

Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador

Escobar, D. ⁽¹⁾, Sala, A. ⁽²⁾, Silvera, C. ⁽²⁾, Harispe, R. ⁽³⁾, Márquez, R. ⁽¹⁾

Contacto: descobar@latu.org.uy

⁽¹⁾ Gerencia de Proyectos Alimentarios, Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) - ⁽²⁾ Universidad Católica del Uruguay Dámaso Antonio Larrañaga (UCU) - ⁽³⁾ Alimentos RH

Recibido: 1/7/2009 - Aprobado: 4/11/2009

Resumen

Las películas se elaboraron a partir de soluciones de aislado de proteínas de suero lácteo (WPI), utilizando glicerol como plastificante y con el agregado o no de sorbato de potasio como conservador. Los métodos utilizados fueron el de moldeo por compresión a 140 °C y 1 MPa y el método de casting a 23 °C y 55 % de humedad relativa. El método de moldeo por compresión presenta la ventaja de involucrar menos tiempo y menos incertidumbre para la formación de las películas comparado con el método de casting. Por otro lado, mejora las propiedades mecánicas de las películas aumentando su stress máximo y su elongación y disminuyendo su permeabilidad al vapor de agua y su solubilidad.

Palabras clave: Moldeo por compresión, casting, fuerza, stress, elongación, módulo de Young.

Abstract

The films were made from whey protein isolate (WPI) solutions using glycerol as plasticizer and with or without the use of potassium sorbate as antimicrobial. The methods used were compression molding at 140 °C and 1 MPa and the casting method at 23° C and 55 % of humidity. The compression molding method has the advantage of involving less time and uncertainty for the film forming than the casting method. On the other hand, it improves the mechanical properties bringing films with higher tensile strength and elongation, and less water vapor permeability and solubility.

Keywords: Compression molding, casting, force, tensile strength, elongation, elastic modulus.

Introducción

Una película comestible y biodegradable se define como una capa fina de material comestible y biodegradable que puede ser formada sobre un alimento como una cobertura o preformada como una película, y que puede colocarse entre los componentes de un alimento o ser un envoltorio para éste. Sus propiedades le permiten controlar la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas y lípidos, incluir en el sistema ingredientes alimentarios (por ejemplo: antioxidante, antimicrobiano y sabores), y/o mejorar la integridad mecánica y de manipulación del alimento (Krotcha y De Mulder-Johnston, 1997).

El uso de películas por la industria alimentaria es de gran interés por su potencial para incrementar la vida útil de muchos alimentos. Las películas pueden incorporar en sus formulaciones sustancias activas, lo que las hace un ejemplo de envases activos para alimentos (Han y Gennadios, 2005). Tal es el caso del uso de antimicrobianos incorporados en las películas comestibles para extender la vida útil de los alimentos, retardando el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias durante el almacenamiento y distribución de los alimentos; uno de los más usados es el sorbato de potasio (Cuppert, 1994).

La formación de las películas puede lograrse a través de dos procesos principales. Uno de ellos es el "proceso húmedo", que involucra la dispersión o solubilización de los biopolímeros en una solución para la formación de la película, seguida por la evaporación del solvente. Un ejemplo es el método casting, en el cual luego de formada la solución de los componentes de la película, se realiza la evaporación del solvente a temperatura y humedad controladas,

formándose así la película. Otro es el "proceso seco", que se fundamenta en la conducta termoplástica que algunas proteínas y polisacáridos muestran a bajos niveles de humedad en moldeo por compresión y extrusión. En el método de moldeo por compresión, luego de formada la masa de los componentes de la película se le aplica una presión y una temperatura determinadas durante un tiempo establecido, para lograr así la formación de la película.

El objetivo de este artículo es comparar dos métodos de elaboración de películas biodegradables y comestibles hechas en base a aislado de proteínas de suero lácteo (WPI), conteniendo o no en su formulación sorbato de potasio como conservador. Los métodos estudiados son el método de moldeo por compresión y el método de casting. Las características a evaluar para la comparación son las propiedades mecánicas de las películas obtenidas, su permeabilidad al vapor de agua, solubilidad en agua y humedad.

Materiales y Métodos

Preparación de las películas por método de moldeo por compresión

Las películas se elaboraron a partir de una mezcla de WPI (PROVON® 290, 90 % p/p, Glanbia Nutritionals, WI, USA), glicerol (J. T. Backer) como plastificante y agua destilada. En las películas donde se incorporó sorbato de potasio como conservador se hizo en una proporción del 10 % p/p en la película final, previamente disuelto en el agua (esta cantidad fue seleccionada de un estudio hecho

en paralelo en el cual se evidenció la actividad fungistática de esta proporción del conservador). Las películas se prepararon manteniendo una relación de WPI/glicerol 2,3/1 y un 18 % (p/p) de humedad. La mezcla se batió en batidora manual a la mínima velocidad durante 15 minutos y luego se almacenó en bolsas de polietileno a 5 °C durante 24 horas para equilibrar sus componentes. Para la formación de las películas se colocaron esferas de 3 g de la mezcla entre las placas de una prensa de laboratorio (Toyoseiki, P2-25T) y se sometieron a una temperatura de 140 °C y una presión de 1 MPa durante 2 minutos. Se retiraron de allí luego de 3 minutos de enfriamiento. Las películas así obtenidas fueron almacenadas a 23 ± 2 °C de temperatura y 55 ± 5 % de humedad relativa durante cinco a siete días previo a la realización de los ensayos.

Preparación de las películas por método de casting

Las películas se elaboraron a partir de soluciones de WPI (PROVON® 290, 90 % p/p, Glanbia Nutritionals, WI, USA) en agua destilada, utilizando como plastificante glicerol (J. T. Backer). Se prepararon soluciones de 10 % de WPI p/p en la película final, manteniendo una relación WPI/glicerol 2,3/1. El sorbato de potasio se incorporó en estas soluciones en una proporción del 10 % p/p en la película final. Se trataron durante una hora con agitación magnética y se ajustó el pH a 8,0 con solución de NaOH 2N o HCl 2N, según correspondiera. Las soluciones se colocaron en baño de agua a 83 ± 1 °C durante siete minutos para lograr un buen entrecruzamiento, evitando la coagulación de las proteínas. El peso de las soluciones fue ajustado con agua destilada de manera de compensar las pérdidas producidas por evaporación y mantener las condiciones iniciales. Se colocaron 14 g de la solución en cada placa de Petri de poliestireno (Greiner Bio-One) de 14 cm de diámetro interno, utilizando pipeta Pasteur y de manera lenta para evitar la formación de burbujas. Las placas se colocaron en condiciones de temperatura de 23 ± 2 °C y humedad relativa de 55 ± 5 % durante 19 horas para secar las películas, que así obtenidas fueron almacenadas en las mismas condiciones durante cinco a siete días previo a la realización de los ensayos.

Ensayos realizados

• Espesor de las películas

Se midió con micrómetro digital (Digi Thickness Tester, Toyoseiki, Japón), con una resolución de 1 µm. El resultado se expresó como el promedio de 10 medidas tomadas aleatoriamente en las películas ya cortadas y acondicionadas para la realización del ensayo.

• Ensayos mecánicos

Se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D882. Se cortaron las películas en forma de probetas de 10 mm de ancho con un cortador de muestras neumático (Toyoseiki, Japón). Se midieron los espesores según se mencionó anteriormente y se seleccionaron para estos ensayos aquellas películas cuyo espesor era 0.140 ± 0.010 mm. Posteriormente se realizaron los ensayos de tracción en un equipo Shimadzu Autograph AG-2000A. Se utilizó una separación de mordazas de 50 mm y se aplicó una velocidad de 50 mm/min. De los ensayos de tracción realizados se determinaron los siguientes parámetros: fuerza máxima, stress máximo, porcentaje de elongación y módulo de Young. Se realizaron de seis a ocho ensayos por cada tipo de película elaborada. La comprobación estadística de los resultados se basó en test de hipótesis al 95 % de confianza.

• Permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua se define como la velocidad de transmisión de vapor de agua por unidad de área del material y por

unidad de diferencia de presión entre dos superficies específicas bajo determinadas condiciones de temperatura y humedad.

Para la medición de este parámetro se utilizó el método gravimétrico, basado en la norma ASTM E96, con las siguientes condiciones: 0 % HR dentro de la celda y 100 ± 2 % fuera de la misma a una temperatura de 23 °C. Para esto se utilizó una cámara de temperatura y humedad controladas (Tabai espec. Corp., MS-110, Japan). Se hicieron entre tres y cinco ensayos por cada tipo de película elaborada. Los espesores de las películas utilizadas para este ensayo fueron de 0.120 ± 0.010 mm.

• Humedad y solubilidad en agua

La solubilidad en agua se define como el porcentaje de materia seca de la película solubilizada luego de 24 horas de inmersión en agua (Gontard, 1994).

El contenido inicial de materia seca (%) y la humedad se determinaron gravimétricamente secando las muestras del film a 105 °C en una estufa con circulación de aire por 24 horas. Se cortaron tres discos de la película de 2 cm de diámetro, se pesaron y se colocaron en un vaso de bohemía que contenía 50 mL de agua. Éste se introdujo en una incubadora con agitación (New Brunswick Scientific Co., modelo G25) a 20 °C y 62 rpm. Luego de la incubación las muestras de películas se quitaron de los vasos y se secaron en una estufa a 105 °C durante 24 horas para determinar la materia seca no soluble en agua. Restando este valor del peso de materia seca inicial, se obtuvo el peso de materia seca que se solubilizó en agua durante 24 horas y se expresó como un porcentaje de la materia seca inicial. Se realizaron entre cuatro y seis ensayos por cada tipo de película elaborada.

Resultados y Discusión

Ensayos mecánicos

En los Gráficos 1 a 4 se presentan los resultados de los ensayos mecánicos realizados a las películas elaboradas con y sin sorbato de potasio, utilizando ambos métodos de elaboración.

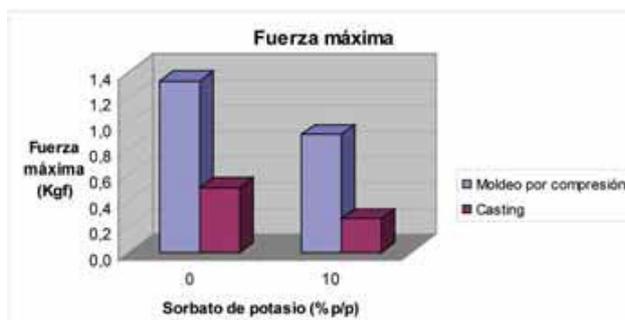


Gráfico 1. Comparación de fuerza máxima de las películas realizadas por los métodos de moldeo por compresión y de casting.

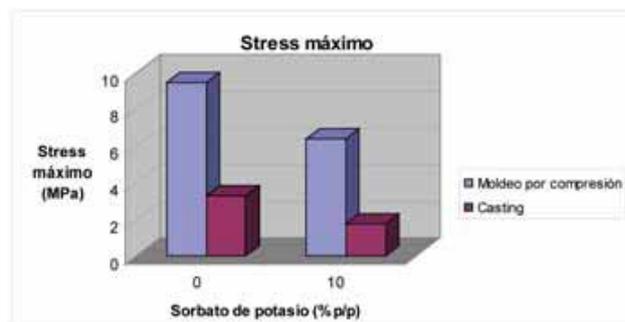


Gráfico 2. Comparación del stress máximo de las películas realizadas por los métodos de moldeo por compresión y de casting.

Las películas obtenidas por el método de moldeo por compresión presentan valores de fuerza y stress máximo entre 2,7 y 3,5 veces mayores que los de las películas elaboradas por el método de casting. Sothornvit et al. (2007) hallaron una disminución del stress en las películas elaboradas por el método casting respecto a las elaboradas por el método de moldeo por compresión, usando películas en base a WPI y glicerol.

En ambos métodos se observa que la incorporación de sorbato de potasio disminuye tanto la fuerza máxima como el stress máximo de las películas. Las disminuciones son mayores cuando se usa el método de casting (48 % para la fuerza máxima y 45 % para el stress máximo), mientras que cuando se usa el método de moldeo por compresión la fuerza máxima disminuye un 32 % y el stress máximo un 33 %.

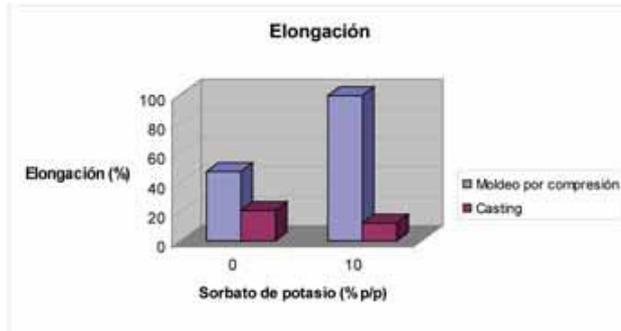


Gráfico 3. Comparación de la elongación de las películas realizadas por los métodos de moldeo por compresión y de casting.

Se observa mayor elongación en las películas realizadas por el método de moldeo por compresión, que aumenta con el agregado de sorbato de potasio. Sucede lo contrario en el método de casting, donde el agregado de sorbato de potasio disminuye la elongación de las películas. La mayor elongación encontrada es de 99 % y se presenta en las películas con un 10 % de sorbato en su formulación y elaboradas por el método de moldeo por compresión.

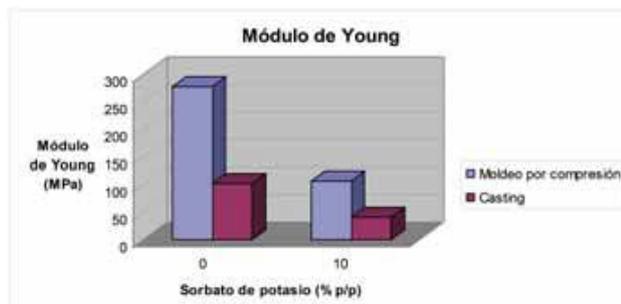


Gráfico 4. Comparación del módulo de Young de las películas realizadas por los métodos de moldeo por compresión y de casting.

El módulo de Young es menor en las películas elaboradas por el método casting. La incorporación de sorbato de potasio hace que dicho módulo sea más de un 60 % menor en las películas, con cualquiera de los dos métodos estudiados.

Permeabilidad al vapor de agua

En el Gráfico 5 se muestran los resultados de la permeabilidad al vapor de agua de las películas elaboradas con ambos métodos y con y sin agregado de sorbato de potasio.

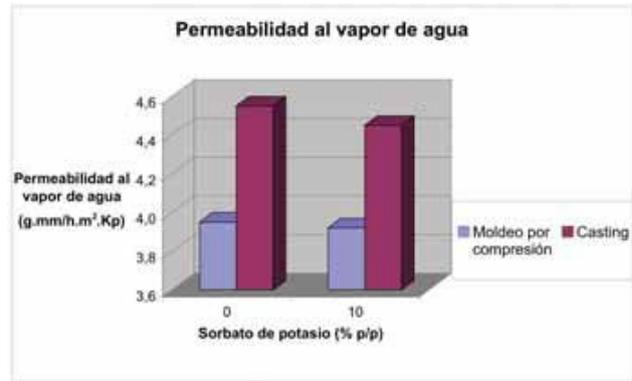


Gráfico 5. Permeabilidad al vapor de agua de las películas elaboradas por los métodos de moldeo por compresión y de casting.

Las películas elaboradas con el método de moldeo por compresión son menos permeables al vapor de agua que las películas elaboradas por el método de casting, no encontrándose diferencias significativas por el agregado de sorbato de potasio en ambos métodos. Sothornvit et al. (2003) justifican este hecho porque la alta temperatura del proceso de moldeo por compresión lleva a un mayor entrecruzamiento de las proteínas, haciendo que la permeabilidad al vapor de agua sea menor.

Humedad y solubilidad en agua

En la Tabla 1 se expresan los resultados de los ensayos de humedad y solubilidad en agua de las películas elaboradas por el método de moldeo por compresión y por el método de casting, en todos los casos sin incorporar sorbato de potasio en las formulaciones.

Método de elaboración	Humedad (%)	Solubilidad (%)
Moldeo por compresión	19,3	39,0
Casting	22,1	59,5

Tabla 1. Resultados de humedad y solubilidad en agua de las películas elaboradas por los métodos de moldeo por compresión y de casting.

Se observa que la solubilidad de las películas elaboradas por el método de moldeo por compresión es menor que la de las películas elaboradas por casting.

Según indican Sothornvit et al. (2003), las películas elaboradas con el método de moldeo por compresión deberían perder más humedad durante el propio proceso de elaboración, comparadas con las películas elaboradas por el método de casting.

Conclusiones

La elaboración de películas comestibles por el método de moldeo por compresión permite obtener películas más resistentes a la ruptura. Esto lo demuestran las propiedades mecánicas analizadas, que arrojan como resultado mayores valores de fuerza y stress máximo y mayores elongaciones previas a la ruptura.

Adicionalmente, este método de elaboración permite obtener películas con menores valores de permeabilidad al vapor de agua y de solubilidad, propiedades que son deseables cuando las películas se quieren utilizar en contacto con alimentos cuya humedad se pretende mantener constante.

Asimismo, el método de moldeo por compresión presenta la ventaja de insumir menos tiempo para la elaboración de las películas, y las mismas son menos sensibles a las variaciones de las condiciones ambientales durante la elaboración.

Estas características llevan a que este método sea el elegido a la hora de elaborar películas comestibles y biodegradables.

Reconocimientos

LATU: Centro de Información Técnica, Departamento de Productos Lácteos, Cárnicos, Hortofrutícolas y de la Colmena, Departamento de Microbiología, Departamento de Plásticos.

Referencias

- ASTM INTERNATIONAL (United States). D882: *Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting*. West Conshohocken: ASTM, 2002.
- ASTM INTERNATIONAL (United States). E96: *Standard test methods for water vapor transmission of materials*. West Conshohocken: ASTM, 1995.
- CUPPET, S.L. Edible coatings as carriers of food additives, fungicides and natural antagonists. En: KROCHTA, J.M.; BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.O. *Edible coatings and films to improve food quality*. Lancaster: Technomic Publishing, 1994. pp.121-138.
- GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapor permeability and other physical properties. En: *International Journal of Food Science and Technology*. 1994, (29):39-50.
- HAN, J.H.; GENNADIOS, A. Edible films and coatings: a review. En: HAN, J.H. *Innovations in food packaging*. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. pp.239-262.
- HERNÁNDEZ-IZQUIERDO, V.M.; KROTCHA, J.M. Thermoplastic processing of proteins for films formation: a review. En: *Journal of Food Science*. 2008, 73(2):R30-R39.
- KROTCHA, J.M.; DE MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. En: *Food Technology*. 1997, 51(2):61-74.
- SOTHORNVIT, R.; OLSEN, C.W.; McHOUGH, T.H.; KROTCHA, J.M. Formation conditions, water vapor permeability and solubility of compression-molded whey protein films. En: *Journal of Food Science*. 2003, 68(6):1985-1989.