

Análisis de la Absorbancia y Transmitancia Espectral del Mucílago de *Salvia hispanica* L. para la Fotoprotección de la Piel

RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos †*, GÓMEZ-LUNA, Blanca E DÍAZ-PÉREZ, Cesar, GASCA-TIRADO, J. Ramón

Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, Avenida Ing. Javier Barros Sierra 201, 38140 Celaya, Gto

Recibido Enero 04, 2017; Aceptado Febreo 25, 2017

Resumen

En este trabajo analizamos algunas características espectrales del mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. (chía) para evaluar su capacidad para absorber radiación luminosa peligrosa para la piel humana. Para este propósito extrajimos, purificamos y secamos el mucílago de chía. Posteriormente, preparamos varias soluciones con diferentes concentraciones de este extracto soluble en agua. Analizamos las muestras de estas soluciones con un espectrómetro para determinar su absorbancia y transmitancia en el rango de 200 a 1000 nm. También caracterizamos un protector solar químico para propósitos de comparación. A través de estos espectros evaluamos si el mucílago de chía podría proteger a nuestra piel de la radiación ultravioleta. Además, discutimos la posibilidad de utilizar el mucílago de semillas de chía como ingrediente activo de origen orgánico en protectores solares con menos efectos negativos tales como el enrojecimiento, la hipersensibilidad y la intoxicación dado que este mucílago es un material inocuo con capacidad de mantener la piel hidratada por más tiempo.

Absorbancia, Transmitancia, Mucílago, *Salvia hispanica* L., Fotoprotección

Abstract

In this research work, we analyze some spectral characteristics of the mucilage extracted from seeds of *Salvia hispanica* L. (chia) to evaluate its capacity to absorb luminous radiation that is dangerous for the human skin. For this purpose, we extract, purify and dry the mucilage of chia seeds. Then, we prepare several solutions with different concentrations of this water-soluble extract. We analyze the samples of these solutions with a spectrometer to determine their absorbance and transmittance from 200 to 1000 nm. Also, we characterize a chemical sunscreen for comparison purpose. Through these spectra, we assess if the chia mucilage could protect our skin from harmful radiant energy, such as ultraviolet radiation. Also, we discuss the possibility of using the mucilage from chia seeds as an organic active ingredient in sunscreens with less negative effects for our skin such as irritation, hypersensitivity to the product, and intoxication given that this mucilage is an innocuous material capable of keeping the skin hydrated for a longer time.

Absorbance, Transmittance, Mucilage, *Salvia hispanica* L., Photoprotection

Citación: RAMÍREZ-GRANADOS, Juan Carlos, GÓMEZ-LUNA, Blanca E DÍAZ-PÉREZ, Cesar, GASCA-TIRADO, J. Ramón. Análisis de la Absorbancia y Transmitancia Espectral del Mucílago de *Salvia hispanica* L. para la Fotoprotección de la Piel. *Revista de Ciencias de la Salud*. 2017. 4-10: 13-22.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jramirez@ugto.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las personas estamos expuestas a la radiación luminosa proveniente del sol y de fuentes de radiación artificiales utilizadas en la industria, el comercio y en la vida cotidiana. Sin embargo, son bien conocidos los efectos negativos asociados a la exposición prolongada de la piel a ciertos tipos de radiación luminosa (DeFabo, 2004; González-Púmariega, 2009; Al Mahroos, 2002; Ryckaert, 1998; y Miyamoto, 1989).

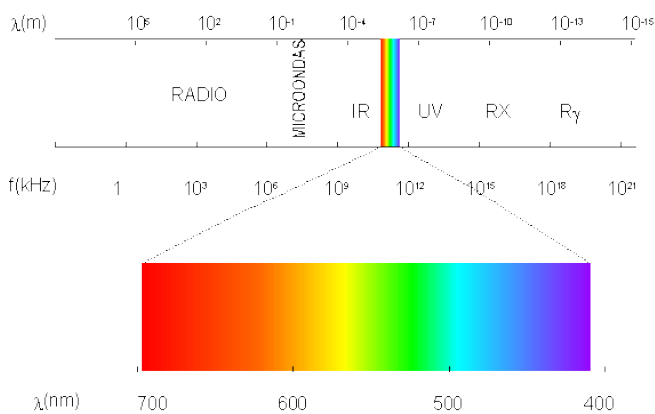


Figura 1 Espectro electromagnético. (Gómez & Olmos, 1999)

El sol emite diferentes tipos de radiación electromagnética que usualmente son clasificados en función de su longitud de onda (λ) o de su frecuencia (f), Fig. 1. El espectro electromagnético emitido por el sol corresponde al de un cuerpo negro e incluye a las ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta (UV), rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos. Cabe mencionar que no toda la radiación solar es peligrosa para nuestra piel. La energía radiante que puede causar daños temporales y permanentes en nuestra piel es la luz UV, los rayos X, los rayos gamma y los rayos cósmicos debido a que pueden ionizar los tejidos vivos. Aunque los rayos X, gamma y cósmicos son muy energéticos y dañinos para la piel, en el área de protección solar son de poca preocupación ya que estos tipos de radiación son absorbidos casi en su totalidad por la atmósfera terrestre.

En cambio, la radiación UV si puede propagarse a través de la atmósfera y llegar hasta nuestra piel. Los rayos UV constituyen cerca del 5% de la radiación solar y pueden subdividirse en UVA, UVB y UVC. De la radiación UV, aproximadamente el 97% es UVA, mientras que cerca del 2% es UVB. La radiación UVC representa menos del 1% de la radiación UV emitida por el sol. Existen dos clases de rayos UVA: cortos o UVA-I (320-340 nm) y largos o UVA-II (340-400 nm). La radiación UVA no puede ser filtrada con vidrio común y casi no se modifica con la altitud, ni con las condiciones ambientales.

Cerca del 50% de la radiación UVA que incide sobre la piel penetra hasta la dermis profunda y las células sanguíneas, y puede dañarlas. Además, los rayos UVA son responsables del fotoenvejecimiento, fotosensibilidad e inmunosupresión, aunque en dosis adecuadas también puede favorecer la síntesis de vitamina D (Debska et al., 2013). Por su parte, la radiación UVB, con longitud de onda entre 290 y 320 nm, es responsable de la mayoría de las reacciones fotobiológicas en la epidermis.

Los rayos UVB pueden causar eritemas o quemaduras solares. Más aun, grandes y prolongadas dosis de rayos UVB pueden causar melanomas y carcinomas en la piel, los párpados y los labios (Stoebner, 2007; Thompson, 1993; Wang, 2001; Whitmore, 1995; y Wulf, 1982).

La radiación UVC (<290 nm) usualmente no llega a nuestra piel ya que es absorbida casi en su totalidad por la capa de ozono, aunque ha empezado a tomar importancia en los últimos años debido a la progresiva disminución del espesor de esta capa (Sánchez-Saldaña, 2002). La radiación UVC tampoco es de mucho interés en el área de fotoprotección debido a su baja intensidad y a que es fuertemente absorbida por el ozono atmosférico.

También debemos considerar que la radiación solar que incide sobre nuestra piel es cada vez más intensa debido al adelgazamiento de la capa de ozono causado por la emisión de clorofluorocarbonos al aire libre. Por estas razones es importante proteger a nuestra piel de la radiación ultravioleta mediante el uso de protectores solares que sean eficaces, seguros y accesibles (Reena, 2012; y González-Púmariega, 2009). Es por esto que en este trabajo evaluamos la posibilidad de elaborar protectores solares con ingredientes activos de origen vegetal.

En nuestro caso seleccionamos al mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. como un posible ingrediente activo para elaborar protectores solares orgánicos. Las semillas de chía son ampliamente conocidas en México y el mundo por su inocuidad y beneficios para la digestión. Su mucílago es un polisacárido soluble en agua y con capacidad para retener la humedad; aparte de que contiene antioxidantes que ayudan a regenerar la piel. Además, la extracción de este material es relativamente fácil y de bajo costo. Estas características del mucílago de chía son méritos significativos para considerar su potencial uso como ingrediente activo en protectores solares orgánicos.

Aquí adaptamos e implementamos un método para la extracción del mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. También determinamos la absorbancia y transmitancia de varias soluciones acuosas con diferentes concentraciones de este mucílago con la finalidad de evaluar la factibilidad de emplearlo como ingrediente activo en protectores solares. Además, estudiamos las características espectrales de un protector solar químico con factor de protección solar (FPS) 50 para comparación. Medimos los espectros de transmitancia y absorbancia en el rango de 200 a 1000 nm, cubriendo las regiones UVA, UVB, UVC, visible y una porción del infrarrojo cercano.

Estas mediciones nos ayudan a comprender mejor las características espectrales del mucílago para determinar si es factible usarlo como ingrediente activo de protectores solares.

Justificación

Los protectores solares reflejan, dispersan o absorben la radiación ultravioleta incidente para disminuir sus efectos dañinos en la piel. Es decir, los protectores solares actúan como filtros que bloquean total o parcialmente los rayos UV. Existen dos tipos principales de protectores solares: físicos y químicos (DeBuys, 2000; Diffey, 2011; Latha, 2013; Scherschun, 2001).

Los protectores solares físicos están elaborados con materia mineral particulada. Estas sustancias reflejan o dispersan la radiación luminosa, incluyendo a la UV. Los ingredientes activos de los protectores solares físicos son inertes ya que no reaccionan con otros elementos y por lo tanto son inocuos. Sin embargo, actualmente su uso es limitado debido a los altos costos de producción.

Los protectores solares químicos son compuestos que absorben la radiación UV. La mayoría de ellos absorben rayos UVB y algunos también UVA. Sin embargo, los ingredientes activos de estos protectores son sustancias químicas sintéticas que al ser absorbidas por el cuerpo pueden causar intoxicaciones, alergias y otros problemas de salud (Schlumpf, 2004; Schmutzler, 2007; Al Mahroos, 2002; Bernerd, 2003).

Por lo anterior, consideramos que sería útil tener otras alternativas de fotoprotección que salvaguarden eficazmente a nuestra piel de la radiación UV y que causen menor daño a nuestro organismo (Saewan, 2013; y Stevanato, 2014). Por esta razón, evaluamos la posibilidad de utilizar materiales orgánicos como ingredientes activos de protectores solares que sean más seguros y accesibles en comparación con los protectores químicos y físicos.

Problema

Los protectores solares comúnmente empleados por las personas para proteger su piel están hechos con minerales particulados y compuestos químicos que pueden ser absorbidos por el cuerpo. Cuando estos protectores solares son usados de manera continua y prolongada existe la posibilidad de generar una leve pero progresiva intoxicación del organismo (Ramírez, 2014). Por esta razón, aquí investigamos la factibilidad de elaborar protectores solares hechos con ingredientes naturales de origen vegetal que bloqueen los rayos UVA y UVB, y que sean seguros y accesibles.

Hipótesis

Algunos materiales naturales, tales como el mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L., absorben radiación solar con longitudes de onda dañinas para la piel y podrían usarse como ingredientes activos en protectores solares orgánicos que sean más seguros.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la factibilidad de emplear el mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. como ingrediente activo para la absorción de radiación luminosa en protectores solares orgánicos para la piel.

Objetivos específicos

- Extraer el mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. y preparar varias soluciones acuosas con diferentes concentraciones de este material orgánico.
- Medir la absorbancia y transmitancia espectral de las soluciones con mucílago en el rango de 200 a 1000 nm.
- Analizar la dependencia de la absorbancia y transmitancia de las soluciones con mucílago respecto a la longitud de onda y a la concentración.

Marco Teórico

El mucílago de *Salvia hispanica* L. es un polisacárido de alto peso molecular cuyo valor varía entre 0.8×10^6 y 2×10^6 Da (Capitani, 2013). Este mucílago emerge de la semilla de chía al entrar en contacto con el agua, cubriéndola en forma de un halo transparente. Cabe destacar que el contenido de ácido galacturónico es aproximadamente del 25%, lo cual es característico de este tipo de sustancias (Hernández-Gómez, 2008; y Sánchez-Silva, 2015). El mucílago de chía también presenta una elevada viscosidad en agua y tiene más efectos metabólicos benéficos que otras fuentes de fibra de menor viscosidad. Además, posee propiedades de interés para las industrias alimentarias, cosméticas y farmacéuticas.

Aquí nosotros implementamos un procedimiento para extraer y purificar el mucílago de *Salvia hispanica* L. Después de obtener el mucílago preparamos varias soluciones con este material para determinar sus espectros de absorbancia y transmitancia (Skoog, 2008). La transmitancia (T) es la relación entre la cantidad de luz que llega al detector después de atravesar la muestra, I_t , y la cantidad de luz que incidió sobre ella, I_0 ; y se representa en porcentaje como:

$$\%T = \left(\frac{I_t}{I_0} \right) 100 \quad (1)$$

La transmitancia nos indica la proporción de radiación que logra atravesar una muestra a cierta longitud de onda (Brown, 2000). Es decir, la transmitancia es una medida física de la proporción entre la intensidad incidente y la transmitida por la muestra. Sin embargo, la relación entre %T y la concentración no es lineal, sino que asume una relación logarítmica inversa que está asociada de manera más estrecha con la absorbancia. La absorbancia (A) es un concepto más relacionado con la muestra puesto que indica la cantidad de luz que absorbe y se define como:

$$A = \log\left(\frac{1}{T}\right) = \log\left(\frac{I_0}{I_t}\right) \quad (2)$$

Cuando la intensidad incidente y la transmitida son iguales, la transmitancia es del 100% e indica que la muestra no absorbe a esa longitud de onda, y por lo tanto A es cero. Cabe mencionar que la cantidad de luz absorbida depende tanto del ancho de la muestra, como de la concentración del cromóforo.

Con las ecuaciones (1) y (2) es posible determinar el porcentaje de transmitancia y la absorbancia del mucílago a una cierta longitud de onda. Para determinar los espectros de transmitancia y de absorbancia en el rango de longitudes de onda deseado es necesario repetir las mediciones de manera manual o automática dependiendo del tipo de espectrómetro disponible. En las siguientes secciones presentamos detalles acerca de la preparación de las soluciones con mucílago y de la configuración experimental del espectrómetro que empleamos para realizar las mediciones.

Métodos y Materiales

Medimos la absorbancia y transmitancia espectral de varias soluciones acuosas con diferentes concentraciones de mucílago de *Salvia hispanica* L. para determinar si este material puede funcionar como ingrediente activo para la absorción de energía radiante en protectores solares para la piel. También caracterizamos un protector solar químico en crema con FPS 50 para fines comparativos.

Extracción del Mucílago de Semillas de *Salvia Hispanica* L

Para realizar la extracción y purificación del mucílago de semillas de chía adaptamos e implementamos un procedimiento previamente reportado por Capitani, 2013.

Este método consiste en hidratar las semillas de *Salvia hispanica* L. mediante su inmersión en agua a temperatura ambiente durante una hora y con agitación durante los primeros 15 minutos para evitar su aglomeración. La proporción de semillas de chía y agua que empleamos es 1:10 p/v. Posteriormente calentamos la mezcla a 50 °C durante 40 minutos.

Después, la mezcla es filtrada usando de una bomba de vacío para separar el mucílago acuoso de los tejidos vegetales. Luego precipitamos el mucílago con etanol y eliminamos la fase acuosa mediante filtración. Al final secamos el mucílago en un horno a 40 °C durante 24 horas y lo trituramos hasta obtener un polvo fino y seco.

Preparación y Análisis Espectral de las Muestras

Preparamos cinco soluciones con agua destilada y diferentes concentraciones del mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. La primera de las soluciones fue saturada con mucílago de chía a temperatura ambiente. Las demás soluciones fueron obtenidas diluyendo la primera al 50%, 25%, 12.5% y 6.25% del punto de saturación, respectivamente. Para realizar las mediciones colocamos aproximadamente 2 ml de cada solución en celdas de cuarzo para espectrómetro con 1 cm de ancho.

En el caso del protector solar químico preparamos una muestra que consiste en una capa homogénea de la crema entre dos portaobjetos. El espesor de esta muestra de crema protectora es de 0.05 mm. Luego medimos la absorbancia y transmitancia de las muestras empleando un espectrómetro Jenway 7503, Figura 2.

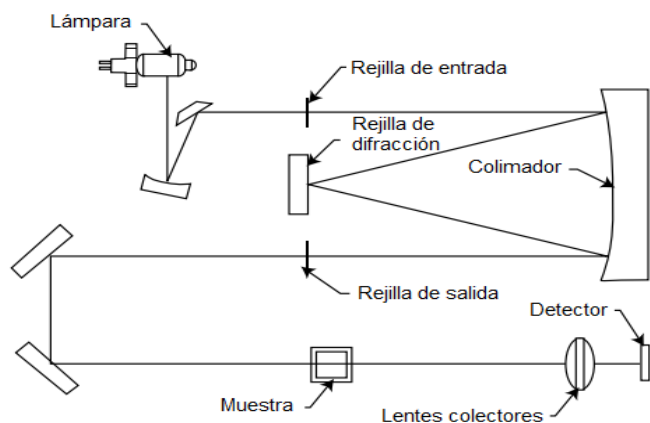


Figura 2. Esquema del espectrómetro empleado para la caracterización del mucílago de *Salvia hispanica* L. Este dispositivo es un espectrómetro de un haz que tiene un monocromador compuesto por una rejilla de difracción y un espejo colimador. (Adaptada de Cole-Parmer, 2010)

Este dispositivo es un espectrómetro de un haz que cuenta con una lámpara de xenón como fuente de luz y un monocromador que consta de rejillas de entrada y salida, un espejo colimador y una rejilla de difracción con 1200 líneas por milímetro. El espectrómetro también tiene un soporte para la muestra, un sistema de lentes colectoras y un fotodiodo como detector.

Medimos la absorbancia y transmitancia de las soluciones con mucílago y de la crema protectora química en el rango espectral de 200 a 1000 nm que incluye a las regiones UV, visible y una parte de la infrarroja cercana. La resolución de las mediciones es de 10 nm. Estas mediciones nos proporcionan un panorama general de las características espectrales de las muestras. A continuación, presentamos los espectros obtenidos.

Resultados

Utilizando un espectrómetro Jenway 7305 analizamos las muestras de mucílago de chía y del protector solar químico. En la Figura 3 presentamos los espectros de absorbancia de las soluciones con mucílago de *Salvia hispanica* L. y del protector solar químico.

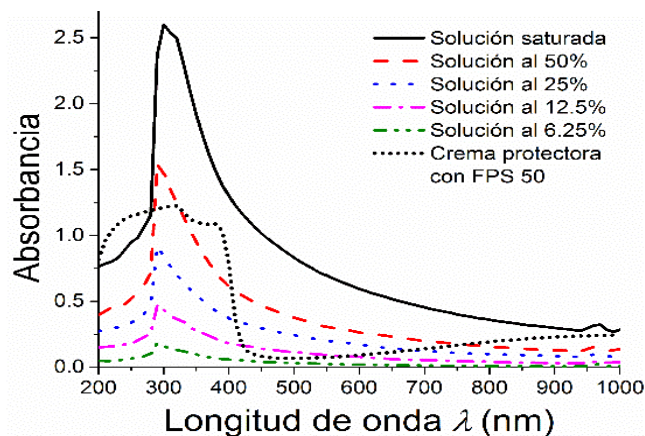


Figura 3 Absorbancia espectral del mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. en solución acuosa y de un protector solar con FPS 50

En esta figura podemos apreciar que el mucílago de chía tiene una fuerte banda de absorbancia en la región ultravioleta. La absorbancia del mucílago alcanza su máximo valor cerca de los 320 nm que es justamente la longitud de onda que separa a la radiación UVA de la UVB. La absorbancia de las soluciones con mucílago de chía disminuye conforme se incrementa la longitud de onda desde los 320 nm hasta los 1000 nm. El ancho de la banda de absorción a la mitad del máximo es aproximadamente de 100 nm para el caso de la solución saturada con mucílago. También es posible apreciar que la intensidad de esta banda de absorción se incrementa con la concentración del mucílago, lo cual es consistente con la Ley de Beer-Lambert.

La muestra del protector solar químico también presenta una banda de absorción en la región UV, como podría esperarse. Esta banda de absorción se extiende al menos desde 200 a los 400 nm. La absorbancia del protector químico es poco significativa para longitudes de onda visibles e infrarrojas cercanas. Cabe mencionar que la absorbancia de la solución saturada con mucílago de chía es mayor que la de la crema protectora química entre los 300 y 400 nm. Sin embargo, esta relación podría cambiar e incluso invertirse si la concentración del mucílago disminuye y/o el espesor de la crema protectora se incrementa.

Por otra parte, la Figura 4 nos muestra los espectros de transmitancia de las muestras. En esta figura podemos observar cinco espectros de transmitancia que corresponden a las soluciones con diferentes concentraciones de mucílago de chía, y un espectro de transmitancia correspondiente a la muestra del protector solar químico que empleamos para fines comparativos.

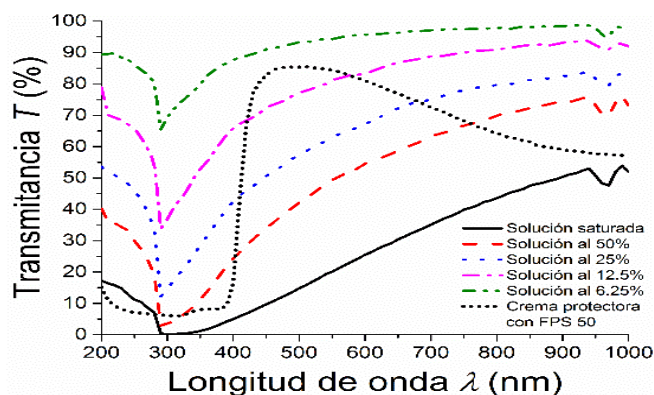


Figura 4 Transmitancia espectral del mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. en solución acuosa y de un protector solar con FPS 50

En los espectros de la Figura 4 es claro que la transmitancia de las soluciones disminuye en todas las longitudes de onda a medida que la concentración de mucílago aumenta. La solución saturada con mucílago es la que presenta menor transmitancia, la cual adquiere un valor cercano a cero para radiación luminosa con longitud de onda entre 290 y 330 nm. El mínimo de transmitancia para las otras soluciones con mucílago de chía se produce en ese mismo rango espectral.

La transmitancia del mucílago se incrementa con la longitud de onda entre los 330 y los 1000 nm. Lo anterior demuestra que el mucílago de chía puede reducir e incluso impedir la transmisión de la radiación UVA y UVB si su concentración es la adecuada. También encontramos que la transmitancia de una solución con mucílago de chía puede ser igual o incluso menor que la transmitancia de un protector solar químico comercial con FPS 50.

Esto puede ser verificado fácilmente si comparamos los espectros de transmitancia de la solución saturada con mucílago (línea negra continua) y de la muestra del protector solar químico (línea negra punteada) en la región UV entre 200 y 400 nm.

Discusiones

Los resultados obtenidos demuestran que el mucílago de *Salvia hispanica* L. es un material orgánico con capacidad para absorber radiación luminosa, en especial luz ultravioleta. Este mucílago presenta una fuerte y amplia banda de absorbancia justo en el límite entre la radiación UVA y UVB. Es decir, que este material tiene la capacidad de bloquear parcial o totalmente la radiación ultravioleta al dificultar y en algunos casos impedir su transmisión hacia la piel.

Estas características espectrales del mucílago de chía son especialmente útiles en el área de fotoprotección donde se busca la filtración de la radiación ultravioleta proveniente del sol o de fuentes artificiales para evitar daños en la piel (Latha, 2013; Reena, 2012; Diffey, 2011; Sánchez-Saldaña, 2002; Scherschun, 2001). Así pues, las características espectrales del mucílago de chía indican que este material de origen vegetal podría ser empleado como ingrediente activo para la absorción de radiación ultravioleta en protectores solares orgánicos para la piel.

Los resultados también indican que si una preparación tiene la concentración adecuada de mucílago de chía, entonces ésta puede llegar a tener igual o mayor capacidad para absorber radiación ultravioleta que un protector solar químico con FPS 50. Esto es importante dado que confirma que un protector solar elaborado con ingredientes orgánicos como el mucílago de chía puede tener un desempeño similar al de los protectores de tipo químico que son predominantemente empleados por las personas, pero con la ventaja de ser más seguros para los usuarios y para el medio ambiente.

Conclusiones

En este trabajo estudiamos la absorbancia y transmitancia espectral del mucílago de semillas de *Salvia hispanica* L. para determinar si puede ser usado como ingrediente activo en protectores solares orgánicos para la piel. Para este propósito preparamos cinco soluciones acuosas con diferentes concentraciones de mucílago de chía y las analizamos con un espectrómetro en el rango de 200 a 1000 nm para obtener una visión amplia de las principales características espectrales del mucílago.

También analizamos una muestra de un protector solar químico comercial con FPS 50 para comparar sus propiedades espectrales con las del mucílago de chía. En nuestros resultados encontramos que el mucílago de chía tiene una banda de absorbancia ancha con valor pico centrado entre las regiones UVA y UVB que es muy útil en fotoprotección dado que absorbe radiación ionizante que puede dañar la piel.

También encontramos que en la región UV, la solución saturada con mucílago de chía tiene absorbancia similar o incluso mayor que la muestra del protector solar químico, lo cual demuestra que el mucílago de chía puede ser tan eficiente como un protector solar químico. Estos resultados indican que el mucílago de *Salvia hispanica* L. es un material inocuo y de origen vegetal con capacidad para absorber radiación UVA y UVB que podría ser empleado como ingrediente activo en protectores solares orgánicos.

Estos protectores tendrían las ventajas de ser seguros para los usuarios por su inocuidad, de mantener hidratada la piel por más tiempo debido a su capacidad para retener la humedad, y de ser amigables con el medio ambiente por su baja huella ecológica.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el apoyo de la Universidad de Guanajuato, la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado, y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Los autores también agradecen a Karla V. Solís Pérez y Paola Fernanda Magdaleno Medrano por su valiosa colaboración.

Referencias

Al Mahroos, M.; Yaar, M.; Phillips, T. J.; Bhawan, J. & Gilchrest, B. A. (2002). Effect of Sunscreen application on V-Induced Thymine Dimers. *Archives of Dermatology* 138: 11 1480-1485.

Bernerd, F.; Vioux, C.; Lejeune, F. & Asselineau, D. (2003). The sun protection factor (SPF) inadequately defines broad spectrum photoprotection: demonstration using skin reconstructed in vitro exposed to UV-A, UV-B or UV-solar simulated radiation. *European Journal of Dermatology* 13: 242-249.

Brown, C. (2000). Ultraviolet, visible, and near-infrared spectrophotometers. *Applied Spectroscopy Reviews* 35:3 151-173.

Capitani M. I. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*Salvia hispanica* L.), Aplicación en tecnología de alimentación. (Tesis Doctoral). Universidad de la Plata, Buenos Aires, Argentina, p. 204.

Cole-Parmer (2010). Jenway Spectrophotometer Model 7300 and 7305, Instruction Manual 730 005/REV F/01-17. Staffordshire, UK. p. 52.

Debska, O.; Kamińska-Winciorek, G. & Śpiewak, R. (2013). Does sunscreen use influence the level of vitamin D in the body? *Polski Merkuriusz Lekarski* 34: 368–370.

DeBuys, H. V.; Levy, S. B.; Murray, J. C.; Madey, D. L. & Pinnell, S. R. (2000). Modern approaches to photoprotection. *Dermatologic Clinics* 18: 577–590.

DeFabo, E. C.; Noonan, F. B.; Fears, T. & Merlino, G. (2004). Ultraviolet B but not ultraviolet A radiation initiates melanoma. *Cancer Research* 64: 6372–6376.

Diffey, B. L. (2011). The impact of topical photoprotectants intended for daily use on lifetime ultraviolet exposure. *Journal of Cosmetic Dermatology* 10: 245–250.

Gómez, J. A. y Olmos, J. J. (1999). Cuestiones y problemas de electromagnetismo y semiconductores. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

González-Púmariega, M.; Tamayo, M. V. & Sánchez-Lamar, A. (2009). La radiación ultravioleta: Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. *Theoria* 18: 69-80.

Hernández-Gómez, J. A. & Miranda-Colin, S. (2008). Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispanica*). *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 105-113.

Latha, M. S.; Martis, J.; Shobha, V.; Sham Shinde, R.; Bangera, S.; Krishnankutty, B.; Bellary, S.; Varughese, S.; Rao, P. & Naveen Kumar, B. R. (2013). Sunscreening agents: A Review. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology* 6: 16–26.

Miyamoto, C. (1989). Polymorphous light eruption: successful reproduction of skin lesions, including papulovesicular light eruption, with ultraviolet B. *Photo-dermatology* 6: 69–79.

Ramírez-Granados, J. C.; Gómez-Luna, B. E.; Ramírez-Granados, O. D.; Vargas-Rodríguez, L. & Veloz-García, R. A. (2014). Ultraviolet absorption of opuntia mucilage. En *Biotechnology Summit 2014*. Fabian Fernandez-Luqueño, Fernando López-Valdez y Susana Lozano Muñiz, (eds.), p. 106–109.

Reena, R.; Sekar, S. C. & Srinivas, C. R. (2012). Update on photoprotection. *Indian Journal of Dermatology* 57: 335-342.

Ryckaert, S. & Roelandts, R. (1998). Solar urticaria: A report of 25 cases and difficulties in phototesting. *Archives of Dermatology* 134: 71–74.
Saewan, N. & Jimtaisong, A. (2013). Photoprotection of natural flavonoids. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 3: 129–141.

Sánchez Saldaña, L.; Lanchipa Yokota, P.; Pancorbo Mendoza, J.; Regis Roggero, A. & Saenz Anduaga, E. M. (2002). Fotoprotectores tópicos. *Revista Peruana de Dermatología* 12:156-163.

Sánchez-Silva, C. A. (2015). Evaluación técnica comercial del aprovechamiento de la semilla de Chía (*Salvia hispanica* L.) para la elaboración de productos alternos. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias.

Scherschun, L & Lim, H. W. (2001). Photoprotection by sunscreens. *American Journal of Clinical Dermatology* 2: 131-134.

Schlumpf, M.; Schmid, P.; Durrer, S.; Conscience, M.; Maerkel, K.; Henseler, M.; Gruetter, M.; Herzog, I.; Reolon, S.; Ceccatelli, R.; Faass, O.; Stutz, E.; Jarry, H.; Wuttke, W. & Lichtensteiger, W. (2004). Endocrine activity and developmental toxicity of cosmetic UV filters: An update. *Toxicology* 205: 113–122.

Schmutzler, C.; Bacinski, A.; Gotthardt, I.; Huhne, K.; Ambrugger, P.; Klammer, H.; Schlecht, C.; Hoang-Vu, C.; Grüters, A.; Wuttke, W.; Jarry, H. & Köhrle, J. (2007). The ultraviolet filter benzophenone 2 interferes with the thyroid hormone axis in rats and is a potent in vitro inhibitor of human recombinant thyroid peroxidase. *Endocrinology* 148: 2835–2844.

Skoog, D. A.; Holler F. J. & Crouch S. R. (2008). *Principios de análisis instrumental*. Cengage Learning Latin America, 6^{ta} Ed. p. 1038.

Stevanato, R.; Bertelle, M. & Fabris, S. (2014). Photoprotective characteristics of natural antioxidant polyphenols. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 69: 71-77.

Stoebner, P. E.; Poosti, R.; Djoukelfit, K.; Martinez & Meunier, J. L. (2007). Decreased human epidermal antigen-presenting cell activity after ultraviolet A exposure: dose-response effects and protection by sunscreens. *British Journal of Dermatology* 156: 1315–1320.

Thompson, S. C.; Jolley, D. & Marks, R. (1993). Reduction of solar keratoses by regular sunscreen use. *The New England Journal of Medicine* 329: 1147–1151.

Wang, S. Q.; Setlow, R.; Berwick, M.; Polsky, D.; Marghoob, A. A.; Kopf, A. W. & Bart, R. S. (2001). Ultraviolet A and melanoma: a review. *Journal of the American Academy of Dermatology* 44: 837–846.

Whitmore, S. E. & Morison, W. L. (1995). Prevention of UVB-induced immunosuppression in humans by a high sun protection factor sunscreen. *Archives of Dermatology* 131: 1128–1133.

Wulf, H. C.; Poulsen, T.; Brodthagen, H. & Hou-Jensen, K. (1982). Sunscreens for delay of ultraviolet induction of skin tumors. *Journal of the American Academy of Dermatology* 7: 194–202.