
CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE GOMA GUAR Y/O ALMIDÓN DE MAÍZ

CHARACTERIZATION OF EDIBLE FILMS BASED ON GUAR GUM AND/OR MAIZE STARCH

Laura María Contreras-M.¹

Anggie Stefania Osorio-R.²

Diana Cristina Moncayo-M.³

RESUMEN

Los recubrimientos y películas comestibles se han convertido en nuevas alternativas de conservación biodegradables, investigadas en la mayoría de las matrices alimentarias. Su aplicación tiene la finalidad de extender la vida útil de los alimentos y aumentar su protección e inocuidad, al mitigar fenómenos como la transferencia de gases y agua, el crecimiento microbiano y otros, que repercuten en el deterioro de las características organolépticas y fisicoquímicas. La composición de estas estructuras varía entre proteínas, lípidos y polisacáridos con aditivos que, de acuerdo con su concentración contribuyen con aspectos como la formación y funcionalidad. El presente proyecto planteó un diseño factorial 3³ con porcentajes de goma guar y almidón

de maíz en rangos de 0,20 a 3,0 % p/v; plastificantes como glicerol y sorbitol de 0,50 a 1,0 % v/v; aceite de canola y polisorbato 80 entre 0,10 y 0,30 %v/v, con el objetivo de encontrar formulaciones de películas opacas, maleables, resistentes a la tracción, homogéneas y poco exudadas. Las formulaciones seleccionadas fueron: 0,30 % de goma guar, 0,10 % de glicerol, 0,10 % de sorbitol, polisorbato 80 y 0,20 % de aceite de canola y 0,50 % de goma guar, 0,12 % de glicerol, 0,18 % de sorbitol, polisorbato 80 y 0,30 % de aceite de canola. Las películas elaboradas con goma guar presentaron características de brillo y resistencia a la tracción, lo que las convierte en formulaciones promisorias para la aplicación en matrices alimentarias.

Palabras claves: método de casting, emulsificante, plastificante.

¹Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Facultad de Ingeniería. Semillero de investigación Proefal. Bogotá. Contacto: contreras.laura@uniagraria.edu.co

²Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Facultad de Ingeniería. Semillero de investigación Proefal. Bogotá. Contacto: osorio.anggie@uniagraria.edu.co

³Universidad El Bosque; Facultad de Ingeniería Bogotá. Contacto: dmoncayom@unbosque.edu.co

ABSTRACT

Edible coatings and films have become new biodegradable conservation alternatives investigated in most food matrices, their application is intended to extend the life of food by increasing its Protection and safety, by mitigating phenomena such as the transfer of gases and water; microbial growth and others, which have an impact on the deterioration of organoleptic and physicochemical characteristics. The composition of these structures varies between proteins, lipids, and polysaccharides with additives that according to their concentration contribute with aspects such as training and functionality. The present project raised a factorial design 3^3 with percentages of guar gum and cornstarch

in ranges of 0.20 to 3.0% w/v; plasticizers such as glycerol and sorbitol from 0.50 to 1.0% v/v; canola oil and polysorbate 80 between 0.10 and 0.30% v/v. With the aim of finding opaque, malleable, tensile resistant, homogeneous and little exudation film for food products. The selected formulations were: guar gum 0.30%, 0.10% glycerol, 0.10% sorbitol, Polysorbate 80 and canola oil 0.20% and guar gum 0.50%, 0.12% glycerol, 0.18% sorbitol, polysorbate 80 and canola oil 0.30%. Films made with guar gum have characteristics of brightness and tensile strength that make them promising formulations for application in food matrices.

Keywords: Casting method, emulsifier, Plasticizer.

INTRODUCCIÓN

El interés por la evaluación e implementación de empaques biodegradables a base de biopolímeros comestibles crece mundialmente, debido a la necesidad de reducir y sustituir el empleo de plásticos y envases sintéticos usados en el empaque y embalaje de alimentos y otros productos, ya que generan un impacto al medio ambiente. Los residuos de estos materiales están relacionados con contaminación por su lenta degradación, la naturaleza no renovable de sus materias primas y su composición tóxica, en algunos casos (Téllez, 2012).

En consecuencia, la contaminación de fuentes hídricas a causa de esta problemática es acumulativa y cubre gran cantidad de espacios en la superficie terrestre, desde los polos hasta el ecuador, desde islas inhabitadas hasta las más pobladas y las partes más profundas del océano (Barnes, Galgani, Thompson y Barlaz, 2009). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha reconocido que la contaminación de los mares es un desafío global, que requiere de los esfuerzos de todos los países, especialmente los costeros (Müller, Nietzer y Lindner, 1995).

Por tanto, la aplicación de nuevas tecnologías se diversifica con el empleo de materiales obtenidos de fuentes renovables, de bajo costo y viables a nivel industrial, con el objetivo de brindar valor agregado y mantener la calidad de los productos de forma sostenible. Con relación a esto, se contemplan tecnologías alternas para la protección y conservación de productos alimenticios, como los recubrimientos y películas comestibles, basados en la aplicación de una matriz delgada,

continua, transparente y comestible sobre la superficie del alimento de manera preformada o líquida, que se adhiere y seca sobre el producto, resaltando y manteniendo las características propias del mismo y prolongando su vida útil, sin que su consumo represente algún riesgo para la salud. La composición de estas estructuras varía entre proteínas, lípidos y polisacáridos con aditivos que, de acuerdo con su concentración, contribuyen con aspectos como la formación y funcionalidad (Fernández *et al.*, 2015).

La aplicación de recubrimientos se basa en técnicas como inmersión, aspersión o pintado por medio de una solución formadora del recubrimiento. De este modo, se obtiene una fina capa inferior a 0,4 mm, que se adapta a la forma de la matriz, en el caso de los recubrimientos. Las películas son preformadas antes de colocarse al alimento, se realizan a través un método eficaz, rentable y frecuente, denominado casting o vaciado en placa, que consiste en la aplicación de una solución líquida en el fondo de un molde con el objetivo de formar una capa rígida, que brinde información sobre las características de formación que pueda presentar la película (Alemán, Galán, Morales y Arévalo, 2007).

Según Embuscado y Huber (2009), los recubrimientos y películas deben presentar características específicas de estructura en propiedades fisicoquímicas, mecánicas y de barrera, que le proporciona a la matriz la protección deseada, teniendo en cuenta que los aditivos y componentes que se implementen en la mezcla conformen adecuadamente la red tridimensional. Además de ser inocuos y estar avalados por el *Codex alimentarius*, su acción conjunta

debe proporcionar estabilidad estructural, tener buena adhesión a la superficie de la matriz alimentaria y controlar la migración del agua dentro y fuera de los alimentos, así como ayudar en contra de los agentes microbianos. Los polímeros usados, en su mayoría, son derivados de fuentes naturales por su base biológica, y poseen la habilidad de combinarse con otros aditivos funcionales que ayudan en las relaciones intermoleculares para la formación de película. Tales aditivos son conocidos como plastificantes, emulsionantes, entre otros (Patarroyo y Cárdenas, 2014).

Los polímeros a base de polisacáridos, como los implementados en esta investigación, presentan aspectos positivos, como gran flexibilidad, resistencia a la tracción y mayor peso molecular que las proteínas. Igualmente, tienen una estructura neutra e hidrofílica que favorece en la formación de películas, debido a los grupos hidroxilo; sin embargo, también hace que presenten una baja resistencia al vapor de agua y sirven como barrera de gases, ya que evitan la rancidez oxidativa y el oscurecimiento superficial (Velázquez y Guerrero, 2014).

Se han utilizado como agentes gelificantes, espesantes y estabilizantes, además de ser formadores de película. Se han aplicado como recubrimientos en la mayoría de productos presentes en la industria alimentaria: frutas, verduras, carnes frescas y procesadas, algunos productos lácteos y de panadería (Domínguez y Jiménez, 2012). En productos elaborados con cereales, se agregan con el objetivo de reducir la

pérdida de color; ralentizar el ablandamiento en elementos de baja humedad y como aromatizante o coadyudante con algunos aditivos, puesto que pueden llegar a alargar la vida útil al protegerlos contra la transmisión de vapor de agua y gases (Velázquez y Guerrero, 2014).

El objetivo de este trabajo fue evaluar películas comestibles a base goma guar y almidón de maíz con potencial aplicación en la industria de alimentos.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del recubrimiento, se utilizaron elementos de grado alimenticio como: goma guar y almidón de maíz (biopolímeros), glicerol y sorbitol (plastificantes), polisorbato 80 (emulsificante) y aceite de canola comercial (lípido), adquiridos en tiendas especializadas en productos químicos en Bogotá, Colombia. Los porcentajes empleados para emplear las formulaciones se encuentran en la Figura 1, mediante un diseño experimental completamente aleatorio (factorial 3x3x3).

Las formulaciones fueron elaboradas por el método *casting*. Inicialmente, se evaluó el efecto de los plastificantes y el tipo de polisacárido en la formación de película y finalmente se determinaron los porcentajes de incorporación emulsionante y lípido en las formulaciones. Las películas se evaluaron de acuerdo con las metodologías que se presentan a continuación, para seleccionar formulaciones promisorias para ser usadas en la industria de alimentos.

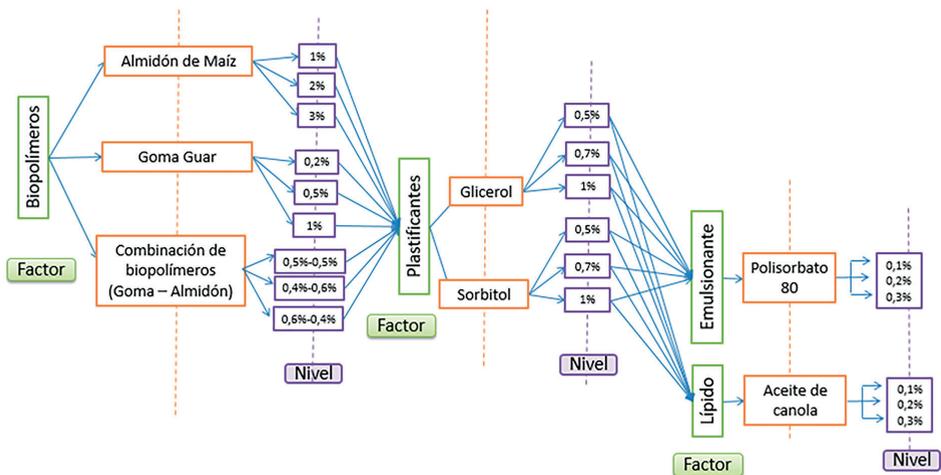


Figura 1. Diseño experimental de porcentajes.
Fuente: elaboración propia.

Preparación de las soluciones

El agua destilada se dividió en tres partes iguales, y cada porción fue utilizada para solubilizar los polisacáridos (%p/v), los plastificantes (%v/v) y el emulsificante con el lípido (%v/v). La solución de goma y el almidón se llevó a la temperatura de gelatinización de cada polisacárido (60 °C y 70 °C, respectivamente) con agitación en un rango de 150 a 350 rpm. Los plastificantes se disolvieron a 200 rpm y se añadieron a la mezcla anterior mediante agitación continua por veinte minutos. Luego, la mezcla se mantuvo en reposo hasta descender a 30 °C. El emulsificante se agregó gota a gota con agitación mecánica a 1500 rpm y velocidad media. Seguido de ello, se añadió el aceite de canola de la misma manera. Posteriormente, a la mezcla de biopolímero y plastificante se le incorporó la solución anterior mediante agitación mecánica durante un minuto, a velocidad media entre 1500 y 3000 rpm.

Estas revoluciones fueron ajustadas en caso de tener soluciones con alta viscosidad. Las formulaciones obtenidas fueron almacenadas en refrigeración (± 2 °C) por un periodo de 24 a 48 horas, para reducir la espuma originada y evitar la presencia de burbujas. Las películas se formaron en moldes de teflón de 6,7 cm de diámetro y se adicionaron de 10 a 20 ml de solución de recubrimiento. Posteriormente, se llevaron a una estufa de convección a 60 ± 2 °C de 12 a 24 horas.

Las películas formadas se evaluaron teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Formación homogénea y facilidad para retirar del molde: estos parámetros se evaluaron mediante la observación de las películas en el molde y el aspecto en su superficie después de las 24 h de secado. La formación homogénea y la facilidad de retirar del molde se evidenció mediante acciones como la inserción de una

microespátula en los bordes de la película. Se realizaba una suave presión para poder extraerlas y mediante esta acción se determinó que las películas con aspecto compacto y seco, sin fragmentación, con color y superficie homogénea serían promisorias para la aplicación en alimentos.

Resistencia a la tracción: se evaluó sosteniendo cada extremo de las películas formadas con una mano. Cada extremo se sometió a una elongación de uno a dos centímetros en dirección contraria, hasta observar la fractura del material.

Opacidad y brillo: las películas formadas fueron retiradas de los moldes y ubicadas en fondo oscuro para determinar brillo visualmente, mediante la comparación entre cada una de las muestras. La opacidad se evaluó tomando las películas con pinzas y observándolas mediante iluminación natural a contraluz para determinar su nivel de opacidad o transparencia.

Exudación superficial: posterior a la formación de las películas, se realizó una evaluación visual de la presencia de líquido o materiales grasos sobre la superficie de las películas. Este aspecto fue corroborado mediante el tacto, para determinar así las formulaciones que no presentaron la incorporación correcta o por el alto porcentaje de los aditivos en estas formulaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción de los biopolímeros con los plastificantes permitió definir los porcentajes a incorporar en las películas. Se consideraron aspectos como formación homogénea, brillo, opacidad aparente y elasticidad. Se evidenció que ninguna de las

películas cumplía completamente con los criterios de selección establecidos, por lo tanto, se modificaron las formulaciones al reducir los porcentajes de sólidos añadidos (goma guar) en un rango entre 0,2 % y 0,5 %. Se mantuvieron los porcentajes de 1 % a 3 % para el caso del almidón. Los plastificantes se adicionaron en porcentajes inferiores al 0,3 %.

Formación homogénea y facilidad para retirar del molde

Uno de los principales aspectos que determinó la homogeneidad de la película fue la viscosidad de la solución. Con las formulaciones con porcentajes superiores o iguales a 0,5 % para goma y mayores a 2 % de almidón, por la cantidad de soluto mayor que la cantidad de agua utilizada para preparar la solución, se formaban aglomeraciones del polvo y se creaban grumos, que no lograban ser disueltos en las revoluciones utilizadas con agitación magnética. Por tanto, y para lograr una solución homogénea, la agitación mecánica fue elevada de 1500 a 3000 rpm.

El almidón de maíz usado en esta investigación no se incorporó adecuadamente en la solución del recubrimiento, posiblemente por la metodología propuesta para la preparación de las soluciones. Sin embargo, formaba películas homogéneas sin presencia de tantas burbujas en concentraciones de 1 % de biopolímero, con 0,5 % a 1 % de glicerol y 2 % de almidón con 0,5 % de glicerol, como las Figuras 2A y 2B. Se obtuvieron películas quebradizas con porcentajes de 2 % de almidón con glicerol al 0,7 % y almidón al 3 %, con glicerol desde 0,5 – 0,7 %, con algunas burbujas, tal como se muestra en la Figura 2G.



Figura 2. Capacidad de formación homogénea en el molde y facilidad para retirar.
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, cuando el biopolímero se mezclaba con sorbitol, formaba películas muy quebradizas y pegadas a los moldes, posiblemente por su falta de formación homogénea o por una deficiente incorporación molecular entre el plastificante y el biopolímero, fenómeno que se presentó especialmente a concentraciones mayores de 0,6% de plastificante tanto con almidón de maíz como con goma guar, independientemente de la cantidad de estos. Con este plastificante, no se llegó a formar ninguna película de almidón, a excepción de las formulaciones de 1 % de biopolímero con 0,5 % de sorbitol, que fueron películas opacas, muy delgadas y poco manipulables. Por ello, se deshacían al entrar en contacto con las manos y el mismo fenómeno de comportamiento ocurrió con la combinación de los biopolímeros con los plastificantes en mezcla entre 0,20-0,30%,

que no llegaron a formar adecuadamente una red tridimensional, tal y como muestran las Figura 2H y Figura 2I.

La goma guar, por su alto peso molecular y su estructura cristalina, fue la que mejor se incorporó con el glicerol, independientemente del porcentaje incorporado. En efecto, tuvo mejores características de homogeneidad y menor exudación en porcentajes de 0,20 % y 0,30 % de plastificantes (Glicerol y Sorbitol), como se evidencia en la Figura 2C. Las formulaciones con goma guar y sorbitol no formaron películas continuas y homogéneas, a excepción de cantidades de goma 0,2 % con sorbitol 0,5 % y goma 0,3 % con sorbitol 1 %, que formaron películas delgadas, opacas, pero no por completas similares a la figura 2F. Las formulaciones de 1 % de goma fueron reformuladas con 0,3 %, así que se logró una mejoría

en la homogeneidad de la solución por la reducción de viscosidad debido a relación sobresaturada de soluto-agua (solvato).

Las películas evaluadas en esta parte de la investigación fueron homogéneas y su desprendimiento de la superficie sólida fue eficiente, como se puede apreciar en las figuras 2D y 2E. Las formulaciones trabajadas que presentaron estas características incluían polisorbato 80 y aceite desde 0,10 % a 0,30 %, goma guar de 0,3 % y 0,5 % y plastificantes en contenido de 0,20 %, 0,25 %, y 0,30 %. De este modo, se obtuvieron películas como las presentadas en la Figura 2C.

Resistencia a la tracción

La implementación de aditivos como los plastificantes reducen las fuerzas

intermoleculares de la película. Con ello, es posible encontrar mayor maleabilidad y menor ruptura cuando se someten a esfuerzos externos, otorgando flexibilidad (Saavedra y Algecira, 2010). Autores como Oropeza, Montes y Padrón (2016), evidenciaron en su revisión bibliográfica que el almidón de maíz con alto contenido de amilosa gelatinizada a baja temperatura en concentración 1:1 con glicerol de Bertuzzi, Gottifredi y Armada (2012), forman películas que obtienen valores altos en deformación y elongación cuando se emplean temperaturas de proceso menores a 300-315 K y mayores concentraciones de glicerol. Con relación a la fuerza de ruptura, el efecto es contrario, por lo que se concluye que a bajas concentraciones de plastificante aumenta la resistencia de tensión.



Figura 3. Resistencia a la tracción.
Fuente: elaboración propia.

El glicerol es uno de los plastificantes que más se ha empleado en la elaboración de recubrimientos y películas, debido a sus resultados positivos en formación por su naturaleza hidrofílica, que junto con los polisacáridos se compenetra adecuadamente y garantizando una mayor propiedad de barrera a la pérdida de agua (Patarroyo y Cárdenas, 2014). Con respecto a este plastificante, en la totalidad de las formulaciones se obtuvo un resultado positivo en cuanto a la formación de película, en especial de las que eran con goma guar. En películas a base de almidón de maíz del 1 % al 2 % y glicerol del 0,5 % al 0,7 %, ocurría que generaban películas que desprenden en totalidad del molde, pero no son fáciles de manipular por su alta fracturabilidad, como se evidencia en las figuras 3G y 3H o el extremo con almidón 3 % en concentraciones de glicerol desde 0,5 % al 0,7 %, que eran películas muy rígidas y poco maleables, como la figura 3E. La formulación de 0,3 % de goma guar y 0,2 % de glicerol con sorbitol en concentración 0,10 % y 0,10 % respectivamente, 0,2 % de aceite de canola y 0,2 % polisorbato 80 junto con la formación de 0,5 % de goma guar, 0,3 % de glicerol y sorbitol de concentración 0,12 % y 0,18 %, 0,3 % de aceite de canola y 0,3 % de polisorbato 80, formaron películas con superficie lisa, sin presencia de exudación, color opaco favorable para su aplicación en la matriz y resistente a la tracción.

Opacidad y brillo

Se observó que la goma guar en concentraciones entre 0,5% y 1% formó películas opacas (Figura 4A, 4B, 4C, 4D) lo que indica que la concentración de

sólidos posiblemente podría afectar la claridad de la estructura de la red tridimensional, ya que la naturaleza de este biopolímero tiene una tonalidad oscura proveniente del endospermo de la planta *Cyamopsis tetragonolobus*. Por otra parte, la conformación estructural de la goma guar de doble hélice cristalina permite la formación de películas más opacas, en comparación con almidones, derivados de celulosa y carrageninas que originan películas más brillantes y transparentes (Montero, Gómez, López y Barbosa, 2017; Nieto, 2009). Sin embargo, el brillo y la opacidad de las películas se debe principalmente al efecto que tienen los plastificantes añadidos, su concentración y su interacción con el biopolímero, debido a que su uso mejora la resistencia al agua y las propiedades de barrera, lo que da lugar a películas brillantes, flexibles y extensibles (Begoña, González, Colina y Sánchez, 2015).

Las películas con rangos de glicerol entre 0,5 % y 0,7 % presentaron mayor brillo en soluciones con almidón (Figuras 4F, 4G, 4I), comparadas con las realizadas a partir de goma (Figuras 4E y 4H). La combinación de plastificantes permitió reducir el brillo otorgado por el glicerol, obteniendo películas más opacas y maleables con goma guar del 0,3 % a 0,5 % junto con mezclas glicerol y sorbitol de 0,1 % hasta 0,18 % de sorbitol y glicerol de 0,1 % a 0,12 %. La adición de aceite de canola y polisorbato 80 en rangos de 0,2 % a 0,3 % disminuyeron el brillo de las películas, debido al aspecto turbio que brinda el emulsificante y la funcionalidad que favorece en la incorporación de todos los componentes de la solución (Navarro, 2007).

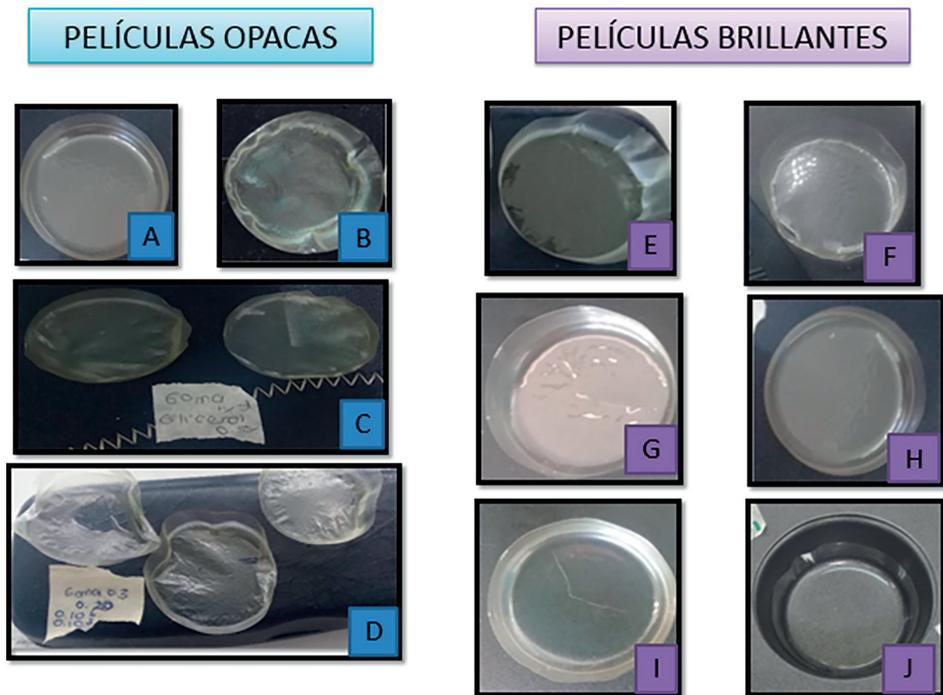


Figura 4. Opacidad y brillo.
Fuente: elaboración propia.

Exudación superficial

A pesar de que la exudación puede ser una característica influenciada por factores que no son controlados con el método de *casting*, como el ambiente de secado y la ventilación del ambiente circundante (Vogelsang, 2013), se logró establecer que el tipo de biopolímero no influye en el fenómeno de exudación, ya que en las pruebas preliminares de formación realizadas con únicamente goma y almidón, no se logró evidenciar este fenómeno y las películas obtenidas tenían superficies totalmente secas. Por el contrario, con la

adición de concentraciones superiores a 0,7% de plastificante, se presentaron superficies exudadas como las de las figuras 5F, 5G, 5H y 5I que, por falta de cohesividad, integridad estructural y la falta de interacción molecular entre el biopolímero y el plastificante, no lograron acoplarse adecuadamente. Formulaciones con goma guar de 0,3 % y 0,5 %, plastificantes desde 0,20 %, 0,25 %, y 0,30 % y aceite con polisorbato de concentraciones 0,1 % a 0,3 % presentaron películas ligeramente exudadas (casi imperceptibles), lisas y adecuadas para su implementación, como se puede evidenciar en las figuras 5A, 5B y 5C.



Figura 5. Fenómeno de exudación.
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, es posible destacar la importancia de mantener un balance entre la concentración de los aditivos y el polisacárido, con el objetivo de mantener la capacidad de enlace entre los compuestos de la solución que conforman la red polimérica. De este modo, se logra una interacción adecuada porque, de lo contrario, se originan películas exudadas por el exceso de aditivos que no se incorporan a la estructura. Estudios como los realizados por Solís (2016) presentan formulaciones a base de HPMC y glicerol con porcentajes de 0,5 % de cada componente, que formaron películas con superficies exudadas, quebradizas y con características de formación desfavorables, a diferencia de formulaciones con un balance mayor de HPMC al 1 % y 0,5

% de glicerol, cuyo comportamiento en este caso fue favorable. Así, se obtuvieron películas gruesas, maleables, con superficies secas y con buenas características de formación, de tal manera que es posible inducir que, dependiendo la naturaleza del biopolímero, las cantidades de aditivos añadidas deben ser inferiores a una relación de 1-1.

CONCLUSIONES

El uso de aditivos como plastificantes, emulsificantes y lípidos en la elaboración de películas a base de goma guar y almidón de maíz debe ser formulado con un porcentaje que no sobrepase la cantidad de biopolímero implementado, en porcentajes entre 0,1 % y 0,3 % para emulsificante

y lípido y 0,4 % para plastificante, con el fin de obtener una formación continua y homogénea de película con características cualitativas, como opacidad y resistencia a la tracción.

Las formulaciones de goma guar al 0,30 % con 0,10 % de glicerol, 0,10 % de sorbitol, 0,20 % de polisorbato 80 y aceite de canola y goma guar al 0,50 %, glicerol 0,12 %, sorbitol 0,18 %, polisorbato 80 y aceite de canola 0,30 % son promisorias por sus características para su aplicación en matrices alimentarias como granos, por sus características de opacidad y brillo.

REFERENCIAS

- Alemán, M., Galán, L., Morales, L. & Arévalo, K. (2007). Estudio de las propiedades y biodegradabilidad de plásticos (cast-films) elaborados a partir de cáscara de naranja, pectina y alcohol polivinílico (PVOH). Recuperado de: http://www.smbb.com.mx/congresos_smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_IV/CIV-14.pdf
- Barnes, D., Galgani, F., Thompson, R. & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Begoña, D., González, D., Colina, C. & Sánchez, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 8–17. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Bertuzzi, M., Gottifredi, J. y Armada, M. (2012). Mechanical properties of a high amylose content corn starch based film, gelatinized at low temperature. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15(3), 219–227.
- Domínguez, M. & Jiménez, M. (2012). Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 110–121.
- Embuscado, M., & Huber, K. (2009). *Edible Films and Coatings for Food Applications*. Springer.
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ocampo, A., García, A. & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52–57.
- Téllez, A. (2012). *La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá*. (Tesis de maestría). Recuperada de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7080/1/905077.2012.pdf>
- Montero, M., Gómez, M., López, M. & Barbosa, G. (2017). *Edible films and coatings: Fundamentals and applications*. CRC Press.
- Müller, T., Nietzer, H. & Lindner, W. (1995). *Das grosse Buch der technischen Indikatoren alles über Oszillatoren, Trendfolger, Zyklentechnik*. TM-Börsenverl.

- Navarro, M. (2007). *Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas*. (Tesis de doctorado). Recuperada de: <http://dspace.upv.es/xmlui/handle/10251/1923>
- Nieto, M. (2009). Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings. En: *Edible Films and Coatings for Food Applications* (pp. 57–60). EEUU: Springer.
- Oropeza, R., Montes, A. & Padrón, C. (2016). Revisión Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7(1), 65–93.
- Patarroyo, C. & Cárdenas, A. (2014). Efecto de recubrimientos comestibles a base de goma gellan, gelatina y caseína sobre la cinética de deterioro de la mora de castilla. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Saavedra, N., & Algecira, N. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova-Publicación Científica En Ciencias Biomédicas*, 8(14), 171–182. <https://doi.org/10.22490/24629448.448>
- Solis, S. (2016). *Elaboración y caracterización de películas comestibles elaboradas con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC)*. (Tesis de pregrado). Recuperada de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65172/Elaboraci%C3%B3n%20de%20pel%C3%ADculas%20comestibles%20HPMC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Velázquez-Moreira, A. & Guerrero, J. (2014). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(2), 5-12.
- Vogelsang, S. (2013). *Análisis del flujo de un biopolímero soluble en agua durante el procesamiento de películas*. (Tesis de maestría). Recuperada de: <http://bdigital.unal.edu.co/11096/1/02822326.2013.pdf>