



Revista Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha

ISSN: 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de
Tecnología Postcosecha, S.C.
México

Oregel - Zamudio, Ernesto; Aguilar, Cristóbal Noé; Oyoque - Salcedo, Guadalupe; Angoa
- Pérez, M. Valentina; Mena - Violante, Hortencia Gabriela

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE
CERA DE CANDELILLA

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 17, núm. 1, 2016, pp. 1-7
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.
Hermosillo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81346341001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE CERA DE CANDELILLA

Ernesto Oregel-Zamudio¹, Cristóbal Noé Aguilar², Guadalupe Oyoque-Salcedo¹, M. Valentina Angoa-Pérez¹, Hortencia Gabriela Mena-Violante¹

1. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN) Unidad Michoacán. Justo Sierra No. 28 Jiquilpan, Michoacán, CP. 59510, México. e-mail: eoregel@ipn.mx; 2. Departamento de Investigación de Alimentos. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, CP. 25280, México.

Palabras clave: Euphorbia antisiphilitica, permeabilidad al vapor de agua, goma guar, glicerol.

RESUMEN

La caracterización de películas comestibles a base de diferentes compuestos es necesaria para ser aplicadas en alimentos específicos. Películas comestibles hechas a base de cera de candelilla han sido desarrolladas en los últimos años sin embargo es necesario desarrollar información de los parámetros fisicoquímicos de estas para poder ser utilizadas. Cuatro formulaciones de películas comestibles fueron estudiadas y comparadas: F1 (Goma guar 0.8 %, Cera candelilla 0.2%, Glicerol 0.3%), F2 (Goma guar 0.8%, Cera candelilla 0.4%, Glicerol 0.2%), F3 (Goma guar 1.2%, Cera candelilla 0.2%, Glicerol 0.2%) y F4 (Goma guar 1.2%, Cera candelilla 0.4%, Glicerol 0.3%); parámetros como grosor, densidad, tasa de permeabilidad al vapor de agua (TPVA), velocidad de transmisión de vapor de agua (VTVA), transparencia, humedad y solubilidad fueron evaluados. En términos generales F4 presentó mayor grosor, no hubo diferencias significativas en densidad ($P < 0.05$), F1 presentó mayor TPVA, F1 presentó mayor VTVA, F2 presentó mayor solubilidad, F1 mayor humedad y F4 mayor solubilidad. Esta caracterización permite optimizar la selección de la formulación más adecuada en su aplicación en la conservación de diferentes alimentos.

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION EDIBLE FILM BASED CANDELILLA WAX

Keywords: Euphorbia antisiphilitica, water vapor permeability, guar gum, glycerol.

ABSTRACT

Characterization based edible films of different compounds is necessary to be applied in specific foods. Edible films made from Candelilla wax have been developed in recent years but it is necessary to develop information on the physicochemical parameters of these to be used. Four formulations of edible films were studied and compared: F1 (Guar gum 0.8% Candelilla wax 0.2% Glycerol 0.3%), F2 (Guar gum 0.8% Candelilla wax 0.4% Glycerol 0.2%), F3 (Guar gum 1.2% , Candelilla wax 0.2% Glycerol 0.2%) and F4 (Guar gum 1.2% Candelilla wax 0.4% Glycerol 0.3%); parameters such as thickness, density, rate of water vapor permeability (TPVA), rate of water vapor transmission (WVTR), transparency, humidity and solubility were evaluated. In general, F4 presented thicker, there were no significant differences in density ($P < 0.05$), F1 had higher TPVA, F1 had higher WVTR, F2 had higher solubility, F1 higher humidity and F4 higher solubility. This characterization allows optimizing the selection of the most appropriate formulation application in the conservation of different foods.

INTRODUCCIÓN

La cera de Candelilla proviene de la planta *Euphorbia antisiphilitica* Zucc, arbusto que mide entre 20 y 110 cm de altura, de tallos verdes y hojas pequeñas y escasas, tiene una capa cerosa que la protege de la desecación (Rojas Molina et al., 2011; Villa-Castorena et al., 2010). Esta cera natural es muy apreciada

debido a sus propiedades, por lo que es procesada y aprovechada. La cera se utiliza para la fabricación de cosméticos, crayones, velas, tintas, anticorrosivos, lubricantes, adhesivos, cementos y aislantes (Ascacio-Valdés et al., 2010). En su forma cruda, la cera de candelilla es de color café y cambia a un color amarillo, una vez refinada, es de

estructura indefinida y su dureza es de un grado intermedio entre la de la cera de carnauba y la de abeja. Sus usos en confitería y alimentos no tiene limitaciones más allá de las buenas prácticas de manufactura, también se utiliza en la elaboración de películas comestibles (Alvarado et al., 2013).

Una película comestible se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento (Ramos et al., 2012). Las películas se basan en características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales y principalmente a sus características fisicoquímicas (Ramos et al., 2013). Estas características son influenciadas por las condiciones bajo las cuales se preforman las películas, los tipos de materiales utilizados para su elaboración y la concentración de los mismos (Mahajan et al., 2014)

Las películas comestibles se han clasificado con base en el material estructural, de modo que se habla de películas basadas en proteínas, lípidos, carbohidratos o compuestas. El uso de películas comestibles ha sido principalmente desarrollado en alimentos altamente perecederos como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola (De León-Zapata et al., 2015). El desarrollo de películas comestibles a base de polisacáridos, lípidos y ceras ha conllevado un incremento significativo en las clases de aplicaciones que pueden tener y la magnitud de productos que pueden ser tratados, ya que se logra extender la vida de anaquel de las frutas o vegetales (Kester and Fennema, 1986; Miller and Krochta, 1997).

Películas comestibles a base de cera de candelilla ha sido desarrolladas y aplicadas en frutos (Baldwin et al., 2011; Saucedo-Pompa et al., 2007). Una de las principales ventajas de la cera de candelilla en el uso de recubrimientos para frutos u hortalizas es su alta

permeabilidad lo que permite que los productos cubiertos posean adecuados niveles internos de O₂ y de CO₂, lo que reduce la tendencia al desarrollo de sabores extraños consecuencia del crecimiento de microorganismos (De León-Zapata et al., 2015), sin embargo es necesario la caracterización de estas formulaciones para su posterior aplicación en la conservación de alimentos. El objetivo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas de cuatro formulaciones distintas de películas comestibles a base de cera de candelilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas. Se utilizaron goma guar, glicerol y cera de candelilla para la elaboración de las películas. Cera de candelilla refinada fue suministrada por el Departamento de Investigación de la Facultad de Ciencias Químicas de Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila (Saltillo, México). La goma guar y glicerol fueron comprados en un mercado local de materias primas (Saltillo, Coahuila, México).

Formulación de la película comestible. Se evaluaron cuatro formulaciones que fueron utilizadas sobre frutos en ensayos previos (La tabla 1). Se preparó de acuerdo con la metodología reportada por (Saucedo-Pompa et al., 2007), con algunas modificaciones. Agua destilada a 80 ° C se calentó en un vaso de precipitados, se añadió goma guar y se disolvió con ayuda de un homogeneizador (JANKE KUNKEL COK6 ULTRA T25 TURRAX) a 20500 rpm durante 10 min, a continuación, se añadió la cera de candelilla para continuar la homogeneizando a 20500 rpm durante 10 min y finalmente el glicerol para homogeneizar 10 min más a la misma velocidad, posteriormente la película se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Caracterización de las películas comestibles. Con ayuda de una probeta se tomaron 28 ml

de la emulsión y se vertieron en cajas Petri, se colocaron en una incubadora (LABLINE IMPERIAL III) a 25 °C por un periodo de 24 h hasta su solidificación. Posteriormente se retiraron de las cajas Petri utilizando guantes de látex. Se almacenaron en bolsas de sello hermético a temperatura ambiente dentro de un desecador.

Grosor. El grosor se determinó con un micrómetro. Se hicieron 10 determinaciones en diferentes puntos de 8 películas seleccionadas al azar y se utilizó la media para calcular sus propiedades fisicoquímicas.

Permeabilidad al vapor de agua. Se usó el método gravimétrico modificado, para determinar la permeabilidad al vapor de agua. Se pesaron 5 g de cloruro de calcio (NaCl₂) dentro de un reactor de acrílico previamente diseñado (figura 1) (HR 0 %). Se recortó la película comestible prefabricada al tamaño del contenedor. Se registró el peso en una balanza analítica (HIGHLAND ADAM HCB 6024). Se colocó la película y se selló herméticamente. Se introdujo a un desecador con agua destilada en la base (HR 100 %), se colocó un ventilador y se selló. El sistema se introdujo a una incubadora a 25° C. Se registró el aumento de peso cada 30 min. Para determinar la Velocidad de Transmisión de Vapor de Agua (VTVA) se dividió la pendiente de la recta entre el área de transferencia de la película (en este caso 0.00384846 m²).

$$VTVA = \frac{Pendiente}{A_{transf}} \left(\frac{g}{h} \cdot m^2 \right) \quad /1/$$

Posteriormente se determinó la Tasa de Permeabilidad al Vapor de Agua (TPVA) se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$TPVA = \frac{VTVA \cdot X_{film}}{\Delta P} (g/h \cdot m \cdot Pa) \quad /2/$$

Dónde: VTVA = Velocidad de Transmisión de Vapor de Agua, X_{film} = Grosor, ΔP = Diferencia de presiones a 25° C

Transparencia. Se determinó midiendo la absorbancia de una tira de película (1 X 6 cm) a una longitud de onda de 600 nm, los valores obtenidos de absorbancia se dividen por el grosor de la película respectivamente y se calculó la transparencia.

Densidad. Se recortaron 10 cuadros de 2 cm². Con un micrómetro se determinó el largo ancho y alto de cada cuadro para determinar el volumen, con una balanza analítica se obtuvo la masa de cada cuadro y posteriormente se calculó la densidad.

Humedad. Se usaron cuadros recortados de películas comestibles de 2 cm². Se colocaron en contenedores de papel aluminio previamente secados. La humedad de las muestras se determinó por diferencia de peso. Se utilizó una estufa de convección natural a una temperatura de 105 °C por un tiempo de 24 h.

Porcentaje de solubilidad. Se evaluó de acuerdo a la metodología reportada por Romero-Bastida *et al.* (2005) con modificaciones. Se utilizaron cuadros de películas previamente secas libres de humedad. Se colocaron 80 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con un cuadro de película comestible de 2 cm². Se mantuvo durante 10 min en agitación sobre una parrilla con un agitador magnético hexagonal a 25°C. Posteriormente se recuperó la película y se colocó en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 24 hasta obtener peso constante, se calculó el porcentaje de solubilidad por diferencia de peso.

Análisis estadístico. Los resultados obtenidos se analizaron utilizando un ANOVA. Los medios fueron separados por la prueba de Tukey (P<0.05). Los análisis se realizaron con el Sistema SAS® software para Windows versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los distintos parámetros fisicoquímicos evaluados en las películas comestibles aportan información para especular comportamiento de las películas en su aplicación sobre alimentos, parámetros como grosor, densidad, tasa de permeabilidad al vapor de agua (TPVA), velocidad de trasmisión de vapor de agua (VTVA), transparencia, humedad y solubilidad permiten establecer la cubierta comestible más adecuada a utilizar dependiendo de los requerimientos de conservación del alimento. Estos parámetros se evaluaron en las cuatro distintas formulaciones de películas comestibles a base de cera de candelilla para su caracterización (Tabla 1). Los principales componentes utilizados en los recubrimientos comestibles son polisacáridos, proteínas, lípidos y resinas (Jiménez et al., 2012), todos estos compuestos aportan características exclusivas a las películas comestibles, al combinarlos, pueden cambiar las características individuales de cada uno y obtener formulaciones que cumplan con características requeridas para ser empleadas.

Tabla 1. Tratamientos para elaboración de películas comestibles

	Goma guar (%)	Cera candelilla (%)	Glicerol (%)
F1	0.8	0.2	0.3
F2	0.8	0.4	0.2
F3	1.2	0.2	0.2
F4	1.2	0.4	0.3

Uno de los parámetros que se evaluó fue el grosor (Tabla 2). La película comestible más gruesa fue F4 con 0.0725 cm. F3, F1 y F2 presentaron menor grosor con respecto a F4 con un 20%, un 18.62% y un 8.97% respectivamente. Algunos autores mencionan que este parámetro debe de ser considerado para que el recubrimiento comestible en general forme una capa fina y delgada sobre el alimento (Al-Hassan and Norziah, 2012). No se han reportado datos de grosor adecuado o requerido en películas comestibles sin embargo se puede observar en F4 una relación

de grosor con TPVA, es decir F4 presentó el más alto valor en estos dos parámetros con respecto al resto de las formulaciones, entonces se puede suponer una posible relación inversa entre estos dos parámetros (tabla 2). Además podemos observar que la cantidad de solutos en la formulación de F4 es mayor con respecto al resto de las formulaciones (tabla 1) por tanto se puede suponer que existe una relación entre el grosor y la cantidad de solutos incorporados en la formulación de las películas. Las películas F4 y F2 que comparten la misma cantidad de cera de candelilla en la formulación (tabla 1) son las que presentaron mayor valor de grosor lo que implica una posible relación de la cera de candelilla con respecto del grosor.

En cuanto a la tasa de permeabilidad al vapor de agua de las películas comestibles (tabla 3), las formulación F2 y F4 presentaron menor tasa de permeabilidad al vapor de agua, estas dos formulaciones comparten la misma cantidad de cera, de la misma forma F1 y F3 comparten la misma cantidad de cera pero en menor cantidad que F2 y F4. Se pudiera suponer entonces que la cantidad de cera de candelilla aplicada en la formulación podría ser la responsable de la permeabilidad al vapor de agua, posiblemente debido a las características propias de las ceras, lo que concuerda con algunos autores que reportan que los recubrimientos a base de lípidos y ceras presentan una escasa permeabilidad al vapor de agua (Chiumarelli and Hubinger, 2012). En este caso la cera de candelilla actúa como el equivalente a un compuesto lipídico, estos compuestos son muy eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad. Asimismo la formulación F1 presentó el mayor valor de TPVA, VTVA y humedad con respecto al resto de las formulaciones por tanto se puede suponer una relación cercana de estos parámetros dentro de la película. Por otro lado posiblemente el glicerol aporte a la disminución de la TPVA debido a los valores

obtenidos, lo que concuerda con autores los cuales mencionan que el glicerol además de actuar como plastificante ayuda a los recubrimientos a tener mayores propiedades de barrera a la pérdida de agua (Ramos et al., 2013).

Con respecto a VTVA (Tabla 2). F2, F3 y F4 presentaron menor velocidad de transmisión de vapor de agua con respecto de F1 (24.83%, 3.90% y 6.0 % respectivamente), las cubiertas comestibles a base de cera de candelilla constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua posiblemente por su naturaleza hidrofóbica, gracias a estas propiedades las películas podrían retrasar el deterioro de los alimentos, se menciona que las películas comestibles ayudan a retener compuestos volátiles, posiblemente valores bajos en la VTVA podrían estar relacionada con la capacidad de la película para retener estos compuestos (Avila-Sosa et al., 2012). Con respecto a la densidad de las películas comestibles (tabla 3), aunque los resultados no mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$), se menciona que es necesario tener una densidad apropiada para asegurar la estabilidad de la película debido a que se menciona que las películas comestibles en general ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven (Dhanapal et al., 2012).

Se evaluó también la transparencia de las películas comestibles a base de cera de candelilla (Tabla 2), la cual influye en la apariencia del fruto. F1 F3 y F4, presentaron menor transparencia, (6.59%, 7.69% y 4.01% respectivamente) en relación a F2. En general se observó una transparencia aceptable visualmente en los frutos de fresa especialmente la formulación F1. Algunos autores reportan que las películas comestibles ayudan a conservar la apariencia y algunos otros como reportaron también buenas propiedades de transparencia de películas comestibles a base de diferentes almidones de fuentes como trigo, maíz, papa y yuca, sin

embargo no se han reportado datos de transparencia para películas comestibles formuladas con cera de candelilla, a pesar de eso es importante tomar en cuenta este parámetro en la caracterización de películas comestibles, ya que de él dependerá en muchas ocasiones la conservación de las características organolépticas visuales y la aceptación del consumidor (Vieira et al., 2011).

Se determinó el porcentaje de humedad de las de las distintas películas comestibles a base de cera de candelilla (tabla 3), F2, F3 y F4 presentaron menor humedad (9.57%, 16.57% y 0.49% respectivamente) con respecto de F1. No se han reportado porcentajes de humedad adecuadas para la aplicación de películas comestibles, sin embargo, se observó que las formulaciones con cera de candelilla aportaron una excelente barrera hidrofóbica. Algunos otros autores han estudiado distintos compuestos como las proteínas de soya las cuales en películas comestibles, presentan buenas propiedades de barrera a lípidos y oxígeno en humedades relativamente bajas (Wihodo and Moraru, 2013). Las películas comestibles deben tener adecuados parámetros de grosor y densidad que aporten propiedades mecánicas y de estructura, deben tener adecuados parámetros de permeabilidad, especialmente al vapor de agua, transparencia y humedad para lograr una buena apariencia, sin embargo, es necesaria una buena solubilidad. Con respecto a solubilidad solubilidad de las diferentes formulaciones de las películas comestibles (tabla 2), la formulación F4 presentó mayor solubilidad con respecto al resto de las formulaciones, F1 presentó cerca de la mitad de la solubilidad observada en F4, algo similar pasó con el F2 con una disminución del 9.43% y el F3 presentó un 6.08% de disminución en la solubilidad comparando con la del F1. No se han reportado datos de solubilidad para películas comestibles a base de cera de candelilla, sin embargo, las características

fisicoquímicas así como solubilidad de las películas comestibles dependerá de cada uno de los compuestos integrados en la formulación, en la elaboración de películas comestibles se emplean mezclas con el fin de

contrarrestar las deficiencias propias de cada componente y así poder mejorar las propiedades del material resultante (Branda et al., 2005).

Tabla 2. Parametros fisicoquímicos de cubiertas comestibles a base de cera de candelilla.

PARÁMETRO	F1	F2	F3	F4
Grosor (cm)	0.059±0.0051c	0.066±0.0039b	0.058±0.0025c	0.073±0.0079a
Densidad(cm ³ /g)	0.129±0.012a	0.122±0.020a	0.158±0.021a	0.128±0.016a
TPVA*((g/h)*m ²)	2990.81±121.01a	2210.09±181.18b	2488.17±328.50ab	2203.5±22.27b
VTVA**((g/h)m ² *pa)	0.74±0.030a	0.55±0.045b	0.71±0.094b	0.69±0.0070ab
Transparencia (%)	13.05±0.33c	19.64±0.49a	11.95±0.57c	15.63±0.51b
Humedad (%)	33.00±1.38a	23.43±2.17b	16.43±0.74c	22.51±0.11b
Solubilidad (%)	12.34±0.086c	12.88±0.48c	16.43±0.74b	22.51±0.11a

* Tasa de permeabilidad al vapor de agua

** Velocidad de transmisión de vapor de agua

Filas con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey (P <0.05).

CONCLUSIONES

Las películas comestibles a base de cera de candelilla presentan diferencias en sus características fisicoquímicas con respecto a la cantidad de cera utilizada para su elaboración así como con el resto de sus componentes, la caracterización de estas cuatro formulaciones propone información útil para ser utilizadas en la conservación de distintos alimentos.

REFERENCIAS

Al-Hassan, A., and Norziah, M. (2012). Starch-gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids* **26**, 108-117.

Alvarado, C. J. C., Galindo, A. S., Bermúdez, L. B., Berumen, C. P., Orta, C. Á., and Garza, J. A. V. (2013). Cera de Candelilla y sus aplicaciones. *Avances en Química* **8**, 105-110.

Ascacio-Valdés, J. A., Aguilera-Carbó, A., Martínez-Hernández, J. L., Rodríguez-Herrera, R., and Aguilar, C. N. (2010). Euphorbia antisiphilitica residues as a new source of ellagic acid. *Chemical Papers* **64**, 528-532.

Avila-Sosa, R., Palou, E., Munguía, M. T. J., Nevárez-Moorillón, G. V., Cruz, A. R. N., and

López-Malo, A. (2012). Antifungal activity by vapor contact of essential oils added to amaranth, chitosan, or starch edible films. *International journal of food microbiology* **153**, 66-72.

Baldwin, E. A., Hagenmaier, R., and Bai, J. (2011). "Edible coatings and films to improve food quality," CRC Press.

Branda, S. S., Vik, Å., Friedman, L., and Kolter, R. (2005). Biofilms: the matrix revisited. *Trends in microbiology* **13**, 20-26.

Chiumarelli, M., and Hubinger, M. D. (2012). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch-carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids* **28**, 59-67.

De León-Zapata, M. A., Sáenz-Galindo, A., Rojas-Molina, R., Rodríguez-Herrera, R., Jasso-Cantú, D., and Aguilar, C. N. (2015). Edible candelilla wax coating with fermented extract of tarbush improves the shelf life and quality of apples. *Food packaging and shelf life* **3**, 70-75.

Dhanapal, A., Rajamani, L., and Banu, M. S. (2012). Edible films from Polysaccharides. *Food Science and Quality Management* **3**, 9-17.

- Jiménez, A., Fabra, M. J., Talens, P., and Chiralt, A. (2012). Edible and biodegradable starch films: a review. *Food and Bioprocess Technology* **5**, 2058-2076.
- Kester, J., and Fennema, O. (1986). Edible films and coatings: a review. *Food technology (USA)*.
- Mahajan, P. V., Caleb, O., Singh, Z., Watkins, C., and Geyer, M. (2014). Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **372**, 20130309.
- Miller, K., and Krochta, J. (1997). Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science & Technology* **8**, 228-237.
- Ramos, B., Miller, F., Brandão, T. R., Teixeira, P., and Silva, C. L. (2013). Fresh fruits and vegetables—an overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **20**, 1-15.
- Ramos, Ó. L., Fernandes, J. C., Silva, S. I., Pintado, M. E., and Malcata, F. X. (2012). Edible films and coatings from whey proteins: a review on formulation, and on mechanical and bioactive properties. *Critical reviews in food science and nutrition* **52**, 533-552.
- Rojas Molina, R., Saucedo Pompa, S., De León Zapata, M. A., Jasso Cantú, D., and Aguilar, C. N. (2011). Pasado, presente y futuro de la candelilla. *Revista mexicana de ciencias forestales* **2**, 7-18.
- Saucedo-Pompa, S., Jasso-Cantu, D., Ventura-Sobrevilla, J., Saenz-Galindo, A., Rodriguez-Herrera, R., and Aguilar, C. N. (2007). Effect of candelilla wax with natural antioxidants on the shelf life quality of fresh-cut fruits. *Journal of Food Quality* **30**, 823-836.
- Vieira, M. G. A., da Silva, M. A., dos Santos, L. O., and Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal* **47**, 254-263.
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E., Inzunza-Ibarra, M., González-López, M. d. L., and Arreola-Ávila, J. (2010). Producción de plántulas de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) mediante estacas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* **16**, 37-47.
- Wihodo, M., and Moraru, C. I. (2013). Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review. *Journal of food engineering* **114**, 292-302.