



Revista Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha

ISSN: 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.
México

Galietta, Giovanni; Harte, Federico; Molinari, Daniel; Capdevielle, Rossana; Diano, Washington
Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche
Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 6, núm. 2, enero, 2005, pp. 117-123
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.
Hermosillo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81360209>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

AUMENTO DE LA VIDA UTIL POSCOSECHA DE TOMATE USANDO UNA PELICULA DE PROTEINA DE SUERO DE LECHE

Giovanni Galletta^{1,3}, Federico Harte¹, Daniel Molinari², Rossana Capdevielle², Washington Diano²

¹Unidad de Tecnología de Alimentos. Facultad de Agronomía – Universidad de la República Oriental del Uruguay. Garzón 780 CP 12900 Montevideo, Uruguay

²Laboratorio de físico-química de superficies. Facultad de Química – Universidad de la República Oriental del Uruguay

³Autor para correspondencia: Teléfono: + (5982) 3561537. Fax: + (5982) 3590436
Correo electrónico: franchia@adinet.com.uy

Palabras clave: *tomate, películas comestibles, suero de leche, vida útil poscosecha, ácidos orgánicos*

RESUMEN

La vida útil poscosecha de tomates (*Lycopersicon esculentum* L. Var. Coloso) recubiertos con una película de suero de leche y monoestearato de glicerilo acetilado se comparó con frutos mantenidos en iguales condiciones (15°C, 90% H.R.) pero sin recubrir. Durante las cuatro semanas de almacenamiento, los tomates recubiertos exhibieron menor pérdida de peso, menor desarrollo de color rojo y contenido de licopeno, menor pérdida de firmeza, y un cambio en la evolución de los ácidos málico y succínico. No se observaron diferencias en la evolución de los grados Brix, pH y acidez titulable durante el período de almacenamiento. Se discute las posibles razones que explican el aumento en la vida útil poscosecha y se concluye que los cambios observados en los frutos recubiertos, concuerdan con un almacenamiento en atmósfera modificada conteniendo menor O₂ y mayor CO₂. La vida útil poscosecha de los frutos recubiertos se extendió por 10 días en iguales condiciones de almacenamiento. Desde que el suero de leche es un subproducto de la industria láctea de muy bajo costo, este tipo de película comestible tiene importante potencial para ser usado como extensor de la vida poscosecha de tomate, principalmente en etapas tardías de la zafra o para el almacenamiento durante la exportación.

TOMATO SHELF LIFE EXTENSION USING A WHEY PROTEIN EDIBLE FILM

Keywords: *tomato, edible films, whey, shelf life, organic acids.*

ABSTRACT

The shelf life of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L. Var. Coloso) covered with a whey protein and acetylated glyceril monoestearate film, was compared to the shelf life of uncovered tomatoes, stored in identical conditions (15°C, 90% R.H.). During the four weeks of storage, covered tomatoes exhibited less weight loss, less red color development and lycopene content, less firmness loss, and a different malic and succinic acid evolution. No changes in °Brix, pH, and titratable acidity were found over the storage time for both treatments. Overall, the shelf life of covered tomatoes was extended in 10 days, in the same storage conditions. The reasons to explain the shelf life extension are discussed and it is concluded that the observed fruit changes agree with a modified atmosphere storage containing a lower O₂ and higher CO₂ content. Since the milk whey is a low cost byproduct of the dairy industry, whey protein edible films have a very good potential to be used as a shelf life extenders in tomato, mainly in late stages of the harvest season or during storage for export purposes.

INTRODUCCIÓN

Las películas o films comestibles han recibido intensa investigación durante los últimos 20 años (Guilbert, 1986; Krochta y de Mulder-Johnson, 1997) para mejorar las propiedades organolépticas de alimentos, incrementar la vida de anaquel, y reducir el uso de materiales de embalaje descartables y no degradables (Guilbert, 1986). Dependiendo de su composición química, las películas comestibles pueden: (1) regular procesos de transferencia de masa involucrando oxígeno (Miller y Krochta, 1997; Ayrancy y Tunc, 2003), dióxido de carbono (Galletta *et al.*, 1998b), vapor de agua (Avena-Bustillos y Krochta, 1993), etileno (Galletta *et al.*, 1998b) y otros compuestos volátiles (Miller y Krochta, 1997) y (2) tener efecto en las propiedades mecánicas de los alimentos (Galletta *et al.*, 1998a). Adicionalmente, agentes antimicrobianos, antioxidantes, sabores, colores, agentes entrecruzadores (Galletta *et al.*, 1998a) y plastificantes (Budi y Wild, 1999) han sido adicionados para mejorar las propiedades funcionales de las cubiertas. Aunque las películas comestibles pueden ser hechas con proteínas (Krochta y de Mulder-Johnson, 1997; Galletta *et al.*, 1998b), lípidos (Morillon *et al.*, 2002) y / o carbohidratos (Camirand *et al.*, 1992), son las primeras los principales componentes de los films comestibles.

El suero de leche es una significativa fuente de proteínas funcionales - β -Lactoglobulina (β -Lg) y α -Lactoalbúmina (α -La) principalmente -, obtenido como subproducto de la industria del queso y la caseína (Fox y McSweeney, 1998). Las proteínas del suero de leche tienen un excelente valor nutritivo, solubilidad variable en agua, y aptitud como agente emulsionante (Walstra *et al.*, 1999). Existen revisiones sobre el uso de proteínas de leche como películas comestibles (McHugh y Krochta, 1994; Krochta y de Mulder-Johnson, 1997). Por su alto contenido proteico, tanto los concentrados (WPC; aprox. 80% en proteína) como los aislados (WPI; >90% proteínas) de proteínas de suero de leche, son ideales para la formación de películas comestibles (Galletta, 2001). Sin embargo, es necesaria la previa desnaturalización de la β -Lg y la α -La, para exponer los grupos sulfhidrilo (-SH) y disulfuro (S-S) encubiertos en el centro hidrofóbico de la estructura globular terciaria nativa de estas

proteínas. La posterior formación de enlaces disulfuro intermoleculares, principalmente entre las unidades monoméricas de la β -Lg (Monahan *et al.*, 1993), promueve la generación de una red tridimensional estable. Sin embargo, es necesario incorporar un plastificante (por ejemplo glicerol o sorbitol) para disminuir la densidad y reversibilidad de las interacciones intermoleculares, e incrementar la movilidad de las cadenas y en consecuencia la flexibilidad de la película (Banker, 1966). Las películas en base a suero de leche plastificadas con glicerol son excelentes barreras al O_2 , CO_2 y C_2H_4 (McHugh y Krochta, 1994, Galletta *et al.*, 1998b), aunque por ser altamente hidrofílicos, no son buenas barreras al vapor de agua (Galletta, 2001). El uso de este tipo de película en conjunción con membranas hidrofóbicas, formando bicapas (Greener y Fenema, 1989), hace a este tipo de coberturas ideales para el estudio poscosecha de frutas y hortalizas, principalmente en aquellos frutos altamente perecederos.

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de la vida útil, poscosecha de tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Var. Coloso) recubierto con una bicapa comestible formada por una capa hidrofílica de aislado de proteína de suero de leche (WPI) y una capa hidrofóbica de monoesterato de glicerilo acetilado (Myvacet).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se adquirieron tomates (*Lycopersicon esculentum*, L., var. Coloso) en igual estado de madurez (verde-pintón o breaker) de un productor local. Los tomates se lavaron por inmersión en una solución de NaClO (200 ppm) durante 30 s y luego se dividieron en dos grupos: (1) Control, tomates sin recubrimiento, y (2) Tomates recubiertos. El proceso de recubrimiento consistió en sumergir los tomates primero en una solución acuosa al 10% (m/m) de aislados de proteínas de suero de leche (WPI) y luego en una solución al 10% (m/m) de monoesterato de glicerilo acetilado (Myvacet 7-00, Eastman Chemical, Kingsport, Tennessee, USA) en etanol (95°, grado alimentario). Entre cada aplicación los tomates se secaron usando aire forzado a 40°C durante 10 segundos.

Preparación de la solución de WPI.

La elección de la solución de WPI (Davisco, Eden Prairie, Minnesota, USA) se basó en investigaciones previas (Galletta, 2001) donde se optimizaron las propiedades termomecánicas de las películas de suero, aisladas de cualquier sustrato. Brevemente, se preparó una solución acuosa de WPI al 10% (m/m), se ajustó a pH 7 usando HCl (0.1 M) o NaOH (0.1 M) y se desgaseó durante 1 min con bomba rotatoria (0.1 mbar). Posteriormente, la solución se mantuvo a 85°C por 10 min, en placa calefactora con agitación magnética constante (250 rpm), para promover la desnaturalización completa de las proteínas de suero (McHugh *et al.*, 1993). Después de enfriar a temperatura ambiente, se agregó glicerol (33% m/m base seca) como plastificante.

Condiciones de almacenamiento.

Los tomates fueron almacenados en cámara a 15±2°C y 90±2% H.R. y removidos para análisis después de 0, 1, 2, 3 y 4 semanas. Cada semana se seleccionaron al azar 10 tomates de cada grupo para realizar las siguientes determinaciones en cada tomate: (1) Firmeza, expresada como la fuerza requerida para producir una deformación de 5 mm usando una prensa manual equipada con una sonda cilíndrica de 15 mm de diámetro, (2) Sólidos solubles expresados en grados Brix (°Brix) del jugo usando un refractómetro (modelo ATC-1E, Atago, Japón), (3) pH, medido en el jugo, (4) Acidez titulable, usando NaOH 0.1N y fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron como % de ácido cítrico, (5) Ácidos Orgánicos, para la extracción 2 g de jugo de tomate se aforaron a 25 mL agua y se sonicó (Modelo 2510, sonicador Branson, Danbury, USA) durante 5 min. La solución se filtró (Whatman No.1) y se cuantificó usando un HPLC (Thermo separation products, San José, California, USA) equipado con detector de UV/visible (modelo Spectra System UV 2000, Thermo separation products, San José, California, USA) a 210 nm y una columna Aminex HPX-87H (Bio-Rad, Hercules, California, USA). Se usó como fase móvil H₂SO₄ 0.005 M a una temperatura de trabajo de 35°C. Ácido succínico (Sigma-Aldrich, mín. 99.0%, No. Cat. S-7501), ácido DL-málico (Mallinckrodt, mín. 99.5%) y ácido cítrico

(Sigma-Aldrich, mín. 99.5%, No. Cat. 25127-5), fueron usados como estándares externos, (6) Color, usando una escala de 11 tonos cubriendo el rango verde (1) a rojo maduro (11) (<http://www.floridatomatoes.org/>), (7) Contenido de licopeno, para la extracción se usaron tubos herméticos, recubiertos con papel de aluminio, se colocó 1 g de jugo de tomate en 10 mL de acetona (Merck, 99.9%). Se agitó regularmente durante 24 h y el filtrado se midió en espectrofotómetro (Shimadzu, modelo UV-1203) a 472 nm como medida relativa de la variación en el contenido de licopeno a lo largo del tiempo. Además, se determinó la pérdida de Peso en cada una de 10 repeticiones por tratamiento usando una balanza electrónica (A&D, modelo FX-2000, d=0.01g) a intervalos regulares hasta la cuarta semana.

Diseño experimental. Los resultados se analizaron como parcelas divididas en el tiempo en un diseño completamente al azar con dos tratamientos (con y sin recubrimiento) y diez repeticiones. Cuando el ANOVA arrojó diferencias significativas, el efecto del tiempo y tratamiento fue analizado mediante intervalos de confianza para polinomios ortogonales (Kuehl, 1994). En el caso de los ácidos orgánicos, las diferencias fueron analizadas usando la prueba t de student para medias no pareadas ($\alpha=0,05$). Los datos fueron procesados usando SAS software versión 6.12 (SAS Inc., Virginia, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso del recubrimiento comestible de proteína de suero y monoestearato de glicerilo acetilado (MGA) produjo un retraso en la maduración y en la pérdida de peso de los frutos, que se tradujo en un aumento de la vida útil poscosecha de los tomates recubiertos. En el transcurso de las 3 primeras semanas, mientras 20% de los frutos no recubiertos debieron ser descartados el 98% de los frutos recubiertos permanecieron comestibles en las mismas condiciones. El mantenimiento de la calidad en los frutos recubiertos fue concordante con un almacenamiento en alta humedad relativa y con una atmósfera modificada con menor contenido relativo de O₂ y mayor CO₂ (Beaudry, 1999).

Los frutos recubiertos tuvieron una significativa reducción en la pérdida de peso comparado con aquellos sin recubrir (Figura 1). Este retardo se explica principalmente por la disminución en la pérdida de agua debido a las propiedades de barrera al vapor del MGA (Avena-Bustillos y Krochta, 1993). La pérdida de peso mantuvo una cinética del mismo orden para frutos recubiertos y testigos sin recubrir. Sin embargo, la tasa de pérdida de peso fue la mitad para frutos recubiertos. De esta forma, las diferencias en peso entre frutos recubiertos y no recubiertos se mantuvo durante todo el experimento y mientras 65 % de los tomates recubiertos permanecieron con calidad comercial hasta el último día de determinaciones (día 26), el 100% de los frutos no recubiertos debieron ser descartados. La menor pérdida de humedad tiene al menos dos consecuencias importantes: (1) el fruto mantiene su valor comercial ya que pierde menos peso y (2) se retrasa la maduración a través de inhibición de la enzima S-adenosyl methionina sintetasa, cuya acción es promovida por déficit hídrico en el fruto y es considerada el paso limitante en la generación de etileno (Hobson y Grierson, 1993).

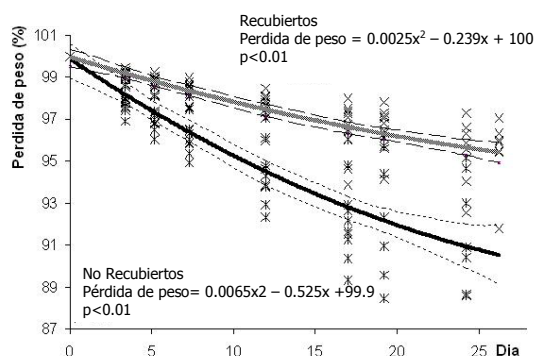


Figura 1 – Evolución de la pérdida de peso en tomates recubiertos y sin recubrir. Observaciones individuales de (*) tomates no recubiertos y (X) tomates recubiertos. Intervalo de confianza (95%) para la media de (.....) tomates recubiertos y (— —) tomates no recubiertos.

La evolución de la firmeza (Figura 2) tuvo un comportamiento similar al de la pérdida de peso, aunque a partir de las tres semanas (21 días) la diferencia entre frutos recubiertos y controles dejó de ser significativa.

En frutos no recubiertos, la ruptura de sustancias pécticas a medida que transcurre la maduración, es promovida por un incremento en el etileno interno que activa las enzimas pectinesterasa (PE) y poligalacturonasa (PGE). Para que el etileno active estas enzimas una baja concentración de CO_2 en el fruto es necesaria (Hobson y Grierson, 1993). Usando películas de WPI en manzana, Cisneros-Zevallos y Krochta (2003) encontraron que aun con niveles de humedad relativa altos ($>85\%$) que drásticamente aumentaron la permeabilidad de la película, la concentración de CO_2 intra-fruto permanece alta en comparación con controles no recubiertos. En forma similar, es probable que la mayor concentración de CO_2 dentro de tomates recubiertos, inhibió la acción del etileno sobre las enzimas de degradación de las sustancias pécticas.

Hong y Krochta (2003) demostraron en manzana que a partir de HR $\sim 85\%$ la permeabilidad al O_2 en recubrimientos de WPI no difiere de frutos no recubiertos. Desde que la permeabilidad al O_2 se incrementa en forma exponencial en función de la humedad relativa (Cisneros-Zevallos y Krochta, 2003) y desde que los frutos se almacenaron a 90% HR, se infirió que el recubrimiento conteniendo suero de leche fue una barrera relativamente pobre al O_2 también para el caso del tomate. El hecho de que en ningún caso se pudo constatar evidencia de fermentación anaeróbica refuerza la conclusión de que el recubrimiento, conteniendo Myvacet y WPI, no fue una barrera importante al O_2 . Este aspecto, es importante no solo por los potenciales microorganismos responsables de la descomposición del tomate y sino por seguridad alimentaria ya que se ha reportado el crecimiento de *Clostridium Botulinum* en tomates almacenados en condiciones anaeróbicas (Farber *et al.*, 2003).

Como se observa en la Figura 3, los frutos recubiertos mostraron un retraso en el desarrollo del color rojo en comparación con aquellos tomates no recubiertos. En tomate, el cambio de color es un fenómeno que acompaña a la maduración, el color rojo característico del tomate es debido principalmente a la aparición de licopeno como consecuencia de la degradación de las clorofilas (Reid, 2002).

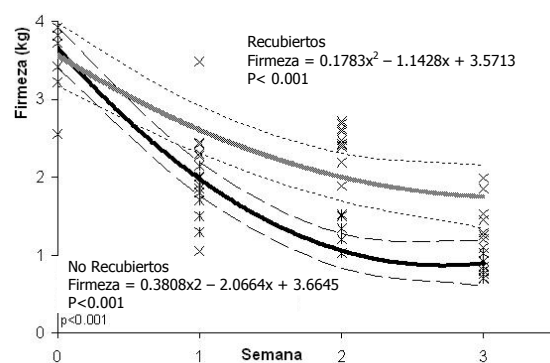


Figura 2 – Evolución de la firmeza en tomates recubiertos y sin recubrir. Observaciones individuales de (*) tomates no recubiertos y (X) tomates recubiertos. Intervalo de confianza (95%) para la media de (— — —) tomates recubiertos y (.....) tomates no recubiertos.

Esta degradación es inhibida en ambientes de relativo bajo O_2 y elevado CO_2 , principalmente por un bloqueo en la sensibilidad al etileno (Beaudry, 1999). La concentración relativa de licopeno, medida a través de la absorbancia a 472 nm, siguió también un patrón mostrando retraso en la maduración de los frutos en las primeras tres semanas de almacenamiento (Figura 4). En el caso de frutos no recubiertos la correlación entre carta de color y absorbancia a 472 nm fue alta ($r=0.91$, $p<0.05$). Sin embargo, para el caso de frutos recubiertos la correlación fue menor ($r=0.63$, $p<0.05$), posiblemente debido al efecto adicional de la película enmascarando el desarrollo del color rojo a nivel superficial del fruto. Se observó además, que aquellos frutos recubiertos que presentaban valores en la escala de color hacia el rojo (mas maduros), mostraban un desarrollo de color de la pulpa interna, correspondientes a tomates no recubiertos en etapas de maduración mas tempranas (datos no mostrados). Esto último, respalda la hipótesis de un efecto superficial del recubrimiento sobre el color del fruto.

El contenido inicial de ácidos orgánicos (Figura 5) al comienzo de los experimentos concordó con datos previamente reportados en tomate por López *et al.* (2003). Durante el almacenamiento, el nivel de ácido málico en tomates recubiertos fue significativamente menor al de los controles en las últimas dos semanas. Similares resultados fueron encontrados para tomates mantenidos en

atmósfera controlada con menor contenido relativo de O_2 y mayor de CO_2 (López *et al.*, 2003).

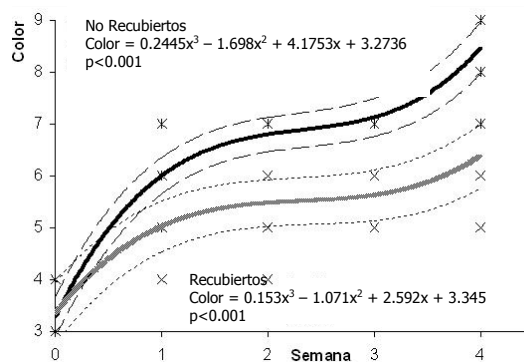


Figura 3 – Evolución del color en tomates recubiertos y sin recubrir. Observaciones individuales de (*) tomates no recubiertos y (X) tomates recubiertos. Intervalo de confianza (95%) para la media de (— — —) tomates recubiertos y (.....) tomates no recubiertos.

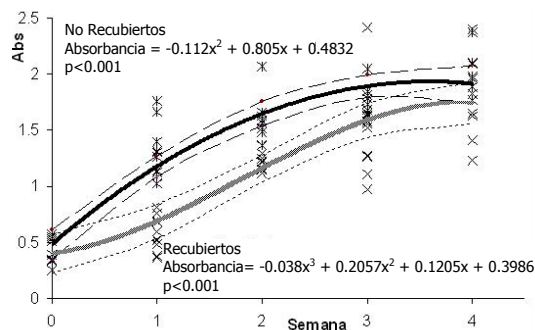


Figura 4 – Evolución de la absorbancia a 472 nm de jugo de tomates recubiertos y sin recubrir. Observaciones individuales de (*) tomates no recubiertos y (X) tomates recubiertos. Intervalo de confianza (95%) para la media de (— — —) tomates recubiertos y (.....) tomates no recubiertos.

El aumento de CO_2 intra-fruto limita el pasaje succinato \rightarrow malato en el ciclo Krebs (Lehninger y Nelson, 1999) a través de la inhibición del bloqueo de la enzima succinato dehidrogenasa (Knee, 1993). Esto explicaría también el aumento del nivel de ácido succínico en etapas tardías (semana 4) de almacenamiento de los frutos con recubrimiento. La evolución de los principales ácidos orgánicos en el fruto en función del

tiempo y tipo de almacenamiento así como la evolución de estos ácidos intra-fruto es un área que requiere mayor atención por parte de los investigadores ya que no existen reportes que permitan explicar en detalle este aspecto de la maduración del tomate.

No se encontró efecto del recubrimiento sobre los grados Brix, que permanecieron estables durante el período de almacenamiento de los frutos (media = 3,63; CV(%)= 11,2). Tampoco se observó efecto del recubrimiento sobre la evolución del pH o la acidez titulable, lo que refleja la dispar evolución de los distintos ácidos orgánicos durante el almacenamiento de los frutos (Tabla 1).

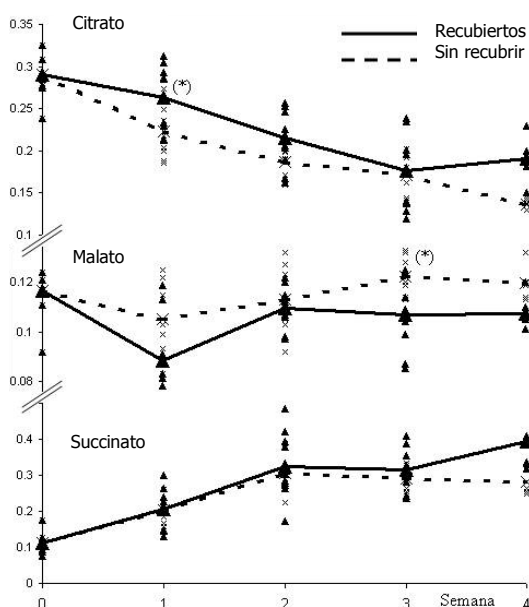


Figura 5. Evolución del contenido de ácidos orgánicos en tomates recubiertos y sin recubrir. (*) Diferencias significativas usando el test t de student ($\alpha < 0.05$).

CONCLUSIONES

El uso de bicapas de suero de leche y MGA aparece como una alternativa de interés para extender la vida útil poscosecha de tomate. Las propiedades de barrera al CO_2 , O_2 y agua de este recubrimiento, frenan la pérdida de peso y firmeza del fruto y retrasan el desarrollo de color rojo, favoreciendo que el tomate permanezca en condiciones aceptables por mayor tiempo.

Tabla 1. Evolución del pH y acidez titulable expresada como % ácido cítrico. Los valores son promedio para tomates recubiertos y no recubiertos

Semana	pH		Acidez titulable (% ácido cítrico)	
	media	CV (%)	media	CV (%)
0	4.20	1.69	0.36	22.96
1	4.28	2.10	0.23	14.45
2	4.32	1.15	0.25	8.62
3	4.26	1.44	0.21	14.98
4	4.45	1.59	0.18	15.64

Más estudios son necesarios sobre el uso de recubrimientos comestibles aplicados *in vivo*, es decir sobre frutas y hortalizas en condiciones de almacenamiento comercial. Aunque abundantes reportes existen sobre las propiedades termo-mecánicas y de barrera de los recubrimientos comestibles, factores como vida útil del recubrimiento, interacción con metabolitos de la fruta y cambios de sabor entre otros, pueden actuar como fuerte obstáculos a la aplicación de recubrimientos que aparezca como adecuado a partir de estudios sobre sistemas modelo.

REFERENCIAS

- Avena-Bustillos, R. J. and J. M. Krochta. 1993. Water vapor permeability of caseinate-based edible films as affected by pH, calcium crosslinking and lipid concentration. *J. Food Sci.* 58(4): 904-907.
- Ayranci, E., and S. Tunc. 2003. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chem.* 80: 423-431.
- Banker, G. S. 1966. Film coating theory and practice. *J of Pharm. Sci.* 55:81.
- Beaudry, R. M. 1999. Effect of O_2 and CO_2 partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Bio Tech.* 15: 293-302.
- Budi, F. X. and G. Wild. 1999. Tensile properties and water absorption of zein sheets plasticized with oleic and linoleic acids. *J. Agric. Food Chem.* 47: 2070-2074.
- Camirand, W., J. M. Krochta, A. E. Pavlath, D. Wong, and M. E. Cole. 1992. Properties of some edible carbohydrate polymer coatings

- for potential use in osmotic dehydration. Carbohydrate polymers 17: 39-49.
- Cisneros-Zevallos, L. and J. M. Krochta. 2003. Whey protein coatings for fresh fruits and relative humidity effects. J. Food Sci. 68(1): 176-181.
- Farber, J. N., L. J. Harris, M. E. Parish, L. R. Beuchat, T. V. Suslow, J. R. Gorney, E. H. Garrett, F. F. Busta. 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. J. Food Sci. 2:142-160.
- Fox, P. F. and P. L. H. McSweeney. 1998. Dairy chemistry and biochemistry. New York: Chapman & Hall, 465 p.
- Galletta, G. 2001. Formación y caracterización de películas comestibles en base a suero de leche. Tesis de Maestría en Química. Universidad de la República Oriental del Uruguay, 135 p. Montevideo. Uruguay.
- Galletta, G., L. Di Gioia, S. Guilbert, and B. Cuq, B. 1998a. Mechanical and thermo mechanical properties of films based on whey proteins as affected by plasticizers and crosslinking agents. J. Dairy Sci. 81: 3123-3130.
- Galletta, G., F. Vanya, N. Ferrari, and W. Diano. 1998b. Barrier properties of whey protein isolate films to carbon dioxide and ethylene at various water activities. p. 327-335. In: Colonna, P. and S. Guilbert (eds.). Biopolymer Science: Food and Non Food Applications. Les Colloques N°91. INRA Editions. Montpellier, France.
- Greener, I. K. and O. Fennema. 1989. Evaluation of edible, bilayer films for use as moisture barriers for food. J. Food Sci. 54(6): 1400-1406.
- Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protective films. p. 371-394. In: Mathlouthi, M. (ed.). Food Packaging and Preservation. Elsevier. Appl. Sci. Publ., New York.
- Hobson, G. and D. Grierson. 1993. Tomato. p. 405-442. In: Seymour, G. B., J. E. Taylor, and G. A. Tucker (eds.). Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, New York.
- Hong, S-I. and J. M. Krochta. 2003. Oxygen barrier properties of whey protein isolate coatings on Polypropylene films. J. Food Sci. 68(1): 224-228.
- Knee, M. 1993. Pome fruits. p. 325-346. In: Seymour, G. B., J. E. Taylor, y G. A. Tucker (eds.). Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, New York.
- Krochta, J. M. and C. de Mulder-Johnson, 1997. Edible films and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. Food Tech. 51(2): 61-74.
- Kuehl, R. O. 1994. Statistical principles of research design and analysis. Duxbury press, Belmont, California 686 p.
- Lehninger, A. L. y D. L. Nelson. 1999. Principios de bioquímica. 2ª Ed. Ediciones Omega.
- López, M. D., M. Contreras, and A. R. Fernández-Alba. 2003. Time evolution of tomato quality parameters versus storage conditions. Acta Hort. 604:619-624.
- McHugh, T. H. and J. M. Krochta. 1994. Milk-protein-based edible films and coatings. Food Tech. 97-103.
- McHugh, T. H., R. J., Avena-Bustillos, and J. M. Krochta. 1993. Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. J. Food Sci. 58(4): 899-903.
- Miller, K. S. and J. M. Krochta. 1997. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review. Trends Food Sci. Tech. 8: 228-237.
- Monahan, F., J., D. J. McClements, and J. E. Kinsella. 1993. Polymerization of whey protein in whey protein-stabilized emulsion. J. Agric. Food Chem. 41: 1826.
- Morillon, V., F. Debeaufort, G. Blond, M. Capelle, and A. Voilley. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. Crit. Rev. Food Sci. Tech. 42(1): 67-89.
- Reid, M. S. 2002. Ethylene in postharvest technology. p. 149-162. In: Kader, A. A. (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3rd Ed. University of California, Pub. 3311.
- Walstra, P., T. J. Geurts, A. Noomen, and A. Jellema. 1999. Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes. Marcel Dekker, NY 727 p.