

Efecto del quitosano como recubrimiento comestible en frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) mínimamente procesados

Chitosan effect as edible coating on papaya (*Carica papaya* L.) fruits minimally processed

A.M. Valera, J. Zambrano, W. Materano, M. Maffei, I. Quintero y C. Torres

Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Grupo de Fisiología Postcosecha, Trujillo, estado Trujillo. Venezuela. Apartado postal 23.

Resumen

Para reducir los efectos perjudiciales del mínimo procesamiento en frutos de lechosa troceados se evaluó su recubrimiento con quitosano. Se seleccionaron frutos uniformes, libres de defectos mecánicos y daños fitosanitarios. Luego de desinfectados, pelados y cortados se sumergieron por un periodo de 2 min en soluciones de quitosano al 0,5; 1 y 2% m.v⁻¹ adicionándole a todas ácido cítrico al 0,75% m.v⁻¹ y se almacenaron a 6±1°C. Se utilizó un diseño factorial 3x3 con tres repeticiones. Los parámetros de calidad evaluados fueron: viscosidad, pérdida de peso, sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable y ácido ascórbico a los 0, 3, 6 y 9 días. El quitosano preserva parámetros de calidad en frutos de lechosa troceada tales como la viscosidad, el contenido de ácido ascórbico y los SST. La menor pérdida de peso ocurrió con frutos tratados al 0,5 y 1% m.v⁻¹ quitosano.

Palabras clave: Manejo postcosecha, calidad, parámetros fisicoquímicos.

Abstract

The influences of chitosan edible coating in the quality of the final product were evaluated to reduce the harmful effect of minimally processing of fresh cut papaya. Uniforms fruits were selected, free from mechanical and insects defects. After desinfection, peeled and cut fruits were immersed for 2 min in 0.5; 1 and 2% m.v⁻¹ chitosan solutions with ascorbic acid 0.75% m.v⁻¹, and were stored at 6±1°C. A 3x3 split plot design was used with three replications. Viscosity, total

soluble solids (TSS), pH, titratable acidity and ascorbic acid were the quality parameters evaluated at 0, 3, 6 and 9 days. Chitosan preserves quality parameters in fresh cut papaya fruits, such as viscosity, ascorbic acid and TSS. Weight loss was less with 0.5 and 1% m.v⁻¹ chitosan solutions.

Key words: postharvest handling, quality, physicochemical parameters.

Introducción

La lechosa es una fruta muy saludable por el contenido de vitaminas A, B₁, B₂, calcio, fibra dietética entre otros; y apreciada por el color atractivo de la pulpa, sabor, succulencia y el aroma característico (Desai y Wagh, 1995). Sin embargo, el consumo individual de estos frutos demanda tiempo y esfuerzo debido al proceso de pelado, extracción de las semillas y el cortado antes de su consumo.

Por otro lado, existen variedades de lechosa como la 'Maradol' que son demasiado grandes (2,73 a 6,80 kg) para su consumo individual. Es por esta razón que la lechosa se considera un fruto ideal para ser usado como mínimamente procesado o lechosa recién cortada. Este procesamiento mínimo puede resultar en la pérdida de propiedades físicas así como valor nutricional, aunado a que es un fruto altamente perecedero, requiriendo un manejo postcosecha especial para fijar y acentuar el color, reducir microorganismos, desarrollar el sabor característico y favorecer la retención de vitaminas.

Los recubrimientos comestibles constituyen una estrategia potencial para reducir los efectos adversos que ocasiona el procesamiento mínimo en los tejidos vegetales, representando un campo innovador en el área de la conservación de frutas frescas cortadas. El quitosano es un carbohidrato natu-

Introduction

Papaya is a very healthy fruit due to its vitamin content A, B₁, B₂, calcium, dietetic fiber among others; and is known by the attractive color of the pulp, taste, succulence and characteristic smell (Desai and Wagh, 1995). However, the individual consumption of these fruits demand time and effort due to the peeling process, extraction of seeds and cut before eating it.

On the other hand, there are papaya varieties such as "Maradol", that are too big (2.73 to 6.80 kg) for their individual consumption. For this reason, papaya is considered an ideal fruit to be used as minimal processed or just-cut papaya. This minimal procedure might cause lost of physical properties, as well as in nutritional value, additionally, it is highly perishable, requiring a special harvest handle to fix and mark the color, to reduce microorganisms, to develop the typical taste, and to favor the retention of vitamins.

The edible coating constitute a potential strategy to reduce the adverse effects that cause the minimal procedure in the vegetal tissues, representing an innovating field in the preservation area of fresh peeled fruits. Chitosan is a natural modified carbohydrate coming from the deacetylation of chitin, harmless, biodegradable, with capacity to form

ral modificado proveniente de la desacetilación de la quitina, inocuo, biodegradable, con capacidad para formar películas comestibles, encontrado en una amplia gama de fuentes naturales como los exoesqueletos de los crustáceos, insectos y algunas algas. El quitosano comercial que se ofrece en el mercado tiene un grado de desacetilación del 60% (Hernández *et al.*, 2009); sin embargo, por ser una molécula hidrofílica debe tratarse con algunos aditivos para propiciar cierta hidrofobicidad y mejorar sus propiedades mecánicas, además de que a alta humedad relativa se puede disolver. Su uso como recubrimiento comestible representa una alternativa viable para la conservación de frutos troceados, debido a que puede formar barreras semipermeables que limitan el intercambio de gases y reduce la pérdida de agua en frutos (Baldwin y Hagenmaier, 2011). El presente estudio tuvo como objetivo determinar el comportamiento del quitosano en frutos de lechosa para reducir los efectos perjudiciales del mínimo procesamiento que influyen en detrimento de la calidad del producto final.

Materiales y métodos

Los frutos de lechosa cv 'Maradol' en estado de madurez fisiológica con una coloración amarilla anaranjada del 20% fueron recolectados en el municipio Torres del estado Lara, y se dejaron madurar en el laboratorio (21°C y 90% de humedad relativa) hasta que alcanzaron el estado de madurez del 70% (3/4 partes de la piel de color amarillo-anaranjado). Los frutos fueron seleccionados de acuerdo al tamaño,

edible films, and a wide variety of natural sources such as exoskeletons of crustaceans, insects and some algae.

The commercial chitosan offered in the market has a deacetylation of 60% (Hernández *et al.*, 2009); however, by being a hydrophilic molecule it must be treated with some additive to propitiate some hydrophobicity, and to improve its mechanical properties; also, it can dissolve at high relative humidity. Its use as edible coating represents a possible alternative for preserving the cut fruits, since it can form semi-permeable barriers that limit the exchange of gases and reduce the water lost in fruits (Baldwin and Hagenmaier, 2011). The aim of this research was to determine the behavior of chitosan in papaya fruits to reduce the harmful effects of the minimal processing that influence in the diminishment of the quality of the final product.

Materials and methods

Papaya fruits cv "Maradol" in physiological ripening phase with orange-yellowish coloring of 20%, were collected in Torres county, Lara state, and were ripened at the laboratory (21°C and 90% of relative humidity) until reaching a ripening phase of 70% (3/4 parts of the skin with orange-yellowish color). The fruits were selected according to the size, color, and free of mechanical and phytosanitary defects.

Preparation of the edible coating
Chitosan solutions were prepared with 60, 30 and 15 g of the commercial powder (Crab Shell chitosan, WintersunChemical®, California,

color, libres de defectos mecánicos y fitosanitarios.

Preparación del recubrimiento

Se prepararon soluciones de quitosano pesando 60, 30 y 15 g de polvo comercial (Crab Shell chitosan, WintersunChemical®, California, USA), de alto peso molecular, se dispersaron en 2500 mL de agua destilada estéril. La dilución se realizó a 60°C con agitación continua durante 30 min, luego se añadió 150 mL de ácido acético glacial y 18,75 g de ácido cítrico, se ajustó el pH de la solución a 5 con NaOH 0,1 mol.L⁻¹.

Preparación de la muestra

Las frutas fueron desinfectadas por inmersión en una solución de NaClO al 2% v.v⁻¹ por 5 min y se secaron al aire libre durante 1 h. Las lechosas se pelaron, desmillaron, se eliminó la placenta y se cortaron en trozos de 1 cm de espesor, y aproximadamente de 8 g de masa, se sumergieron por un periodo de 2 min en las soluciones de quitosano al 0,5; 1, y 2% m.v⁻¹ añadiéndole ácido cítrico al 0,75% m.v⁻¹, respectivamente. Se utilizó un grupo control el cual se sumergió en agua destilada estéril. Se almacenaron a 6±1°C, durante nueve días en envases de polietilentereftalato (PET) de 150x180x40 cm con tapa.

Análisis fisicoquímicos

Se evaluaron los parámetros: viscosidad, pérdida de peso, sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable y ácido ascórbico a los 0, 3, 6 y 9 días de almacenamiento.

Pérdida de peso

Se determinó gravimétricamente con una balanza analítica Ohaus® modelo Adventurer y se expresó como

USA), with high molecular weight, and were diluted into 2500 mL of sterile distilled water. The dilution was carried out at 60°C with continuous agitation for 30 min, later, 150 mL of glacial acetic acid were added and 18.75 g of citric acid, the pH solution was adjusted at 5 with NaOH 0.1 mol.L⁻¹.

Preparation of the sample

Fruits were disinfected by immersing in NaClO at 2%v.v⁻¹ solution for 5 min, and were air-dried for 1 h. Papayas were peeled, unseeded, the placenta was eliminated and fruits were cut in pieces of 1 cm thickness, and approximately 8 g of the mass were immersed for 2 min into chitosan solutions at 0.5; 1, and 2% m.v⁻¹ adding citric acid at 0.75% m.v⁻¹, respectively. A control group was used adding it in sterile distilled water; these were stored at 6±1°C, for nine days in polyethylene tetraphthalate (PET) glasses of 150x180x40 cm with a lid.

Physical-chemical analysis

The following parameters were evaluated: viscosity, weight loss, total soluble solid (TSS), pH, titratable acidity and ascorbic acid within 0, 3, 6 and 9 days of storing.

Weight loss

It was determined gravimetrically with an Ohaus® analytical weight, model Adventurer, and it was expressed as weight loss regarding the initial weight in samples of approximately 30 g of fruits.

Titratable acidity, pH and total soluble solids

Samples of papaya were homogenized in a mini food processor Black and Decker®, and the pH was measured in the resulting pulp using

porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial en muestras de aproximadamente 30 g de frutos.

Acidez titulable, pH y Sólidos Soluble Totales

Muestras de lechosa fueron homogenizadas en un mini procesador de alimentos Black and Decker®, y en la pulpa resultante se midió el pH usando un pH-meter (Orion-Research® model 701), la acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico, fue determinada por titulación en 10 g de la pulpa diluida con 50 mL de agua destilada por titulación con NaOH 0,1 mol.L⁻¹ hasta alcanzar un pH de 8,2. Los SST se determinaron a 20°C en un refractómetro digital SperCientific® 300035 en el sobrenadante obtenido por centrifugación de la pulpa a 7000 rpm durante 20 min, expresando los resultados en °Brix.

Viscosidad

La viscosidad se midió en la pulpa con un viscosímetro UKLTD® modelo ELEV-8 a 3 rpm con un Spindle N° 4 en centipoise (cP).

Análisis estadístico

Los datos de analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y las concentraciones del recubrimiento y los días de almacenamiento fueron consideradas como causas de variación. Las medias por medio de la prueba de Rango Múltiple de Duncan (P<0,05) utilizando el paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System) versión 9.0 (2008).

Resultados y discusión

Viscosidad

La lechosa troceada tratada con quitosano al 0,5; 1; 2% no presentó

a pH-meter (Orion-Research® model 701), the titratable acidity expressed as citric acid percentage was determined by titration in 10g of the pulp diluted with 50 mL of distilled water by titration with NaOH 0.1 mol·L⁻¹ until reaching a pH of 8.2. The TSS were determined at 20°C in a digital refractometer SperCientific® 300035 in the supernatant obtained by centrifuging the pulp at 7000 rpm for 20 min, expressing the results in °Brix.

Viscosity

Viscosity was measured in the pulp using a viscosity-meter UKLTD® model ELEV-8 at 3 rpm with a Spindle N° 4 in centipoise (cP).

Statistical analysis

The data was analyzed with the variance analysis (ANOVA), and the edible coating concentrations as well as the storing days were considered as variation causes. The means were evaluated using Duncan Multiple Rank test (P<0.05) using the statistical software SAS8® (Statistical Analysis System) version 9.0 (2008).

Results and discussion

Viscosity

The cut papaya treated with chitosan at 0.5, 1, 2% did not present significant changes (P<0.05) in the viscosity when compared to the control (figure 1), indicating that the edible coating did not affect this parameter, however, a slight tendency was observed in the increment of the viscosity during the storing time, excepting in treatment at 2%, which showed less viscosity at ninth day. Materano *et al.* (2004) indicated inferior viscosity levels than the ones

cambios significantes ($P < 0,05$) en la viscosidad cuando se compararon con el control (figura 1), indicando que el recubrimiento comestible no afectó este parámetro, sin embargo, se observó ligera tendencia en el incremento de la viscosidad durante el tiempo de almacenamiento a excepción del tratamiento al 2% que mostró menor viscosidad al noveno día. Valores de viscosidad inferiores a los encontrados en este estudio fueron indicados por Materano *et al.* (2004) en frutos de lechosa escaldada troceada en cubos sin recubrimiento almacenada a 8°C.

pH y acidez titulable

Se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el pH (cuadro 1), correspondiendo los valores superiores a los tratamientos de 0 y 0,5% de quitosano y valores inferiores en las soluciones de 1 y 2%; la acidez titulable descendió significativamente en los

showed on the current research in scalded cut papaya without coating and stored at 8°C.

pH and titratable acidity

Significant differences were observed ($P < 0.05$) in the pH (table 1) corresponding to the superior values of treatments of 0 and 0.5% of chitosan, and inferior values in solutions from 1 to 2%, the titratable acidity lower significantly in papaya cuts treated with chitosan at 1 and 2%, with values of 0.070 and 0.068% respectively, however, there were no differences the evaluation time factor in these two parameters.

It is inferred that the reduction of the titratable acidity can be attributed to the reduction of the metabolic activity in the tissue. Significantly descends in the titratable acidity were observed in papaya fruits with different cut types without coating during 10 days of

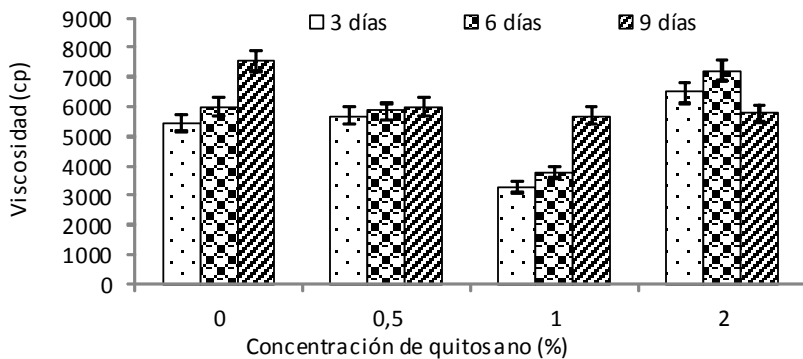


Figura 1. Viscosidad en frutos de lechosa troceados recubiertos de quitosano, almacenados a $6 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 9 días. (Las barras verticales representan la desviación estándar de la media de 3 replicas).

Figure 1. Viscosity in cut papaya fruits covered with chitosan, stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 9 days (vertical bars represent the mean standard deviation of three replications).

Cuadro 1. pH, acidez titulable, sólidos solubles totales y contenido de ácido ascórbico de frutos de lechosa troceados recubiertos con solución de quitosano, almacenados a $6\pm^{\circ}\text{C}$ durante nueve días.

Table 1. pH, titratable acidity, total soluble solids and content of ascorbic acid of cut papaya fruits covered with a chitosan solution and stored at $6\pm 1^{\circ}\text{C}$ for nine days.

Factor experimental	pH	Acidez titulable%	SST ($^{\circ}\text{Brix}$)	Ácido ascórbico ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
Quitosano (A) (%)				
0	5,65 a	0,092 a	9,28	94,04
0,5	5,66 a	0,092 a	8,75	90,15
1,0	5,44 c	0,070 b	9,23	105,57
2,0	5,42 b	0,068 b	8,95	101,72
Tiempo (B) almacenamiento (días)				
0	5,72 [*]	0,083 [*]	10,46 [*]	134,53 [*]
3	5,62 ^a	0,082 ^a	9,16	98,84
6	5,55 ^a	0,082 ^a	9,00	95,52
9	5,55 ^a	0,076 ^a	9,00	91,75
Interacción				
AxB	ns	ns	*	*

Medias de cada grupo de datos acompañadas de diferentes letras, difieren significativamente (Prueba de medias de Rango Múltiple de Duncan a $P<0,05$). ns no significativo, *significativo ($P<0,05$)

^kValores iniciales de referencia, no formaron parte del análisis estadístico.

trozos de lechosa tratados con quitosano al 1 y 2%, mostrando valores de 0,070 y 0,068%, respectivamente; sin embargo, no hubo diferencias en cuanto al factor tiempo de evaluación en estos dos parámetros. Se infiere que la disminución de la acidez titulable puede atribuirse a la reducción de la actividad metabólica en el tejido. Descensos significativos en la acidez titulable fueron observados en frutos de papaya con diferentes tipos de cortes sin recubrimiento durante 10 días de almacenamiento a 4°C

storing at 4°C (Argañosa *et al.*, 2008). Likewise, Henrique and Evangelista (2006) observed a reduction of the acidity in the first storing days in minimally processed carrots, covered with biodegradable films.

Total soluble solids

The influence of both involved factors was observed in the research on this variable (table 1), for this reason the mean separation test was not performed, it is evident that the TSS decreased in the cut pieces treated with chitosan at 0.5 and 2%, on the opposite,

(Argañosa *et al.*, 2008). Asimismo, Henrique y Evangelista (2006) observaron disminución de la acidez en los primeros días de almacenamiento en zanahorias mínimamente procesadas cubiertas con películas biodegradables.

Sólidos solubles totales

Se observó influencia de ambos factores involucrados en el experimento sobre esta variable (cuadro 1), debido a esto no se realizó la correspondiente prueba de separación de medias, existe clara evidencia de que el contenido en SST declinó en los trozos tratados con quitosano al 0,5% y 2%, por el contrario se mantuvo en las muestras con el tratamiento al 1%. En cuanto al factor tiempo los valores descienden de 9,16 °Brix a los 3 días, a 9,00 °Brix a los 6 y 9 días. Los valores obtenidos en este estudio son inferiores a los encontrados en estudios previos por otros investigadores (Santamaria-Basulto *et al.*, 2009; Materano *et al.*, 2004; Sañudo-Barajas *et al.*, 2008).

Ácido ascórbico

Igual que en la variable anterior, se detectó interacción positiva de ambos factores sobre el contenido de ácido ascórbico. Los resultados mostrados en el cuadro 1 indican que el quitosano al 1 y 2% influyó sobre el contenido de ácido ascórbico, al mantener su valor en 105,57 y 101,72 mg.g⁻¹ con respecto a las condiciones iniciales del fruto; los menores valores de ácido ascórbico se registraron en el control y el tratamiento con quitosano al 0,5%. Almeida-Castro *et al.* (2011) observaron en frutos de papaya recubiertos con almidón de yuca al 2% una disminución del contenido de ácido ascórbico durante los 3 primeros días de almacenamiento, aumentando

and it kept in the samples with the treatment at 1%. Regarding the time, the values decrease from 9.16°Brix within 3 days to 9.00°Brix within 6 to 9 days. The values obtained in the current research are inferior to those found in previous researches (Santamaria-Basulto *et al.*, 2009; Materano *et al.*, 2004; Sañudo-Barajas *et al.*, 2008).

Ascorbic acid

A positive interaction of both factors on the content of ascorbic acid was detected. The results shown on table 1 indicate that chitosan at 1 and 2% influence the content of ascorbic acid, keeping its value in 105.57 and 101.72 mg.g⁻¹ in relation to the initial conditions of the fruit; the low values of ascorbic acid were registered in the control and in the treatment with chitosan at 0.5%. Almeida-Castro *et al.* (2011) observed in papaya fruits covered with cassava yeast at 2% a reduction on the content of ascorbic acid during the first 3 storing days, and increasing on the sixth day. Mango fruits cut in sliced and covered with chitosan and stored at 6°C showed an increment on the content of ascorbic acid (Po-Junget *et al.*, 2007).

Weight loss

An increment in weight loss was observed during the storing (figure 2), being higher in the controlled treatment and the coating at 2%, and lower in the treatments at 0.5 and 1%, indicating that there was higher vapor retention and lower transpiration rate in the papaya cut pieces of these treatments. A similar weight loss tendency was observed by Argañosa *et al.* (2008) in minimally processed papaya stored at 4°C for 10 days. According to Han and Gennadios

luego hasta el sexto día. Frutos de mango en rodajas recubiertos con quitosano almacenados a 6°C mostraron incremento del contenido de ácido ascórbico (Po-Jung *et al.*, 2007).

Pérdida de peso

Se observó un incremento en la pérdida de peso durante el almacenamiento (figura 2) siendo mayor en el tratamiento control y el recubrimiento al 2%, y menor en los tratamientos al 0,5 y 1%, indicando que hubo mayor retención de vapor y menor tasa de transpiración en los trozos de lechosa de estos tratamientos. Similar tendencia en pérdida de peso fue observada por Argañosa *et al.* (2008) en papaya mínimamente procesada almacenada a 4°C durante 10 días. De acuerdo a Han y Gennadios (2005) los recubrimientos comestibles logran proteger los frutos de la deshidratación debido a que actúan como barreras protectoras contra la pérdida de humedad.

(2005), the edible coatings protect the fruits from dehydration, since the coatings acts as protecting barriers against the humidity lost.

Conclusion

An acceptable minimally processed product was obtained storing it at 6°C for nine days. The data show that the application of chitosan preserves effectively the quality attributes of cut papaya.

Acknowledgement

This research was financed by the Scientific, Humanistic, Technological and Artistic Development Board of Universidad de los Andes CDCHTA-ULA, Venezuela,

End of english version

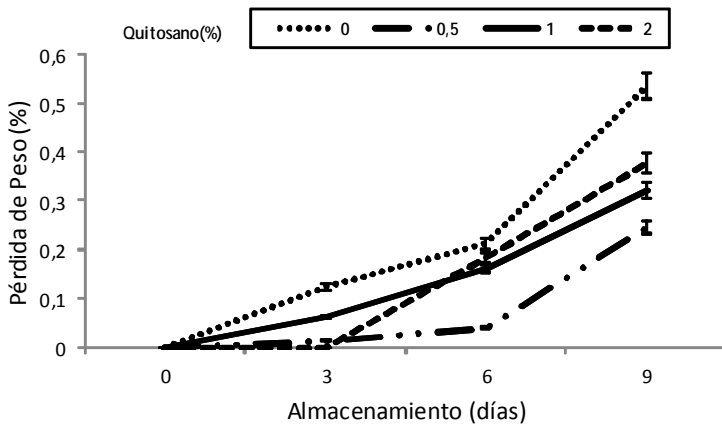


Figura 2. Pérdida de peso en frutos de lechosa troceados recubiertos de quitosano, almacenados a 6±1°C durante 9 días.

Figure 2. Weight loss in cut papaya fruits covered with chitosan and stored at 6±1°C for 9 days.

Conclusión

Se logró un producto mínimamente procesado aceptable mediante el almacenamiento a 6°C hasta por nueve días. Los datos revelan que la aplicación de quitosano preserva efectivamente los atributos de calidad de los frutos de lechosa troceados.

Agradecimiento

Este estudio fue financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y Arte de la Universidad de Los Andes CDCHTA-ULA, Venezuela (NURR-C-537-11-01-A)

Literatura citada

- Almeida-Castro, A., J.D. Reis-Pimentel, D. Santos-Souza, T. Vieira de Oliveira y M. Costa Oliveira. 2011. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Rev. Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 2(1):049-060.
- Argañosa, A.C., M.F. Raposo, P.C. Teixeira y A.M. Morais. 2008. Effect of cut-type on quality of minimally processed papaya. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88(12):2050-2060.
- Baldwin, E.A., R.D. Hagenmaier. 2011. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* Edited by Jinhe Bai. CRC Press. Pp. 1-12.
- Desai, U.T. y A.N. Wagh. 1995. Papaya. In: Salunke DJ and Kadam SS (eds.). *Hand book of fruit science and technology: Production, composition, storage, and processing*. Marcel Dekker, New York pp. 4-314.
- Han, J.H. y A. Gennadios. 2005. *Edible films and coatings: a review* Inc: JH, editor. *Innovation in food packaging*. Oxford, U.K., Elsevier. P 239-62.
- Hernández, C.H., A.E. Águila, A.O. Flores, E.L. Viveros N. y C.E. Ramos. 2009. Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales*. 22 (3): 57-60
- Henrique, C.M. y R.M. Evangelista 2006. *Processamento mínimo de cenouras orgánicas com uso de películas biodegradáveis*. Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia. 12(3):7-14.
- Materano, W., J. Zambrano, A. Valera, I. Quintero, R. Álvarez y M. Maffei. 2004. Efecto del escaldado en lechosa (*Carica papaya* L.) con mínimo procesamiento *Rev. Fac. Agron.* 21(1): 343-350
- Po-Jung, C., P.J. Fuu y Y. Feng-Hsu. 2007. Effects of edible coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *J. Food Eng.* 78(1):225-229.
- Santamaría-Basulto, F., R. Díaz-Plaza, E. Sauri-Duch, F. Espadas, F. Gil, JM. Santamaría-Fernández y A. Larqué-Saavedra. 2009. Características de calidad de frutos de papaya Maradol en la madurez de consumo. *Agricultura Técnica en México*. 35(3):347-353.
- Sañudo B., J.A., C.J. Siller, E.T. Osuna, R.D. Muy, Á.G. López y J. Labavitch. 2008. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(2):141-147.
- SAS®, Inc. 2008. *SAS user's guide: Statistics*. 9th edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC.