

APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE QUITOSANO PARA CONSERVACION DE LITCHI EN FRESCO

Gutiérrez-Tlahque J. ¹, Sánchez-Juárez S. ¹, De Jesús Mundo A. ¹, Altamirano-Romo S.E. ²; López-Palestina, C. U. ¹, Raya-Pérez J. C. ², Aguirre-Mancilla C. L. ²

¹Área Alimentaria y Biotecnológica de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez. Av. Universidad Tecnológica No.1000. Colonia Tierra Negra, C.P. 73080, Xicotepec de Juárez, Puebla, México.

²Departamento de Ingenierías, Km. 8 Carretera Celaya Juventino Rosas, C.P. 38100, Celaya, Guanajuato, México.
*jorgegutierrez111@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo conservar litchi en fresco del cultivar Brewster mediante la aplicación de una tecnología combinada utilizando ácidos orgánicos como el cítrico y láctico, quitosano y la refrigeración con el fin de lograr el menor deterioro posible. Se estudiaron los factores recubrimiento comestible (presencia, ausencia) y temperatura de almacenamiento (4 y 10 °C), en un diseño de tratamientos factorial 2 x 2 (4 tratamientos), en completamente al azar con 3 repeticiones, donde se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por la prueba de Tukey con un $P \leq 0.05$, las variables de respuesta que se analizaron fueron pérdida de peso, acidez titulable, color, textura y sólidos solubles totales. Encontrando que el recubrimiento a base de quitosano a una temperatura de refrigeración de 4°C conservó de mejor manera la textura, acidez titulable, sólidos solubles totales, pérdida de peso y color. Mientras que el tratamiento que se basó en condiciones de refrigeración a 10 °C y sin recubrimiento comestible provocó que los frutos se deterioran más rápido. Pero es importante mencionar que se requiere utilizar temperaturas de refrigeración más bajas con el fin de que la pérdida de peso y textura sean menores y los frutos alcancen un valor comercial a los 22 ddc.

ABSTRACT

This paper aims to preserve fresh litchi cultivar Brewster by applying a combined technology using organic acids such as citric and lactic acid, chitosan and cooling in order to achieve the lowest possible impairment. Edible coating factors (presence, absence) and storage temperature were studied (4 and 10 °C) in a factorial treatment design 2 x 2 (4 treatments), in a completely randomized design with 3 replications, where analysis was performed of variance and a comparison test of means by Tukey test with $P \leq 0.05$, the response variables analyzed were weight loss, titratable acidity, color, texture and total soluble solids. Finding that chitosan-based coating at a temperature of 4 °C cooling preserved better texture, titratable acidity, total soluble solids, weight loss and color. While the treatment was based on cooling conditions at 10 °C without edible coating it caused fruit deteriorate faster. But it is important to mention that requires the use of lower refrigeration temperatures in order that the texture and weight loss and fruits are under a marketable value at 22 ddc.

Palabras clave:

Biopelículas, poscosecha, *Litchi chinensis* Sonn.

Keywords:

Biofilms, postharvest, *Litchi chinensis* Sonn.

Área: Frutas y Hortalizas

INTRODUCCION

El litchi originario de China perteneciente a la familia *Sapindácea*, fue introducido a México a través del estado de Sinaloa a principios del siglo XX (SIAP, 2014). Los cultivares plantados en el territorio nacional son: 'Brewster', 'Mauritius', 'Kway My', 'Haak Yip', 'Groff' y 'Sweet Cliff' (Rinderman y Gómez, 2001). En los últimos diez años las plantaciones de litchi en México han

tenido un aumento significativo, y actualmente se reportan 3571 ha a nivel nacional y 1639 ha en el estado de Veracruz. Los principales estados donde se cultiva este fruto son: Oaxaca, Sinaloa, San Luis Potosí, Puebla, Chiapas y Michoacán y Veracruz que es mayor productor, con 8407 t en 2012 con un precio medio rural de 12.89 pesos por 1 kg de fruta (SIAP, 2014); En contraste, existen productores que con buen manejo poscosecha venden a precios de 30 a 40 pesos el kilogramo. Los principales mercados de exportación son los de Estados Unidos, Francia y Canadá, con un precio medio de USD 4.9 (National Agricultural Marketing Council, 2013). La principal limitación de la comercialización del litchi en fresco es la rápida pérdida del color rojo característico del pericarpio después de la cosecha, lo que reduce el valor comercial de la fruta. El oscurecimiento del pericarpio se debe principalmente a la rápida degradación de antocianinas y flavonoides debido a la acción de enzimas como polifenol oxidasa y peroxidasa (Underhill, 1992; Underhill y Critchley, 1995; Zhang, et al., 2000; Jiang, 2000 y Zhang et al., 2005). Tratamientos poscosecha, como fumigación con azufre, aspersiones con ácidos pueden inhibir eficazmente la actividad de polifenol oxidasa y por lo tanto retrasar la pérdida de color de la piel roja de litchi (Zauberman et al., 1991). Sin embargo, una alternativa al uso de productos químicos para el control de color sin efectos tóxicos en la cosechada la fruta lichi son necesarios debido a la preocupación de seguridad de los alimentos y las restricciones en el uso de productos químicos (Jiang et al., 2003). Así la utilización un recubrimientos comestibles en los productos alimenticios tiene el objetivo de aumentar el tiempo de almacenamiento y mejorar el aspecto de muchos alimentos y se refiere a la aplicación de matrices transparentes y comestibles sobre las superficies de los alimentos, con el fin de servir de empaque y de preservar su calidad, (Miranda, et al., 2003). Una alternativa, es el empleo de quitosano como biopolímero para su empleo en recubrimientos comestibles ya que la mayoría de sus propiedades mecánicas son comparables a las de muchos polímeros de películas comerciales. Además, las propiedades antimicrobianas del mismo y sus derivados, han recibido mucha atención en los últimos años, (Hernández et al., 2011). Zhang y Quantick ,1997 y Jiang y Li ,2000; reportaron que la aplicación de quitosano regula el pardeamiento del pericarpio del fruto de lichi de manera poco efectiva. No obstante el presente trabajo tiene el objetivo de conservar el litchi en fresco mediante la aplicación una tecnología combinada utilizando ácidos orgánicos como el cítrico y láctico, quitosano y la refrigeración con el fin de lograr el menor deterioro posible en frutos de litchi durante un largo periodo de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos del Instituto Tecnológico de Roque. El fruto de litchi proveniente del cultivar Brewster se cosechó en la Sierra Norte del Estado de Puebla, en el municipio de Venustiano Carranza. La cosecha se realizó manualmente seleccionando los frutos con el mismo grado de madurez de consumo. Después de la cosecha, los frutos se sometieron a un proceso de inmersión en 2 soluciones por un periodo de 5 minutos en cada una. La primera fue de hipoclorito de sodio a 100 ppm mientras que segunda fue de 1 % (m/v) de ácido cítrico, ambas soluciones se mantuvieron a 4 °C durante 5 minutos. Después los frutos se almacenaron a 7°C por 12 horas. En el laboratorio se seleccionaron 800 frutos, de los cuales 400 de ellos se sometieron a una inmersión manual mediante un recubrimiento comestible a base de una mezcla quitosano (2% m/v) y ácido láctico (1% v/v) en agua destilada. De ahí los frutos se colocaron en recipientes de plástico hasta que el recubrimiento se secó completamente antes de ser refrigerados. Los otros 400 frutos

restantes no se les aplicó ninguna solución. Posteriormente los frutos se almacenaron en empaques comerciales (250 g de fruta por empaque) bajo condiciones de refrigeración. Se estudiaron los factores recubrimiento comestible (presencia, ausencia) y temperatura de almacenamiento (4 y 10 °C), en un diseño de tratamientos factorial 2 x 2 (4 tratamientos). El diseño experimental fue completamente al azar con 3 repeticiones, donde se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por la prueba de Tukey, las variables de respuesta que se analizaron se describen a continuación:

Pérdida de peso: El procedimiento que se utilizó fue el propuesto por Aristizábal, (2010), para lo cual se utilizó una balanza analítica marca T-Scale, modelo HR-200. Se registraron los pesos iniciales en el día 1 ddc (día después de cosecha) de todos los frutos. Después se registró el peso final de los mismos, durante el tiempo de almacenamiento correspondiente hasta llegar al 22 ddc,

Textura: Este parámetro se determinó mediante un texturómetro marca TAXTPLUS modelo 12867, en el cual se colocó una sonda de 6 mm de diámetro para realizar la perforación de la muestra a una velocidad de 6 mm/s a una distancia mínima de separación de 1 cm entre el fruto y la sonda. Para lo cual se colocó el litchi en posición del diámetro ecuatorial y se registraron datos de fuerza de acuerdo a lo propuesto por Restrepo y Aristizabal, 2010.

Sólidos Solubles Totales: Para medir esta variable se utilizaron 3 frutos de litchi, los cuales se licuaron con una licuadora marca Osterizer modelo 6662-13, la pulpa fue dividida en tres porciones iguales para su posterior colocación en el vaso de precipitados correspondiente. De ahí se tomaron 3 gotas de la pulpa y se midió en un refractómetro fijo de marca OPTIKA previamente calibrado (Ranganna, 1995).

Acidez titulable: La medición de este parámetro se utilizó una concentración de hidróxido de sodio al .1N y 2 gotas de fenoftaleina como indicador. El gasto del hidróxido de sodio se midió en ml hasta que la pulpa se tornó de un color rosado en cada una de las tres repeticiones utilizadas en las mediciones anteriores. La acidez titulable se expresó en g de ácido málico de acuerdo a la propuesta de Mangaraj et al. 2012.

Color: Para la medición de color se utilizó un colorímetro marca MiniScan Ez modelo 4500L previamente calibrado, de ahí se colocó el litchi sobre una superficie totalmente blanca y sobre el fruto se colocó el colorímetro en la superficie del pericarpio y se registraron los datos a^* y b^* , (Jiang y Jiang, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Tabla I, existe diferencia significativa para la variable pérdida de peso para los tratamientos propuestos denotando que la interacción temperatura de 4°C con quitosano presentó el menor porcentaje de pérdida de peso. Mientras que la interacción entre temperatura de almacenamiento a 10 °C sin recubrimiento comestible presentó la mayor pérdida de peso. No obstante ninguno de los tratamientos propuestos cumple con lo establecido por Castillo y Pelayo 2006, quienes mencionan que el porcentaje de pérdida de peso aceptado comercialmente no debe ser mayor al 10% en frutos de litchi para su comercialización en fresco. Además los resultados que se obtuvieron fueron superiores a los que obtuvieron Huaqiang et al., 2003 en litchi almacenado con quitosano a -1°C, durante 6 días de almacenamiento a 1%

de quitosano, 2% de quitosano y a 3% de quitosano, logrando un porcentaje de pérdida de peso de 6.7% , 6.0% y 6.2% respectivamente lo que demuestra que la inmersión del fruto en quitosano al 2% presentó menor porcentaje de pérdida de peso, debido a que el recubrimiento y la baja temperatura actúan como barrera contra la pérdida de agua que sufre el fruto. En la misma tabla se puede observar que la interacción temperatura de 4°C con recubrimiento comestible de quitosano presentó la mayor resistencia a la penetración. Lo anterior se debe a que el recubrimiento comestible presenta un comportamiento de mayor rigidez a bajas temperaturas durante el almacenamiento por lo cual resulta positivo su uso como una alternativa para darle mayor fuerza a la pared celular del fruto (Jiang et al. 2005). No obstante se observa una disminución de la textura en todos los tratamientos la cual se debe a la acción de pectinasas y celulasas, que degradan las sustancias pécticas que se encuentran en la pared celular de los frutos, además de la acción de otras hidrolasas que también contribuyen al ablandamiento del pericarpio (Cruz et al., 2010).

Tabla I: Comportamiento de las variables de respuesta pérdida de peso y textura en fruto de litchi almacenado en fresco durante 22 días después de cosecha (ddc), a temperaturas de 4 ° C y a 10 ° C. con recubrimiento a base de quitosano y sin recubrimiento. ¹Letras iguales al interior de cada factor y sus interacciones no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Pérdida de peso (%),					
Fuente de Variación	3 ddc	6 ddc	10 ddc	15 ddc	22 ddc
Temperatura de 4 °C	10.96 az	14.31 a	17.04 a	19.85a	23.66 a
Temperatura de 10 °C	13.16 a	22.52 a	27.58 b	30.35 b	33.91 b
Con Quitosano	12.34 a	18.08 a	22.11 a	24.64 a	28.10 a
Sin Quitosano	11.83 a	18.94 a	22.75 a	25.76 a	29.69 a
Temperatura de 4 °C Con Quitosano	10.61 a	13.89 a	16.79 a	19.88 a	23.16 a
Temperatura de 4 °C Sin Quitosano	13.13 ab	20.82 bc	26.07 bc	28.70 bc	32.27 bc
Temperatura de 10 °C Con Quitosano	11.35 a	14.83 ab	17.37 ab	19.82 ab	24.16 ab
Temperatura de 10 °C Sin Quitosano	13.15 ab	24.42 c	29.22 c	32.15 c	35.69 c
Textura (gf)					
Fuente de Variación	3 ddc	6 ddc	10 ddc	15 ddc	22 ddc
Temperatura de 4 °C	374.83 a ^z	337.05 a	298.47 a	293.68 a	264.28 a
Temperatura de 10 °C	354.85 a	315.03 a	288.53 a	270.85 a	244.38 a
Con Quitosano	392.48 a	348.17 a	309.52 a	299.22 a	275.33 a
Sin Quitosano	337.20 ab	303.92 ab	277.48 ab	265.32 ab	233.33 b
Temperatura de 4 °C Con Quitosano	400.19 a	369.97 a	324.67 a	318.17 a	296.80 a
Temperatura de 4 °C Sin Quitosano	349.47 ab	304.13 ab	272.27 b	269.20 ab	234.90 ab
Temperatura de 10 °C Con Quitosano	384.77 a	326.37 a	294.37 a	280.27 a	253.87 ab
Temperatura de 10 °C Sin Quitosano	324.93 b	303.70 b	282.70 ab	261.43 b	231.77 b

Como se observa en la Tabla II, para la variable acidez titulable solo se observa diferencia significativa en los días 3 y 6 ddc para las interacciones temperatura de 4°C con recubrimiento comestible y temperatura de 10°C sin recubrimiento comestible, donde es importante mencionar que la interacción temperatura de 4 °C con recubrimiento comestible presentó la menor pérdida de acidez a lo largo del tiempo de almacenamiento. Sin embargo los frutos mostraron un decremento en la acidez en todas las condiciones de almacenamiento. Jiang et al., 2011; al realizar un estudio de litchi almacenado a temperaturas de -1.2°C y 3°C durante 35 días de almacenamiento, reportaron una mayor disminución en la temperatura más alta de almacenamiento, lo anterior se presentó porque el fruto se encuentra metabólicamente activo después de su cosecha y consume ácidos orgánicos producto de la respiración. Mientras que

Mahajan y Goswami, 2004 reportaron que el porcentaje de ácido málico disminuyó de 0.5 % a 0.4 % y 0.3 % bajo condiciones de temperatura de 2.5 y 10 °C respectivamente en un período de 12 ddc, si se comparan estos valores con las interacciones temperatura y recubrimiento comestible cuyos resultados fueron 0.26 y 0.27 % durante 22 ddc. En el caso de la variable sólidos solubles totales, solo se observó diferencia significativa durante los 3, 6 y 10 ddc para la interacción temperatura de 4 °C con recubrimiento comestible y la interacción temperatura de 10 °C sin recubrimiento comestible; pero si se observa al día 22 ddc no existe diferencia significativa para los tratamientos propuestos. La tendencia para todos los tratamientos fue que durante todo el tiempo de almacenamiento los sólidos solubles totales aumentaron ligeramente. Estos resultados son similares a los obtenidos por Ducamp-Collin et al. 2007; donde utilizó el ácido ascórbico como solución de inmersión para frutos de litchi, denotando que el contenido de sólidos solubles totales aumentaron durante todo el tiempo de almacenamiento de 17.7 a 24.2. Yueming et al., 2005; demostraron que frutos de litchi almacenados a 2°C durante 20 días con un recubrimiento de quitosano disminuyó el contenido de sólidos totales de 15 °Bx a 13.5 °Bx en comparación con los frutos no tratados que alcanzaron valores de 12.5°Bx. Lo que demuestra que el quitosano actuó como barrera protectora en la reducción de oxígeno disminuyendo la respiración del fruto.

Tabla II: Comportamiento de las variables de respuesta sólidos solubles totales y acidez titulable en frutos de litchi almacenados en fresco durante 22 días después de cosecha (ddc), a temperaturas de 4 °C y a 10 °C, con recubrimiento a base de quitosano y sin recubrimiento. ²Letras iguales al interior de cada factor y sus interacciones no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Sólidos Solubles Totales (°Brix)					
Fuente de Variación	Día 3	Día 6	Día 10	Día 15	Día 22
Temperatura de 4°C	17.61 a ^z	16.95 a	17.66 a	17.63 a	17.96 a
Temperatura de 10° C	17.25 b	17.36 a	17.18 b	18.23 a	18.11 a
Con Quitosano	17.61 a	17.06 a	17.48 a	17.61 a	18.10 a
Sin Quitosano	17.25 b	17.25 a	17.36 a	18.10 a	18.13 a
Temperatura de 4°C Con Quitosano	17.36 a	16.13 b	17.33 ba	17.26 a	17.90 a
Temperatura de 4°C Sin Quitosano	17.86 a	17.76 ba	18.00 a	18.03 a	18.00 a
Temperatura de 10°C Con Quitosano	17.86 a	18.00 a	17.63 a	17.96 a	18.30 a
Temperatura de 10°C Sin Quitosano	16.63 b	16.73 ba	16.73 b	18.16 a	18.26 a
Acidez titulable (% ácido málico)					
Fuente de Variación	Día 3	Día 6	Día 10	Día 15	Día 22
Temperatura de 4°C	0.32 b ^z	0.25 a	0.33 a	0.22 a	0.25 a
Temperatura de 10°C	0.31 a	0.31 a	0.32 a	0.18 a	0.26 a
Con Quitosano	0.31 a	0.30 a	0.32 a	0.18 a	0.26 a
Sin Quitosano	0.32 a	0.26 b	0.33 a	0.22 a	0.24 a
Temperatura de 4°C Con Quitosano	0.31 ba	0.28 a	0.33 a	0.19 a	0.26 a
Temperatura de 4°C Sin Quitosano	0.32 b	0.22 b	0.34 a	0.25 a	0.23 a
Temperatura de 10°C Con Quitosano	0.30 a	0.31 ba	0.32 a	0.17 a	0.27 a
Temperatura de 10°C Sin Quitosano	0.31 a	0.31 b	0.33 a	0.19 a	0.25 a

Como se observa en la Tabla III para todas las interacciones de temperatura de 4 y 10 °C con y sin recubrimiento comestible el valor a* disminuyo, presentando diferencia significativa solamente al día 22 ddc, lo que denota cierto grado de pardeamiento dado que existe una pérdida del color rojo característico. La interacción que presentó menor pérdida del color rojo fue temperatura de 4 °C con quitosano. Sin embargo en un estudio realizado por Jiang y Jiang, 2005; en litchi recubierto con quitosano y almacenados a una temperatura de 2°C durante 20 días con una humedad relativa del 80-90% mostró valores iniciales en el contenido de antocianinas de 1.3 y un valor final 1.1, lo que demuestra que el revestimiento con quitosano permitió un leve grado de pardeamiento, lo cual puede explicarse por una reducción de O₂ en la atmosfera que rodea al fruto y por lo tanto menor actividad de las enzimas que degradan las antocianinas de la actividad de la enzima polifenol oxidasa en el fruto. Así mismo al implementar el uso de quitosano como recubrimiento en litchi el valor de a* disminuyó de 30.5 a 20.4. Para el valor b* todas las interacciones mostraron un ligero aumento lo que generó un color levemente amarillo encontrando diferencia significativa a lo largo del tiempo de almacenamiento para los tratamientos correspondientes. Resultados con la misma tendencia fueron observados por Jiang y Jiang, 2005, donde los valores de b* oscilaron entre 24.03 y 25.05. Mientras que Jacuinde 2007, presentó valores de b* entre 34.5 y 36.4 durante 22 ddc para frutos de litchi que se almacenaron 7°C en bolsas de polietileno marca Xtend®.

Tabla III: Comportamiento para los compoenes de color a* y b* en frutos de litchi almacenados en fresco durante 22 días después de cosecha (ddc), a temperaturas de 4 ° C y a 10 ° C, con recubrimiento a base de quitosano y sin recubrimiento. ¹Letras iguales al interior de cada factor y sus interacciones no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Fuente de Variación	Valor a				Valor b			
	Día 6	Día 10	Día 15	Día 22	Día 6	Día 10	Día 15	Día 22
Temperatura de 4°C	13.34 a	12.81 a	13.36 a	12.36 a	16.85 b	18.18 b	17.94 a	18.66 a
Temperatura de 10°C	14.68 a	13.81 a	13.53 a	13.18 a	20.48 a	20.08 a	20.22 a	20.47 a
Con Quitosano	13.54 a	12.71 a	12.70 a	11.86 b	17.17 a	18.24 a	16.43 b	17.37 b
Sin Quitosano	14.48 a	13.91 a	14.19 a	13.68 a	21.16 a	21.95 a	21.72 a	21.76 a
Temperatura de 4°C Con Quitosano	13.30 a	12.09 a	12.57 a	12.84 ab	13.70 b	15.30 b	14.49 b	14.70 b
Temperatura de 4°C Sin Quitosano	13.38 a	13.53 a	13.28 a	12.95 a	19.99 a	22.92 ba	21.38 a	20.62 a
Temperatura de 10°C Con Quitosano	13.77 a	13.34 a	12.83 a	12.89 ba	20.04 a	21.19 ba	18.38 ba	20.64 a
Temperatura de 10°C Sin Quitosano	15.59 a	14.28 a	14.22 a	13.38 a	20.32 a	21.98 a	22.07 a	20.90 a

CONCLUSIONES

En el presente estudio se demostró que el recubrimiento a base de quitosano a una temperatura de refrigeración de 4°C conservó de mejor manera la textura, acidez titulable, sólidos solubles totales y pérdida de peso y menor pérdida de color. Mientras que el tratamiento que se basó en condiciones de refrigeración a 10 °C y sin recubrimiento comestible provocó que los frutos se deterioran más rápido. Pero es importante mencionar que se requiere utilizar temperaturas de refrigeración más bajas con el fin de que la pérdida de peso y textura sean menores y los frutos alcancen un valor comercial a los 22 ddc.

BIBLIOGRAFÍA

- Archibald AJ., Bower JP. 2006. Effect of temperature management and packaging on retention of litchi colour and quality. XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on The Role of Postharvest Technology, pp. 225-232.
- Castillo AD., Pelayo Z.C. 2006. Índice de cosecha para litchi (*Litchi sinensis* Sonn) CV Brewster. Documento técnico elaborado para el Consejo Nacional de Productores y Exportadores de Litchi A. C. México D.F. pp. 12-18.
- Cruz J.D.L., Vela G., Dorantes L., García, H.S. 2010. Efecto del etileno sobre el ACC y ACC oxidasa en la maduración de papaya maradol. *Revista fitotecnia mexicana* 33(2): 133-140.
- Ducamp CMN., Ramarson H., Lebrun M., Self G., Reynes, M. 2008. Effect of citric acid and chitosan on maintaining red colouration of litchi fruit pericarp. *Postharvest Biology and Technology* 49(2): 241-246.
- Hernández OL., Gonzales GA.; Gutiérrez MN., Muñoz CLN., Quintero RA. 2011. Estudio de la actividad antibacteriana de películas elaboradas con quitosano a diferentes pesos moleculares incorporando aceites esenciales y extractos de especias como agentes antimicrobianos. *Revista mexicana de ingeniería química*. 10 (3), 455-463.
- Huaqiang D., Jiahou T., Yueming J. 2003. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit . *Journal of food engineering* 12: 357-358.
- Jacuinde GJK. 2007. Efecto de distintas tecnologías en la conservación postcosecha del litchi (*Litchi chinensis sonn*" Brewster"). Colegio de Posgraduado. Tesis de Maestría. pp: 60-64.
- Jiang, YM. 2000. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80:305–310.
- Jiang YM., Li YB. 2000. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, 73, 139–143
- Jiang Y M., Yao L H., Lichter A., Li JR. 2003. Postharvest biology and technology of litchi fruit. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 1(2): 76–81.
- Jiang Y., Li J., Jiang, W. 2005. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. *LWT-food Science and Technology* 38(7): 757-761.
- Jiang S., Chao L., Hui M., Chao D. 2011. Experiment on different storage temperature impact on Litchi's Quality Change. *Procedia Environmental Sciences* 11: 719-725.
- Mahajan PV., Goswami TK. 2004. Extended storage life of litchi fruit using controlled atmosphere and low temperatura. *Journal of food processing and preservation* 28(5): 388-403.

- Miranda SP., Cárdenas G., López D., Lara SAV. 2003. Comportamiento de películas de Quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. *Revista Sociedad Química Mexicana* 47:331-336.
- Gull DA., Cartagena IA., French E. 1982. Análisis de calidad de tomate para lograr un mejor producto. *Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria*. 17-26.
- Mangaraj S., Goswami TK., Giri SK., Tripathi MK. 2012. Permselective MA packaging of litchi (cv. Shahi) for preserving quality and extension of shelf-life. *Postharvest Biology and Technology* 71: 1-12.
- Ranganna S. 1995. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. McGrawHill, New Delhi, India. pp. 150-160.
- Restrepo JI., Aristizabal ID. 2010. Conservación de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa), mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnauba. *Vitae* 17: 252-263.
- Rinderman RS., Gómez CM. 2001. *El Litchi*. Mundi-Prensa, México. pp. 34-39.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. (online). Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Underhill, S J R., Critchley C. 1992. The physiology and anatomy of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during fruit development. *Journal. Horticultural. Science* 67(4): 437-444.
- Underhill SJR., Critchley C. 1995. Cellular localisation of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. *Functional Plant Biology* 22(4): 627-632.
- Zauberman G., Ronen R., Akerman M., Weksler A., Rot I., Fuchs Y. (1991). Postharvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. *Scientia Horticulturae* 47: 89–97.
- Zhang D., Quantick P C., Grigor J.M. 2000. Changes in phenolic compounds in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 19(2): 165-172.
- Zhang DL., Quantick PC. 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 12: 195–202.
- Zhang Z., Pang X., Xuwu D., Ji Z., Jiang Y. 2005. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. *Food Chemistry* 90(1): 47-52.