

Evaluación mediante ensayos “in vivo” del efecto de aplicar un recubrimiento biodegradable base quitosano en postcosecha de naranjas

Locaso, Delia E.; Bof, María J.; Bordagaray, Valeria C.; Bordenave, Lauro R.; Lesa, Claudia E.; Pisonero, Mario O.; Suarez, Gustavo D.

AUTORES: Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos. (Concordia, Entre Ríos, Argentina).

CONTACTO: locasod@fcal.uner.edu.ar

Resumen

Este trabajo tiene por objetivo evaluar el efecto sobre la calidad comercial de naranjas de la aplicación postcosecha del recubrimiento biodegradable base quitosano desarrollado en el Laboratorio de Investigación de Postcosecha de Frutas, Facultad de Ciencias de la Alimentación.

Se comenzó optimizando la relación de ácidos grasos en la formulación, mediante un diseño factorial en planta piloto. Luego, se realizaron dos ensayos “in vivo” a escala semi-industrial. Se estudió la influencia de la aplicación del producto en naranjas almacenadas en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, determinando los parámetros más relevantes de la calidad.

Se encontró que el producto preservó a la fruta de la deshidratación. Asimismo evidenció una reducción importante de las podredumbres, en las dos variedades de naranjas ensayadas provenientes de dos temporadas de cosecha diferentes. En ambos ensayos semi industriales, con condiciones de almacenamiento diferentes, el recubrimiento biodegradable (Lpf) evidenció un efecto antifúngico similar al de las ceras comerciales con dos fungicidas de síntesis: imazalil y pyrimethanil. Estos estudios son indicativos de que podría ser un producto alternativo de aplicación en postcosecha de naranjas, que posee la ventaja de ser biodegradable, sin derivados del petróleo y formulado con materiales provenientes de recursos naturales renovables de origen regional.

Palabras clave: Quitosano, recubrimiento biodegradable, *Penicillium digitatum*, postcosecha.

Objetivos propuestos y cumplidos

Objetivo general

Evaluar el efecto, sobre la calidad comercial de naranjas, de la aplicación postcosecha del recubrimiento biodegradable base quitosano Lpf

Objetivos específicos

Ensayo piloto

Estimar la influencia de formulaciones de recubrimientos, mediante diseño factorial, sobre los parámetros de calidad de naranjas.

Ensayo semiindustrial 1

Evaluar el comportamiento de la fruta con los diversos tratamientos en almacenamiento a temperatura ambiente y alta humedad relativa (HR), simulando condiciones de comercialización en góndola en mercado local.

Ensayo semiindustrial 2

Valorar el efecto de almacenar la fruta con los tratamientos ensayados en condiciones de embarque 5°C y 90 % HR durante 5 semanas y luego 7 días a 20±2°C, simulando condiciones de comercialización.

Marco teórico

La citricultura mundial actualmente plantea como desafío el uso sostenible de fitosanitarios. Esto conlleva a desarrollar tecnologías que tengan en cuenta la problemática de los residuos de agroquímicos, en especial en los productos aplicados en la postcosecha. Los cítricos son susceptibles a un gran número de enfermedades fúngicas de postcosecha. La podredumbre verde -cuyo agente causal es el *Penicillium digitatum* Sacc.- es la enfermedad postcosecha más generalizada alrededor del mundo y la más importante por los daños económicos que ocasiona. A la fecha, el control de las podredumbres se efectúa principalmente utilizando fungicidas sintéticos, tales como imazalil, guazatina, tiabendazol o ortofenilfenato sódico (Obagwu y Korten, 2003). Asimismo, se encuentra muy difundida la aplicación de pyrimethanil por ser efectivo en el control de la esporulación del moho verde (Smilanick y col., 2006).

La aplicación de imazalil en naranjas Navel y naranjas Valencia genera residuos que aumentan con el incremento de las concentraciones en los recubrimientos. (Njombolwana y col, 2014).

Debido al uso excesivo de compuestos químicos potencialmente peligrosos para la salud humana y el ambiente, las investigaciones actuales se orientan al desarrollo de nuevas alternativas para reducir el uso de fungicidas de síntesis química. Preservar la integridad y seguridad de los seres humanos y del medio ambiente deben ser los criterios primordiales al momento de seleccionar nuevos compuestos que se desarrollen (James y col., 1993).

En este sentido, el quitosano es un polímero catiónico biodegradable, con actividad antimicrobiana, ampliamente investigado (Jung y Kim, 1999; Cuero, 1999; No y col., 2001; Tharanathan y Kittur, 2003; Zheng y Zhu, 2003). La carga neta positiva del compuesto confiere una variedad única de propiedades biológicas y fisiológicas (Jeon y col., 2001). La actividad fungicida del quitosano se ha estudiado, tanto a nivel “in vitro” (El Ghaouth y col., 1992) como “in vivo” (Li y Yu, 2001; Yu y col., 2007).

Además, el quitosano es un elicitador exógeno que puede inducir resistencia por incremento de la actividad de varias enzimas relacionadas con la defensa, tales como fenilalanina amonio liasa (PAL), quitinasa, β-1,3-glucanasa (Zhang y col., 2011). El quitosano, debido a su capacidad para formar un recubrimiento semipermeable, extiende la vida útil de frutas y hortalizas reduciendo la tasa respiratoria y disminuyendo la pérdida de agua (Bautista Baños, 2006)

Marco metodológico

Preparación del producto Lpf

Solución formadora de recubrimiento (Lp)

Se utiliza quitosano con un grado de desacetilación de 98,6 % (Parafarm, Argentina) y un peso molecular promedio de 246 kDa. Se realiza la solubilización de quitosano en una solución de ácido acético glacial al 1% (v/v) mediante una dispersora Ultraturrax T25 (Ika, Alemania). El pH de la solución se ajusta a 4,5 con una solución 1 M de NaOH.

Recubrimiento biodegradable Lpf.

La solución formadora de recubrimiento conteniendo una concentración de 2,4 mg/mL del principio activo es emulsificada con una cera biodegradable con 5% de sólidos, según la metodología empleada por Locaso y Cruaños, (2011).

Efecto de las formulaciones sobre los parámetros de calidad de la fruta

Diseño factorial. Variables estudiadas y diseño utilizado

Se consideraron las variables independientes: relaciones de Quitosano/Glicerol (CH:G) y Ésteres de Ácidos Grasos C24/Palmítico C16 (E:AG). Las variables dependientes seleccionadas para el estudio fueron: la tasa de producción de CO₂ (TRCO₂) y la Tasa de consumo de O₂ (TRO₂), indicadores importantes de la respiración del fruto.

El análisis de regresión para estimar los coeficientes del modelo planteado se realizó mediante la aplicación de un “Diseño Compuesto Central Ortogonal” (tabla 1). Este contempló los tratamientos distribuidos de la siguiente forma: 8 corresponden a un factorial (2³) con niveles -1,+1; 2 puntos estrellas con niveles de $\alpha \pm 1,07809$ y 2 replicaciones del punto central o condiciones sin optimizar (tabla 1).

Se formularon recubrimientos R0 a R8 con relaciones de Quitosano/Glicerol (CH:G)= 1,0-1,3-2,5 y Ésteres de Ácidos Grasos C24/Palmítico C16 (E:AG)= 0,5-0,7-1,0. Los efectos de los factores se evaluaron frente a un tratamiento control (cera comercial).

TABLA 1. Diseño Central Compuesto Ortogonal 2³

Símbolo	Factores	Niveles		
		Bajo	Medio	Alto
		-1,7809 (- α)	0	1,7809 (+ α)
CH:G	Quitosano : Glicerol	1,0	1,3	2,5
E:AG	Ésteres de ácidos grasos : Palmítico C16	0,5	0,7	1,0

Ensayos “in vivo”

Selección y acondicionamiento de la fruta

Los frutos fueron seleccionados por calibre, color y sin lesiones superficiales, provenientes de un lote cosechado en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicada en el Dpto. Concordia, Entre Ríos, Argentina.

El lote constituido por naranjas preseleccionadas, sin tratamiento postcosecha, fue desinfectado por inmersión en una solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio durante 60 segundos -pH 7-, luego fue lavado con detergente biodegradable y secado a 45°C en un túnel de aire caliente. Estas operaciones en el ensayo piloto fueron realizadas en Planta Piloto de la Facultad de Cs. de la Alimentación. En tanto

que para las pruebas semiindustriales se utilizó el empaque postcosecha de frutas de la EEA del INTA Concordia.

Tratamientos postcosecha

Ensayo piloto

La fruta (naranjas var. "Salustiana") con índice de madurez (IM) 8 se recubrió de acuerdo al ensayo factorial con las formulaciones de recubrimiento mencionadas y se dejó como Testigo fruta sin tratamiento.

Ensayo semi industrial 1

Las naranjas *Citrus sinensis* var. Valencia Delta cosechadas en el mes de octubre y con un IM 10, se agruparon en dos lotes conteniendo cada uno 400 unidades. Uno fue sumergido en un baño de 250 ppm de fungicida sintético imazalil y el lote restante se trató en un baño de agua como testigo (T)

Luego, las naranjas T fueron agrupadas en dos lotes de 180 frutas, de los cuales uno fue recubierto con cera comercial, base goma laca y cera de polietileno, de 18% de sólidos (CC) y el otro se trató con el recubrimiento natural propuesto Lpf

Por otro lado, las naranjas tratadas con fungicida, fueron agrupadas en dos lotes de 180 frutas, de los cuales uno fue recubierto con cera comercial (CC+i), y el otro se trató con la cera natural propuesta (Lpf+i).

Ensayo semiindustrial 2

Las naranjas *Citrus sinensis* var. Valencia Delta cosechadas en el mes de noviembre y con un IM 12 se agruparon en tres lotes de 400 unidades cada uno. Los tratamientos fueron, un lote con 350 ppm de fungicida sintético Pyrimethanil (PYR), un lote con 1000 ppm de PYR y otro con agua (T). Luego, las naranjas sin tratamiento fungicida fueron agrupadas en dos lotes de 180 frutas, de los cuales uno fue recubierto con cera comercial, base goma laca y cera de polietileno, de 14% de sólidos (CC) y el otro se trató con la cera natural propuesta Lpf.

Por otro lado, las naranjas tratadas con PYR fueron agrupadas en dos lotes de 180 frutas, de los cuales uno fue recubierto con cera comercial de 14% de sólidos (CC+PYR), y el otro se trató con la cera natural propuesta (Lpf+PYR).

Sistemas de aplicación de recubrimientos a la fruta

Ensayo a escala piloto

El módulo de encerado a escala piloto (Figura 1) fue diseñado por los integrantes del Proyecto, utilizando el mismo tipo de cepillos que se emplean en la industria y fue fabricado con la colaboración de personal de mantenimiento de la Planta Piloto de la Facultad de Ciencias de la Alimentación.



FIGURA 1. Módulo de encerado a escala piloto.

Ensayos a escala semi industrial

La aplicación de los diferentes tratamientos fue realizada a través de un sistema de cabezales rotativos sobre lecho de cepillos de la línea piloto de empaque de la EEA INTA Concordia.



FIGURA 2. Línea semi-industrial de empaque de la EEA INTA Concordia

Almacenamiento de la Fruta

Ensayo a escala piloto (Ep)

Se almacenaron a 5°C y 90% HR durante 5 semanas y luego 7 días a 20°C, (simulando condiciones de embarque y comercialización a mercado externo, respectivamente).

Ensayos a escala semi industrial (E)

E1: 20 ± 2°C y 98% de HR, durante 15 días, simulando comercialización en mercado local.

E2: 5°C y 90% HR durante 5 semanas y luego 7 días a 20°C, simulando condiciones de transporte y comercialización a mercado externo.

Parámetros indicativos de la calidad comercial de la fruta

Calidad interna

Se determinó midiendo el Índice de Madurez (Sólidos solubles/Acidez titulable). La acidez fue obtenida por titulación potenciométrica a pH 8.3 con un pehachímetro marca HANNA modelo

211 (Rumania) de acuerdo al método AOAC15TH 942.15 B. Los Sólidos Solubles (°Brix) se determinaron utilizando un refractómetro digital Palm Abbe marca MISCO modelo PA 202 (USA) según referencia AOAC 15TH 983.17–976.20 (1990).

Luminosidad

Se efectuó la evaluación instrumental con un colorímetro MINOLTA CR300 con iluminante D65 (Japón), utilizando el sistema CieLab.

Deshidratación

Se determinó el porcentaje de pérdida de peso. Se utilizó una balanza OHAUS SP 602 (USA).

Deformación

Se realizó sobre 15 frutas con un Analizador de Textura TA-XT2i marca Stable Micro Systems (Japón) con una celda de carga de 5 Kg, realizando el ensayo de compresión-descompresión con un plato P 75, de 75 mm de diámetro, aplicando una fuerza de 10 N, velocidades de prueba = 0,1 mm/seg y temperatura de trabajo 20° C.

Tasas respiratorias de CO₂ y O₂ (TRCO₂ y TRO₂)

Se realizaron a 20°C utilizando un sistema estático-cerrado. Se utilizó un equipo CheckMate3 PDI (Mocon Dansensor, Dinamarca). Se utilizó la metodología de Superficie de Respuesta para encontrar la composición que promoviera la menor tasa respiratoria (TR).

Evaluación de la actividad antifúngica -Incidencia de podredumbres

El control consistió en realizar la observación macroscópica de la fruta almacenada en condiciones de temperatura y humedad controlada contabilizando como positiva la podredumbre desde el primer punto de infección visible y el resultado se expresó en porcentaje.

Análisis estadístico de los datos

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza simple (ANOVA) utilizando el software Statgraphics Plus, versión 5.1. Para determinar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se utilizó el Test Tukey HSD ($p < 0,05$).

Síntesis de resultados y conclusiones

Escala piloto

Estudio de los efectos de la formulación de recubrimiento sobre parámetros de calidad de la fruta.

Índice de madurez

El Índice de madurez inicial de las naranjas fue 8,0. Después de almacenada durante 39 días, las frutas con los recubrimientos R1 a R5 mostraron un IM estadísticamente similar al obtenido en la fruta recubierta con cera comercial (Tabla 2).

TABLA 2. Índice de Madurez (Sólidos Solubles/ Acidez titulable)

Tratamiento	Sólidos solubles promedio		Acidez promedio		IM 39 días
	Día 0	Día 39	Día 0	Día 39	
Cera Comercial	9,8	10,4	1,23	1,13	9,2 a
R0	9,8	11,1	1,23	1,12	9,9 b
R1	9,8	10,0	1,23	1,11	9,0 a
R2	9,8	10,8	1,23	1,21	9,0 a
R3	9,8	11,0	1,23	1,22	9,1 a
R4	9,8	11,0	1,23	1,19	9,2 a
R5	9,8	10,9	1,23	1,17	9,3 a
R6	9,8	11,1	1,23	1,12	10,0 b
R7	9,8	10,7	1,23	1,07	10,0 b
R8	9,8	10,5	1,23	1,03	10,2 b

Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey HSD, $p=0,05$)

Pérdida de peso

El mejor efecto sobre la deshidratación fue obtenido con el control (cera comercial) 3,9%. Los tratamientos con R3 (5,9%) y R7 (5,8%) demostraron una menor pérdida de peso que los restantes recubrimientos a los 21 días, 28 días y 35 días de almacenamiento a 5°C y 90% HR.

Deformación

Los resultados indicaron que al finalizar el período de almacenamiento refrigerado la deformación de las naranjas tratadas con cera comercial se incrementó de 2,6% a 3%, resultando significativamente menor que los demás tratamientos (3,4% a 3,8%). Al culminar el período de comercialización (32+7 días) se verificó la misma tendencia.

Color superficial

El análisis estadístico muestra que no hay diferencias significativas en este parámetro entre los tratamientos aplicados, resultando que las distintas fórmulas de recubrimiento evaluadas logran un aspecto de la fruta similar a la cera comercial (Tabla 3).

TABLA 3. Luminosidad para las fórmulas de recubrimientos R0 a R8 y CC

Recubrimiento	L*	L* promedio
R0	71,82	71,89 a
	71,96	
R1	71,20	70,78 a
	70,35	
R2	70,08	70,81 a
	71,55	
R3	70,51	71,39 a
	72,27	
R4	70,49	71,36 a
	72,23	
R5	71,14	71,38 a
	71,61	
R6	72,24	71,03 a
	69,82	
R7	70,49	71,24 a
	71,99	
R8	70,74	70,41 a
	70,08	
Cera Comercial	71,76	71,84 a
	71,91	

Letras iguales indican sin diferencias significativas (Test Tukey HSD, $p=0,05$)

Tasa respiratoria (TRCO₂ y TRO₂)

Respecto a la influencia de las relaciones CH:G y E:AG en los recubrimientos ensayados se puede determinar una amplia variedad de respuestas según la formulación.

En cuanto a la tasa de producción de CO₂, se encontró que al final del periodo evaluado la producción del gas fue significativamente menor en el tratamiento con la formulación R7 (7,9 ml CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹) que el tratamiento con cera comercial utilizada (10,3 ml CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹). Los tratamientos R0 (11 ml CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹) y R4 (9,7 ml CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹) resultaron con un efecto similar a la cera comercial. Por otro parte, en el caso de la tasa de consumo de oxígeno, excepto la formulación R8, las demás lograron tasas menores a la inicial (12,3-14,0 ml O₂.Kg⁻¹.h⁻¹ contra 17,2 ml O₂.Kg⁻¹.h⁻¹) y comparables al del tratamiento comercial (13,8 ml O₂.Kg⁻¹.h⁻¹). La estimación de los efectos de los parámetros estudiados se pueden observar en los Gráficos de Pareto (Figura 3). De este modo, se encontró que la relación de la fracción hidrofóbica E:AG influye de modo significativo en la Tasa de producción de CO₂, en menor medida aparece cierta influencia de la interacción entre las fracciones hidrofílicas CH:G e hidrofóbicas E:AG.

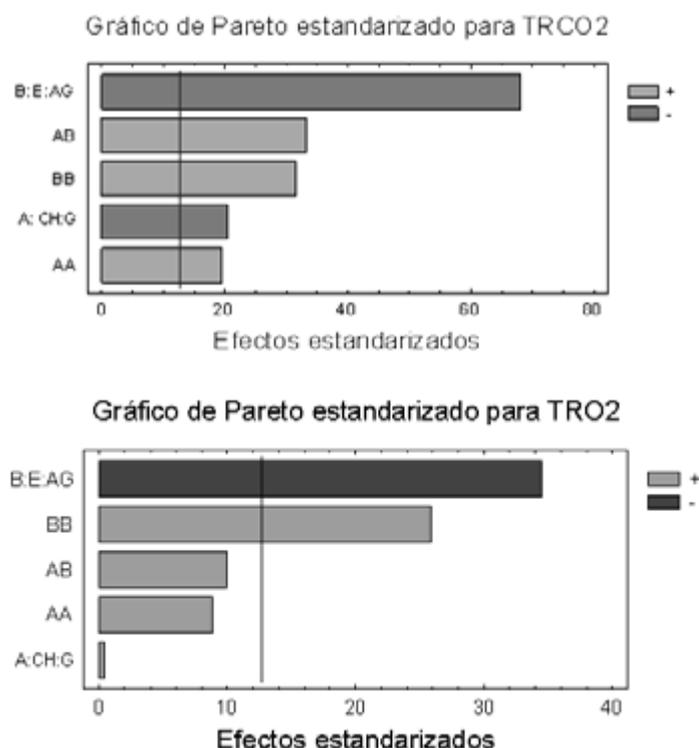


FIGURA 3. Gráficos de Pareto estandarizados para TRCO₂ y TRO₂

La influencia en la Tasa de producción de O₂ resultó ser similar, puesto que se observó el efecto significativo que ejerce la relación E:AG sobre esta variable. Sin embargo, la fracción hidrofílica CH:G no influyó sobre las propiedades de barrera al O₂ del recubrimiento, en modo significativo.

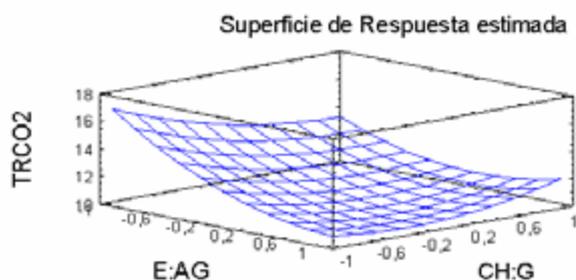
Con la finalidad de optimizar la respuesta en las variables estudiadas, los resultados se analizaron mediante la Superficie de Respuesta estimada MSR, con el fin de ajustar y hallar un modelo que permita dilucidar las fracciones CH:G y E:AG para obtener bajas tasas de CO₂ y O₂. Los modelos de superficie estimada fueron generados y se muestran en las figuras 6 (a) y (b). El mínimo de la TRCO₂ se ubicó en la región: E:AG=1; CH:G= -1 (R7). Por otro lado la TRO₂ más baja se ubicó en E:AG=0; CH:G= -1 (R5).

Los resultados obtenidos indican que para cada uno de los recubrimientos la relación E:AG modifica sensiblemente la TRO₂; y sumado al factor CH:G influyen de modo significativo sobre la TRCO₂. Los recubrimientos que proporcionaron la menor TR resultaron ser las formulaciones R5 y R7. Esto demuestra que dichos recubrimientos constituirían una barrera selectiva a los gases de la respiración de la fruta, con el consiguiente retardo de la senescencia.

La influencia en la Tasa de producción de O₂ resultó ser similar, puesto que se observó el efecto significativo que ejerce la relación E:AG sobre esta variable. Sin embargo, la fracción hidrofílica CH:G no influyó sobre las propiedades de barrera al O₂ del recubrimiento, en modo significativo.

Con la finalidad de optimizar la respuesta en las variables estudiadas, los resultados se analizaron mediante la Superficie de Respuesta estimada MSR, con el fin de ajustar y hallar un modelo que permita dilucidar las fracciones CH:G y E:AG para obtener bajas tasas de CO₂ y O₂. Los modelos de superficie estimada fueron generados y se muestran en las figuras 4 (a) y (b). El mínimo de la TRCO₂ se ubicó en la región: E:AG=1; CH:G= -1 (R7). Por otro lado la TRO₂ más baja se ubicó en E:AG=0; CH:G= -1 (R5).

(a)



(b)

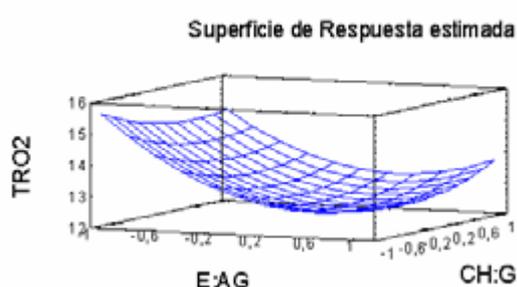


FIGURA 4. Superficie de Respuesta estimada para: TRCO2 (a) y TRO2 (b).

Los resultados obtenidos indican que para cada uno de los recubrimientos la relación E:AG modifica sensiblemente la TRO2; y sumado al factor CH:G influyen de modo significativo sobre la TRCO2. Los recubrimientos que proporcionaron la menor TR resultaron ser las formulaciones R5 y R7. Esto demuestra que dichos recubrimientos constituirían una barrera selectiva a los gases de la respiración de la fruta, con el consiguiente retardo de la senescencia. Se selecciona R7 para continuar los ensayos, considerando que manifestó ser efectivo como barrera al vapor de agua y a los gases de la respiración

Evaluación de la deshidratación - Pérdida de peso (%)

Ensayo 1

El resultado de las pérdidas de peso durante la conservación frigorífica de las naranjas Valencia ensayadas, puede observarse en la Tabla 4.

TABLA 4. Pérdida de peso en naranjas recubiertas con Lpf, Lpf+i, CC y CC+i (n=30)

Tiempo (días)	Pérdida de peso (%)			
	CC	Lpf	CC+i	Lpf+i
7	0,82 ^a	0,81 ^a	0,88 ^{ab}	1,02 ^b
15	1,91 ^a	1,42 ^b	1,64 ^b	1,60 ^b
42	5,09 ^a	5,32 ^a	4,20 ^a	4,75 ^a

Valores promedios con la misma letra por fila no difieren significativamente ($p < 0,05$, Test Tukey).

La pérdida de peso de las naranjas con cera comercial CC, a los 15 días de conservación en frío, resultó significativamente mayor que los demás tratamientos (Lpf, Lpf+i, CC+i). Al finalizar los 42 días bajo refrigeración, la pérdida de peso de la fruta con la cera propuesta Lp fue de 5,3% y el estudio estadístico mostró que no se encontraron diferencias significativas con los demás tratamientos ensayados. Estos resultados estarían indicando que el efecto de la cera Lpf (5% de sólidos) en el control de la deshidratación de las naranjas, es similar al efecto proporcionado por la cera comercial (18% de sólidos).

Ensayo 2

El resultado obtenido al controlar la pérdida de peso - de la fruta almacenada a 5°C y 90±3% HR durante 30 días más 7 días a 20°C - mostró que la deshidratación del producto Lipofru es significativamente mayor que la cera comercial con 1000 ppm de Pyrimethanil (control) como se puede observar en la tabla 5.

TABLA 5. Pérdida de peso en naranjas recubiertas con Lpf y CC+PYR (n=50)

Tiempo	Pérdida de peso (%)	
	CC+PYR	Lpf
30 días	11,0 ^a	13,2 ^b
30+7 días	15,4 ^a	16,7 ^b

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (Test Tukey HSD, p=0,05)

Los altos valores de pérdida de peso observados, probablemente son debidos a que se partió de una fruta cosechada al finalizar la temporada y con un alto grado de madurez.

Se puede apreciar que la diferencia en la pérdida de peso registrada, al finalizar los 37 días, entre la fruta control y el recubrimiento Lipofru fue de 1,3%.

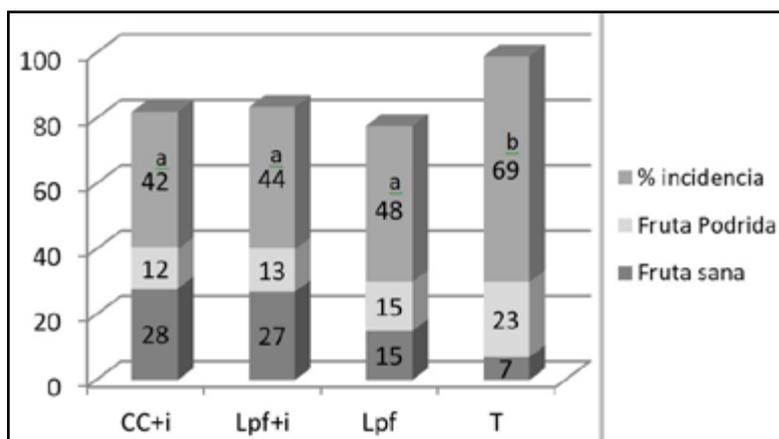
En otros estudios (Salvador y col, 2003; Chien y col., 2007) han encontrado que recubrimientos conteniendo quitosano fueron efectivos en el control de la pérdida de peso de mandarinas. . Arnon y col. (2014), observaron que recubrimientos de carboximetilcelulosa y quitosano aumentaron la firmeza, pero no afectaron a la pérdida de peso. En tanto que Cháfer y col. (2012) determinaron que hubo una ligera reducción de la pérdida de peso en naranjas Navel con recubrimientos de quitosano conteniendo aceite de bergamota. Por otro lado, Coyotzi y col. (2002) no obtuvieron efecto en reducir la deshidratación en limones recubiertos con cera de candelilla/quitosano durante el almacenamiento a 10°C durante 24 días. En estos trabajos las diferencias encontradas podrían explicarse por la variabilidad en la composición de las fuentes naturales utilizadas en las formulaciones, y demás componentes, que inciden en la propiedad de barrera al vapor de agua de los recubrimientos.

Evaluación de la actividad antifúngica - Incidencia de podredumbres

Ensayo 1

A los 7 y 15 días de almacenamiento de la fruta a 20 ± 2°C y 98% HR, se observó una reducción significativa en la incidencia de podridos en la fruta tratada con cera antifúngica natural sola (Lpf), cera antifúngica natural combinada con 250 ppm imazalil (Lpf+i), y cera comercial de 18% de sólidos combinada con 250 ppm imazalil (CC+i) con respecto a la fruta testigo recubierta con cera comercial sola (CC).

Es de destacar, que el recubrimiento natural de formulación propia sin imazalil -Lpf- tuvo el mismo efecto que los tratamientos adicionados de fungicida de síntesis en el control de podredumbres en la fruta almacenada en condiciones favorables para el desarrollo del moho.

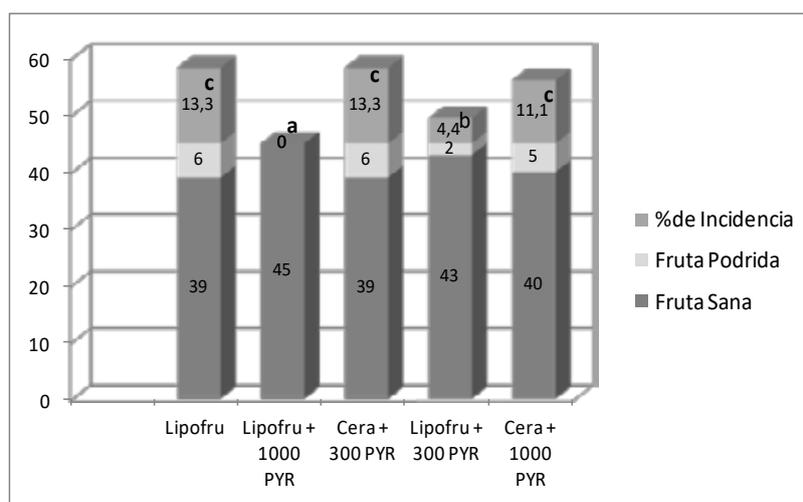


En cada período de almacenamiento, columnas con la misma letra indican que las medias no difieren significativamente (Test Tukey HSD, $p=0,05$)

FIGURA 5. Incidencia de podredumbre verde en naranjas recubiertas con los siguientes tratamientos CC; Lpf+i, Lpf; CC+i (n=30)

Ensayo 2

Las naranjas con los distintos tratamientos, conservadas durante 30 días a 5°C más 7 días a 20°C mostraron el porcentaje de incidencia que se observa en la figura 6.



En cada período de almacenamiento, columnas con la misma letra indican que las medias no difieren significativamente ($p<0,05$, LSD)

FIGURA 6. Porcentaje de incidencia en naranjas conservadas durante 30 días a 5°C (simulando el periodo de transporte a mercado externo) más 7 días a 20°C (simulando el periodo de venta al consumidor. Total de fruta: 45 por tratamiento.

El tratamiento Lpf + 1000 ppm PYR no presentó fruta con podredumbre, logrando el mejor control sobre el moho verde. También se logró un buen control con el tratamiento Lpf + 300 ppm PYR. En tanto Lipofru; cera+ 300 PYR y cera+ 1000 PYR resultaron tener efectos similares.

Chien y col. (2007) reportaron valores menores del 58% de infección de *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum* en mandarinas Murcott tras la aplicación de quitosano, exhibiendo mayor resistencia antifúngica que el Tiabendazol (TBZ). Fortiz Hernández y col. (2011) encontraron que el quitosano redujo en forma similar la incidencia de podredumbres que la cera comercial que contiene 1% del fungicida ortofenilfenato de sodio (SOPP). En contraste Valencia-Chamorro y col., (2008) determinaron que los recubrimientos con quitosano no lograron controlar la incidencia de *Penicillium digitatum* en naranjas Valencia Late.

Los diversos resultados encontrados podrían explicarse por las diferencias en las formulaciones de recubrimientos antimicrobianos y la capacidad de liberación del principio activo. Por lo tanto, es necesario estudiar cada caso y no se debe generalizar sobre la incidencia de estas enfermedades ni de su control (Guédez y col., 2010).

Conclusión general

Se encontró que el producto biodegradable Lpf preservó a la fruta de la deshidratación. Asimismo evidenció una reducción importante de las podredumbres, en las dos variedades de naranjas ensayadas provenientes de dos temporadas de cosecha diferentes. En ambos ensayos semi industriales, con condiciones de almacenamiento diferentes, el recubrimiento biodegradable Lpf evidenció un efecto antifúngico similar al de las ceras comerciales con distintos fungicidas de síntesis (imazalil y pyrimethanil). Estos estudios son indicativos de que podría ser un producto de aplicación en postcosecha de naranjas; que posee la ventaja de ser biodegradable, sin derivados del petróleo y formulado con materiales provenientes de recursos naturales renovables de origen regional.

Debido a las mayores restricciones impuestas por la legislación actual, se hace imperioso desarrollar sistemas alternativos que, al menos, permitan reducir la utilización de los mismos. A partir de este proyecto, y frente a los resultados obtenidos del tratamiento combinado Lpf + 1000 ppm de PYR, surge un nicho de investigación en este sentido.

Bibliografía

- Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R., Poverenov, E., (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology* 87, 21–26.
- Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Velázquez del Valle, M. G., Hernández-López, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E., y Wilson, C.L. (2006). Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, 25(2),108-118.
- Cháfer, M., Sánchez-González, L., González-Martínez, Ch., y Chiralt, A. (2012). Fungal decay and shelf life of oranges coated with chitosan and bergamot, thyme, and tea tree essential oils. *J Food Sci.*, 77(8), E182-7.
- Chien, P. J., Sheu, F., y Lin, H. R. (2007). Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chem.*, 100, 1160-1164.
- Coyotzi, A., Avila, R., Bozquez, E., Domínguez, J., y Vernon, J. (2002). Efecto de la aplicación de recubrimientos a base de quitosano, cera de candelilla y abeja en la conservación postcosecha del limón mexicano (*Citrus aurantifolia Swingle*). *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 12(2), 164-174.
- Cuero, R. G. (1999). Antimicrobial action of exogenous chitosan. *EXS*, 87, 315-333.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Grenier, J., y Asselin, A. (1992). Effect of chitosan and other polyions on chitin deacetylase in *Rhizopus stolonifer*. *Experimental Mycology*, 16, 173–177.

- Fortiz Hernández, J., Mercado Ruiz, J., y Rodríguez, A. J. (2011). Efecto de recubrimiento con quitosano y cera comercial en la calidad de naranja „valencia“ durante el almacenamiento. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 12(2), 164-174.
- Guédez, C., Cañizalez, L., Castillo C., Olivar, R., y Maffei, M. (2010). Alternativas para el control de hongos postcosecha en naranjas Valencia Citrus sinensis. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 30, 43-47.
- James, J. R., Tweedy, B., y Newby, L. C. (1993). Efforts by Industry to Improve the Environmental safety of Pesticides. *Annual Review of Phytopathology*, 31, 423-439.
- Jeon, Y. J., Park, P.J., y Kim, S. K. (2001). Antimicrobial effect of chitooligosaccharides produced by bioreactor. *Carbohydrate Polymer*, 44, 71-76.
- Jung, B., y Kim, C. (1999). Preparation of amphiphilic chitosan and their antimicrobial activities. *J. Appl. Polym. Sci.*, 72, 1713-1719.
- Jung, B., y Kim, C. (1999). Preparation of amphiphilic chitosan and their antimicrobial activities. *J. Appl. Polym. Sci.*, 72, 1713-1719.
- Li, H., y Yu, Y. (2001). Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 269-274.
- Locaso, D. L., y Cruañes, M. C. (2011). Empaque sin costo ambiental formulado con quitosano para reducir la podredumbre verde en postcosecha de naranjas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1), 35-43. ISSN: 1665-0204.
- Njombolwana, N.S., Erasmus, A., van Zyl, J.G., du Plooy, W., Cronje, P.J.R., Fourie, P.H., (2013). Effects of citrus wax coating and brush type on imazalil residue loading, green mould control and fruit quality retention of sweet oranges. *Postharvest Biology and Technology* 86, 362-371.
- No, H. K., Park, N. Y., Lee, S. H., y Meyers, S.P. (2001). Antibacterial effect of chitosan and chitosan oligomers with different molecular weights. *Int. J. Food Microbiol.*, 74, 65-72.
- Obagwu, J., y Korsten, L. (2003). Integregrated control of citrus green and blue molds using *Bacillus subtilis* in combination with sodium bicarbonate or hot water. *Postharvest Biology Technology*, 28, 187-194.
- Salvador, A., Cuquerella, J., y Monterde, A. (2003). Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en mandarinas Fortune. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 5(2), 122-127.
- Smilanik J. L., Mansour, M. F., Mlikota Gabler, F. y Goodwine, W. R. (2006). The effectiveness of pyrimethanil to inhibit germination of *Penicillium digitatum* and to control citrus green mold after harvest. *Postharvest Biology and Technology* 42, 75-85.
- Tharanathan, R., y Kittur, F. (2003). Chitin-The undisputed biomolecule of great potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1), 61-87.
- Yu, T., Li, H., y Zheng, X. (2007). Synergistic effect of chitosan and *Cryptococcus laurentii* on inhibition of *Penicillium expansum* infections. *International Journal of Food Microbiology*, 114, 261-266.
- Zhang, H., Lie, R., y Liu, W. (2011). Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: a review. *Int. J. Mol. Sci.*, 12, 197-934.
- Zheng, L. Y., y Zhu, J. F. (2003). Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. *Carbohydr. Polym.*, 54, 527-530.

PID 8066 Denominación del Proyecto

Cambio de escala. Tecnología en recubrimientos comestibles como alternativa ambientalmente sostenible en poscosecha de naranjas

Directora del proyecto

LOCASO, Delia Elisa

Unidad Ejecutora

Facultad de Ciencias de la Alimentación (UNER)

Dependencia

Universidad Nacional de Entre Ríos

E-mail de contacto

locasod@fcal.uner.edu.ar

Integrantes del Proyecto

BOF; María J.; BORDAGARAY; Valeria C.; BORDENAVE, Lauro R.;
LESA, Claudia E.; PISONERO, Mario O.; SUAREZ, Gustavo D.

Fechas de iniciación y de finalización efectivas

26/03/2013 y 26/03/2016

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 126/2017
(10-05-2017)

[«« VOLVER AL INICIO](#)