

# USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE ALGINATO PARA PRESERVAR LA CALIDAD DE ZANAHORIAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Vasco M.F.<sup>1</sup>, Campañone L.A.<sup>1</sup>, Agnelli M.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIDCA (CONICET-CCT y UNLP) y FI-UNLP. 47 y 116, 1900, La Plata, Bs As. Argentina. e-mail: [agnelli.miriam@gmail.com](mailto:agnelli.miriam@gmail.com)

## RESUMEN

El uso de recubrimientos comestibles a base de alginato de sodio fue estudiado para retardar el deterioro de rodajas de zanahoria mínimamente procesadas. Los mismos fueron elaborados a partir de soluciones con diferentes concentraciones del hidrocoloide (1,5% (T1), 2% (T2) y 2,5% (T3)), empleando glicerol como plastificante y CaCl<sub>2</sub> como gelificante. Su eficiencia fue evaluada a través de la evolución del color, aspecto visual, firmeza y pérdida de peso (PP) de las rodajas almacenadas a 4°C durante 45 días. Por otro lado, se prepararon films mediante la técnica de moldeado en placa a partir de las mismas soluciones. La caracterización de los mismos incluyó la determinación de las propiedades de afinidad con el agua (solubilidad, permeabilidad al vapor y humedad), mecánicas y de color. Se observó que las muestras T1, T2 y sin recubrimiento (muestra control MC) aumentaron la firmeza durante el almacenamiento mientras que disminuyó para T3. En cuanto al color, MC mostró una disminución en los valores de C\* y un aumento en los del IB (índice de blanqueamiento). La lignificación y deshidratación superficial originarían el aspecto blanquecino observado en las rodajas, reflejando los cambios en los parámetros de color. Las muestras recubiertas mostraron un comportamiento inverso a MC. Respecto a la PP, T3 experimentó una disminución inicial importante luego de realizar el recubrimiento. Esto se puede adjudicar al alto contenido del polímero y su mayor capacidad de retención de agua al gelificar con Ca<sup>+2</sup> dando como resultado una gruesa capa de gel no deseable. Durante el almacenamiento, la PP fue menor para T2, mientras que para T1 y T3 fueron similares a MC, consistentes con los valores de firmeza. Estos resultados indican que el carácter hidrofílico del polímero lo convierte en una débil barrera al vapor de agua. A pesar de ello, el recubrimiento de concentración intermedia T2 influyó positivamente sobre la calidad del producto, prolongando su vida útil. Las propiedades de afinidad al vapor de agua en los films aumentaron conforme aumentó la concentración del hidrocoloide justificando el aumento inicial de peso de las muestras T3 y las PP observadas en todas las rodajas almacenadas. No se observaron diferencias de color entre films, indicando que la concentración empleada en el recubrimiento no influyó en la variación de color observado en las rodajas. Las propiedades mecánicas de los films mostraron comportamientos dependientes de la concentración. Así, se pasó de un film rígido para la menor concentración a uno muy flexible para 2,5%. Esto concordó con la mayor capacidad de retención de agua que solvataría y generaría una elevada movilidad molecular. El film de 2% presentó las características mecánicas intermedias y más adecuadas para su aplicación como recubrimiento. Los resultados de la caracterización de los films se correlacionaron con los obtenidos durante el almacenamiento de las rodajas de zanahorias recubiertas bajo la misma formulación.

**Palabras clave:** Zanahoria, Recubrimientos, Films, Alginato de sodio

## 1. Introducción

Los recubrimientos y películas comestibles han demostrado ser de utilidad para la preservación de vegetales mínimamente procesados. Actúan como barrera para la pérdida de agua y el intercambio de gases provocando un efecto similar al del almacenamiento bajo atmósfera controlada o modificada, permitiendo mantener la firmeza, apariencia visual y sabor del producto. Los materiales empleados para su elaboración provienen de fuentes renovables y biodegradables como lípidos y polímeros, o mezclas de éstos. La incorporación de agentes plastificantes (sorbitol, glicerol, etc.) reduce las fuerzas intermoleculares entre los polímeros aumentando su movilidad, mejorando así la flexibilidad del film (Sothornvit y Krochta 2000).

Los polisacáridos son capaces de formar una matriz polimérica continua que presenta baja permeabilidad al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, reduciendo la velocidad de respiración de los productos mínimamente procesados. A su vez, se limita la velocidad de pardeamiento al evitar que enzimas como las polifenoloxidasas entren en contacto con el O<sub>2</sub> (Gonzalez-Aguilar et al. 2000). Diversos almidones e hidrocoloides han sido empleados con éxito originando recubrimientos que no imparten olor ni sabor al producto. Sin embargo, exhiben un fuerte carácter hidrofílico que los convierte en una barrera débil para el

vapor de agua. El alginato de sodio (ALG) es un polisacárido obtenido de algas marinas que tiene la capacidad de formar geles rápidamente en presencia de calcio a través de enlaces divalentes. Wong et al., (1994) estudiaron el efecto de la aplicación de ALG sobre trozos de manzana, observando un ligero aumento de la resistencia al vapor de agua comparado con recubrimientos de otros polisacáridos de naturaleza hidrofílica similar. Tapia et al., (2008) al estudiar un recubrimiento a base de ALG sobre trozos de papaya, encontraron que la resistencia al vapor de agua se incrementaba a medida que aumentaba la concentración de glicerol en la formulación. Las propiedades de barrera al vapor del agua también se ven afectadas por la concentración del hidrocoloide. Poverenov et. al., (2014), estudió el efecto del contenido de ALG sobre melón cortado y determinó la formulación óptima para mejorar la calidad del producto.

Las zanahorias mínimamente procesadas tienen una elevada demanda pero su comercialización presenta algunos inconvenientes. Pierden rápidamente su color anaranjado brillante y desarrollan un aspecto blanquecino o rubor blanco sobre la superficie, que reduce la aceptabilidad por parte de los consumidores. Emmambux y Minnaar (2003) observaron que la decoloración causada por la deshidratación del tejido y el deterioro microbiano son los principales problemas que limitan la vida útil de este producto.

Por otra parte, la caracterización de los films elaborados películas comestibles aportan datos fundamentales para el diseño de formulaciones a aplicarse como recubrimientos de alimentos. La determinación de las propiedades de afinidad por el agua son muy importantes a la hora de elegir el recubrimiento. Si éste se aplica sobre frutas u hortalizas frescas deberá ser lo suficientemente resistente a la transmisión de vapor de agua como para disminuir fenómenos como la deshidratación superficial y la pérdida de peso (Lin et. al., 2007). A su vez, una película con alto porcentaje de solubilidad verá comprometida su estabilidad si se quiere aplicar sobre este tipo de productos de alta actividad acuosa, o si el ambiente donde se almacenará posee elevada humedad relativa, ya que existe la posibilidad que al momento de emplearlas como recubrimientos, los compuestos hidrofílicos que lo componen se pierdan en el proceso de transpiración natural. El color es otra propiedad importante de las películas comestibles porque podría afectar la aceptación del consumidor al aplicarlo como recubrimiento en alimentos. Finalmente, las propiedades mecánicas también deben tenerse en cuenta pues reflejan la habilidad que tiene el film para proteger la integridad del alimento. La resistencia y la deformación de las películas están relacionadas con la estructura molecular del polímero empleado en su obtención. El alargamiento está relacionado con el aumento de la movilidad de las cadenas que forman la película y la capacidad de absorción de agua de la matriz (Manoi y Rizvi, 2010). La resistencia mecánica permite mantener la integridad estructural y las propiedades de la película pero una deformabilidad apropiada también es deseada para un fácil manejo en la mayoría de las aplicaciones. Si la estructura es rígida, los films son quebradizos, con una matriz no uniforme ni adecuada para proteger un producto.

De acuerdo a lo explicado, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de distintas concentraciones de ALG sobre la calidad de rodajas de zanahoria almacenadas bajo refrigeración, con el fin de extender su vida comercial y caracterizar las películas obtenidas a partir de sus propiedades de afinidad por el agua, mecánicas y de color.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Materiales**

Para la obtención de los recubrimientos, se empleó alginato de sodio (Sigma, Aldrich), cloruro de calcio anhidro (Anedra AG) y glicerina (99,9% Biopack).

Las zanahorias (*Daucus carota*) variedad "Chantenay" fueron adquiridas en el mercado local. Previo al corte, fueron cepilladas bajo agua corriente y sumergidas en baño de agua clorada (200 ppm) durante una hora a fin de disminuir la carga microbiana inicial. Posteriormente fueron peladas y se cortaron 6 rodajas de 1 cm de espesor descartando 5 cm de la corona. Del total obtenido, se tomaron 9 rodajas al azar que conformaron una muestra para cada recubrimiento y día de almacenamiento. Una vez registrado el peso, las muestras fueron descontaminadas por inmersión en agua clorada (50 ppm) durante 1 minuto, secadas con papel absorbente y sumergidas en la formulación formadora del recubrimiento.

### **2.2. Preparación y obtención de suspensiones de alginato**

Se obtuvieron suspensiones de ALG al 1,5%, 2% y 2,5%, mediante el calentamiento de las mismas a 85°C bajo agitación constante hasta su completa disolución y se denominaron T1, T2 y T3, respectivamente.

### **2.3. Aplicación del recubrimiento y almacenamiento de las muestras**

La aplicación del recubrimiento se realizó por inmersión de las rodajas de zanahoria en las formulaciones durante 2 minutos. Posteriormente fueron sumergidas en una solución de  $\text{CaCl}_2$  (2%) durante 2 min para permitir el entrecruzamiento con  $\text{Ca}^{+2}$ . Luego fueron secadas en estufa con convección forzada a  $25^\circ\text{C}$ . Posteriormente, las rodajas fueron pesadas y envasadas en bolsas de polietileno de baja densidad, de 70 micrones de espesor, con permeabilidad intermedia al oxígeno, evitando posible deterioro oxidativo por exceso de oxígeno o fermentación por ausencia total del mismo.

El almacenamiento se llevó a cabo en cámara de refrigeración a  $4^\circ\text{C}$  durante 45 días. También se envasaron rodajas sin recubrir, como muestra control (MC). Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

La calidad del producto fue evaluada a diferentes tiempos de almacenamiento (0, 15, 30 y 45 días), a través de medidas de textura, color y pérdida de peso.

### 2.3.1. Textura

Las medidas de textura se realizaron con un analizador de textura TA.XT2i – Stable Micro Systems (Reino Unido). La fuerza de compresión a 30% de deformación se obtuvo utilizando una sonda cilíndrica plana (25 mm de diámetro). La fuerza se mide con una celda de 1 N a una velocidad de deformación de 0,5 mm/s. La textura del tejido se determinó a través del desplazamiento en la fuerza máxima sobre diez rodajas para cada tratamiento.

### 2.3.3. Color

El color se midió mediante un sistema de visión computacional (SVC), compuesto por un ambiente de iluminación controlada, una cámara digital, una tabla de colores estándar utilizado para su calibración y un procesador de imágenes en el espacio de color Rojo, Verde, Azul (RGB). La conversión RGB a CIELab se implementó usando un modelo teórico conocido y diversos modelos matemáticos empíricos (Goñi y Salvadori, 2017). La determinación de los parámetros de color se realizó sobre imágenes de tres muestras para cada tratamiento.

Los resultados se expresaron como IB (Índice de blanqueamiento) e Índice croma (Cab), a través de:

$$WI = 100 - \sqrt{\Delta E^*}$$

$$Cab = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

### 2.3.2. Pérdida de Peso (PP)

Para cada tratamiento se pesaron tres rodajas en una balanza analítica  $\pm 0,001$  g de precisión. Se calculó la razón de pérdida de peso (g) respecto al peso inicial de las muestras. Los resultados fueron informados como el promedio de las tres mediciones.

## 2.4. Elaboración de películas

Las películas se prepararon a partir de las suspensiones mencionadas más arriba mediante la técnica de moldeado en placa. Se colocaron 20 gr de la misma en capsulas de Petri de PVC de 9 cm y se secaron en estufa a  $37^\circ\text{C}$  hasta contenido de humedad constante. Luego fueron sumergidas en solución de  $\text{CaCl}_2$  al 2% durante 2 min para permitir el entrecruzamiento y vueltas a secar en las mismas condiciones. Los films obtenidos se acondicionaron a 75% de humedad durante dos semanas. Las películas obtenidas, denominadas T1, T2 y T3, fueron caracterizadas a través de sus propiedades de afinidad por el agua (solubilidad, hinchamiento, humedad y permeabilidad), ópticas (cambio de color e índice de blanqueamiento) y mecánicas (tensión y elongación a la ruptura).

### 2.4.1. Propiedades de afinidad por el agua:

- *Solubilidad en Agua.* Muestras de film 3x3cm fueron pesadas, sumergidas en agua destilada mantenidas en agitación durante 1 hora a  $20^\circ\text{C}$ . Las piezas remanentes fueron secadas a  $105^\circ\text{C}$  hasta alcanzar peso constante y se calculó el porcentaje de solubilidad (S) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$S(\%) = \frac{\text{Peso seco inicial} - \text{Peso seco final}}{\text{Peso seco inicial}} \times 100$$

● *Hinchamiento.* Muestras de film 3x3 cm fueron introducidas en un recipiente a humedad controlada (HR 75%). El peso de las películas fue registrado en balanza analítica a las 8 hs y se expresó como:

$$H(\%) = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

● *Contenido de Humedad:* la pérdida de peso de las películas se determinó mediante método gravimétrico, antes y luego de ser secadas en estufa a 105°C hasta peso constante. Los resultados obtenidos se expresaron como (g agua/100 g película).

● *Permeabilidad al vapor de agua (WVP.)* Se midió usando el método ASTM E96 (1995) con algunas modificaciones. Las muestras se colocaron en celdas de permeación de acrílico con una abertura de área conocida, conteniendo en su interior sílica gel (0% HR). Una vez pesadas en una balanza analítica, las celdas fueron ubicadas en una cámara a 20°C con 75% HR. El peso de las celdas se registró a intervalos regulares de tiempo. La permeabilidad al vapor de agua se determinó a partir de la pendiente de la diferencia de peso en función el tiempo ( $\Delta W/\Delta t$ ), el espesor de la película ( $\delta$ ), el área expuesta (A) y la diferencia de presión parcial del agua ( $\Delta p$ ), siendo su expresión:

$$WPV = \frac{\left(\frac{\Delta W}{\Delta t}\right) \delta}{A \Delta p}$$

#### 2.4.2. Propiedades ópticas: Color.

Los parámetros de color superficial L\*, a\*, b\* de las películas se registraron con un colorímetro Minolta (CR 400, Osaka, Japón). Las medidas se realizaron colocando las películas sobre la placa de calibración (Y= 93,2 X= 0,3133 y= 0,3192). Los resultados fueron informados como índice de blanqueamiento (IB) y cambio de color ( $\Delta E^*$ ), a partir de siguiente expresión:

$$\Delta E^* = \sqrt{\square}$$

#### 2.4.3. Propiedades mecánicas.

Se realizaron ensayos de tracción en un texturómetro TA.XT2i-Stable Micro Systems (Reino Unido) empleando mordazas de tensión A/TG y probetas de películas de 6 × 0,7 cm. Se registraron las curvas de fuerza (N) en función de la deformación (mm) y a partir de las mismas se calcularon los siguientes parámetros de acuerdo a la norma ASTM D882-91 (1996): el esfuerzo a la ruptura (T<sub>s</sub>, mPa, fuerza a la ruptura por unidad de sección transversal del film) y el porcentaje de elongación a la ruptura (E%, deformación a la ruptura por unidad de longitud inicial de la probeta, %).

#### 2.5. Análisis Estadístico.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) con un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), utilizando el programa estadístico InfoStat, versión 2015. Se empleó el test de comparaciones de Duncan con una significancia de P<0.05.

### 3. Resultados y discusión

#### Evolución de la calidad de rodajas recubiertas en el almacenamiento

##### 3.1. Textura

La firmeza de las muestras de zanahorias recubiertas y sin recubrir durante el almacenamiento se muestra en la figura 1. Las muestras T3 registraron un aumento del valor inicial luego de la aplicación del

recubrimiento. Este hecho podría relacionarse con el alto contenido del polímero presente en la formulación y su mayor capacidad para incorporar  $Ca^{+2}$  que incrementa la textura de los tejidos por su interacción con el ácido pécico de la lámina media celular (Luna-Guzman et al. 1999). Luego, durante el almacenamiento, su firmeza decae en forma paulatina. Por el contrario, las muestras T1, T2 y sin recubrir mostraron los mayores valores de firmeza hacia el final del almacenamiento alcanzando todos valores similares y mayores que T3. El aumento en la firmeza en las muestras sin recubrir podría explicarse por el endurecimiento y lignificación del tejido. Estudios previos han mostrado que éstos son los principales problemas que presentan las zanahorias cortadas refrigeradas sin tratamiento alguno (Gorny et al., 2000; Dussán-Sarria et al., 2015). Además, en las muestras T3 se observa la ruptura de la gruesa capa de gel formada luego de recubrir las muestras dando como resultado la pérdida del líquido que se encontraba retenido en la red. Los comportamientos de variación de firmeza observados en T3 pudieron correlacionarse con la ganancia de peso evidenciada inicialmente en estas muestras, seguida de una fuerte disminución durante su almacenamiento (Figura 4).

### 3.2. Color

En las figuras 2 y 3 se muestran los resultados normalizados con el valor inicial del croma ( $C_{ab}$ ) y el índice de blanqueamiento (WI), respectivamente. El índice de blanqueamiento (WI) establece el grado de decoloración de la zanahoria durante el almacenamiento, mayores valores de WI significan mayor grado de decoloración. Los resultados muestran un aumento de WI para todas las muestras almacenadas, siendo más evidente en las muestras sin recubrir. Simões et al. (2010) indican que las zanahorias mínimamente procesadas pierden rápidamente su color anaranjado brillante, por el desarrollo de áreas blanquecinas en la superficie. Emmambux y Minnaar (2003) observaron que la decoloración causada por la deshidratación del tejido y el deterioro microbiano son los principales problemas que limitan la vida útil de las zanahorias recién cortadas. Vargas et al., (2009) relacionan la deshidratación de la superficie con la formación de compuestos fenólicos y lignina influenciada por la enzima PAL (fenilalanina amonioliase), lo cual puede ser prevenido manteniendo la superficie húmeda.

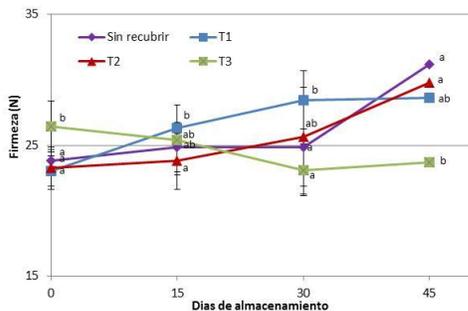


Figura 1. Evaluación de la Firmeza durante el Almacenamiento en muestras control y recubiertas.

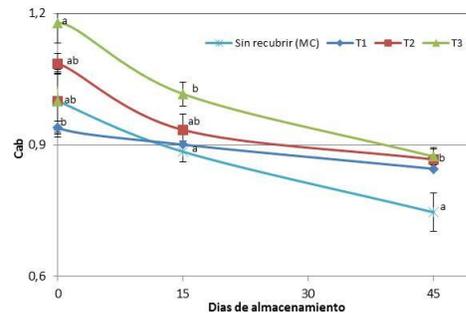


Figura 2. Índice Croma (normalizado con el valor inicial) en muestras control y recubiertas durante almacenamiento.

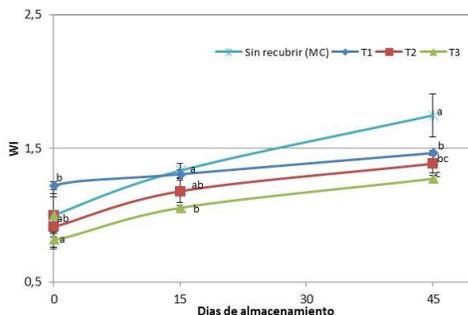


Figura 3. Índice blanqueamiento en muestras control y recubiertas durante almacenamiento

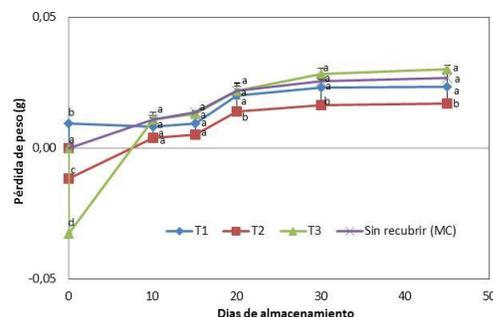


Figura 4. Pérdida de peso durante el almacenamiento de muestras de zanahoria sin tratar y recubiertas con diferentes concentraciones de ALG.

Respecto al croma ( $C_{ab}$ ), existe una relación directa entre este parámetro y la presencia de los

pigmentos predominantes en zanahorias (Dussán-Sarria et al., 2014). Las muestras sin recubrir presentaron un descenso constante del  $C_{ab}$  durante el almacenamiento, con un valor final que fue significativamente inferior al de las muestras recubiertas. Esto es concordante con el mayor blanqueamiento superficial registrado para las muestras sin recubrir (fig. 2). Resultados similares fueron reportados por Pushkala et al. (2012). Particularmente, las muestras T1, T2 y T3, mostraron valores de  $C_{ab}$  iniciales diferentes pero éstos fueron emparejándose a lo largo del almacenamiento alcanzando valores similares al finalizar el mismo y, en todos los casos, superiores al hallado en la muestra control. Otros autores también han informado acerca del mantenimiento del color de diversos productos frutihortícolas almacenados recubiertos con alginato-calcio (Rojas-Graü, et al., 2007; Olivas et al., 2007; Azarakhsh *et al.*, 2011; Jiang, 2013).

### 3.3. Pérdida de Peso

La evolución de la pérdida de peso durante el almacenamiento de las muestras de zanahoria se presenta en la figura 4. La muestra T3, a diferencia del resto, experimentó una importante ganancia inicial del peso luego de realizar el recubrimiento. Esto se puede adjudicar a la elevada concentración de sólidos presente en la solución formadora de películas y recubrimientos y su mayor capacidad de retención de agua al entrecruzarse con iones  $Ca^{+2}$  dando como resultado un incremento del espesor de la capa de gel formada (Han and Krochta, 1999). Este efecto es indeseable ya que el recubrimiento no debería percibirse sobre el producto.

El resto de las muestras registran una pérdida de peso progresiva a lo largo del almacenamiento. La menor PP registrada al final del mismo fue para las muestras T2, mientras que para T1, T3 y MC fueron mayores y sin diferencias significativas entre sí.

### Caracterización de las películas

#### 3.4. Propiedades de afinidad por el agua

En la figura 5 se muestran los valores de permeabilidad al vapor de agua (WVP), Humedad, Hinchamiento y solubilidad, calculados para las de películas de alginato. Los resultados obtenidos indicaron un aumento de estos parámetros con la mayor concentración del polímero (FT3). Respecto a esto, varios autores han indicado que películas a base de hidrocoloides, poseen aplicaciones limitadas, relacionando este hecho con su gran naturaleza hidrófila (Muppalla et. al., 2014). Sin embargo, particularmente los recubrimientos a base de alginato y calcio desempeñan un papel de barrera al agua más eficaz que otros polímeros. Esto se debe probablemente a la presencia del calcio para reticular el alginato, haciendo que el recubrimiento sea más insoluble que los de otros hidrocoloides (Jiang, 2013). La solubilidad de las películas tuvo su máximo en 40% para FT3 (figura 5).

#### 3.5. Propiedades ópticas: Color

La variación de color ( $\Delta E$ ) e índice de blanqueamiento (WI) evaluados sobre de las películas se muestran en la figura 6. No se observaron diferencias de color entre las películas, corroborándose de esta forma que la concentración empleada en el recubrimiento no influyó sobre las variaciones en los parámetros de color observadas en las rodajas. Sin embargo, autores como Chiumarelli et al. (2011) afirman que el color ambarino predominante en soluciones de alginato puede contribuir a obtener valores bajos de brillo así como influenciar el color del producto recubierto dando una mala impresión de su calidad real.

#### 3.6. Propiedades Mecánicas

El esfuerzo a la tracción máximo ( $T_s$ ) y la elongación (E) a la ruptura obtenidos para los films FT1, FT2 y FT3 se muestran en la figura 7. La figura 8 presenta las curvas de esfuerzo-deformación para los mismos films. Se evidenció un comportamiento dependiente de la concentración en las propiedades mecánicas de las películas. FT1 resultó rígida (alto esfuerzo y baja deformación) mientras que FT3 presentó una flexibilidad significativamente mayor (bajo esfuerzo y alta deformación), concordante con la mayor capacidad de retención de agua que solvataría y generaría una elevada movilidad molecular. Por su parte, el film FT2 presentó características mecánicas intermedias y más adecuadas para su aplicación como recubrimiento.

## 4. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos y analizados se comprobó que mientras que algunas propiedades no se vieron afectadas por la concentración de ALG, otras arrojaron una relación de calidad inversamente proporcional al contenido del polímero. Altas concentraciones de ALG en la formulación conducen a una pobre barrera al vapor de agua con deficientes propiedades mecánicas incapaz de proteger y prolongar la vida útil del material recubierto. Sin embargo, se evidenció que bajas concentraciones de ALG en recubrimientos genera una matriz rígida que podría impartir un recubrimiento poco uniforme y principal responsable de la pérdida de peso del producto. La formulación a base de alginato al 2%, resulta la mejor alternativa como recubrimiento comestible, ya que permite prolongar la vida útil de las zanahorias mínimamente procesadas refrigeradas, ofreciendo una matriz íntegra, uniforme y con propiedades de barrera adecuadas.

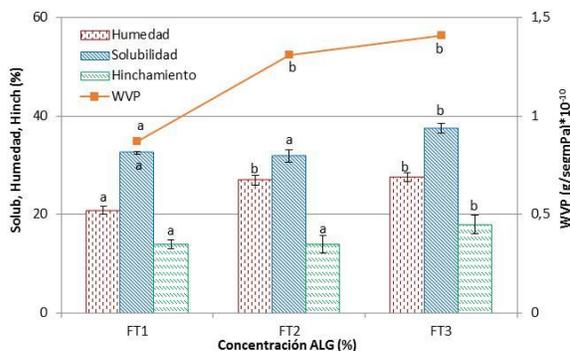


Figura 5. Solubilidad, Humedad, Hinchamiento y Permeabilidad al vapor de agua (WVP) de películas a base de diferentes concentraciones de ALG, FT1, FT2 y FT3.

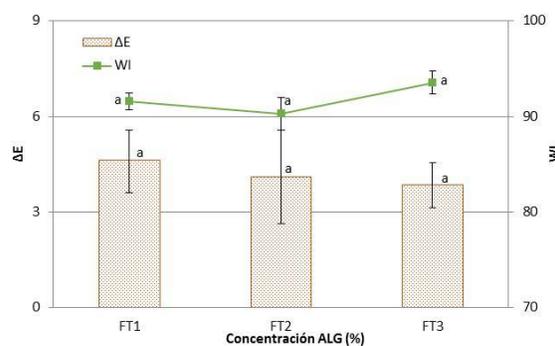


Figura 6. Índice de Blanqueamiento (WI) y variación de color ( $\Delta E$ ) de películas a base de diferentes concentraciones de ALG, FT1, FT2 y FT3.

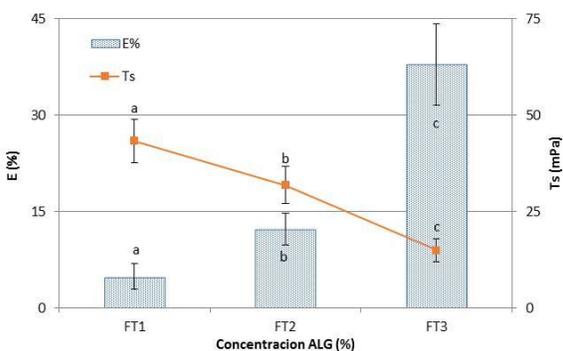


Figura 7. Propiedades mecánicas: Elongación a la tracción y Esfuerzo de tensión máximo de películas a base de diferentes concentraciones de ALG, FT1, FT2 y FT3.

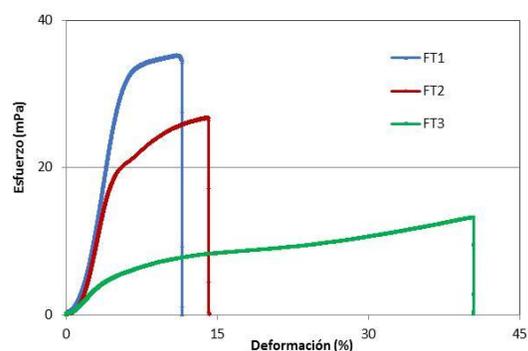


Figura 8. Propiedades mecánicas: Curvas de esfuerzo - deformación de películas a base de diferentes concentraciones de ALG, FT1, FT2 y FT3.

## 5. Referencias

Azarakhsh, N.; Osman, A.; Ghazali, H.M.; Tan, C.P. and Mohd-Adzahan, N. 2011. Effect of alginate and gellan-based edible coatings on the quality of fresh-cut pineapple during cold storage. *Acta Horticulturae*. 902:519-524.

Chiumarelli, M.; Miriam D. Hubinger M.D. (2012). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch e Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*. 28: 59-67.

Dussán-Sarria, S; Garcia-Mogollon, C.A.; Gutiérrez-Guzmán, N. Cambios Físico-Químicos y Sensoriales Producidos por el Tipo de Corte y Empaque en Zanahoria (*Daucus carota* L.) Mínimamente Procesada. 2015. *Información Tecnológica* – Vol. 26 N° 3 (63-70).

- Emmambux, N. M. y Minnaar, A. The effect of edible coatings and polymeric packaging films on the quality of minimally processed carrots. 2003. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 1065–1071.
- González–Aguilar G A, Wang C, Buta, J G. 2000. Maintaining quality of fresh–cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. *J. Agric. Food Chem.* 48:4204–4208.
- Goñi, S. M., Salvadori, V. O. 2017. Color measurement: comparison of colorimeter vs. computer vision system. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 11(2), 538-547.
- Gorny, J., Cifuentes, R., Hess-pierce, B. y Kader, A. 2000. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size, and storage regime. *J. Food Sci.* 65: 541-544.
- Han, J.H. and Krochta, J.M. 1999. Wetting properties and water vapor permeability of whey-protein-coated paper. *Transactions of the ASAE*. 42(5):1375-1382.
- Jiang T. Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. 2013. *Postharvest Biology and Technology* 76: 91–97.
- Lin, D.; Zhao, Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6: 60-75.
- Luna-Guzman I. , Cantwell M., Barrett D. M., 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology* 17: 201–213.
- Manoi K., Rizvi, S.S.H. 2010. Physicochemical characteristics of phosphorylated cross-linked starch produced by reactive supercritical fluid extrusion. *Carbohydr. Polym.*, 81, pp. 687–694.
- Muppalla R., Kanatt R., Chawla S.P., Sharma A. 2014. Carboxymethyl cellulose–polyvinyl alcohol films with clove oil for active packaging of ground chicken meat. *Food packaging and shelf life* 51 – 58.
- Poverenov, E.; Cohen, R.; Yefremov, T.; Vinokur Y. and Rodov, V. 2014. Effects of Polysaccharide-Based Edible Coatings on Fresh-Cut Melon. *Quality Postharvest and Food Science Agricultural Research Organization. Proc. Intl. CIPA Conference 2012 on Plasticulture for a Green Planet*. Ed.: A. Sadka. *Acta Hort.* 1015:145-152.
- Pushkala, R., Parvathy, K. y Srividya, N. 2012. Chitosan powder coating, a novel simple technique for enhancement of shelf life quality of carrot shreds stored in macro perforated LDPE packs. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16: 11-20.
- Rojas–Graü M, Tapia M, Rodríguez F, Carmona A, Martín-Belloso O. 2007. Alginate and gellan based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids* 21: 118-127.
- Simões A. N.; Ventrella M. C.; Moretti C. L.; Carnelossi, M. A. G.; Puschmann R. Anatomical and physiological evidence of white blush baby carrot surfaces. 2010. *Postharvest Biology and Technology*. 55: 45-52.
- Sothornvit, R., &Krochta, J. M. 2000. Plasticizer effect on oxygen permeability of B-lactoglobulin films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 6298–6302.
- Tapia, M.S.; Rojas-Graü, M.A.; Carmona, A.; Rodríguez, F.J.; Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. 2008. Use of alginateand gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids* 22(8):1493-1503.
- Vargas, M.; Chiralt, A.; Albors, A.; Gonzalez- Martinez, C. 2009. Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. *Postharvest Biology and*

Technology, 51: 263–271.

Wong, D., Tillin, S.J., Hudson, J.S., Pavlath, A.E., 1994. Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42, 2278–2285.