

## QUITOSANOS DE *Cherax quadricarinatus* UTILIZADOS COMO RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES SOBRE FRUTOS DE FRESAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Karla Fabiola Romo Zamarrón<sup>1</sup>; Laura Eugenia Pérez Cabrera<sup>2§</sup>; Rosa Elena Ramírez Carrillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Carretera Zacatecas-Guadalajara km 6, ejido "La Escondida", Ciudad Universitaria Campus Siglo XXI, C.P. 98160, Zacatecas, Zac., México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad N. 940 Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México.

§Autor responsable: lepez@correo.uaa.mx

Recibido: Abril 4, 2014 Aceptado: Junio 6, 2014

### RESUMEN

Los recubrimientos comestibles actúan favorablemente sobre características como la pérdida de peso y sirven como vehículo para incorporar otros aditivos, que mejoran la calidad del alimento. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de cuatro quitosanos obtenidos de *Cherax quadricarinatus* aplicados como recubrimiento comestible a fresas, para incrementar su vida útil. Los quitosanos (M1A, M1B, M2A, M2B) fueron obtenidos de dos diferentes tallas de los especímenes (talla 1: 30-50g y talla 2: 10-30 g) y dos variantes en el orden de las etapas del proceso termoalcalino; se determinaron sus grados de desacetilación %GD. Los quitosanos (1 g) se dispersaron en medio ácido láctico (pH=4.1±0.2), mediante glicerol como plastificante (0.6%) y se pasteurizaron. Las fresas obtenidas de proveedor, fueron caracterizadas (pH, acidez, humedad, °Brix, color), sanitizadas (NicomPQ) y los pedúnculos cortados; los recubrimientos fueron inmersos durante 8

min, enseguida secados (10°C/30 min) y envasados en bolsas de poliestireno. Se utilizaron fresas con sanitizante (Control) y directas del proveedor (Blanco). Se determinó el incremento de peso por la aplicación de los recubrimientos y se analizó la pérdida de peso, índice de decaimiento, textura y color durante almacenamiento (10 °C), a los 0,5, 10, 15 y 20 días. Los %GD son diferentes con respecto al quitosano comercial, pero tienen potencial como aditivo alimentario. La materia prima tuvo parámetros normales de postcosecha. Las fresas control y blanco presentaron menor vida de anaquel, indicativo que los recubrimientos de quitosano podrían prolongar la vida de anaquel de fresas por 20 días.

**Palabras Clave:** Quitosanos, recubrimientos comestibles, fresa lista para consumo.

### ABSTRACT

Edible coatings act favorably on characteristics such as weight loss and serve as a vehicle to incorporate other additives that improve the quality of the food. The aim of the study was to evaluate the effect of four chitosans obtained *Cherax quadricarinatus* as edible coating applied to strawberries, to increase its life. Chitosans (M1A, M1B, M2A, M2B) were obtained from two different sizes of specimens (height1: 30-50g and height2: 10-30g) and two variants in order of process stages termoalcalino; its degree of deacetylation %GD determined. Chitosans (1g) was dispersed in lactic acid medium (pH = 4.1 ± 0.2), using glycerol as a plasticizer (0.6%) and pasteurized. Strawberries provider obtained were characterized (pH, acidity, moisture, Brix, color), sanitized (NicomPQ) and stems cut. The coatings were

immersed for 8 min, immediately dried (10 °C / 30 min) and polystyrene pouched. Strawberries with sanitizer (Control) and direct supplier (White) were used. The weight increase by the application of the coatings was determined and the weight loss decay rate, texture and color during storage (10 °C), at 0.5, 10, 15 and 20 days was analyzed. The GD% are different with respect to commercial chitosan, but have potential as a food additive. The raw material had normal parameters postharvest. Las white strawberries had less control and shelf life, indicating that chitosan coatings could extend the shelf life of strawberries for 20 days.

**Key Words:** Chitosan, edible coatings, ready to eat strawberry.

## INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en materia de envasado de alimentos incluyen el desarrollo de microenvases comestibles, hechos a partir de diversas moléculas como polímeros, proteínas y microestructuras biobasadas, entre otros. El envasado de alimentos en materiales no sintéticos es utilizado para prevenir la transferencia de masa y algunas moléculas, tales como humedad, gases, componentes aromáticos o solutos, entre alimento y medio circundante (Karbowski *et al.*, 2009). Los recubrimientos comestibles (RC) han demostrado ser efectivos en la conservación de diversos alimentos. Por lo anterior, su estudio y divulgación son un tópico de importancia en ciencia y tecnología de la conservación de productos hortofrutícolas, ya que los efectos benéficos son evidentes para disminuir pérdidas poscosecha y consumo de polímeros sintéticos, desarrollar biomateriales nuevos e innovadores, productos frescos y procesado mínimo.

Durante la conservación, manipulación y distribución de la fresa, la composición química se modifica con el tiempo y provoca un descenso del valor nutritivo y calidad global. Para limitar estos cambios es indispensable controlar los procesos respiratorios y enzimáticos, así como los daños mecánicos, responsables de lesiones en tejidos y, como consecuencia de ello, pérdida de turgencia. Estos cambios aumentan la producción de etileno y de metabolitos secundarios y tasa respiratoria, un indicador excelente de la actividad metabólica del fruto y factor importante para determinar el tiempo de conservación. Sin embargo, la causa más importante del deterioro postcosecha de las fresas es la infección fúngica, producida principalmente por *Botrytis cinerea* y *Rhizopus sp.* (Pastor *et al.*, 2010), por lo que la aplicación de recubrimientos comestibles con antimicrobianos podría ser de interés para mantener sus atributos de calidad durante mayor tiempo y poder alargar su vida útil.

El quitosano es un aminopolisacárido, cuyo principal derivado es el *N*-desacetilado de la quitina aislada de los desechos de crustáceos (Rhazi *et al.*, 2004). Debido a las propiedades funcionales como

biocompatibilidad, biodegradabilidad, no-toxicidad y propiedades fisicoquímicas del quitosano, se han podido identificar sus aplicaciones en alimentación, medicina, agricultura, cosmética y farmacia, entre otras. También se conocen diversos métodos físico-químicos para su obtención y caracterización, sin embargo, su aplicación está limitada debido a la variación en su composición química, grado de desacetilación, tamaño de la cadena polimérica y purificación (Rhazi *et al.*, 2004). La fuente de quitina y los procesos incontrolados de desacetilación, son los principales factores que afectan las propiedades finales del quitosano (Ferreira, *et al.*, 2009). Desde el punto de vista fisicoquímico, el quitosano es un biopolímero catiónico hidrosoluble que presenta actividad antimicrobiana y que puede formar películas, hidrogeles, andamios porosos, fibras, micro y nanopartículas en condiciones y medio ácido suaves (Tolaimate *et al.*, 2000). Además, el carácter policatiónico le confiere al quitosano alta afinidad para asociar macromoléculas.

Actualmente, la principal fuente de quitosano proviene de los desechos de la industria procesadora de camarón, cangrejo, langosta y langostino, los cuales representan millones de toneladas de basura a nivel mundial. La mayoría de los estudios realizados tratan sobre éste tema, sin embargo, en nuestro escenario, donde la producción acuícola del estado de Aguascalientes ha logrado fortalecerse, además del cultivo y adaptación de nuevas especies con alto valor comercial de peces como tilapia y lobina, y el crecimiento de la especie langosta/langostino australiano en la comunidad de Valladolid, en el municipio de Jesús María, ha obligado a productores e investigadores a evaluar la obtención de quitosano de exoesqueletos del crustáceo, los cuales generan gran volumen de residuos que, de no estar adecuadamente tratados, pueden ocasionar un grave problema medioambiental. Por lo tanto, los objetivos del trabajo pretenden obtener y caracterizar el grado de *N*-desacetilación de quitosanos de langostino australiano (*Cherax quadricarinatus*) y aplicar y evaluar los quitosanos obtenidos como recubrimientos comestibles en fresas listas para su consumo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de quitosanos

Especímenes vivos de *Cherax quadricarinatus*, en edad adulta, fueron producidos en la granja de reproducción y cultivo del Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes. Después de recibidos, los langostinos de agua dulce fueron clasificados por talla: 1 (30 a 50g) y 2 (10 a 30g). Enseguida fueron sacrificados por congelación para su posterior procesamiento. Después de 48 h se evisceraron y separó la fracción comestible de la no comestible y los exoesqueletos se sometieron a deshidratación por convección de aire a 60 °C por 24 h. Una vez secos los exoesqueletos, fueron molidos y tamizados durante 30 min y se utilizaron las fracciones provenientes de los tamices con apertura de luz  $\leq 300$  mm. El quitosano se obtuvo mediante dos tratamientos termoalcalinos (TT): A (TTA), desproteización NaOH 2 M a 65 °C por 2 h, seguida de una desmineralización con HCl 1.8 M a 40 °C por 1 h y desacetilación con NaOH 11 M a 100 °C por 2 h; B (TTB), desmineralización con HCl 1.8 M a 40 °C por 1 h, seguida de desproteización con NaOH 2 M a 65 °C por 2 h y desacetilación con NaOH 11 M a 100 °C por 2 h. A partir de aquí se obtuvieron cuatro tipos de quitosano: (1) talla 1 con tratamiento A (M1A); (2) talla 1 con tratamiento B (M1B); (3) talla 2 con tratamiento A (M2A) y; (4) talla 2 con tratamiento B (M2B).

### Grado de N-desacetilación

Este parámetro define el grado de pureza del quitosano obtenido y fue evaluado mediante la técnica potenciométrica, al disolver 1g de muestra en 100 mL de HCl 1 N, en agitación constante. La valoración se llevó a cabo mediante adición constante de NaOH 0.1 N y medición de cambios de pH (Hanna Instrument, HI9812-5, México), con respecto a la cantidad añadida de NaOH 0.1 N. Dicha adición fue lenta para homogeneizar la solución y evitar errores de lectura debido a la posible precipitación del biopolímero. De ésta manera se obtuvieron curvas de pH vs. mL de NaOH añadidos, las cuales presentan dos puntos de inflexión; la diferencia entre ellos correspondió a la cantidad de base requerida para protonar los grupos amino del quitosano. La concentración de ambos se determinó con la siguiente ecuación:

$$\%NH_2 = \frac{16.1(y - x)f}{w} \dots \quad (1)$$

Donde: y, punto de inflexión mayor; x, punto de inflexión menor; ambos expresados como volúmenes; f, molaridad de la solución de NaOH; w, la masa de la muestra en g y; 16.1, factor asociado al tipo de proteína utilizada. Para ésta prueba se utilizó quitosano (Sigma Adrich  $\geq 75\%$  de grado de desacetilación) como referencia.

### Formulación de recubrimientos comestibles

Los quitosanos obtenidos (M1A, M2A, M1B y M2B) (3 g) fueron dispersados en medio ácido: 300 mL de agua desionizada + 1.5 mL de ácido láctico (High Purity 85%), y se usó 1.5 mL de glicerol como plastificante. Las muestras fueron colocadas en agitación constante durante 24 h a 8 rpm. Posteriormente, el pH se ajustó a  $4.1 \pm 0.2$  con ácido láctico (High Purity 85%), se filtró y aplicó un tratamiento térmico (TT) a 94 °C por 15 min, para garantizar la calidad sanitaria y, después, se refrigeraron.

### Caracterización de los recubrimientos comestibles

A cada una de las formulaciones (M1A, M2A, M1B y M2B) se le determinó acidez por método volumétrico, humedad por termobalanza (SantoriusMA40), actividad de agua (AquaLab) y porcentaje de sólidos totales en un refractómetro (Leica Mark II Plus), antes y después de la aplicación del tratamiento térmico (TT) a partir de tres réplicas.

### Caracterización de la materia prima

La muestra de fresa variedad *Camino Real*, proveniente del distribuidor-productor HamBerry®, consistió de 900 g de fruto tomados de dos cajas de 7 kg cada una. Después se les determinó las coordenadas luminosidad ( $L^*$ ), croma ( $C_{ab}^*$ ) y tono ( $h_{ab}^*$ ) (Minolta CR-400) de las superficies y, posteriormente, los frutos fueron triturados hasta obtener una pasta para determinar por triplicado pH (Hanna Instrument), °Bx (Refractómetro portátil Brixco), acidez por método volumétrico y humedad por termobalanza (SantoriusMA40).

### Aplicación de recubrimientos comestibles

Para la aplicación del recubrimiento se pesaron lotes de 100 g de fresa, variedad *Camino Real* y se etiquetaron de la siguiente manera: blanco, control, muestra recubierta M1A, muestra recubierta M2A, muestra recubierta M1B y muestra recubierta M2B. Las muestras de frutos fueron sanitizadas con NiconPQ 4 mL/10 L de agua purificada, excepto la muestra Blanco

(frutos sin sanitizar directos del proveedor), después centrifugadas, el pedúnculo cortado y recubiertas por inmersión en las dispersiones de quitosanos por 8 min. Posteriormente secaron a 10 °C por 30 min y envasadas en bolsas Bolco®, por duplicado. El incremento de peso se determinó debido a la aplicación de los recubrimientos. También se analizó la evolución de peso, índice de decaimiento (ID), textura (*Texture Analyser*) y color (Minolta CR-400) durante el almacenamiento por 0, 5, 10, 15 y 20 días a 10 °C.

### Medición de parámetros durante el almacenamiento de fresa lista para su consumo

La evolución del peso se cuantificó mediante gravimetría, al considerar la diferencia del peso inicial (al empacar) y peso antes de los muestreos correspondientes en cada tiempo de almacenamiento (0, 5, 10, 15 y 20 días a 10 °C).

El índice de decaimiento (ID) se realizó mediante observación de frutos y se cuantificó nivel de daño (presencia de micelas, daño de estructuras por microorganismos, presencia de madurez excesiva, entre otros), según la escala arbitraria diseñada para tal fin: 1 = sin daño; 2 = daño ligero ( $\leq 25\%$ ); 3 = daño

moderado ( $\geq 25\%$  y  $\leq 50\%$ ); 4 = daño severo ( $\geq 50\%$  y  $\leq 75\%$ ) y; 5 = daño completo (75 – 100%). Después, se utilizó la siguiente ecuación:

$$ID = \frac{\sum(\text{nivel de daño})(\text{numero de frutos en este nivel})}{\text{Numero de frutos totales}} \dots (2)$$

Los valores cuantitativos de firmeza (N), a través de la textura, se obtuvieron al someter las muestras a un análisis de compresión simple en el *Texture Analyser*, con la sonda P/2, que mide la fuerza necesaria para penetrar las paredes de la estructura de origen vegetal. Después de obtenidos, los valores fueron comparados con la fuerza máxima requerida para la penetración por dicha sonda. Mientras que los valores de color  $L^*$ ,  $C_{ab}^*$  y  $h_{ab}^*$  fueron obtenidos con un colorímetro Minolta CR-400.

### Análisis estadístico

Este se realizó a través de análisis de la varianza, con un nivel de confianza del 95%, para determinar homogeneidad de las muestras con un test (ANOVA) LSD. Los cálculos correspondientes se efectuaron con el programa estadístico Statgraphics® Plus en su versión 5.1 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sólo 16% de los especímenes de langostino resultó ser una fracción comestible, es decir, que el resto (84%) es contenido visceral y exoesqueleto, éste último susceptible a ser procesado para obtención de quitina-quitosano. Valores entre 70 y 80% correspondieron a desechos de crustáceos (Parada *et al.*, 2004), los cuales representan un método directo de control de la contaminación ambiental. El rendimiento global del proceso de obtención de quitosano fue 17%, valores similares a los encontrados por Argüelles *et al.* (2004) y Kucukgulmeza *et al.* (2011) para camarón y cangrejo. El rendimiento obtenido es de interés comercial por la obtención de biopolímeros especializados de alto valor agregado como quitina y su derivado funcional, el quitosano, que genera mayor valor comercial en las cadenas productivas de pesca y acuicultura.

La quitina, mediante una reacción de desacetilación que elimina al menos 50% de los grupos acetilo, se convierte en quitosano (Lárez *et al.*, 2006). El contenido de grupos amino en los quitosanos se determinó por

titulación potenciométrica y se trazaron las curvas de titulación (Figura 1); con la identificación de los dos puntos de inflexión (x y y) se calculó el grado de desacetilación con base a la ecuación (1).

A partir de las curvas de la Figura 1 y ecuación (1), se obtuvo el grado de desacetilación para cada muestra (Cuadro 1). El porcentaje del grado de desacetilación (%GD) es significativamente menor para muestras provenientes de langostino con respecto a la muestra de quitosano comercial ( $89.27 \pm 0.79$ ) (Cuadro 1). La talla del langostino no es significativa para %GD, sin embargo, se obtuvo que las tallas grandes (M1A y M1B) están correlacionadas significativamente con el orden de las etapas del TTA. En las tallas pequeñas no existe una correlación, a pesar de que el tratamiento B, talla 2 (M2B), registra el mayor GD ( $82.02 \pm 3.30$ ). Los factores que afectan el grado de *N*-desacetilación incluyen concentración del álcali, tratamiento previo y tamaño de partícula (Razhi *et al.*, 2004).

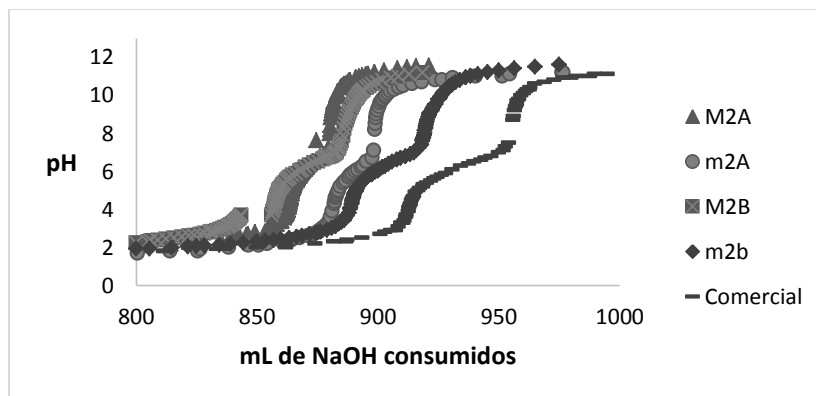


Figura 1. Determinación potenciométrica de quitosanos de *Cherax quadricarinatus*.

Cuadro 1. Grado de desacetilación de quitosanos de *Cherax quadricarinatus*.

Muestra	Grado de desacetilación (%)
Comercial	89.27 ± 0.79 <sup>c</sup>
M1A	74.86 ± 0.91 <sup>a</sup>
M1B	76.31 ± 1.82 <sup>a</sup>
M2A	74.62 ± 0.11 <sup>a</sup>
M2B	82.02 ± 3.30 <sup>b</sup>
Anova	0.0015

El grado de desacetilación es probablemente el parámetro más importante de estos polisacáridos y determina sus características funcionales. Para obtener un producto soluble, éste debe tener un grado de desacetilación entre 80 y 85%, o superior (Tolaimate *et al.*, 2000; Ferreira *et al.*, 2009). En este estudio se tuvieron tres muestras con valores por debajo del límite inferior.

Para características fisicoquímicas de los recubrimientos antes y después de la aplicación del tratamiento térmico (Cuadro 2) se observa que pH,  $a_w$ , sólidos totales, sólidos solubles y humedad no mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) ocasionadas por el tratamiento térmico (TT) para los recubrimientos comestibles (RC) estudiados M1A, M1B, M2A y M2B, con lo cual es factible una reducción de una posible carga microbiana, sin que las características fisicoquímicas de los RC que otorgan funcionalidad sufran modificación. Aun y cuando los quitosanos poseen actividad biológica tipo antimicrobiano contra un amplio espectro de hongos filamentosos, levaduras y bacterias, sería necesario aplicar TT como garantía para evitar la inoculación y contaminación cruzada en los RC y el alimento que

recubre, en este caso, la fresa. Las fresas utilizadas en este estudio se caracterizaron por los parámetros del Cuadro 3, donde se observan valores similares a trabajos realizados con frutos de la misma especie (Martínez *et al.*, 2007).

Por lo tanto, las fresas utilizadas presentaron parámetros normales de postcosecha y las diferencias que se encontraron se deben principalmente a las características propias de esta variedad. Los resultados del incremento de peso por aplicación de recubrimientos, fueron aproximadamente similares (0.4%) para M1A, M2A y M2B y significativamente ( $p < 0.05$ ) mayor (1%) para el recubrimiento M1B, posiblemente debido a la relación existente entre peso molecular y grado de desacetilación ( $\geq 76\%$ ). Durante el almacenamiento, la pérdida de peso por condensación de vapor no fue significativa para muestras recubiertas M1A, M1B, M2A y M2B y para muestras blanco, pero las muestras control presentaron una pérdida significativa de peso durante el periodo de almacenamiento de 20 d. Los valores de  $L^*$ ,  $C_{ab}^*$  y  $h_{ab}^*$  de las fresas, indican un proceso de modificación de color durante almacenamiento en refrigeración con respecto al día cero, comportamiento significativo

**Cuadro 2.** Características fisicoquímicas de los recubrimientos comestibles, antes y después de la aplicación de TT.

Parámetro		M1A	M1B	M2A	M2B
pH	Antes TT	4.3 ± 0.01	4.2 ± 0.01	4.4 ± 0.01	4.2 ± 0.01
	Después TT	4.4 ± 0.01	4.3 ± 0.01	4.5 ± 0.01	4.3 ± 0.01
Anova		0.1161	0.1160	0.1164	0.1161
Acidez (%)	Antes TT	4.8 ± 0.51	4.8 ± 0.51	3.0 ± 0.51	3.6 ± 0
	Después TT	4.5 ± 0	4.2 ± 0.51	3.0 ± 0.51	4.2 ± 0.51
Anova		0.3739	0.2302	1.0000	0.1161
Sólidos (%)	Antes TT	3.8 ± 0.01	3.5 ± 0.01	3.5 ± 0.01	3.5 ± 0.01
	Después TT	3.9 ± 0.01	3.6 ± 0.01	3.6 ± 0.01	3.9 ± 0.01
Anova		1.0000	0.4246	0.4226	0.1692
Humedad (%)	Antes TT	96.76 ± 0.05	96.99 ± 0.04	96.56 ± 0.13	96.75 ± 0.03
	Después TT	97.19 ± 0.69	97.00 ± 0.14	96.05 ± 0.12	96.83 ± 0.29
Anova		0.3497	0.8626	0.3103	0.6739
a <sub>w</sub>	Antes TT	0.992 ± 0.001	0.993 ± 0.001	0.994 ± 0.001	0.994 ± 0.001
	Después TT	0.992 ± 0.001	0.992 ± 0.001	0.993 ± 0.001	0.993 ± 0.001
Anova		0.1806	0.6051	0.0793	0.1378

**Tabla 3.** Características fisicoquímicas de las fresas (*Camino Real*)

Parámetro	Valor
pH	3.4 ± 0.01
Humedad (%)	91.8 ± 0.9
Acidez (%)	5.5 ± 0.1
°Bx	5.1 ± 0.1
Color	L* = 38.6 ± 5.1
	a* = 24.4 ± 4.4
	b* = 12.8 ± 5.2

( $p < 0.05$ ) para fresas control y blanco, al registrar valores de croma y tono significativamente menores, que brindaron colores más oscuros y menor viveza (menos rojos) y cromaticidad (menor brillo) (Figura 2). Las fresas recubiertas con los recubrimientos M1A, M1B, M2A y M2B presentaron valores similares para L\* y C<sub>ab</sub>\*, distinguiéndose para h<sub>ab</sub>\* que fresas con M1A y M2B tuvieron un valor significativo al final del almacenamiento, indicativo que los recubrimientos comestibles no afectan el color rojo, apreciada por el consumidor.

El índice de decaimiento (ID) resultó significativo para muestras analizadas y días de almacenamiento, no así la interacción de estos (Figura 3). Las muestras control, blanco, M1B y M2A fueron similares pero superiores a 4.5 al término del 20° día de almacenamiento, indicativo de una pérdida total de la calidad organoléptica y comercial, dado que 5 es el valor máximo de deterioro.

Las muestras provenientes de los recubrimientos M1A y M2B, tuvieron un valor de ID significativamente menor, incluso por debajo de 3, por lo que mantienen una mejor calidad organoléptica y comercial para el día 20.

El análisis de firmeza (textura) presentó un comportamiento similar al ID, aunque se observa mayor alteración en muestras sin recubrir (control y blanco) y muestras con M1B y M2A. Estos resultados reflejan la capacidad de los recubrimientos comestibles M1A y M2B para actuar como protectores de la fruta. La efectividad del quitosano también ha sido evaluada en fresa, al mejorar algunas propiedades físico-químicas (Vargas *et al.*, 2006) y ralentización de la senescencia (Romanazzi *et al.*, 2013), así como disminución provocada por el deterioro fúngico del fruto de fresas (Campaniello *et al.*, 2008).

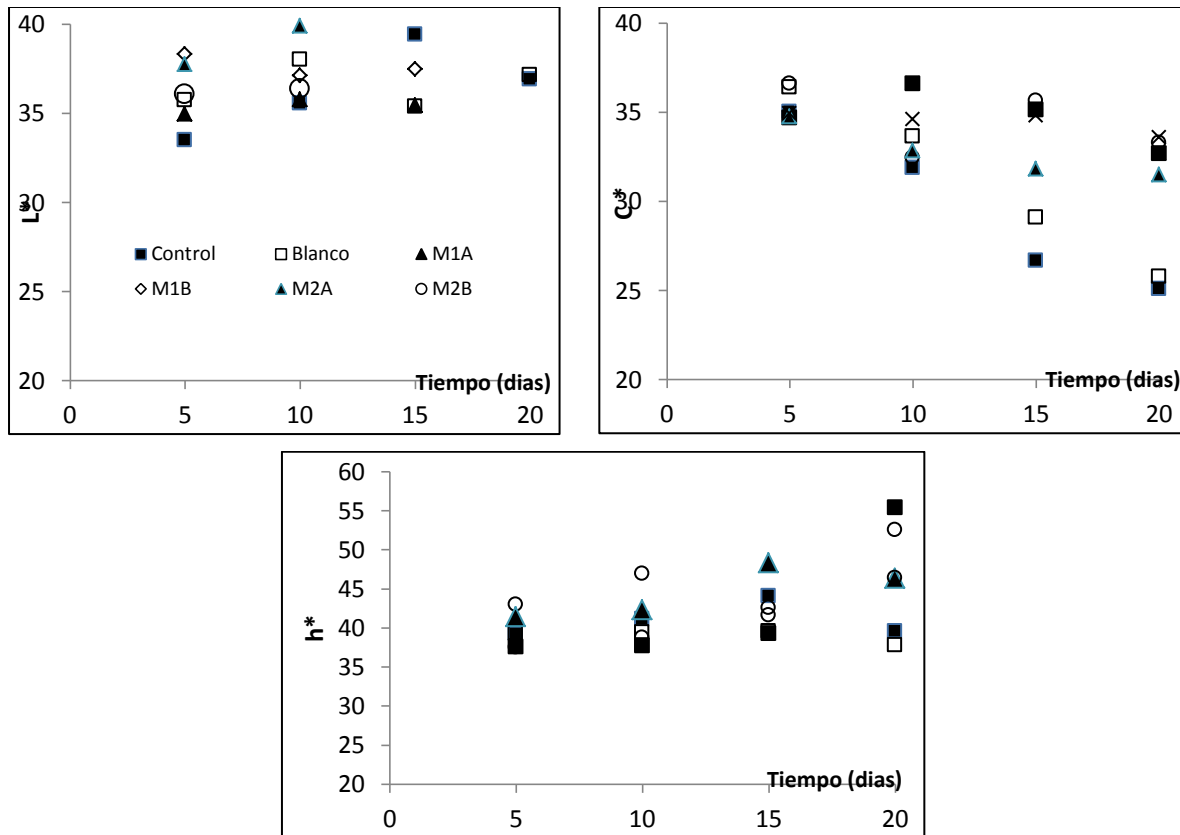


Figura 2. Evolución de color de frutos de fresas durante el almacenamiento a 10 °C por 20 d, listas para consumo.

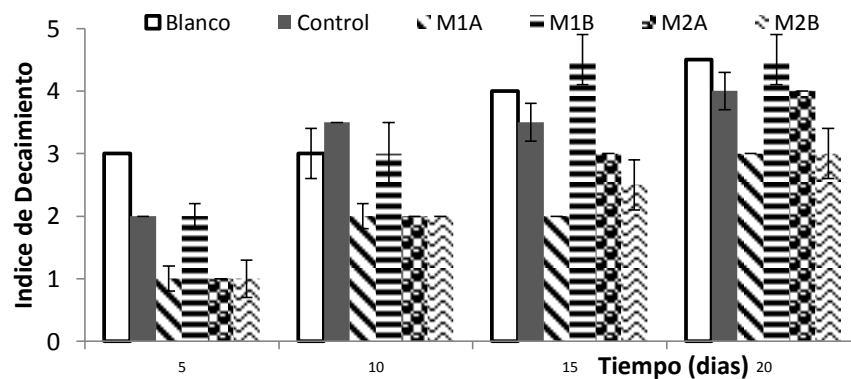


Figura 3. Índice de decaimiento de fresa en almacenamiento a 10 °C por 20 d, lista para consumo.

### CONCLUSIONES

La talla de los especímenes no es significativa para el grado de desacetilación (%GD). El orden de las etapas del tratamiento térmico tiene correlación no significativa, pero se identificó que el tratamiento B produjo mayor %GD. Aun y cuando los valores obtenidos de %GD

fueron significativamente diferentes con respecto al quitosano comercial, existe buen potencial para usarlo como aditivo alimenticio. El empleo de recubrimientos comestibles a base de quitosanos de *Cherax quadricarinatus* tuvo impacto positivo en la retención de

los parámetros estudiados de fresas listas para consumo durante el almacenamiento por 20 d. Estos resultados reflejan la capacidad de los recubrimientos comestibles M1A y M2B para actuar como protectores, lo que resulta en muestras de menor daño visual por

pardeamiento, colapso de tejidos, presencia de micelio, cambio de color superficial y deshidratación con respecto a muestras de fresa recubiertas con M2A, M1B, control y blanco a lo largo del almacenamiento por 20 d.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argüelles WH; Caballero A; Acosta N; Galed G; Gallardo A; Miralles B (2004). Caracterización de quitina y quitosano. En: Pastor de Abram A (Ed) Quitina y Quitosano: obtención, caracterización y aplicaciones. Programa CYTED, CIAD y Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. pp. 195-197.
- Campaniello D; Bevilacqua A; Sinigaglia; Corbo MR (2008). Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology* 25: 992-1000.
- Chatelet C; Damour O; Domard A (2001). Influence of the degree of acetylation on some biological properties of chitosan films. *Biomaterials* 22(3): 261-268.
- Ferreira CO; Nunes CA; Delgado I; Lopes-Da-Silva JA (2009). Characterization of chitosan-whey protein films at acid pH. *Food Research International* 42(7): 807-813.
- Karbowiak T; Debeaufort F; Voilley A; Trystram G (2009). From macroscopic to molecular scale investigations of mass transfer of small molecules through edible packaging applied at interfaces of multiphase food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 10: 116-127.
- Kucukgulmeza A; Celika M; Yanara Y; Senb D; Polatb H; Kadaka E (2011). Physicochemical characterization of chitosan extracted from *Metapenaeus stebbingi* shells. *Food Chemistry* 126(3): 1144-1148.
- Lárez VC (2006). Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances en Química* 1(2): 15-21.
- Martínez SG; Mercado FJ; López OM; Prieto VZ (2007). Propiedades Físicoquímicas de Seis Variedades de Fresa (*Fragaria ananassa*) que se Cultivan en Guanajuato. Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Carr. Irapuato-León km 9.0 Ex-Hacienda El Copal. Irapuato, Guanajuato, México. pp. 5-12
- Parada LG; Crespín GD; Miranda R; Katime I (2004). Caracterización de quitosano por viscosimetría capilar y valoración potenciométrica. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 5: 1-16.
- Pastor C. 2010. Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación. Tesis doctoral. Valencia, España. pp. 4-5.
- Rhazi M; Desbrieres J; Tolaimate A; Alagui A; Vottero P (2004). Investigation of different natural sources of chitin: influence of the source and deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan. *Polymer International* 49(4): 37-44.
- Romanazzi G; Feliziani E; Santini M; Landi L (2013). Effectiveness of postharvest treatment with chitosan and other resistance inducers in the control of storage decay of strawberry. *Postharvest Biology and Technology* 75: 24-27.
- Tolaimate A; Debrieres J; Rhazi M; Alagui A; Vincendon M; Vottero P (2000). The influence of deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan from squid chitin. *Polimer* 41: 2463-2469.
- Vargas M; Albers A; Chiralt A; González-Martínez C (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology* 41(2): 164-171.