

Extensión de la vida de poscosecha en frutos de tomate por efecto de un látex polimérico comestible

Extension of postharvest shelf-life of tomato fruits using biocompatible synthetic latex

Ramos G¹, RH Lira¹, RD Peralta², GY Cortez², A Cárdenas¹

Resumen. Los frutos de tomate son productos perecederos que requieren tratamientos para prolongar su vida útil, como pueden ser las películas para recubrimientos. Debido a esto y con el propósito de evitar el uso de agroquímicos sintéticos para evitar el deterioro físico durante poscosecha, se evaluaron los efectos de un recubrimiento comestible de látex polimérico poli (acetato de vinilo-co-alcohol vinílico), P (VAc-co-VA), a tres concentraciones (0, 50 y 100%) en frutos de tomate. El ensayo se realizó en condiciones de temperatura ambiente (31 ± 4 °C; con HR de $30 \pm 5\%$) y bajo temperatura controlada (12 ± 1 °C; con HR de $75 \pm 5\%$). Los frutos tratados con recubrimiento de P (VAc-co-VA) al 100 y 50% fueron significativamente superiores, al conservar por más tiempo sus características físicas (peso y firmeza) en comparación con los tratamientos sin el recubrimiento. En cuanto a sólidos solubles totales (°Brix), los resultados revelaron que los tomates conservados a temperatura controlada y los tratados con 100 y 50% del recubrimiento polimérico presentaron valores de grados Brix significativamente más elevados que los frutos mantenidos a temperatura ambiente o no recubiertos. De acuerdo con nuestros resultados el látex de P (VAc-co-VA) tiene buen potencial para su uso como recubrimiento protector de frutos de tomate durante poscosecha.

Palabras clave: Hortalizas; Poliactato de vinilo; Poscosecha; Recubrimiento comestible.

Abstract. Tomato fruits are perishable products that require treatments such as coating films to extend their shelf life. Because of this and to avoid use of synthetic chemicals to prevent physical deterioration during postharvest, we evaluated the effects of an edible coating polymer latex poly (vinyl acetate-co-vinyl alcohol), P (VAc-co-VA), at three concentrations (0, 50 and 100%) in tomato fruits. The trial was conducted at room temperature conditions (31 ± 4 °C; with RH of $30 \pm 5\%$) and temperature-controlled (12 ± 1 °C; with RH of $75 \pm 5\%$). Fruits coated with P (VAc-co-VA) at 100 and 50% showed significantly higher physical properties (weight and firmness) after storage than fruits without the coating. Total soluble solids (° Brix) were also significantly higher in fruits either stored at controlled temperature or coated with P (VAc-co-VA) at 100 and 50% than in fruits stored at room temperature or without coating. Our results suggest that P(VAc-co-VA) coatings are suitable agents to preserve tomato fruit shelf life for a longer time.

Keywords: Vegetables; Vinyl polyacetate; Postharvest; Polymeric edible coating.

¹Departamento de Plásticos en la Agricultura.

²Departamento de Procesos de Polimerización. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Saltillo, Coah., México. CP. 25294.

Address Correspondence to: Dr. R. Hugo Lira-Saldivar, e-mail: hugo.lira@ciqa.edu.mx; rene.peralta@ciqa.edu.mx; Tel. 844 4389830. Fax: 844 4389839.

Recibido / Received 2.X.2013. Aceptado / Accepted 15.X.2013.

INTRODUCCIÓN

Nuevas películas y recubrimientos comestibles se han venido desarrollando para productos alimenticios frescos y procesados. Constituyen una tecnología respetuosa del medio ambiente que pueden mejorar la calidad de los alimentos, la bioseguridad, la estabilidad, y las propiedades mecánicas. Esto se logra al manipularlos durante el transporte y almacenaje, proporcionando una barrera semipermeable al vapor de agua, O₂ y CO₂, entre los frutos y la atmósfera circundante (Valencia-Chamorro et al., 2011; Panda et al., 2012).

La creciente demanda de alimentos que se adapten al ritmo de vida actual está generando un rápido desarrollo de nuevos sistemas de procesado, envasado y presentación de alimentos para dar una respuesta efectiva a dicha demanda, garantizando al máximo la calidad y seguridad de los comestibles. Sin embargo, todavía son numerosas las pérdidas generadas por el deterioro de los mismos, principalmente en lo que se refiere a frutas y hortalizas durante el período de poscosecha. Una de las formas de disminuir o prevenir estas pérdidas, en ciertos alimentos frescos o procesados, es mediante el desarrollo de películas y/o recubrimientos comestibles que permitan incrementar la preservación del deterioro debido a factores bióticos y abióticos (Galus et al., 2012).

Las películas y/o recubrimientos comestibles forman una fina capa sobre el alimento y actúan como barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua, mejoran las propiedades mecánicas, mantienen la integridad estructural del producto y retienen compuestos volátiles (Barco-Hernández et al., 2011). Su uso sobre los alimentos en forma de envoltura, permite conservar la calidad de frutas y hortalizas debido a que crean una barrera contra organismos patogénicos y gases, produciendo una atmósfera modificada alrededor del producto (Avila-Sosa et al., 2011). Esta atmósfera reduce la disponibilidad de O₂ e incrementa la concentración de CO₂, por lo que disminuye la tasa de respiración y la pérdida de agua y/o peso. Ensayos de laboratorio en recubrimientos con aceites esenciales en frutos de papaya han demostrado que una fruta sin recubrimiento pierde 20% de su peso en 14 días, mientras que una tratada solo pierde entre 2 y 4%; al tiempo que se obtiene un mejor mantenimiento de aspectos sensoriales, nutrimentales, microbiológicos y físicos tales como la firmeza y el brillo (Bosquez-Molina et al., 2010).

En los últimos años se han realizado muchos trabajos de investigación sobre películas antimicrobianas (PA) para cubrir alimentos, utilizadas para controlar la descomposición microbiana de comestibles perecederos (Ramos-García et al., 2010; Ramos et al., 2011; Valencia-Chamorro et al., 2011). Las PA han mostrado un gran potencial en alimentos para controlar el crecimiento de patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* (Burt, 2003). Esas películas están generalmente cargadas de agentes antimicrobianos, los cuales al entrar en contacto con los alimentos

actúan contra los patógenos e inhiben su crecimiento. Estos agentes pertenecen a un gran espectro de compuestos orgánicos e inorgánicos, como aceites esenciales, biopolímeros, proteínas antibacterianas, enzimas, extractos de fruta, demostrando tener un gran potencial para inhibir el crecimiento microbiano en los alimentos (Dutta et al., 2009).

El uso de recubrimientos en frutos elaborados con polímeros ha generado interés, ya que se ha comprobado que forman una atmósfera modificada que permite aumentar la vida útil de los alimentos (Baldwin et al., 2012). En este mismo ámbito, el desarrollo de películas comestibles como las elaboradas a partir de poliácetato de vinilo ha sido de gran interés en aspectos de farmacología (Strübing et al., 2008) y su empleo en alimentos es de gran relevancia. Esto es debido a que mejora las propiedades organolépticas del fruto (Appendini y Hotchkiss, 2002). Este último puede ser ingerido sin riesgo por el consumidor y dar protección individual a pequeñas porciones de alimentos entre muchas otras aplicaciones (Hagenmaier y Grohmann, 1999). Los objetivos de este trabajo fueron: (1) producir el PVAc-co-VA para recubrimiento de tomates mediante polimerización en heterofase, y (2) determinar el efecto del recubrimiento de PVAc-co-VA en la vida de poscosecha de esos frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del recubrimiento con base en látex polimérico poli (acetato de vinilo-co-alcohol vinílico (PVAc-PVA)). Este trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de la Planta Piloto 2 del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado en Saltillo, Coahuila, México. La preparación del látex de PVAc-PVA se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Alvarado (2012). Se elaboró una solución micelar en un reactor de 500 mL añadiendo 332 mL de agua destilada y filtrada; 0,8 g de persulfato de potasio (KPS); 1,1 g de dodecil sulfato de sodio (SDS) y 25,4 g de PVA (BP-24) (Chang Chun Petrochemical Co., LTD. Taiwan). Esta solución se agitó mecánicamente durante 30 minutos a 300 rpm y con circulación de agua a 25 °C por la chaqueta del reactor. Una vez disuelto el PVA, se desgasificó la solución pasando argón de ultra alta pureza durante 90 minutos. Por separado, se desgasificó una solución de acetato de vinilo, VAc, (50 g) y de éter etílico (6 mL). Este último actuó como agente de transferencia de cadena con el fin de disminuir el peso molecular del PVAc. La desgasificación se realizó para eliminar el oxígeno e impedir así que inhibiera la reacción de polimerización. El VAc se destiló previamente a su uso y los otros reactivos (Sigma-Adrich) se utilizaron tal y como se recibieron.

Una vez desgasificadas la solución micelar y la solución de VAc con éter etílico, esta última se adicionó al reactor colocando la solución en una jeringa GasTight (Hamilton Company) mediante una bomba dosificadora (KD Scientific)

calibrada previamente a un flujo de 0,249 mL/min durante 4 horas, manteniendo la temperatura de la reacción en 60 °C, con agitación de 400 rpm y flujo de argón en la mezcla de reacción. Terminada la adición, el sistema se mantuvo durante dos horas más para agotar el monómero. Una vez terminada la reacción, se caracterizó el látex mediante la determinación del diámetro promedio de las partículas por dispersión de luz (Malvern Zetasizer S90). El látex así obtenido se conservó en un frasco limpio y seco hasta requerirse para su uso. Posteriormente el látex obtenido a la concentración de 100% se diluyó con agua destilada en 1:1 (v:v) para la concentración de 50%.

Aplicación de tratamientos en frutos de tomate. Los frutos de tomate fueron lavados, secados y seleccionados; el látex polimérico se aplicó en su superficie con la ayuda de una brocha, formando una delgada capa desde el hemisferio del tomate donde se encuentra el pedúnculo hasta recubrir la parte apical. Se estudiaron dos periodos de almacenamiento, el primero de 7 días y el segundo de 14 días. Las condiciones de almacenamiento fueron a temperatura ambiente (TA) de 31 ± 4 °C. Para las condiciones de temperatura controlada (TC) de 12 ± 1 °C, se utilizó una cámara de temperatura y humedad relativa controladas (Lab-Line Instruments, Inc. Model 680A®, Melrose Park, IL, E.U.A.). La humedad relativa prevalente en condiciones ambientales fue de $30 \pm 5\%$, y de $75 \pm 5\%$ en la cámara a temperatura controlada (no se controló la humedad relativa). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial de 2×3 con 3 repeticiones por tratamiento. Se consideraron como factores de variación el recubrimiento polimérico y la temperatura de almacenamiento. Las variables de respuesta analizadas fueron: peso, pérdida de peso (%), firmeza y sólidos solubles totales (SST). Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANVA) utilizando el programa SAS V. 9 (SAS, 2002), complementado con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de frutos. Al hacer la comparación de medias de manera general de las diferentes variables evaluadas, no se detectaron diferencias significativas en las primeras dos evaluaciones (peso inicial y a siete días de almacenamiento) respecto al peso de tomates (Tabla 1). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas tanto en el peso como en las variables firmeza y contenido de SST o °Brix en la tercera evaluación realizada a los 14 días de almacenamiento. Respecto al peso de frutos a los 14 días de almacenamiento, los tratamientos sobresalientes fueron aquellos recubiertos, con el látex de P(VAc-co-VA) a 100% y 50% ($p \leq 0,05$; Tabla 1). Esto indica que las pérdidas de agua en forma de vapor se redujeron de manera significativa por efecto de la barrera física o recubrimiento polimérico que se aplicó a los tomates. En frutas y hortalizas

frescas la aplicación de una barrera física puede evitar la pérdida de peso y la reducción de las tasas de respiración, con consecuente retraso general en la vida post cosecha de los productos (Pérez-Gago y Krochta, 2005). En el presente trabajo la pérdida de peso de tomates durante el período experimental se disminuyó con los tratamientos de temperatura controlada y recubrimiento (Fig. 1). El recubrimiento con látex permitió conservar la calidad de los frutos al crear una barrera física que probablemente pudo afectar al intercambio de gases como el vapor de agua, y la concentración de O_2 y CO_2 (Ramos-García et al., 2010) entre el fruto y la atmósfera, evitando así la pérdida de peso en los frutos de tomate (Galletta et al., 2005).

Firmeza de fruto. Al hacer la comparación de manera general se detectaron diferencias estadísticas significativas en esta variable, ya sea generadas por el recubrimiento con látex o por las condiciones de temperatura a las que se sometieron los tomates (Tabla 1). El tratamiento con el valor más alto de firmeza fue al que se le aplicó el recubrimiento de P (VAc-co-VA) al 100% y con temperatura controlada. El mínimo valor recayó en los tomates sin recubrimiento expuestos a temperatura ambiente (Tabla 1), en los que se pudo observar de manera subjetiva que hubo una maduración más rápida. Guadarrama y Andrade (2012) informaron que para frutos de chirimoya (*An-*

Fig. 1. Variación de la pérdida de peso en frutos de tomate recubiertos con látex P(VAc-co-VA) y almacenados a temperatura ambiente o controlada. TA: temperatura ambiente, TC: temperatura controlada. Porcentaje de dilución del látex. PI-P7D: Pérdida de peso del día uno hasta el día siete. P7D-P14D: Pérdida de peso entre los días siete y catorce. PPT: Pérdida de peso total (desde el día uno hasta el día catorce). Cada histograma es el promedio de $n=3$. Barras indican el error estándar de la media.

Fig. 1. Variation of weight loss for tomato fruits coated with P(VAc-co-VA) latex and stored either at room or controlled temperature. TA: room temperature, TC: controlled temperature. Latex dilution expressed in percentage. PI-P7D: Weight loss from the first to the seventh day; P7D-P14D: Weight loss from the seventh to the fourteenth day. PPT: Total weight loss from day one to day fourteen of storage. Each histogram is the mean of $n=3$. Bars indicate mean standard error.

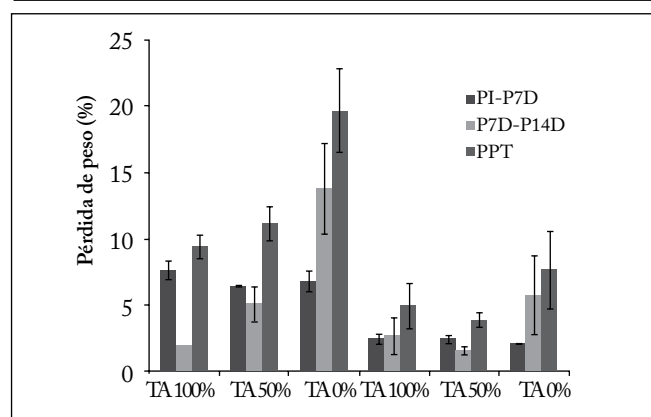


Tabla 1. Peso de frutos, firmeza y contenido total de sólidos solubles en tomates tratados con un recubrimiento polimérico comestible expuestos a condiciones de temperatura ambiente y controlada.

Table 1. Fruit weight, firmness and total soluble solids of tomatoes treated with an edible polymeric film subjected to controlled and room temperature.

Temperatura		Peso inicial (g)	Peso a los 7 días (g)	Peso a los 14 días (g)	Firmeza (kg/cm ²)	¹ SST (°B)
	TC	133,7 a	130,0 a	125,1 a	1,1 a	3,8 a
	TA	136,0 a	127,0 a	117,7 a	0,8 a	3,3 b
¹ NiS		NS	NS	NS	NS	**
DMS		5,5	5,7	12,941	0,31	0,2
DOSIS						
	100	134,4 a	127,8 a	124,8 a	1,2 a	3,8 a
	50	134,9 a	129,0 a	124,7 a	1,0 ab	3,8 a
	0	135,3 a	128,7 a	114,6 b	0,7 b	3,0 b
¹ NiS		NS	NS	*	*	**
DMS		3,7	3,7	3,7	0,46	0,40
^a Ts	Látex ¹ (%)					
	TA 100	132,8 a	122,7 a	120,4 ab	0,9 ab	3,6 a
	TA 50	137,3 a	128,5 a	122,1 ab	0,8 ab	3,7 a
	TA 0	135,9 a	126,6 a	109,2 b	0,5 b	2,8 b
	TC 100	136,0 a	132,8 a	129,3 a	1,4 a	4,0 a
	TC 50	132,5 a	129,4 a	127,4 a	1,1 ab	3,9 a
	TC 0	132,9 a	130,2 a	122,7 ab	1,0 ab	3,5 a
¹ NiS	NS	NS	*	*	**	
DMS		15,4	14,7	17,1	0,6	0,7

^aTs = Tratamientos. TA: Temperatura ambiente (31 ± 4 °C). TC: Temperatura controlada (12 ± 1 °C). ¹Porcentaje de dilución del recubrimiento o látex. ¹Contenido de sólidos solubles totales. ¹NiS = Nivel de significancia. * p≤0,05; ** p≤0,01; NS: No significativo.

^aTs = Treatments. TA: Room temperature (31 ± 4 °C). TC: Controlled temperature (12 ± 1 °C). ¹Percentage dilution for the latex film. ¹Content of total soluble solids. ¹NiS = Significance level * p≤0.05; ** p≤0.01; NS: Not significant.

nona squamosa) y ambarella (*Spondias citherea*), la pérdida de firmeza aumentó a medida que ambas frutas entraron en la fase de madurez, independientemente de la etapa de maduración en que se cosecharon. Galiotta et al. (2005) reportaron que una mayor firmeza en frutos de tomates con incremento en la vida de poscosecha fue debido a la aplicación de un recubrimiento de proteína de suero de leche. Sin embargo, al hacer la comparación de medias entre ambientes, se puede observar que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos.

Sólidos solubles totales. Respecto a la concentración de SST, la Tabla 1 muestra los efectos de las concentraciones del recubrimiento P(VAc-co-VA) y de las condiciones de temperatura evaluadas. Los frutos recubiertos con cualquiera de los dos látex (100% y 50%) empleados tuvieron contenidos

significativamente (p≤0,01) más altos que los frutos no recubiertos. Además, los frutos sometidos a temperatura controlada de almacenamiento también presentaron significativamente (p≤0,01) mayor cantidad de SST que los almacenados a temperatura ambiente. Los frutos que fueron recubiertos con el látex polimérico tuvieron los valores más altos de sólidos solubles totales en comparación con aquellos que no recibieron ningún recubrimiento y que tuvieron la menor concentración de SST (2,7 °Brix). En cambio, el tratamiento con temperatura controlada y recubrimiento concentrado (100%) tuvo el máximo valor (4,1 °Brix). Estos resultados difieren del reporte de Javanmardi y Kubota (2006). Estos autores encontraron que tomates almacenados a 25-27 °C durante 7 días mostraron un aumento significativo en el contenido de licopeno y la pérdida de peso, pero no influyó en los °Brix.

CONCLUSIONES

El recubrimiento comestible de frutos de tomate con un látex polimérico favoreció algunas propiedades físicas como peso y firmeza, y propiedades químicas como el contenido de sólidos solubles totales después de 14 días de evaluación. El mejor tratamiento resultó ser el recubrimiento al 100% del látex P(VAc-co-VA) y en temperatura controlada. Al compararlo con el resto de los tratamientos recubiertos con una dilución al 50% del látex en condiciones de temperatura ambiente y controlada, se obtuvieron resultados similares. Esto sugiere que aparte de reducir la concentración del látex usado para el recubrimiento, y consecuentemente costos, se tuvieron buenos resultados para conservar los frutos de tomate prolongando su vida post cosecha de una manera sostenible.

REFERENCIAS

- Anandaraj, B. y L.R.A. Delapierre (2010). Studies on influence of bio-inoculants (*Pseudomonas fluorescens*, *Rhizobium* sp., *Bacillus megaterium*) in green gram. *Journal of Bioscience and Technology* 1: 95-99.
- Alvarado, R.L. (2012). Síntesis de poliacetato de vinilo mediante polimerización en heterofase para aplicación en el recubrimiento de frutas. Tesis de licenciatura en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, Dgo. 103 p.
- Avila-Sosa, R., E. Palou, M.T. Jiménez-Munguía, G.V. Nevárez-Moorillón, A.R. Navarro-Cruz y A. López-Malo (2011). Antifungal activity by vapor contact of essential oils added to amaranth, chitosan, or starch edible. *International Journal of Food Microbiology* 153: 66-72.
- Appendini, P. y J.H. Hotchkiss (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 3: 113-126.
- Barco-Hernández, P.L., A.C. Burbano-Delgado, S.A. Mosquera-Sánchez, H.S. Villada-Castillo y D.P. Navia-Porras (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación* 8: 96-103.
- Baldwin, E.A., R.D. Hagenmaier y J. Bay (2012). Edible coatings and films to improve food quality. CRC Press, New York. 448 p.
- Balibrea, M.E., C. Martínez-Andujar, J. Cuartero, M.C. Bolarin y F. Pérez-Alfocea (2006). The high fruit soluble sugar content in wild *Lycopersicon* species and their hybrids with cultivars depends on sucrose import during ripening rather than on sucrose metabolism. *Functional Plant Biology* 33: 279-288.
- Bosquez-Molina, E., E. Ronquillo-de Jesús, S. Bautista-Baños, J.R. Verde-Calvo y J. Morales-López (2010). Evaluation of the inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. *Postharvest Biology and Technology* 57: 132-137.
- Burt, S.A. y R.D. Reinders (2003). Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Lett Applied Microbiol.* 36: 162-167.
- Dutta, P.K., S. Tripathia, G.K. Mehrotraa y J. Dutta (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry* 114: 1173-1182.
- Galiotta, G., F. Harte, D. Molinari, R. Capdevielle y W. Diano (2005). Aumento de la vida útil postcosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 6: 117-123.
- Galus, S., H. Mathieu, A. Lenart y F. Debeaufort (2012). Effect of modified starch or maltodextrin incorporation on the barrier and mechanical properties, moisture sensitivity and appearance of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 16: 148-154.
- Guadarrama, Á. y S. Andrade (2012). Physical, chemical and biochemical changes of sweetsop (*Annona squamosa* L.) and golden apple (*Spondias citherea* Sonner) fruits during ripening. *Journal of Agricultural Science & Technology B* 11: 1148-1157.
- Hagenmaier, R.D. y K. Grohmann (1999). Polyvinyl acetate as a high-gloss edible coating. *Journal of Food Science* 64: 1064-1067.
- Javanmardi, J. y C. Kubota (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 41: 151-155.
- Kader, A.A. (2008). Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 1863-1868.
- Krarup, C. (2001). Daño por Enfriamiento: Una limitante para las exportaciones de hortalizas de estación cálida. Pontificia Universidad Católica de Chile. *Agronomía e Ingeniería Forestal* 3: 12-16.
- Panda, S., G. Babu-Botta, S. Pattnaik y L. Maharana (2012). A complete review on various natural biodegradable polymers in pharmaceutical use. *Journal of Pharmacy Research* 5: 5390-5396.
- Perez-Gago, M.B. y J.M. Krochta (2005). Emulsion and bi-layer edible films. En: *Innovations in Food Packaging*, Ch. 22, pp. 384-402. Han, J.H., Ed., Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Ramos, O.L., S.I. Silva, J.C. Soares, J.C. Fernandes, F. Poças, M.E. Pintado, F.X. Malcata (2011). Features and performance of edible films, obtained from whey protein isolate formulated with antimicrobial compounds. *Food Research International* 45: 351-361.
- Ramos-García, L., S. Bautista-Baños, L.L. Barrera-Necha, E. Bosquez-Molina, I. Alia-Tejagal y M Estrada-Carrillo (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28: 44-57.
- SAS Institute (2009). PROC GLM. Windows Version 9. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- Strübing, S., H. Metz y K. Mäder (2008). Characterization of poly (vinyl acetate) based floating matrix tablets. *Journal of Controlled Release* 126: 149-155.
- Valencia-Chamorro, S.A., L. Palou, M.A. del Río y M.B. Pérez-Gago (2011). Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51: 872-900.