



## CARACTERIZACIÓN DE UNA PELÍCULA COMESTIBLE A BASE DE SUERO DE LECHE, INULINA, GRENETINA Y GLICEROL

Selene E. Herrera-Vazquez<sup>a</sup>, Octavio Dublán-García<sup>a</sup>, Leticia X. López-Martínez<sup>a</sup>, Leobardo Manuel Gómez-Oliván<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química, Departamento de Alimentos, [qaselheva@hotmail.com](mailto:qaselheva@hotmail.com)

### RESUMEN

En la actualidad, los biopolímeros (proteínas, carbohidratos y lípidos) son ampliamente usados en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles para aumentar la vida útil de los alimentos, mantener su calidad o mejorar sus características nutricionales y sensoriales. Se caracterizaron películas comestibles (PC), conformadas por suero de leche (7-13%), inulina (4%), grenetina (3-6%) y glicerol (3-9%), utilizando un modelo de superficie de respuesta Box-Behnken, a las cuales se les evaluó pH, espesor, hinchamiento, solubilidad, color (L, C y h\*) y textura (resistencia a la ruptura, módulo de Young y elasticidad). Se obtuvieron PC de 5 cm de diámetro y de 9.5- 14.3µm de espesor, el cual se incrementó con el contenido de glicerol y grenetina, mientras que el pH se encontró en un intervalo de 6.1 a 6.4. La adición de suero de leche aumentó la capacidad de hinchamiento y solubilidad de las películas de 87.6 a 120.9% y de 19.7 a 29.8% ( $p < 0.05$ ), respectivamente, lo cual puede estar asociado al carácter hidrofílico de las proteínas. Las películas presentaron un color con tendencia al amarillo claro entre 95.3 y 96.5° Hue, valores de L de 84.3 a 96.5 y una cromaticidad de 6.0 a 9.3 que varió con la cantidad de suero de leche. En la prueba de textura, se observó que a medida que el glicerol se incrementó, la elasticidad aumentó, mientras que la resistencia a la ruptura disminuyó. Esto debido a las propiedades plastificantes del glicerol que permite que las películas se han más flexibles en concentraciones bajas y quebradizas en concentraciones altas. Este estudio contribuye a la optimización del funcionamiento de PC basado en propiedades fisicoquímicas que permitan la elaboración de empaques biodegradables, de acuerdo a las necesidades de cada alimento, a partir de materiales aceptados y consumidos por la población.

### 1. INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo la creciente demanda de alimentos frescos como las frutas y verduras han llevado a la búsqueda de nueva tecnologías que contribuyan a conservar sus propiedades iniciales por mayor tiempo. Como alternativa han surgido las películas (PC) y recubrimientos comestibles (RC), que se define como la capa delgada de material aplicado en la superficie o entre los componentes de un alimento con el propósito de generar una barrera semipermeable a gases, vapor de agua y compuestos volátiles, para extender su vida útil (Bourbon *et al.*, 2011).

Los materiales para la elaboración de las PC son de origen biológico y puede ser divididos en tres categorías: hidrocoloides, lípidos, y compositos. Los hidrocoloides incluyen a las proteínas y los carbonhidratos; estos presentan buenas barreras contra el O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, mejoran las propiedades mecánicas y retardan la migración de aceites, grasas y solutos, sin embargo tienen una alta permeabilidad a la humedad y al vapor de agua. Entre ellos están las proteínas de soya, zeína de maíz, gluten de trigo, colágeno, caseínas, albúminas y proteínas de suero de leche y pescado, almidón, alginato, pectina, quitosano, mucílago, carragenatos y carboximetilcelulosa). Los lípidos muestran una baja permeabilidad a la humedad, proporcionan y mejoran el brillo de los alimentos,



son buenos soportes para aditivos liposolubles, retienen compuestos volátiles pero forman películas frágiles como las ceras: de abeja, parafina, candelilla y carnauba; aceites: ácidos grasos y acilglicéridos; y resinas: terpeno y shellac. Los compositos son aquellos que contienen ambos compuestos hidrocoloides y lípidos, con la finalidad de mejorar las propiedades de estos al combinar las ventajas de cada uno (Donhowe y Fennema, 2002; Chiralt et al., 2012; y Viroben et al., 2000).

Entre otras ventajas, las PC mejora las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos, proveen protección individual, y contribuyen a la reducción de la contaminación ambiental por el uso de envases sintéticos no biodegradables al ser elaborados a partir de materiales eco-amigables, además de brindar la posibilidad de ser aplicados en una gran diversidad de alimentos como frutas, pescados, camarones, productos de confitería y alimentos procesados a base de carnes, leche o cereales (productos de panificación, botanas) y liofilizados.

Aunque el tema de PC y RC así como su aplicación han sido ampliamente estudiados, este trabajo de investigación contribuye a la optimización del funcionamiento de PC basado en propiedades fisicoquímicas que permitan la elaboración de empaques biodegradables, de acuerdo a las necesidades de cada alimento, a partir de materiales aceptados y consumidos por la población.

## 2. MATERIALES Y MÉTODO

Para la elaboración de las PC se utilizó grenetina (Duche, 290° Bloom), proteína aislada de suero de leche (Darigold Inc., Seattle, WA, USA, inulina (Frutafit IQ, VA Mexico SA CV) y Glicerol (J.T. Baker Analyzed™, ACS Mexico).

### 2.1. Elaboración de las películas

La disolución formadora de película (DFP) fue preparada siguiendo las concentraciones establecidas en el diseño de superficie de respuesta Box- Behnken (Tabla 1). Se aplicó la técnica referida por García- Argueta *et al.* (2013). Se emplearon 100ml de agua estéril destilada a 70°C y se adicionaron uno a uno en agitación magnética constante cada uno de los componentes hasta lograr su completa disolución. El orden de los componentes fue grenetina, proteína aislada de suero lácteo, inulina y glicerol. Se colocaron 5 mL de DFP a 40°C en cajas Petri de 5cm de diámetro y se secaron en una cámara (Lumistell) a 30°C por 48 horas. Previo a los análisis, las películas obtenidas se acondicionaron en la misma cámara a una humedad relativa del 50% a 20± 2°C por 24 h.

### 2.2. Caracterización de las películas

#### 2.2.1. pH

Se empleó el método ASTM D 1293-84 (ASTM D 1293-84, 1990), utilizando un potenciómetro pHep® modelo HI 98107 (Hanna). El análisis se realizó a 25°C por triplicado.

#### 2.2.2. Espesor

El espesor de las PC se midió con un micrómetro mecánico de mano (Central Tool CO. Crasnston, R.I., USA). Las mediciones se llevaron a cabo en 5 posiciones aleatorias de la película y se calculó la media, el resultado se expresó en  $\mu\text{m}$ .

#### 2.2.3. Hinchamiento

El grado de hinchamiento ( $GH$ ) o capacidad de absorción de agua de las películas se determinó como se describe en la norma ASTM D5229, con algunas modificaciones. Las muestras de película se secaron durante 48h a 40°C para obtener un peso constante y posteriormente se pesó. La película fue entonces puesta en 18mL de agua destilada durante 24 h a temperatura ambiente, después fueron secadas sobre papel absorbente para eliminar el exceso de agua y se pesaron nuevamente. Se calculó el  $GH$  mediante la ecuación (1):

$$GH = \frac{w_2 - w_1}{w_1} (100) \quad (\text{Ecuación 1})$$



Donde  $w_2$  es el peso húmedo y  $w_1$  es el peso seco de las películas.

**Tabla 1. Composición de la PC de acuerdo al diseño de superficie de respuesta Box- Behnken.**

| Fórmula | Valores codificados |          |          | Valores reales   |             |            |           |
|---------|---------------------|----------|----------|------------------|-------------|------------|-----------|
|         | Factor A            | Factor B | Factor C | % Suero de leche | % Grenetina | % Glicerol | % Inulina |
| 1       | 0                   | -1       | -1       | 10               | 3           | 3          | 4         |
| 2       | 1                   | 1        | 0        | 13               | 6           | 6          | 4         |
| 3       | 0                   | 0        | 0        | 10               | 4.5         | 6          | 4         |
| 4       | 1                   | 0        | 1        | 13               | 4.5         | 9          | 4         |
| 5       | -1                  | -1       | 0        | 7                | 3           | 6          | 4         |
| 6       | -1                  | 0        | 1        | 7                | 4.5         | 9          | 4         |
| 7       | 0                   | 0        | 0        | 10               | 4.5         | 6          | 4         |
| 8       | 1                   | 0        | -1       | 13               | 4.5         | 3          | 4         |
| 9       | 0                   | 1        | 1        | 10               | 6           | 9          | 4         |
| 10      | -1                  | 0        | -1       | 7                | 4.5         | 3          | 4         |
| 11      | 0                   | -1       | 1        | 10               | 3           | 9          | 4         |
| 12      | 1                   | -1       | 0        | 13               | 3           | 6          | 4         |
| 13      | 0                   | 0        | 0        | 10               | 4.5         | 6          | 4         |
| 14      | 0                   | 1        | -1       | 10               | 6           | 3          | 4         |
| 15      | -1                  | 1        | 0        | 7                | 6           | 6          | 4         |

-1= nivel mínimo del componente; 1= nivel máximo del componente; 0= nivel medio del componente.

#### 2.2.4. Solubilidad

Se utilizó la metodología propuesta por Wang et al. (2007) con algunas modificaciones. Muestras de película de 3 cm de diámetro fueron secadas en una estufa a 100°C por 24h, con la finalidad de obtener un peso constante. Después cada muestra fue inmersa en 18 mL de agua destilada por 24h. Posteriormente el agua fue removida de las películas por el método de decantación y estas a su vez fueron secadas nuevamente a 100°C por 24 h. La solubilidad fue calculada mediante la ecuación (2)

$$\text{Solubilidad} = \frac{\text{peso}_{18\text{ mL}}^{\text{inicial}} - \text{peso}_{18\text{ mL}}^{\text{final}}}{\text{peso}_{18\text{ mL}}^{\text{inicial}}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

#### 2.2.5. Colorimetría

El color de la película se determinó con un colorímetro marca Konica Minolta (modelo CR-400 Chroma Meter, Sesing, Inc., Japan), con placa de calibración número 126633047 y estándares de  $L=97.3$ ,  $a=0.17$ ,  $b= 1.9$ . Se utilizó una escala de color  $L^*C^*h^*$  donde  $L^*$  (luminosidad) tiene valores de 0% = negro a 100% = blanco;  $C^*$  (cromaticidad) es la intensidad del color y  $h^*$  representa el ángulo en una rueda de color de 360°, en la que 0°, 90°, 180° y 270° representan el rojo- púrpura, amarillo, verde azulado y azul, respectivamente.

#### 2.2.6. Propiedades mecánicas de las Películas Comestibles

Las propiedades de textura se estudiaron utilizando un Texturómetro modelo TA-XT2 (Texture Analyser, Stable Micro Systems, Texture Technologies, Corp.). La resistencia a la ruptura (RR), módulo de Young (MY) y elasticidad (E) se determinaron de acuerdo con la metodología descrita por García- Argueta et al. (2013). El análisis se realizó por quintuplicado.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron películas de las 15 formulaciones del diseño de superficie de respuesta de Box Behnken las cuales de acuerdo a su composición mostraron diferentes propiedades fisicoquímicas, de color y de textura que definen las propiedades funcionales de la película. Los resultados se muestran en la Tabla 2.



**Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas, color y textura de las diferentes formulaciones de películas.**

| PC | pH               | Espesor (µm)            | GH (%)                     | %S                     | L                        | C                     | h                      | RR(N)                  | E (mm)                  |
|----|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1  | 6.1 <sup>a</sup> | 9.5±0.1 <sup>a</sup>    | 104.5±1.8 <sup>bcdde</sup> | 23.7±0.3 <sup>c</sup>  | 87.6±0.6 <sup>b</sup>    | 6.9±0.1 <sup>bc</sup> | 95.7±0.6 <sup>a</sup>  | 19.6±1.2 <sup>e</sup>  | 15.3±0.1 <sup>a</sup>   |
| 2  | 6.1 <sup>a</sup> | 14.3±0.1 <sup>g</sup>   | 120.9±2.0 <sup>g</sup>     | 26.0±0.2 <sup>ef</sup> | 89.0±0.4 <sup>cde</sup>  | 8.4±0.1 <sup>e</sup>  | 96.5±0.4 <sup>b</sup>  | 32.2±1.1 <sup>f</sup>  | 21.2±0.4 <sup>d</sup>   |
| 3  | 6.1 <sup>a</sup> | 12.7±0.1 <sup>f</sup>   | 114.0±13.9 <sup>dfg</sup>  | 25.0±0.2 <sup>d</sup>  | 89.8±0.1 <sup>defg</sup> | 7.6±0.1 <sup>d</sup>  | 96.3±0.1 <sup>b</sup>  | 21.1±2.7 <sup>e</sup>  | 23.1±0.8 <sup>ef</sup>  |
| 4  | 6.2 <sup>b</sup> | 14.3±0.5 <sup>g</sup>   | 112.7±5.3 <sup>dfg</sup>   | 27.1±0.4 <sup>g</sup>  | 86.8±0.4 <sup>b</sup>    | 8.3±0.1 <sup>e</sup>  | 95.7±0.1 <sup>a</sup>  | 13.1±0.7 <sup>c</sup>  | 20.7±0.2 <sup>d</sup>   |
| 5  | 6.3 <sup>c</sup> | 12.6±0.2 <sup>ef</sup>  | 89.8±9.5 <sup>ab</sup>     | 26.6±0.7 <sup>fg</sup> | 90.9±0.5 <sup>gh</sup>   | 6.2±0.2 <sup>a</sup>  | 96.5±0.4 <sup>b</sup>  | 10.1±0.5 <sup>b</sup>  | 23.3±0.5 <sup>efg</sup> |
| 6  | 6.2 <sup>b</sup> | 12.0±0.2 <sup>cde</sup> | 87.6±4.3 <sup>a</sup>      | 24.8±0.5 <sup>d</sup>  | 91.2±0.2 <sup>h</sup>    | 6.1±0.2 <sup>a</sup>  | 96.4±0.5 <sup>b</sup>  | 10.9±0.5 <sup>bc</sup> | 22.8±0.1 <sup>e</sup>   |
| 7  | 6.1 <sup>a</sup> | 12.3±0.2 <sup>def</sup> | 112.1±7.6 <sup>dfg</sup>   | 24.9±0.6 <sup>d</sup>  | 88.8±1.7 <sup>cd</sup>   | 7.1±0.2 <sup>c</sup>  | 96.4±0.4 <sup>b</sup>  | 20.7±1.5 <sup>e</sup>  | 23.4±0.4 <sup>efg</sup> |
| 8  | 6.1 <sup>a</sup> | 11.6±0.2 <sup>bc</sup>  | 116.3±5.3 <sup>dfg</sup>   | 25.6±0.3 <sup>de</sup> | 88.7±0.4 <sup>c</sup>    | 8.2±0.1 <sup>e</sup>  | 96.4±0.1 <sup>b</sup>  | 37.3 ±2.8 <sup>g</sup> | 18.3±0.7 <sup>b</sup>   |
| 9  | 6.3 <sup>c</sup> | 14.3±0.3 <sup>g</sup>   | 112.9±3.2 <sup>dfg</sup>   | 27.0±0.1 <sup>g</sup>  | 90.3±0.2 <sup>fgh</sup>  | 7.6±0.2 <sup>d</sup>  | 96.5±0.1 <sup>b</sup>  | 15.9±0.9 <sup>d</sup>  | 23.6±0.5 <sup>fgh</sup> |
| 10 | 6.4 <sup>d</sup> | 9.6±0.5 <sup>a</sup>    | 104.9±5.6 <sup>cde</sup>   | 19.7±0.8 <sup>a</sup>  | 90.6±0.3 <sup>fgh</sup>  | 6.3±0.1 <sup>a</sup>  | 95.3±0.4 <sup>a</sup>  | 56.5±2.8 <sup>h</sup>  | 19.4±0.3 <sup>c</sup>   |
| 11 | 6.3 <sup>c</sup> | 11.4±0.6 <sup>b</sup>   | 93.1±8.2 <sup>abc</sup>    | 29.8±0.5 <sup>h</sup>  | 90.6±0.2 <sup>fgh</sup>  | 6.9±0.2 <sup>bc</sup> | 95.6±0.1 <sup>a</sup>  | 5.7±0.1 <sup>a</sup>   | 24.3±0.4 <sup>h</sup>   |
| 12 | 6.2 <sup>b</sup> | 12.5±0.3 <sup>ef</sup>  | 101.7±11.9 <sup>abcd</sup> | 29.3±0.3 <sup>h</sup>  | 84.3±0.4 <sup>a</sup>    | 9.3±0.2 <sup>f</sup>  | 95.7±0.3 <sup>a</sup>  | 6.6±0.1 <sup>a</sup>   | 19.2±0.1 <sup>c</sup>   |
| 13 | 6.1 <sup>a</sup> | 12.6±0.2 <sup>d</sup>   | 113.0±2.5 <sup>dfg</sup>   | 25.2±0.2 <sup>de</sup> | 89.6±0.6 <sup>cdef</sup> | 7.1±0.1 <sup>c</sup>  | 95.6±0.2 <sup>a</sup>  | 20.4±0.7 <sup>e</sup>  | 23.8±0.5 <sup>fgh</sup> |
| 14 | 6.3 <sup>c</sup> | 11.8±0.1 <sup>bcd</sup> | 117.6±9.8 <sup>g</sup>     | 21.5±0.2 <sup>b</sup>  | 89.9±0.3 <sup>efg</sup>  | 7.7±0.2 <sup>d</sup>  | 95.8±0.2 <sup>ab</sup> | 59.1±3.8 <sup>h</sup>  | 18.7±0.2 <sup>bc</sup>  |
| 15 | 6.4 <sup>d</sup> | 12.7±0.4 <sup>f</sup>   | 94.6±2.1 <sup>abc</sup>    | 21.4±0.3 <sup>b</sup>  | 90.6±0.3 <sup>fgh</sup>  | 6.6±0.1 <sup>b</sup>  | 95.5±0.3 <sup>a</sup>  | 32.7±0.9 <sup>f</sup>  | 23.9±0.6 <sup>g</sup>   |

El pH de la DFP se incrementó de 6.1 a 6.4 a medida que la concentración de suero de leche disminuyó, debido a que éste componente es ácido lo cual hace que el pH de la disolución descienda. Por otro lado el pH de las DFP se encuentra alejado del punto isoeléctrico de las proteínas, lo que permitió que las proteínas se desplegaran y formaran una matriz proteica estable en conjunto con el resto de los componentes.

En el caso de las PC se obtuvieron muestras de 9.5 a 14.3µm de espesor, el cual se incrementó con la concentración de los componentes, siendo mayor el efecto con el contenido de glicerol, seguido por el de grenetina, y en menor relación con la cantidad de suero de leche, por lo tanto existe una relación directa entre la cantidad de glicerol y el espesor de las películas. Esto se puede deber a la estructura del glicerol que permite su interacción con el resto de los componentes por medio de puentes de hidrógeno reduciendo de esta manera el entrecruzamiento entre las proteínas para crear una red proteica menos compacta. La medición del espesor es importante ya que afecta las propiedades mecánicas y de barrera de las películas.

El hinchamiento de las películas fue diferente ( $p < 0.05$ ) para cada una de las formulaciones, se observó que las altas concentraciones de suero de leche (13%) y grenetina (6%) permitieron un mayor GH de las películas debido a la capacidad de las proteínas para absorber y retener agua dentro de la red que forman por las interacciones proteína- agua, mientras que con el glicerol ocurrió un efecto contrario, el aumento en la cantidad de glicerol de 3 a 9% disminuyó la capacidad de retención de agua de las películas de 120.9% a 87.6%. Dicho comportamiento se debe a que el glicerol interactuó con las proteínas y redujo la superficie de contacto de las proteínas con el agua. Este parámetro nos dice cuánta agua pueden absorber las películas del ambiente o del alimento que recubren.

La solubilidad involucra la penetración de las moléculas de agua en la matriz polimérica, esto es seguido por la disrupción de las fuerzas de Van der Waals entre las cadenas poliméricas (Turhan y Sahbaz, 2004). De acuerdo con los resultados, el contenido de glicerol tuvo un mayor efecto en la solubilidad de las películas, debido a que es una molécula hidrófila, por lo que a mayor concentración de glicerol, la solubilidad de las películas se favoreció de 19.7 a 29.8%.

Las propiedades ópticas de la PC son importantes para la aceptación del producto por parte del consumidor. Las películas exhibieron un color amarillo claro, el cual se refleja en los valores de °Hue entre 95.3 y 96.5°. La cromaticidad y la luminosidad se incrementaron con la concentración de suero





de leche, obteniéndose valores de 6.0 a 9.3 y de 84.3 a 96.5, respectivamente. Esto se debe a que el suero de leche tiene una coloración amarillo claro confiriéndole así el color a las películas.

En la determinación de las propiedades mecánicas de la PC, la resistencia a la ruptura de las películas disminuyó de 59.6 a 5.7N a medida que la concentración del glicerol aumentó, mientras que la elasticidad se incrementó. Esto debido a la disminución de las interacciones proteína-proteína, lo que favoreció un incremento en la movilidad de las cadenas poliméricas (Sobral *et al.*, 2005). Sin embargo, el aumento en el contenido de gretina mejoró la resistencia de las películas al aumentar entrecruzamiento proteico.

#### 4. CONCLUSIONES

Se desarrollaron películas comestibles estables a base de suero de leche, inulina, gretina y glicerol las cuales de acuerdo a su composición mostraron diferentes propiedades fisicoquímicas y mecánicas. Al incrementar la concentración del glicerol mejoró la elasticidad y se favoreció la solubilidad en el agua de las películas, pero disminuyó su capacidad de retención de agua. El aumento del espesor fue relacionado con la disminución de la solubilidad de las películas. Finalmente, las películas pueden ser utilizadas como empaques biodegradables para extender la vida útil de alimentos.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. A. I. Bourbon, A. C. Pinheiro, M. A. Cerqueira, C. Rocha, M. C. Avides, M. Quintas and A. A. Vicente, "Physico-chemical characterization of chitosan-based edible films incorporating bioactive compounds of different molecular weight" *J. Food Eng.*, 106, 201, pp. 111–118.
1. A. Chiralt, M. Fabra y L. Sánchez. "Propiedades de los recubrimientos comestibles" en *Películas y recubrimientos comestibles* (Clave Editorial, México, 2012) Olivas G., González G., Martín O. & Soliva R, Capítulo 1, pp. 21-57.
2. G. Donhowe and O. Fennema, Edible films and coating: Characteristics, formation, definitions, and testing methods. In: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* (Technomic Lancaster, PA, USA, 2002), Capítulo 1, pp. 1-24.
3. I. García- Argueta, O. Dublán- García, B. Quintero- Salazar, A. Dominguez- López, L. M. Gómez- Oliván and S. Abdel-Fattah, "Effect of lactic acid bacteria on textural properties of an edible film based on whey, inulin and gelatin", *Afr. J. Biotechnol.*, Vol. 12 (19), 2013, pp. 2659-2669.
1. P. Sobral, J. Dos Santos and F. García, "Effect of protein and plasticizer concentrations in film forming solutions on physical properties of edible films based on muscle proteins of a Thai Tilapia", *J. Food Eng.*, Vol. 70, 1, 2005, pp. 93-100.
2. K. Turhan and F. Sahbaz, "Water vapour permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose based edible films", *J. Food Eng.*, Vol. 61, 3, 2004, pp. 459-466.
3. G. Viroben, et al., "Preparation and characterization of films from pea protein". *J. Agric. Food Chem.*, (48), 2000, pp.1064-1069.
4. L. Wang, L. Liu, J. Holmes, J. Kerry and J. Kerry, "Assessment of film forming potential and properties of protein and polysaccharide- based biopolymer films", *J. Food Sci. Technol.*, (42), 2007, pp. 1128-1138.