

Influencia del ultrasonido y el extracto acuoso de *Schinopsis balansae* y *Gliricidia sepium* sobre las propiedades viscoelásticas de películas activas a base de carragenato

M. Alvear-Picón¹, R. González-Cuello¹, F. Guardo-Palomino¹, A. Sánchez-Castilla¹, y L. García-Zapateiro¹.

¹ Universidad de Cartagena – Departamento de Ingeniería de Alimentos, Programa Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación Ingeniería de Fluidos Complejos y Reología de Alimentos – IFCRA, Cartagena-Bolívar 130015, Colombia. mairaalvearp@outlook.es

RESUMEN: La elaboración de películas comestibles activas es una de las alternativas al uso de empaques convencionales para la industria alimentaria. Sin embargo, en la actualidad, es muy poca la información obtenida sobre el efecto de los principios activos y el uso de tecnología no térmica como el ultrasonido en el comportamiento reológico de películas activas. En este trabajo se evalúa el tratamiento del ultrasonido y el efecto de extractos de *Schinopsis balansae* y *Gliricidia sepium* en el comportamiento reológico de película comestible a base de carragenina. Las películas fueron obtenidas por el método de casting y las pruebas reológicas se llevaron a cabo en la zona viscoelástica y se ajustaron al modelo de Kelvin-Voigt. Aunque, en el comportamiento reológico viscoelástico ($G' > G''$) de las películas comestibles, se observaron cambios estructurales. Estos cambios fueron principalmente en G' , que es el componente sólido, mientras que ningún efecto fue percibido con el componente líquido (G'') que refleja la degradación de la estructura sólida. Estos resultados pueden contribuir al desarrollo de películas comestibles activas con mejores propiedades reológicas.

Palabras clave: Comportamiento reológico, películas activas, ultrasonido.

ABSTRACT: The production of active edible films is one of the alternatives to the use of conventional packaging for the food industry. At present, however, there is very little information on the effect of active substances and the use of nonthermal technology such as ultrasound in the rheological behaviour of active films. This paper evaluates the ultrasound treatment and the effect of extracts of *Schinopsis balansae* and *Gliricidia sepium* on the rheological behavior of edible film based on carrageenan. The films were obtained by the casting method and the rheological tests were carried out in the viscoelastic zone and conformed to the Kelvin-Voigt model. Although, in the viscoelastic rheological behavior ($G' > G''$) of edible films, structural changes were observed. These changes were mainly G' , which is the solid component, while no effect was perceived with the liquid component (G'') reflecting the degradation of the solid structure. These results can contribute to the development of active edible films with better rheological properties.

Keywords: Active films, rheological behavior, ultrasound.

Área: Aprovechamiento y valorización de subproductos

INTRODUCCIÓN

Los hidrocoloides se han utilizado en las industrias de alimentos para producir películas comestibles (EF) [12] para extender la vida útil de los alimentos y el control de la migración de muchos componentes entre el alimento y su entorno [4]. Los hidrocoloides como el carragenato, se han utilizado ampliamente para producir EF debido a sus propiedades reológicas y no toxicidad, formación de película [4]. En la actualidad las películas comestibles pueden contener compuestos activos como antimicrobianos, con el fin de elaborar empaques activos [7, 9] y extender la funcionalidad del principio activo y aumentar la vida útil [8, 13].

Schinopsis balansae, comúnmente conocido como Quebracho o Santacruz, es un árbol que proviene de América del Sur. Principalmente, *S. balansae* se ha utilizado como una fuente esencial de taninos vegetales y madera [11]. Sin embargo, el tema más interesante publicado acerca *S. balansae* es su actividad bacteriostática, que puede ser aprovechada por las industrias de alimentos [10]. De otra manera, *Gliricidia sepium* es una planta con una distribución mundial. Es bien sabido sus efectos estimulantes sobre el sistema inmunológico y su color, su estructura física, se conservan en estaciones secas como verano y otoño [17].

Actualmente, hay un gran interés por la industria alimentaria para elaborar empaques activos de liberación gradual. La aplicación de ultrasonidos de alta intensidad en películas comestibles activas puede ser una estrategia empleada para lograr esta propuesta debido al fenómeno de cavitación, que se origina por la creación y la descomposición de las burbujas dentro del sistema lo que generan un rompimiento de las cadenas del polímero que conforma la película [14]. Se debe mencionar que en la actualidad no hay información acerca de la incidencia de ultrasonido en películas comestibles cargadas con extracto acuoso *G. sepium*. y *S. balansae*. Y el efecto que tiene el tratamiento del ultrasonido en dichas películas en cuanto a las propiedades reológicas de las mismas. Por lo cual el presente trabajo tiene como finalidad estudiar el efecto que tiene el tratamiento con ultrasonido en las propiedades reológicas de las películas comestibles a base de carragenina cargadas con extracto acuoso de *G. sepium* y *S. balansae*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Arrastre por vapor

El extracto acuoso de *G. sepium* y *S. balansae* fue obtenido mediante la técnica de arrastre por vapor, el cual consiste en un sistema de destilación compuesto por dos matraces volumétricos de los cuales el primero de ellos se encuentra cargado con agua destilada y el segundo con el material vegetal, al producirse un calentamiento y por consiguiente la generación de vapor, éste se encarga de recolectar los componentes volátiles del material vegetal, por último dicho vapor pasa por un proceso de condensado para obtener el aceite esencial en forma de extracto acuoso.

Microencapsulación

Las microcápsulas fueron obtenidas de acuerdo con la metodología descrita por González et al. [4], que consisten en la formación de emulsiones mediante la mezcla de la dispersión polimérica con aceite vegetal con agitación constante. Más tarde, cada extracto acuoso (2 ml) fue incorporado junto con el polímero.

Formación de la película

Para la obtención de las películas 0,35% (w / v) de carragenina fueron disueltos directamente en agua destilada a 80°C. una vez completado el proceso fue incorporado glicerol como plastificante. Por último, las microcápsulas fueron incorporadas junto con la solución de carragenina para pasar por un proceso de servido en caja de Petri y secado durante 48 h a 34°C.

Tratamiento con el ultrasonido

El tratamiento con ultrasonido fue llevado a cabo usando un procesador de Labscient Modelo KSL5120-5 (frecuencia 40 kHz, potencia ultrasónica 120 w, Alemania) fue utilizada agua destilada con el fin de estimar la energía eficaz suministrada a la películas durante el tratamiento con ultrasonido a una temperatura de 40°C durante 10 minutos.

Ensayo Reológico

Las medidas reológicas fueron llevadas a cabo de acuerdo con la metodología descrita por González et al. [4] empleando un reómetro de esfuerzo controlado (Sistema Modular reómetro avanzada Mars 60, Haake, Thermo-Scientific, Alemania). La zona viscoelástica lineal se estableció a través de un barrido de amplitud G' y G'' . Posteriormente, se realizó un barrido de frecuencia entre 0,010 y 16 Hz.

Curvas de recuperación de fluencia

Las películas comestibles fueron sometidas a un esfuerzo para luego calcular la tensión en función del tiempo; el esfuerzo fue suspendido y se evaluó la recuperación del sistema y los parámetros característicos que representan este comportamiento. Los resultados se reportan en términos de cumplimiento y representadas por el modelo de Kelvin-Voigt (Ec. 1).

$$I(t) = J_0 + \sum_{i=1}^n J_1 \left(1 - e^{-t/\lambda_{rel}} \right) + t/\eta_0$$

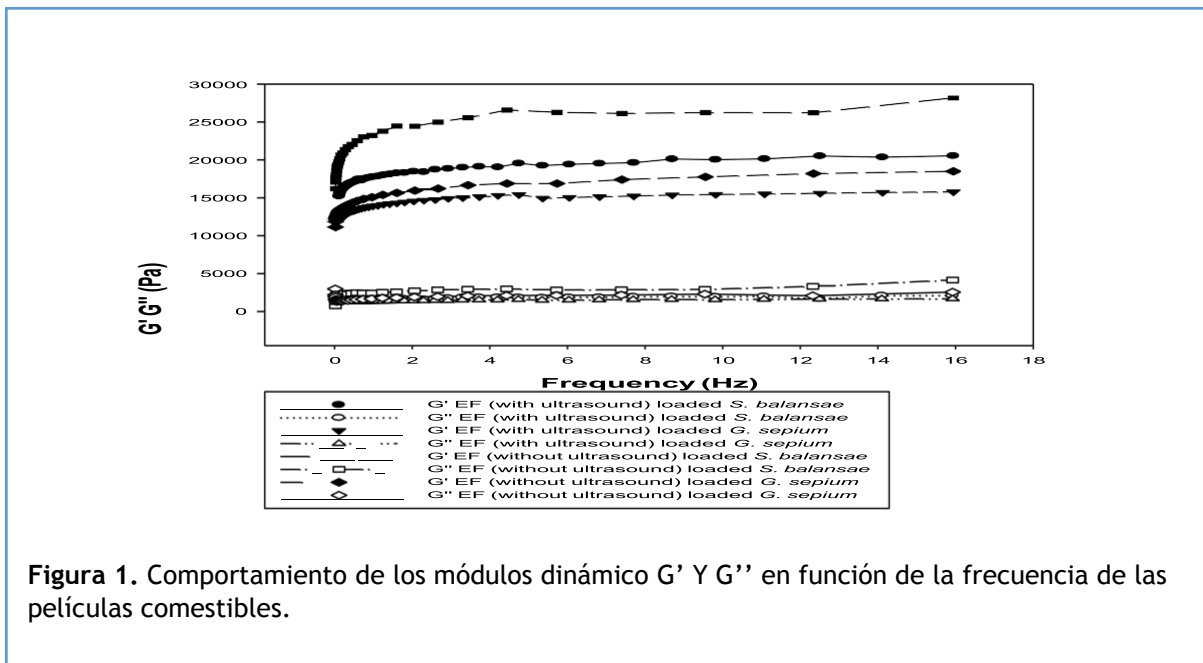
Análisis estadístico

Los parámetros obtenidos a partir del modelo Kelvin Voigt se analizaron aplicando un sistema ANOVA con el fin de determinar las diferencias estadísticamente significativas entre cada resultado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio dinámico

Los resultados obtenidos, muestran un comportamiento de las películas comestibles, donde el módulo de almacenamiento es mayor al de pérdida, lo que indica una influencia dominante de la componente elástica en las propiedades viscoelásticas de las películas comestibles en los intervalos de frecuencia (0,01 a 16 Hz), teniendo las características de un gel fuerte según Clark y Ross-Murphy [1]. También es importante mencionar que se obtuvo el valor más alto medio G' (22.240 Pa) para películas comestibles cargadas con *S. balansae* sin tratamiento con ultrasonido, seguido de las películas cargadas con el mismo extracto y con la aplicación del ultrasonido (18.009 Pa). A la inversa, el más bajo valor medio G'' (1442 Pa) se encontró para las películas cargadas con *G. sepium* y se sometió a ultrasonido.



Curva de Creep

En el estudio para determinar la curva de Creep de las películas, se logra observar que todas las películas estudiadas presentaron recuperación una vez fue suspendido el esfuerzo aplicado, Estas recuperaciones fueron entre 73,77 y 70,38 para las películas comestibles tratadas con ultrasonido y entre 84,76 y 83,12 para las películas sin tratamiento; lo que significa que EF pierde elasticidad con la aplicación de ultrasonidos; esta pérdida se debe probablemente a la degradación estructural de EF.

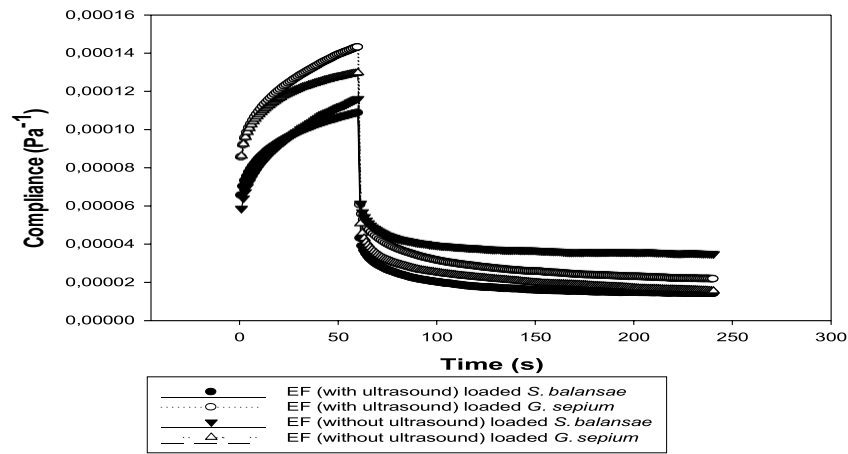


Figura 2. Curva de Creep de películas comestibles.

CONCLUSIONES

Todas las películas estudiadas presentaron un comportamiento con características reológicas viscoelásticas, de tal forma que el módulo de almacenamiento o módulo elástico fue mayor al módulo de pérdida o componente viscoso ($G' > G''$), lo cual da como conclusión principal, que son materiales con características predominantemente elásticas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Clark, S. Ross-Murphy. 1987. Structural and mechanical properties of biopolymers gels, In *Advances in Polymer Science*, K. Dusek, (Eds.), Vol 83, Springer Verlag, Germany, 57-192. <https://doi.org/10.1007/bfb0023332>
- [2] C. Giosafatto, P. Di Pierro, A. Gunning, A. Mackie, R. Porta and L. Mariniello. 2014. Trehalose- containing hydrocolloid edible films prepared in the presence of transglutaminase, *Biopolymers*, **101**, 931–937 <https://doi.org/10.1002/bip.22477>
- [3] R. González-Cuello, N.A. Urbina-Suarez, L.B. Morón-Alcázar. 2015. Viscoelastic Characterization of Biofilms obtained from Binary Mixtures, *Información Tecnológica*, **26**, 71-76. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642015000300011>
- [4] R. González-Cuello, F. Guardo-Palomino, A. Sánchez-Castilla, M. Alvear-Picón and R. Marsiglia- Fuentes. 2018. Changes of the Dynamic Properties of Films Based on Carrageenan by Microcapsules Incorporation, *Contemporary Engineering Sciences*, **11**, 689 – 696. <https://doi.org/10.12988/ces.2018.8266>

- [5] S. Guilbert, N. Gontard, L.G. Gorris. 1996. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings, *LWT Food Sci. Technol.*, **29**, 10–17. <https://doi.org/10.1006/fstl.1996.0002>
- [6] B. Hassan, S.A.S. Chatha, A.I. Hussain, K.M. Zia, N. Akhtar. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review, *Int. J. Biol. Macromol.*, **109**, 1095–1107. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- [7] K. Norajit, K.M. Kim, G.H. Ryu. 2010. Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract, *J. Food Eng.*, **98**, 377–384. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.015>
- [8] M. Ozdemir, J.D. Floros. 2004. Active food packaging technologies, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **44**, 185–193. <https://doi.org/10.1080/10408690490441578>
- [9] R. Saha, G. Sarkar, I. Roy, D. Rana, A. Bhattacharyya, A. Adhikari, A. Mukhopadhyay, D. Chattopadhyay. 2016. Studies on methylcellulose/pectin/montmorillonite nanocomposite films and their application possibilities, *Carbohydrate Polymers*, **136**, 1218–1227. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.046>
- [10] Antonnacci Salvat, Suarez Godoy Fortunato. 2001. Screening of some plants from Northern Argentina for their antimicrobial activity, *Letters Applied Microbiol.*, **32**, 293–297. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.2001.00923.x>
- [11] J. Sánchez-Martín, J. Beltrán-Heredia, C. Carmona-Murillo. 2011. Adsorbents from *Schinopsis balansae*: Optimisation of significant variables, *Industrial Crops and Products*, **33**, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.038>
- [12] C. Soukoulis, L. Yonekura, H.-H. Gan, S. Behboudi-Jobbehdar, C. Parmenter, I. Fisk. 2014. Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: the case of pan bread, *Food Hydrocoll.*, **39**, 231–242. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.01.023>
- [13] P. Suppakul, J. Miltz, K. Sonneveld, S.W. Bigger. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications, *J. Food Sci.*, **68**, 408–420. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05687.x>
- [14] A. Tayal and S. Khan. 2000. Degradation of a water-soluble polymer: molecular weight changes and chain scission characteristics, *Macromolecules*, **33**, 9488-9493. <https://doi.org/10.1021/ma000736g>
- [15] K. Tha Goh, O. Yuliarti, G. Ting Ting, C. Cheng Or. 2015. Effect of ultrasonication on low-acetylated gellan gum gel properties, *Food Hydrocolloids*, **49**, 240-247. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.04.002>
- [16] E. von Son-de Fernex, M. Alonso-Díaz, P. Mendoza de Gives, B. Valles-de la Mora, V. Zamilpa, M. González-Cortasar. 2016. Ovicidal activity of extracts from four plant species against the cattle nematode *Cooperia punctata*, *Vet. Mex.*, **3**, 1–14. <https://doi.org/10.21753/vmoa.2016.3.2.1>
- [17] C.D. Wood, J.L. Stewart, J.E. Vargas. 1998. Genetic variation in the nutritive value of *Gliricidia sepium*: 2. Leaf chemical composition and fermentability by an in vitro gas production technique, *Anim. Feed Sci. Technol.*, **75**, 125–143. [https://doi.org/10.1016/s0377-8401\(98\)00198-9](https://doi.org/10.1016/s0377-8401(98)00198-9)