

## **Efecto de recubrimientos comestibles elaborados con almidones extrudidos sobre cambios de calidad y respiración en papaya (*Carica papaya* L) mínimamente procesada.**

M.A. Sánchez-Chilero<sup>1</sup>, E. Aguilar-Palazuelos<sup>1</sup>, I.L. Camacho Hernández<sup>1</sup>, M.O. Vega García<sup>1</sup>, A. Calderón Castro<sup>1</sup>, P.R. Fitch-Vargas, A.P. León Leyva<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Av. de las Américas y Josefa Ortiz de Domínguez, Ciudad Universitaria, Culiacán, Sinaloa, México. C.P. 80010. [sanchez.ma91@gmail.com](mailto:sanchez.ma91@gmail.com)

### **RESUMEN:**

El actual estilo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas ha provocado la demanda de diferentes productos vegetales, frescos y saludables entre ellos los productos mínimamente procesados (PMP). La papaya (*Carica papaya* L) es una de las frutas tropicales más apetecidas por los consumidores debido a que se le atribuyen propiedades nutricionales y medicinales; posee un agradable aroma, sabor y textura. Sin embargo, las operaciones propias de PMP provocan un incremento de la tasa respiratoria e inducen una serie de sucesos que dañan la apariencia del fruto. Por tal razón se buscan alternativas para mejorar la calidad y prolongar su vida de anaquel. Los recubrimientos comestibles (RC) proporcionan una cubierta protectora que sirve como barrera a la humedad e intercambio de gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>), además genera una atmósfera modificada. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de RC de almidón de maíz extrudido sobre los cambios de calidad y respiración, en papaya mínimamente procesada (MP). Los resultados demuestran que los RC lograron mantener los parámetros de calidad en papaya MP, debido principalmente a la barrera formada contra el intercambio de gases y por consiguiente una disminución de velocidad de respiración.

**Palabras clave:** Papaya, productos mínimamente procesados, recubrimientos comestibles de almidón extrudido.

### **ABSTRACT:**

The current lifestyle, with little time to prepare balanced meals has provoked the demand of different vegetable, fresh and healthy products such as fresh-cut. The papaya (*Carica papaya* L) is one of the most desired tropical fruits by the consumers due to the fact that they attributed nutritional and medicinal properties to it; it possesses an agreeable aroma, flavor and texture. Nevertheless, fresh-cut operations provoke an increase of the respiratory rate and induce a series of events that damage the appearance of the fruit. For such a reason alternatives are looked to improve the quality and to prolong its shelf life. The edibles coatings (EC) provide a protective cover that serves as barrier to the dampness and gas exchange (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>), further it generates a modified atmosphere. Therefore, the aim of the present work was to evaluate the effect of EC application of extruded cornstarch on the changes of quality and breathing, in fresh-cut papaya (FCP). The results demonstrate that the EC managed to support the quality parameters in FCP, owed principally to the barrier formed against the gas exchange and consequently a speed decrease of breathing.

**Keywords:** Edibles coatings of cornstarch extruded, fresh-cut, papaya.

## INTRODUCCIÓN

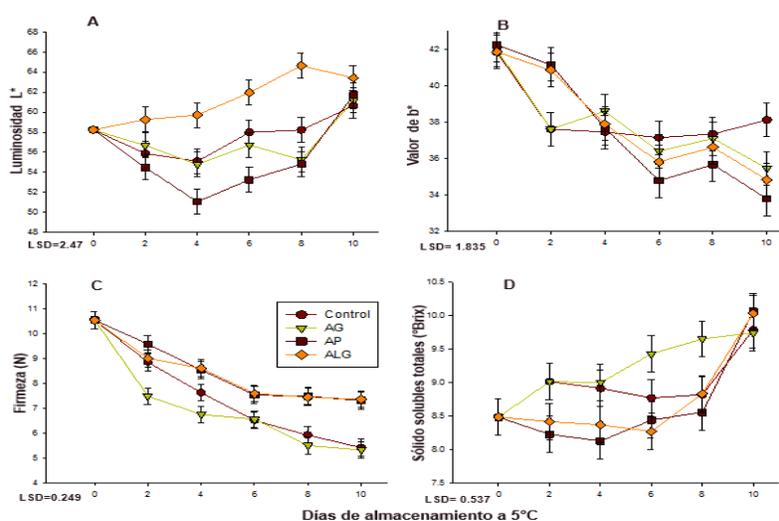
El estilo de vida de la sociedad moderna ha cambiado el modelo de consumo de alimentos y la demanda de los productos mínimamente procesados han ido en aumento, ya que el consumo de frutas y hortalizas se ha asociado con la prevención de enfermedades crónicas degenerativas, puesto que son una excelente fuente de vitaminas, minerales, fibra y también el bajo contenido calórico (Martin-Belloso y Rojas-Graü, 2005). Un producto mínimamente procesado es cualquier fruta o vegetal o combinación de los mismos que han sido modificados físicamente (lavado, pelado y cortado) alterando su forma original, y permanecen en estado fresco, además, subsecuentemente envasado y almacenado en refrigeración (IFPA 2017). La papaya (*Carica papaya* L) es una de las frutas tropicales más apetecidas en fresco por los consumidores debido a que se le atribuyen propiedades nutricionales, digestivas y medicinales; además, posee un agradable aroma, sabor y textura. La fruta madura contiene alrededor de 85 % de agua, 10 a 13 % de azúcares, 0.6 % de proteínas, es rico en vitamina A y contiene cantidades adecuadas de vitaminas B1, B2 y C (Barrera y col 2012). Sin embargo, desde el punto fisiológico, las operaciones del procesamiento mínimo hieren el tejido vivo, que inducen una tasa de respiración elevada, provocando un desorden metabólico, generando des-compartmentación de enzimas y sustratos, causando ablandamiento, deterioro microbiológico, desarrollo de sabores y olores indeseables, causando la senescencia del fruto, que hacen que el producto no sea apto para ser comercializado (Baldwin y Bai 2011). Por tal razón se buscan alternativas para mejorar la calidad y prolongar su vida de anaquel, centrándose en conseguir procesos novedosos o estrategias de conservación que permitan obtener alimentos seguros, con sus propiedades nutricionales y características benéficas para la salud muy poco modificadas (Robles y col 2007). Una alternativa son el uso de recubrimientos comestibles siendo este un tipo de material delgado que se usa para el envolvimiento en los distintos alimentos para extender la vida útil del producto que se desea consumir, proporcionando una cubierta protectora que sirve como barrera a la humedad, intercambio de gases y compuestos aromáticos ( $O_2$  y  $CO_2$ ) que a su vez genera una atmósfera modificada (Gulzar y col 2015). Los recubrimientos elaborados a partir de almidones son biodegradables, barato, abundante, con buenas propiedades mecánicas y relativamente fácil de manejar (Xu y col 2005). Estudios previos en Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Sinaloa han elaborado películas comestibles a partir de almidones extrudidos, la primera formulación está conformada de 80% almidón de maíz nativo: 20% plastificantes (AP), la segunda formulación se ha conformado de 76.68% de almidón de maíz nativo: 20 % plastificantes: 3.32% de gelatina (AG). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de los recubrimientos comestibles elaborados de almidón de maíz extrudido sobre los cambios de parámetros de calidad y respiración en rebanadas de papaya (*Carica papaya* L) mínimamente procesada. Los valores de  $L^*$  permanecieron estables para todos los tratamientos. El valor  $b^*$  de todos los tratamientos disminuyeron, sin embargo, en el día 10 de almacenamiento los frutos recubiertos presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en contraste con el Control. El tratamiento con el alginato (ALG) fue el que presentó menos % de pérdida de peso (% PP), no obstante, no presentó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). Por otro lado, los sólidos solubles totales (SST) tratados con AP y ALG, fueron estadísticamente diferentes significativos ( $p < 0.05$ ) en los días 2 y 4 en contrastes a los demás tratamientos, en acidez titulable (AT), los frutos tratados con AP y ALG, mostraron los valores más altos con respecto a AG y Control. En el parámetro de firmeza los valores disminuyeron para todos los tratamientos, pero ALG y AP, mantuvieron los valores más altos de firmeza respecto a los demás tratamientos, a partir del día 4 de almacenamiento, mostrando diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). En cuanto a la producción de  $CO_2$ , el valor mayor fue al día 4 para el Control, y en la producción de  $O_2$ , todos los valores de los tratamientos cayeron hasta 18.5 %, sin presentar diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). Los RC afectaron los parámetros de calidad encontrándose diferencia significativa en Firmeza, AT y SST. Además, los resultados demuestran que los recubrimientos crean una barrera contra los gases y por consiguiente disminuyen la velocidad de respiración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron como materia prima: papaya variedad “Maradol”, almidón nativo de maíz, (Fabpsa S.A. de C.V.) y plastificantes (glicerol anhídrido (JT Baker) y sorbitol (Cedrosa S675). Para la elaboración del recubrimiento comestible de almidón de maíz-plastificante (AP), se empleó la metodología propuesta por Fitch Vargas 2014, utilizando una mezcla con 80% almidón de maíz nativo y 20 % de plastificantes (20.3 % glicerol: 69.7% sorbitol). La harina para extrudir se acondiciono a una humedad de 20%. Después se empleó un extrusor de doble tornillo (Shandong Light M&E LT32L, China) y las condiciones de proceso fueron: temperatura de extrusión (TE)= 70-80-89 °C, velocidad de tornillo (VT)= 66 rpm y una velocidad de alimentación= 73 rpm. Posteriormente el producto obtenido se le asignó el nombre de formulación extrudida (FE), se recibió en agua destilada en una relación 4:1 (por cada 100 g de muestra/ 400 mL de agua destilada), se dejó reposar 24 h y subsiguiente a esto los restos de pellets se molieron con un mezclador Moulinex (DD701145, México) y se filtró con manta cielo para obtener una solución libre de grumos. Después se empleó la técnica de casting y así obtener el recubrimiento. En cuanto el recubrimiento almidón-gelatina-plastificante (AG) se realizó mediante la metodología de Valenzuela Navarro 2016, empleando maíz nativo en un 76.68%, 3.32 % gelatina diamante 315 bloom y 20% de plastificantes (Glicerol: 20.3 % y sorbitol: 69. 7%). Las condiciones del proceso fueron; TE: 80-90-99 °C, VT:180 rpm y velocidad de alimentación= 161 rpm. Enseguida a esto, se volvió a realizar los mismos procedimientos, obtención de la FE y por consiguiente la técnica de casting. Además, se elaboró un recubrimiento de alginato (ALG) que es utilizado comúnmente en PMP, mediante la metodología descrita por Rojas y col 2007. Una vez obtenidas las formulaciones formadoras de recubrimientos de AP, AG y ALG se procedió a aplicarlas sobre papaya mínimamente procesada, las condiciones de aplicación se realizaron en un cuarto sanitizado con temperatura de 18 °C. Los tratamientos utilizados fueron: Control (Agua destilada), AP (almidón de maíz-plastificante), AG (almidón-gelatina-plastificante), ALG (alginato). Se formaron 4 lotes con su respectivo tratamiento. La aplicación del recubrimiento consistió en la frotación de una tela manta de 8 cm x 8 cm (sanitizada) sobre el fruto. Una vez aplicado el recubrimiento se secaron a temperatura de 18°C, se colocaron 4 rebanadas de papaya en las charolas de poliestireno (Nutrigo S.A. de C.V., México) (aproximadamente 160 g por charola) sucesivamente se emplearon las cajas con una película autodherible de policloruro de vinilo (PVC) (INIXFILM S.A. de C.V., México), para así mantener una atmosfera modificada en la caja, consecuentemente las cajas fueron almacenadas a una temperatura de 5 °C por 10 días, simulando las condiciones de almacenamiento de PMP. Se realizaron retiros cada 2 días y se tomaron 5 charolas para análisis de calidad: acidez titulable mediante la metodología de AOAC 2012, color ( $L^*$  y  $b^*$ ), firmeza, pérdida de peso y composición de gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ), mediante la metodología de López y col 2011; Vega-Espinoza 2010. Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV con un diseño aleatorio con dos factores: tratamientos y días de almacenamiento. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Fisher ( $P \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Color.** El color es uno de los atributos visuales más importantes en papaya, debido a que su coloración rojiza característica es un indicativo de su estado de madurez y de una buena calidad (Mahmud y col 2008). En el caso de la papaya los parámetros  $L^*$  y  $b^*$  son los que generalmente se utilizan para describir sus cambios de color (Martin-Belloso y Rojas-Graü 2005). En general los valores de  $L^*$  siempre se mantuvieron en el mismo rango de valor (52-62) para todos los tratamientos (Figura 1), inclusive el último día mostraron el mismo comportamiento. Es por ello que los recubrimientos comestibles de almidón no afectaron a  $L^*$ , principalmente por que los valores se encuentran en los aceptados por el consumidor, sin embargo, si existió diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) principalmente en ALG en contraste con los demás tratamientos. Fakhouria y col 2015 estudio el efecto de un recubrimiento de almidón con gelatina, aplicando en uvas rojas almacenadas durante 21 días en condiciones de refrigeración y formalizaron que la adición de gelatina en los recubrimientos de almidones disminuye la opacidad, justificándose que la gelatina genera una estructura triple helicoidal, permitiendo la penetración de la luz. Por otra parte, la alta concentración de almidón puede permitir una matriz menos abierta que puede obstaculizar el paso de la luz generando más brillo. En  $b^*$  se apreció una disminución de manera general (Figura



**Figura 1.** Cambios en parámetros: (A) L\*, (B) b\*, (C) Firmeza y (D) SST (°Brix) durante 10 días de almacenamiento a 5 °C en rebanadas de papaya variedad “Maradol” mínimamente procesada tratadas con recubrimientos comestibles de

1) para todos los tratamientos a excepción del control que se mantuvo constante a partir del día 2 y en el día 10 tuvo un valor de 38. Solo existió diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) con el Control y AG siendo notable en el día 2 y 10.

**Firmeza.** En la **Figura 1** se muestran los valores de firmeza expresados en Newton (N). El valor promedio de la firmeza al inicio del almacenamiento fue de 10.5 N. Se registró pérdida de firmeza para todos los tratamientos, pero fue más pronunciado para Control y AG, obteniendo un valor menor de fuerza necesaria para penetrar la rebanada de papaya en el último día de evaluación 5.3 N. Por otra parte, los recubrimientos ALG y AP, mantuvieron la mayor firmeza hasta el último día de evaluación con un valor de 7.3 N, así mismo se puede apreciar que si existe diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre estos tratamientos en contraste a los demás. Este ablandamiento es atribuido principalmente a la degradación de los componentes de la pared celular, principalmente pectinas, debido a la acción de enzimas específicas tales como la pectinesterasa y poligalacturoasa (Chiumarelli y col 2010).

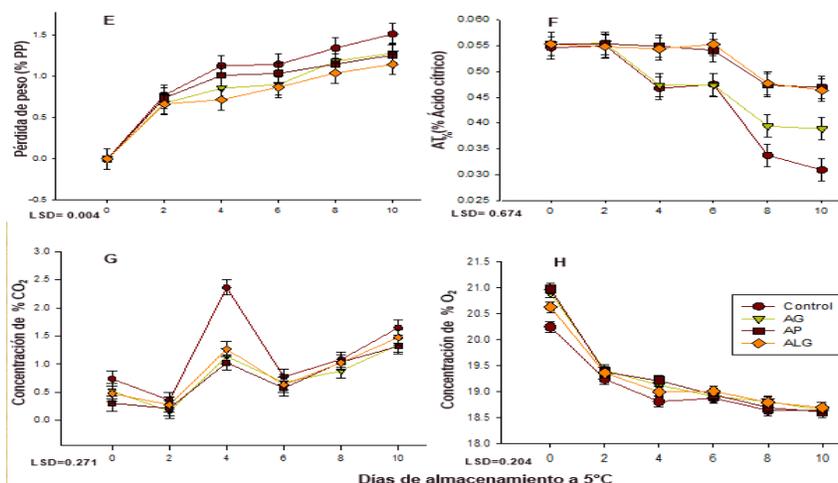
**Sólidos solubles totales (SST).** Los SST expresado en °Brix, son indicativo del contenido de acumulación de azúcares durante la maduración. De manera general, las rebanadas de papaya representaron el mismo comportamiento durante todo el almacenamiento (Figura 1) permaneciendo constante durante los 10 días de almacenamiento, a excepción del tratamiento AG y AP en los días 2, 4 y 6 que obtuvieron los valores más bajos justificándose que quizá los recubrimientos crearon una barrera contra el intercambio de gases y por consiguiente una menor actividad metabólica, pero a partir del día 6 el fruto empezó su maduración final siendo notorio el mismo comportamientos para todos los tratamientos. Ayón y col 2015 mencionaron que no existe acumulación de azúcares en papaya “Maradol” durante su maduración, incluso bajo el efecto de tratamiento que lo induce, debido principalmente al muy poco almidón presente en la fruta.

**Pérdida de peso.** De manera general se logró observar un incremento en el % PP para todos los tratamientos (Figura 2) con respecto al día inicial, siendo las rebanadas de papayas sin recubrir (Control) las que presentaron mayor pérdida de peso (1.51 % PP) sin mostrar diferencia estadísticamente significativa ( $P \geq 0.05$ ) con las rebanadas con recubrimientos comestibles. Por otro lado, el tratamiento ALG presentó el menor % PP al día 10 de

almacenamiento, con una pérdida de 1.14% PP, mostrando solo diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) con el Control a partir del día 8. El comportamiento se atribuye a la naturaleza del almidón por ser hidrofílico (Chiumarelli y col 2010). Además, el glicerol contribuyó a la pérdida de peso de las rebanadas de papaya de acuerdo con Krochta 2002 la adición de plastificantes a recubrimientos interrumpe los enlaces de hidrógenos, incrementado la distancia entre moléculas de polímeros y permiten una alta permeabilidad al vapor de agua.

**Acidez titulable.** Generalmente, durante la maduración y senescencia de los frutos, el pH muestra una tendencia a aumentar y la acidez titulable disminuir (Martínez-Ferrer y col 2002). En la Figura 2 se muestra el % de ácido cítrico durante el almacenamiento de papaya. Se puede observar que a partir del día 4 los tratamientos AP y ALG disminuyeron el % de ácido cítrico en menor medida en comparación a los tratamientos Control y AG, existiendo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ). No obstante, este comportamiento se atribuye a la barrera formada contra los gases, formando así una menor respiración y por consiguiente una menor degradación de ácidos orgánicos que son sustratos para muchas de las reacciones catalizadas por enzimas durante la respiración aeróbica en las células vegetales (Fitch-Vargas 2014).

**Producción de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.** En la Figura 2 se puede observar un aumento de producción de CO<sub>2</sub> para todos los tratamientos, pero en el día 4 fue mayor para el Control existiendo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en contraste a los demás tratamientos, teniendo sentido precisamente al no presentar una recubierta que genere una barrera contra los gases. En el día 6 volvió a descender para todos los tratamientos. La modificación de la atmósfera alrededor de las rebanadas de papaya con el empaque de poliestireno y empleaje, indicando que el sistema solo actúa dando protección (Chiumarelli y col 2010). En la Figura 2 se puede observar una disminución en la concentración de O<sub>2</sub> para todos los tratamientos en las rebanadas de papaya, no existe diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en ninguno de los días de evaluación. Según Chiumarelli y col 2010 los recubrimientos de almidón tienen una baja permeabilidad al oxígeno.



**Figura 2.** Cambios en parámetros: (E) Pérdida de peso (% Pérdida de peso), (F) Acidez titulable (% Ácido Cítrico), (G) Producción de % CO<sub>2</sub> y (H) Producción de % O<sub>2</sub> durante 10 días de almacenamiento a 5 °C en rebanadas de papaya variedad “Maradol” mínimamente procesada tratadas con recubrimientos comestibles de almidón y alginato.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ayón L., Tamayo R., Cárdenas F., López M., López G., López H., López J., López J. y Vega M. 2015. Effectiveness of Hydrothermal-Calcium Chloride Treatment and Chitosan on Quality Retention and Microbial Growth during Storage of Fresh-Cut Papaya. *Journal of Food Science*. Vol. 00: C1-C8.
- Baldwin E.A. y Bai J. 2011. Physiology of fresh-cut fruits and vegetables. En: O. Martin-Belloso y R. Soliva-Fortuny (Editores) *Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetable Processing*. Boca Raton. Pp. 87-11
- Barrera E., Gil M., García C., Durango D.L., Gil J.H. 2012. Facultad Nacional de Ciencias Agrarias de Medellín. 65(1): 6497-6506.
- Chiumarelli M., Pereira L.M., Ferrari C.C., Sarantópoulos C.I.G.L. y Hubinger M.D. 2010. Cassava Starch Coating and Citric Acid to Preserve Quality Parameters of Fresh-Cut “Tommy Atkins” Mango. *Journal of Food Science*. 75:297-304.
- Fakhouria F.M., Martellia S.M., Caonc T., Velascod J.I., Meib L.H. 2015. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 109: 57–64.
- Fitch-Vargas PR. 2014. Elaboración de películas comestibles a partir de almidón termoplástico obtenido por extrusión: caracterización y aplicación en un fruto modelo. [Tesis de Maestría]. Culiacán, Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa. 60 p. Disponible en: Biblioteca de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Gulzar N., Ishrat M. y Varun K. 2015. Developments in Edible films and Coatings for the extension of Shelf Life of Fresh Fruits. *American Journal of Nutrition and Food Science*. 2(1): 16-20.
- IFPA. International Fresh-Cut Produce Association. 2017. The convenience, nutritional value and safety of fresh-cut produce. Disponible: <http://www.creativew.com/sites/ifpa/about.html>.
- Krochta J.M. 2002. Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status and oportunities. En: Gennadios A, editor. *Protein-based films and coatings*. Boca Raton, Florida: CRC Press. p 1-41.
- López J.A., Vlaverde F.J., Mejía S.L., López G. y Vega M.O. 2011. Efecto del almacenamiento en atmósfera controlada sobre la calidad poscosecha y nutricional del tomate. *Revista Chaping Serie Horticultura*. 17 (2): 115:128.
- Mahmud T.M.M., Al Eryani A., Syed S.R., Mohamed A.R., Abdual R. 2008. Effects of different concentrations and applications of calcium on stronge life and physiochemical characteristic of papaya (*Carica Papaya L.*). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 3:526-533.
- Martin-Belloso O. y Rojas-Graü M.A. 2005. Factores que afectan la calidad. *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. Sonora, México. CIAD. p 76–90.
- Martínez M., Harper C., Pérez F., Chaparro M. 2002. Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits. *Journal of Food Science*. 67:3365-3371.
- Robles M., Gorinstein S., Martín O., Astiazarán H., González G. y Cruz R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia*. 32 (4): 227-228.
- Rojas M.A., Tapia M.S., Martín O. 2008. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *Lebensm Wiss Technol*. 41:139–47.
- Valenzuela-Navarro S.A. 2016. Elaboración y caracterización de películas comestibles a partir de una formulación de almidón de maíz y gelatina obtenida por el proceso de extrusión-casting. [Tesis de Licenciatura]. Culiacán, Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa. 60 p. Disponible en: Biblioteca de la Facultad Ciencias Químico Biológicas.
- Vega-Espinoza A. 2009. Aplicación de métodos secuenciales para la conservación poscosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Imperial [Tesis de Maestría]. Culiacán, Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa. 60 p. Disponible en: Biblioteca de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Xu X.Y., Kim K.M., Hanna M.A. y Nag D. 2005. Chitosan-starch composite film: preparation and characterization. *Industrial Crops and Products*. 21:185-192.