

PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE BARRERA DE PELÍCULAS COMESTIBLES
ELABORADAS A PARTIR DE ALGINATOS ADICIONADAS CON ACEITE ESENCIAL DE

ORÉGANO MEXICANO

41



Por: 🍷 Ricardo H. Hernández-Figueroa, Enrique Palou, Aurelio López Malo

◆ RESUMEN

Entre los polímeros más utilizados en la formación de películas comestibles están los alginatos, ya que forman recubrimientos resistentes y cuentan con propiedades de barrera adecuadas para la conservación de alimentos. Por otro lado, la capacidad que presentan las películas comestibles de poder ser adicionadas con aceites esenciales, ha generado interés en estudiar la actividad antimicrobiana de estas películas. Sin embargo, el efecto que generan los aceites esenciales sobre el color, las propiedades mecánicas, así como la transferencia de vapor de agua y la permeabilidad de las películas no

cuenta con suficiente estudio. En esta investigación se observó que la adición de aceite esencial de orégano mexicano disminuye de manera significativa ($p < 0.05$), tanto la transferencia de vapor de agua, como la permeabilidad de películas comestibles elaboradas a partir de alginatos; sin embargo, a concentraciones de aceite esencial mayores al 1%, estas dos propiedades aumentan de manera importante.

◆ PALABRAS CLAVE:

Alginatos, películas comestibles, aceite esencial de orégano mexicano, permeabilidad, propiedades físicas.

◆ ABSTRACT

Alginates are amongst the most utilized polymers for the formation of edible films, since they are resistant and present barrier properties suitable for food preservation coatings. Furthermore, the ability of edible films to be added with essential oil has generated much interest in studying the antimicrobial activity of these films. However, research regarding color, mechanical properties, water vapor transfer, and permeability of films added with essential oils is still scarce. This work demonstrates that the addition of Mexican oregano essential oil significantly ($p < 0.05$) decreases both water vapor transfer and

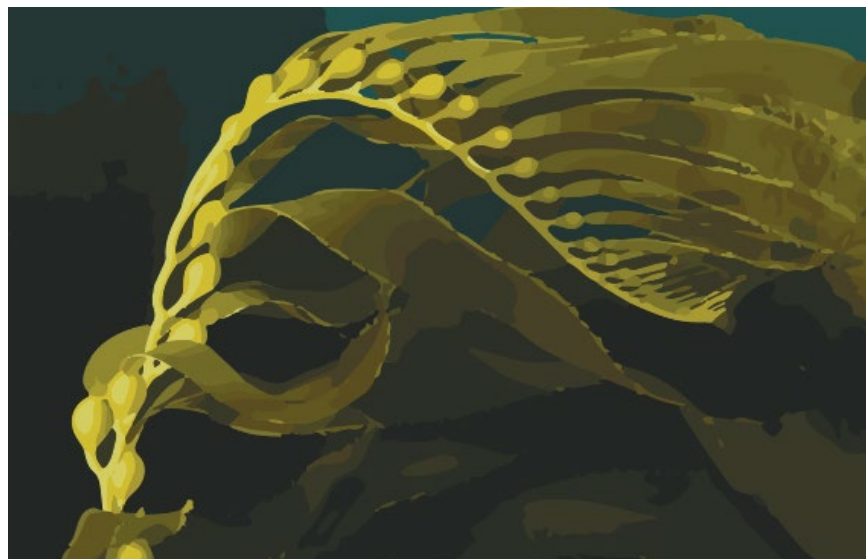


Ilustración basada en la fotografía de Chris Grossman



LOS ALGINATOS SON POLISACÁRIDOS OBTENIDOS DE ALGAS, PRINCIPALMENTE DE *MACROCYSTIS PYRIFERA*, LOS CUALES PRESENTAN LA PROPIEDAD DE FORMAR PELÍCULAS Y RECUBRIMIENTOS PARA ALIMENTOS CUANDO SE LES ADICIONAN IONES DE CALCIO.

permeability of edible films made from alginates when essential oil concentration is up to 1%; however, for essential oil concentrations greater than 1%, these properties significantly ($p < 0.05$) increase.

◆ **KEY WORDS:**
Alginates, edible films, Mexican oregano essential oil, permeability, physical properties

◆ **INTRODUCCIÓN**

La demanda de los consumidores por alimentos más parecidos a los naturales y la protección al medio ambiente, han promovido el desarrollo de nuevos materiales de empaque que cumplan con estas exigencias. Una de las tecnologías más estudiadas se basa en el desarrollo de películas comestibles biodegradables, las cuales pueden ser utilizadas para recubrir alimentos y de esta manera mejorar la vida de anaquel de los mismos, disminuyendo de manera importante la utilización de empaques sintéticos (Campos *et al.*, 2011). Dentro de los polímeros utilizados para la formación de películas comestibles están los alginatos, los cuales tienen la capacidad de formar películas resistentes e insolubles en agua. Los alginatos son polisacáridos obtenidos de algas, principalmente de *Macrocystis pyrifera*, los cuales presentan la propiedad de formar películas y recubrimientos para alimentos cuando se les adicionan io-

nes de calcio. Sus aplicaciones son variadas, ya que poseen buenas propiedades de barrera frente a lípidos y al oxígeno, una de las más destacadas es en productos cárnicos frescos o congelados, para evitar su deshidratación superficial (Tang *et al.*, 2012).

Por otro lado, el uso de estas películas en la protección y conservación de alimentos frescos ha aumentado de manera notable los últimos años, ya que ofrecen ventajas importantes, tales como retardar la deshidratación de la superficie del alimento, la oxidación de los ingredientes, la pérdida del aroma y la migración de olores externos al alimento; estas ventajas dependen -fuertemente- de las propiedades de barrera de las películas tales como la transferencia de vapor de agua y la permeabilidad.

Las películas y recubrimientos con antimicrobianos son un tipo de empaque activo en el cual el producto, el envase y el ambiente interactúan entre sí para reducir o retardar el crecimiento microbiano con el fin de prolongar la vida de anaquel, manteniendo la calidad y seguridad del producto (Sun Lee *et al.*, 2008). Los empaques antimicrobianos pueden ser efectivos para reducir las dificultades que trae consigo la adición de los agentes antimicrobianos directamente en el alimento, incluyendo pérdida de actividad por lixiviación y reacciones con otros compuestos como lípidos y proteínas, resultando en una actividad antimicrobiana más extensa durante toda la cadena de distribución (Jokar *et al.*, 2009). Los agentes antimicrobianos pueden ser incorporados de manera directa en los materiales de empaque en forma de películas, recubrimientos, o en los espacios disponibles en forma de insertos en los envases (Han, 2005).

Las películas y recubrimientos comestibles tienen la capacidad de poder ser adicionadas con aceites esenciales como agentes antimicrobianos, para mejorar la calidad, estabilidad y seguridad de los frescos recubiertos. Sin embargo, las alteraciones sobre las propiedades de barrera a causa de la adición

de aceites esenciales se encuentran poco estudiadas; por ello, el objetivo principal de esta investigación fue estudiar el efecto que presenta la adición de aceite esencial de orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Shauer) sobre el color, las propiedades mecánicas y de barrera de películas comestibles elaboradas a partir de alginatos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de películas comestibles

Para la elaboración de las películas comestibles se preparó una solución al 1.5% de alginato de sodio grado alimenticio y se añadió 1% de glicerol (Merck Co., Darmstadt, Alemania) como agente plastificante. El aceite esencial de orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) se incorporó a la solución de alginato-glicerol para alcanzar las concentraciones deseadas (0.00, 0.25, 0.75, 1.00, 2.00 o 4.00%). Posteriormente, la mezcla se homogeneizó a 13500 rpm durante 3 minutos a temperatura ambiente. Una vez homogeneizada se colocó al vacío durante 30 minutos, para desgasificarla. Se vertieron 20 ml de la solución en cajas Petri de vidrio (100x15) para formar las películas que fueron secadas a 35°C durante 6 horas en un deshidratador de charolas. Una vez concluido el tiempo de secado, se realizó el proceso de reticulación, añadiendo 1 ml de solución de CaCl₂ al 1%. Las películas reticuladas se secaron nuevamente a 35°C durante 15 minutos (Benavides *et al.*, 2011), fueron colocadas en bolsas de polietileno y almacenadas en un desecador hasta su uso.

Color

Para la medición del color de las películas de alginato-aceite esencial se utilizó un colorímetro Colorgard System/05 (BYK Gardner, Alemania) en modo de transmitancia. Las películas se colocaron en un juego de arillos de acrílico de 3.9 cm de diámetro para extenderlas y mantenerlas inmóviles, y con esto poder realizar la medición. Los parámetros a evaluar fueron luminosidad (*L**), contribución rojo-verde (*a**) y contribución azul-amarillo (*b**) de la escala de Hunter. Las medicio-

nes se realizaron por triplicado (Hernández, 1994).

Espesor

El espesor de las películas de alginato-aceite esencial se determinó con la ayuda de un micrómetro DIN 863 I. Se llevaron a cabo mediciones en cinco diferentes puntos de la película y se reportaron los valores promedio (Benavides *et al.*, 2011).

Propiedades mecánicas

Para la determinación de las propiedades mecánicas de las películas de alginato-aceite esencial, se utilizó un texturómetro TA-XT2 (Texture Technologies Co., EE.UU.) en modo manual, con un cabezal cilíndrico de 0.4 cm de diámetro; la velocidad del cabezal fue de 1 mm/s y la distancia recorrida de 50 mm. De igual manera, las películas se colocaron en un juego de arillos de acrílico de 3.9 cm de diámetro para mantenerlas extendidas e inmóviles (Hernández, 1994). Las propiedades mecánicas evaluadas fueron la fuerza de rompimiento (gf) y la elongación o elasticidad (mm). Las mediciones de propiedades mecánicas se realizaron por triplicado.

Velocidad de transmisión de vapor de agua y permeabilidad

Para la evaluación de la velocidad de transmisión de vapor de agua y la permeabilidad, se utilizó el método E 96-87 (ASTM, 1995), empleando cloruro de calcio previamente deshidratado (35°C) como desecante. Se utilizaron pesamuestras con un contenido conocido de cloruro de calcio y sobre el borde superior de éstos fueron colocadas las películas sujetas con *parafilm*. Los pesamuestras con las películas, se colocaron en un desecador sobre una solución saturada de MgCl₂ (generando una *a_w* de 0.33, humedad relativa HR de 33%).

La ganancia de peso de los pesamuestras con CaCl₂ fue registrada cada 8 horas durante tres días. A partir de estos datos se obtuvo la gráfica de ganancia de peso en función del tiempo y la pendiente de la gráfica, la cual fue utilizada para el cálculo de la velocidad de transmisión de vapor de agua (VTVA), así como de

la permeabilidad mediante las ecuaciones 1 y 2.

donde:

G/t = pendiente de la gráfica de ganancia de peso con respecto al tiempo (g/día)

A = área de la película (m²)

$$VTVA = \frac{(G/t)}{A} \quad (Ec.1)$$

donde:

S = presión de vapor saturado a la temperatura usada (25°C) en Pa

R₁ = humedad relativa (0.33) de la solución saturada de MgCl₂ expresada como fracción

R₂ = humedad relativa (0.00) del desecante (CaCl₂) expresada como fracción

$$Permeabilidad = \frac{VTVA}{S(R_1 - R_2)} \text{ grosor} \quad (Ec.2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las películas comestibles elaboradas a partir de alginatos adicionadas con aceite esencial de orégano mexicano presentaban maleabilidad y facilidad para su desprendimiento de las cajas Petri. La superficie de las películas era lisa y presentaban una buena flexibilidad (basados en su observación). El espesor medio de las películas fue de 0.058 ± 0.008 mm.

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas, tales como la fuerza de ruptura y la elongación, son parámetros importantes para la funcionalidad de películas comestibles. Por un lado, la fuerza de ruptura representa la máxima fuerza por unidad de área que puede soportar la película comestible antes del rompimiento, mientras que la elongación refleja la extensibilidad del material (Lim *et al.*, 1999). La adición de aceite esencial de hierbas o especias, en nuestro caso de orégano mexica-

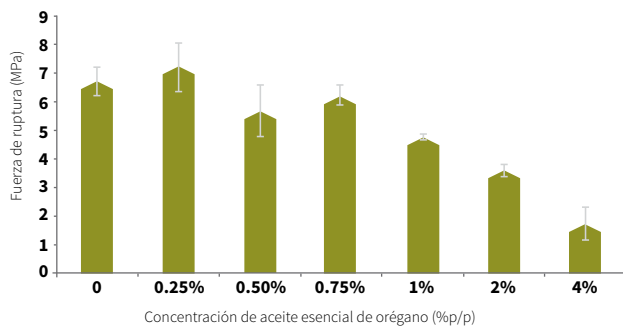


Figura 1. Fuerza de ruptura (MPa) de las películas comestibles elaboradas a partir de alginatos adicionadas con aceite esencial de orégano mexicano (% p/p).

no, a las películas comestibles tiene un efecto significativo ($p < 0.05$) en estas propiedades. En la figura 1 se muestran los valores promedio de la fuerza de ruptura para cada una de las películas estudiadas.

Se puede observar (figura 1) que en general a medida que la concentración de aceite esencial aumenta, la fuerza de ruptura disminuye, siendo las películas adicionadas con 4.00% de aceite esencial las que presentaron la menor fuerza de ruptura (1.74 ± 0.054 MPa). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Maizura *et al.* (2007) y por Rojas Graü *et al.* (2007), quienes observaron que la adición de diferentes aceites esenciales disminuyó de manera significativa ($p < 0.05$) la fuerza de ruptura en películas elaboradas a partir de alginatos. Estos investigadores concluyeron que la incorporación de diferentes aceites esenciales u otros compuestos multipoliméricos usualmente reducen la fuerza de ruptura como resultado del desarrollo de películas poco ordenadas y heterogéneas. De igual manera, observaron que estos aceites o sus compuestos alteran la interacción entre los alginatos y los iones de calcio, provocando la disminución en la fuerza de ruptura de las películas. En cuanto a la distancia de elongación (figura 2), las películas elaboradas con 2.00 y 4.00% de aceite esencial de orégano mexicano presentaron valores ligeramente menores. Sin embargo, el análisis estadístico demostró que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las películas

estudiadas. De igual forma, Maizura *et al.* (2007) en su investigación, encontraron que la elongación no se percibió afectada debido a la adición de aceite esencial de zacate limón (*Cymbopogon citratus*) a películas comestibles elaboradas a base de alginatos.

Propiedades de barrera

La transferencia de vapor de agua así como la permeabilidad de las películas estudiadas se muestran en la tabla 1. En general, la incorporación de aceite esencial de orégano mexicano a las películas elaboradas a partir de alginatos, disminuye, tanto la transferencia de vapor de agua, como la permeabilidad (tabla 1) de dichas películas; esto concuerda con lo establecido por Hernández (1994) quien sugiere que estas dos propiedades dependen de la relación entre los componentes de la porción hidrofílica e hidrofóbica de la película. Por lo tanto, la adición de compuestos lipídicos a películas de alginatos mejora sus propiedades de barrera al vapor de agua.

Sin embargo, a concentraciones mayores del 1.00%, la transferencia de vapor de agua en las películas estudiadas, así como su permeabilidad, tienden a aumentar; debido probablemente a una alteración en la microestructura de las mismas, generando películas no homogéneas. Esto concuerda con lo descrito por Atarés *et al.* (2010), quienes observaron que las propiedades de barrera al vapor de agua no sólo dependen de la adición de compuestos hidrofóbicos, sino también de la for-

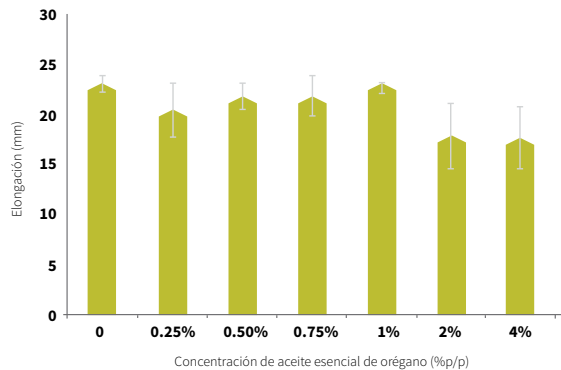


Figura 2. Distancia de elongación (mm) de las películas comestibles elaboradas a partir de alginatos adicionadas con aceite esencial de orégano mexicano (% p/p).

mación de la microestructura en la película emulsionada.

Color

En la tabla 2 se muestran los parámetros de color de la escala de Hunter, así como la diferencia neta de color (ΔE) obtenida para cada una de las películas estudiadas. Como se puede observar, a medida en que se aumenta la concentración de aceite esencial de orégano mexicano, el color de las películas se ve afectado al comparar los valores con la película control (elaborada sin aceite esencial).

La luminosidad (L^*) aumenta generando una película menos opaca; a su vez, el parámetro a^* aumenta a medida en que la concentración de aceite esencial aumenta, generando una coloración con mayor contribución verde; y por último el parámetro b^* aumenta a medida en que aumenta la concentración de aceite esencial generando un color más cercano a los tonos amarillos. Como se esperaba, el incrementar la concentración del aceite esencial provoca un aumento del ΔE , generando películas con una coloración similar a la del aceite esencial de orégano mexicano.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron los efectos que genera la adición de aceite esencial de orégano mexicano sobre las propiedades de barrera de las películas comestibles elaboradas a partir de alginatos. La incorporación de dicho aceite dismi-

nuyó de manera significativa ($p < 0.05$) la transferencia de vapor de agua y la permeabilidad de las películas estudiadas, generando películas comestibles con mejores características para su utilización como recubrimientos de alimentos. Sin embargo, es importante realizar estudios sobre la formación de las microestructuras de las películas adicionadas con aceites esenciales para conocer con mayor detalle el efecto adverso en las propiedades de barrera provocado por concentraciones altas de aceite esencial de orégano mexicano.

Tabla 1. Transferencia de vapor de agua y permeabilidad de películas comestibles elaboradas a partir de alginatos adicionadas con aceite esencial de orégano mexicano.

Concentración de aceite esencial de orégano (% p/p)	Trasferencia de vapor de agua ($\text{g/m}^2 \text{ día}$)	Permeabilidad (g/m día kPa)
0.00	190.70 ^a ± 27.66	12.44 ^a ± 0.60
0.25	77.67 ^{cd} ± 2.28	3.93 ^d ± 0.64
0.50	72.31 ^d ± 2.11	5.31 ^c ± 0.11
0.75	59.87 ^d ± 6.63	4.16 ^c ± 0.31
1.00	76.57 ^{cd} ± 7.03	5.46 ^c ± 0.29
2.00	109.76 ^{bc} ± 9.97	8.25 ^b ± 0.21
4.00	109.76 ^{bc} ± 9.97	8.51 ^b ± 0.80

Para cada parámetro evaluado, entre muestras con la misma letra no existe diferencia significativa ($p > 0.05$).

Tabla 2. Parámetros de color de la escala de Hunter de las películas comestibles elaboradas a partir de alginatos adicionadas con aceite esencial de orégano mexicano.

Concentración de aceite esencial de orégano (% p/p)	L*	a*	b*	ΔE
0.00	17.92 ± 0.89	-1.64 ± 0.48	0.05 ± 0.52	0
0.25	20.11 ± 1.07	-1.18 ± 0.11	-0.23 ± 0.44	2.26
0.50	21.34 ± 0.69	-1.02 ± 0.08	0.01 ± 0.02	3.48
0.75	23.61 ± 0.63	-1.38 ± 0.44	1.26 ± 0.44	5.82
1.00	24.84 ± 0.33	-0.97 ± 0.18	0.37 ± 0.25	6.97
2.00	30.58 ± 1.23	-0.50 ± 0.09	1.08 ± 0.08	12.75
4.00	36.42 ± 1.37	-0.82 ± 0.35	3.62 ± 0.20	18.87

REFERENCIAS

- ASTM [American Standard Testing Methods]. (1995). «Standard test method for water vapor transmission of materials. Standard Designation: E96-95». In *Annual Book of American Standard Testing Methods*. Philadelphia: ASTM. pp. 785-792.
- Atarés, L., Bonilla, J., y Chiralt, A. (2010). «Characterization of sodium caseinate-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils». *Journal of Food Engineering*, 100, 678-687.
- Benavides, S., Villalobos-Carbajal, R., y Reyes, J.E. (2011). «Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking degree and oregano essential oil concentration». *Journal of Food Engineering*, 110: 232-239.
- Campos, C.A., Gershenson L.N., y Flores, S.K. (2011). «Development of edible films and coatings with antimicrobial activity». *Food Bioprocess Technology*, 4(6): 849-875.
- Han, J.H. (2005). *Innovations in food packaging*. London: Elsevier Academic Press.
- Hernandez, E. (1994). «Edible coatings for lipids and resins». En: Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. (Eds.), *Edible Coating and Films to Improve Food Quality*. Lancaster: Technomic Publishing Co.

- Jokar, M., Rahman, R.A., Ibrahim, N.A., Abdullah, L.C., y Tan, C.P. (2009). «Melt Production and Antimicrobial Efficiency of Low-Density Polyethylene (LDPE)-Silver Nanocomposite Film». *Food Bioprocessing Technology*, 10(1): 329-338.
- Lim, L.T., Mine, Y., y Tung, M.A. (1999). «Barrier and tensile properties of transglutaminase cross-linked gelatin films as affected by relative humidity, temperature and glycerol content». *Journal of Food Science*, 64(4): 616-622.
- Maizura, M., Fazilah, A., Norzia, M.H., y Karim, A.A. (2007). «Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemongrass oil». *Journal of Food Science*, 72(6): C324-C330.
- Rojas-Graü, M.A., Raybaudi, R.M., Soliva, R.C., Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H., y Martín, O. (2007). «Apple puree-alginate edible coatings as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples». *Postharvest Biology and Technology*, 45: 254-264.
- Sun Lee, D., Yam, K.T., y Piergiovanni, L. (2008). *Food Packaging Science and Technology*. EE.UU.: CRC Press.
- Tang, X.Z., Kumar, P., Alavi, S., y Sande, K.P. (2012). «Recent advances in biopolymers and biopolymer-based nanocomposites for food packaging materials». *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52: 426-442.



Ricardo H. Hernández Figueroa

Maestro en Ciencia de Alimentos e ingeniero de

Alimentos por la Universidad de las Américas Puebla. Se ha desempeñado como ingeniero de proceso y de calidad en diversas industrias de alimentos, desde hace dos años colabora en diversos proyectos financiados por la industria en vinculación con el Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental de la UDLAP. ricardoh.hernandezf@udlap.mx



Enrique Palou

Doctor en Ingeniería por la Universidad Estatal del Estado de Washington (EE.UU.) y catedrático del Departamento de Ingeniería

Química, Alimentos y Ambiental en la UDLAP desde 1992. Tiene más de 170 publicaciones científicas en el área de ciencia, tecnología e ingeniería de alimentos. Es investigador nacional (SNI) nivel 3, *Fellow* del *Institute of Food Technologists*, miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y de la Academia de Ingeniería. enrique.palou@udlap.mx



Aurelio López Malo

Doctor en Química (Alimentos) por la Universidad de Buenos Aires

(Argentina) y profesor del Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental de la UDLAP desde 1987. Ha publicado más de cien artículos científicos en revistas indexadas de prestigio internacional en el área de ciencia, tecnología e ingeniería de alimentos. Desde 1998 es investigador nacional (CONACYT) actualmente SNI nivel 3, y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. aurelio.lopezm@udlap.mx