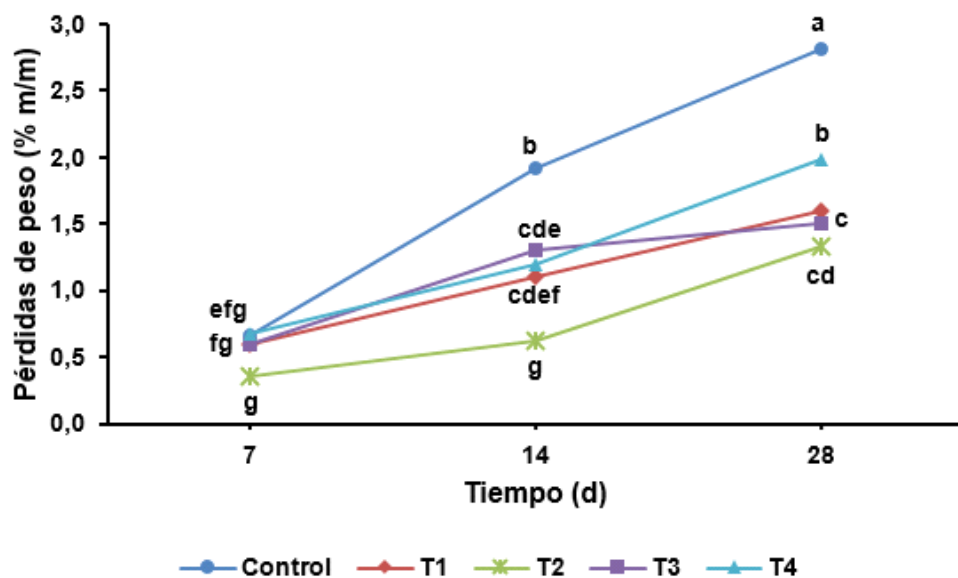
Los valores de acidez de 0,6 a 0,98 % (m/m de ácido cítrico) estuvieron en el rango de 0,65 a 1,1% informado por la División Agroindustrial de Meals de Colombia S.A.S. (12), aunque se han reportado valores de acidez de 1,05 % (13) y 1,61 % (14).

El contenido de sólidos solubles tendió a incrementarse durante el almacenamiento, siendo las frutas del lote control las que alcanzaron el mayor valor (11,75 °Brix) al final del estudio, en correspondencia con el hecho de que el contenido de sólidos solubles en las naranjas puede variar entre 7 y 12 °Brix (10).

El índice de madurez (relación sólidos solubles/acidez titulable) al inicio del experimento fue de 17,02 para las frutas del lote control y alrededor de 15 para las frutas recubiertas. Estos valores indican que la madurez de las naranjas fue aceptable para su comercialización al encontrarse en el intervalo de 9,7 a 17,7 (15, 16) y presentar un sabor aceptable para la mayoría de los consumidores (17).

En otros trabajos no se observaron cambios significativos en el índice de madurez de naranjas var. Valencia durante su almacenamiento por 25 semanas a 3 °C; las frutas mostraron un valor inicial de este indicador de 9,1 y un valor final de 15,9 (18).

Por otra parte, la mayor influencia de los recubrimientos estuvo relacionada con la disminución de las pérdidas de peso de las naranjas durante su almacenamiento refrigerado (Fig. 1). En este sentido, se observaron pérdidas de peso entre 1 y 2 % (m/m) para las frutas recubiertas, mientras que las frutas del lote control, presentaron valores alrededor de 3 % (m/m) para este



T1: Mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 1 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla; T2: Mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla; T3: Mezcla con 97 % (m/m) de mucílago de nopal y 3 % (m/m) de pectina comercial con adición de 1 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla; T4: Mezcla con 97 % (m/m) de mucílago de nopal y 3 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla.

**Fig. 1. Pérdidas de peso de las naranjas durante su almacenamiento entre 20 y 25 °C.**

indicador, aunque pudieron considerarse comercializables debido a que no alcanzaron un 5 % (m/m) de pérdida de peso (19). El tratamiento más efectivo para disminuir estas pérdidas de peso fue el realizado a partir de la mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla. También se informó (20) que el encerado redujo significativamente la pérdida de peso durante el almacenamiento de naranjas var. Agegel por 31 días de 21 a 31 °C.

El efecto del recubrimiento en la disminución de las pérdidas de peso puede deberse a la reducción del intercambio gaseoso y vapor de agua entre la fruta y la atmósfera circundante. Se ha demostrado que la restricción del intercambio de gases por los recubrimientos depende no solo de las propiedades de la fruta y del material de recubrimiento, sino también de la distribución de este sobre la fruta y estará relacionado con sellado adecuado de las aberturas en la epidermis de las frutas (21).

De manera general, en las frutas recubiertas no se percibieron síntomas de deterioro, mientras que, en las naranjas sin recubrir, se observó la presencia de arrugamiento debida a las pérdidas de peso, así como una pérdida de la coloración característica de esta fruta.

## CONCLUSIONES

La aplicación de los recubrimientos a base de mucílago de nopal y pectina con aceite esencial de romero no influyó, desde un punto de vista práctico, en los indicadores físicos y químicos de calidad de naranjas durante su almacenamiento entre 5 y 7 ° C, aunque el recubrimiento obtenido a partir de la mezcla con 94 % (m/m) de mucílago de nopal y 6 % (m/m) de pectina comercial con adición de 0,5 % (v/v) de aceite esencial de romero respecto al volumen de la mezcla, resultó el más efectivo para disminuir las pérdidas de peso.

## REFERENCIAS

1. Rojas Graü MA, Soliva Fortuny R, Martín Belloso O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh cut fruits: a review. *Trends Food Sci Technol* 2009; 20:438-47.
2. Domínguez López A. Review: use of the fruit and stems of the prickly pear cactus (*Opuntia* spp.) into human food. *Food Sci Technol Int* 1995; 1:65-74.
3. Del Valle V, Hernández Muñoz P, Guarda A, Galotto MJ. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf life. *Food Chem* 2005; 91:751-56.
4. Trachtenberg S, Mayer A. Composition and properties of *Opuntia ficus indica* mucilage. *Phytochem* 1981; 20(12):2665-8.
5. Ojeda Sana AM, van Baren CM, Elechosa MA, Juárez MA, Moreno S. New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components. *Food Control* 2013; 31(1):189-95.
6. Dovale Rosabal G, Casariego A, Forbes Hernández TY, García MA. Effect of chitosan-olive oil emulsion coating on quality of tomatoes during storage at ambient conditions. *J Berry Res* 2015; 5:207-18.
7. NTE INEN ISO 2173. Productos vegetales y de frutas. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico. Ecuador; 2013.
8. NTE INEN ISO 750. Productos vegetales y de frutas. Determinación de la acidez titulable. Ecuador; 2013.
9. NTE INEN ISO 1842. Productos vegetales y de frutas. Determinación de pH. Ecuador; 2013.
10. Gonzalo F, Salaya G. Madurez de la fruta y manejo poscosecha. Segunda edición, Salesianos Impresores. Pontificia: Universidad Católica de Chile; 2004.
11. Brito A. Aplicación de recubrimientos a base de quitosano y aceite esencial de limón en el control de la poscosecha de la podredumbre azul de naranjas (tesis de maestría). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2012.
12. Meals de Colombia S.A.S. Registros de Calidad Interna de Naranja 2005-2010. Ed. Armenia: Meals de Colombia S.A.S.; 2010.
13. Russián T. Calidad del fruto en accesiones de naranja 'Criolla' y 'Valencia' en el sector Macanillas-Curimagua, estado Falcón. *Agron Trop* 2006; 56(3):415-32.

14. Pérez M, Soto E, Avilán L, Salcedo F. Caracterización ecofisiológica y morfológica in situ de la naranja criolla de Caripe, estado Monagas. *Revista Digital CENIAP Hoy* 2005; No. 9 / Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos>. Acceso 6 abril 2008.
15. Bringas TE, Morales HE. Análisis de los cambios físicos y químicos de tres variedades de naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) para la determinación de tiempos óptimos de cosecha bajo condiciones de la costa de Hermosillo (tesis de licenciatura). Sonora: Universidad de Sonora, México; 1988.
16. Buslig BS. Oranges. En: *Quality and Preservation of Fruits*. Easkin M (Ed). Capítulo 1, 6-14. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida; 1991.
17. Salunkhe DK, Desai BB. Citrus. En: *Postharvest Biotechnology of Fruits*. Salunkhe DK, Desai BB (Eds). Capítulo 5, 59-75. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida; 1984.
18. Schirra M, Cohen E. Long-term storage of 'Olinda' oranges under chilling and intermittent warming temperatures. *Postharvest Biol Technol* 1999; 16:63-9.
19. *Codex Alimentarius*. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comisión del *Codex Alimentarius*; 2004. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/008/j0695s.pdf>. Acceso mayo 2015.
20. Aworh OC, Nwankwo CF, Olorunda AO. Control of postharvest losses in citrus fruits under tropical conditions: Effect of wax and fungicide. *Trop Sci* 1991; 31:177-82.
21. Hagenmaier RD, Baker RA. Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coatings. *J. Agric. Food Chem* 1993; 41:283-7.