

ESTUDIO DE LA FABRICACIÓN ARTESANAL Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS DELGADAS ORGÁNICAS ELABORADAS CON FLOR DE JAMAICA CON POTENCIALES APLICACIONES EN DISPOSITIVOS OPTOELECTRÓNICOS

Romero Gutiérrez Esperanza Paulina (1), Cano Lara Miroslava (2), Martínez Rodríguez Alberto (3),
Juárez Ríos Higinio (4), Camacho López Santiago (5)

1 [Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | [paulina_gtz@outlook.com]

2 [Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | [miroslava.cano@itesi.edu.mx]

3 [Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | [albmartinez@itesi.edu.mx]

4 [Depto. Formación Profesional Específica, Instituto Politécnico Nacional-UPIIG] | [hijuarez@ipn.mx]

5 [Depto. de Óptica, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada] | [camachol@cicese.mx]

RESUMEN

El presente trabajo de investigación reporta la elaboración artesanal de películas orgánicas empleando la flor de Hibiscus sabdariffa o mejor conocida como la flor de Jamaica, se estudiaron las propiedades fisicoquímicas y ópticas del material orgánico empleando técnicas de microscopía óptica, espectroscopia FT-IR, espectrometría UV-VIS y óptica no lineal; los cuales nos muestran resultados como la coloración, el espectro de los grupos funcionales para la información química y estructural del material, el espectro de absorción lineal y la creación de anillos de auto- difracción debido a la respuesta de la película al incidir un haz láser a 665 nm. Estos materiales orgánicos muestran la posibilidad de complementar o sustituir diversos dispositivos opto electrónicos como los limitadores ópticos, celdas solares orgánicas o guías de onda.

ABSTRACT

The present investigation reports the craftsmanship of organic films using flower Hibiscus Sabdariffa or better known as Hibiscus, physico-chemical and optical properties of organic material were studied using optical microscopy techniques, FT-IR spectroscopy, spectrophotometry and nonlinear optic UV-VIS, which show results as coloring, spectrum of functional groups for chemical and structural information of the material linear absorption spectrum and creating self diffraction rings due to the response of the film to influence cw laser beam at 665 nm, these organic materials exhibit the possibility of supplementing or replacing various optoelectronic devices such as optical limiters, organic solar cells or waveguides.

PALABRAS CLAVE

Película delgada orgánica; óptica no lineal; Hibiscus Sabdariffa.

INTRODUCCIÓN

Los materiales electrónicos traen consigo consecuencias en el ambiente al no ser biodegradables, ante esto se han hecho estudios para la búsqueda de una alternativa orgánica, la cual se puede encontrar en los pigmentos de flores o frutos. En años recientes se tiene el interés de emplear pigmentos orgánicos que son extraídos de plantas, frutas o vegetales para la aplicación en dispositivos opto electrónicos, los cuales ya han sido estudiados para celdas solares [1,2] o en potenciales aplicaciones de Nano-fotónica [3].

Óptica no lineal de Materiales

La óptica no lineal (ONL) describe el comportamiento de las interacciones de la materia con la luz. Al irradiar un material con campos eléctricos de alta intensidad proveniente de un láser, este puede presentar propiedades ópticas no lineales y presentar una modificación en su índice de refracción del material [4,5].

En la literatura se encuentran estudios de la caracterización óptica en moléculas o líquidos de diversos compuestos orgánicos. En los estudios relacionados con la flor de Hibiscus Sabdariffa se reportan estudios con muestras líquidas de Jamaica, como la presencia de una no linealidad de 3^{er}. orden lo cual conduce a un fuerte limitador óptico [6], también se observan interesantes propiedades ópticas no lineales, debido a que presenta una auto-modulación de fase con cambios superiores a 2π [7], por otro lado empleando la técnica Z-scan se caracterizaron concentraciones líquidas de Hibiscus Sabdariffa, obteniendo un contraste de fase dependiente de la variación en su índice de refracción no lineal [8].

Flor de Jamaica, Hibiscus Sabdariffa

En particular, el extracto de la flor de Hibiscus Sabdariffa mejor conocida como Jamaica tiene componentes como vitaminas (E y C), ácidos polifenólicos y flavonoides (antocianinas), que poseen actividad antioxidante, contribuyendo a las acciones anticancerígenas y cardioprotectivas [9].

Antocianina

El pigmento natural denominado como Antocianina [Ver IMAGEN 1], se encuentra situada en las vacuolas de las células vegetales y pertenece a un grupo de colorantes naturales de color rojo, hidrosolubles. Químicamente estos pigmentos pertenecen al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianidinas, es decir están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico[10]. Además de otorgar color a plantas y frutos esas tienen una actividad antioxidante debido a que reflejan la luz hacia zonas que la aprovechan de la mejor manera posible, evitando la producción de radicales libres.

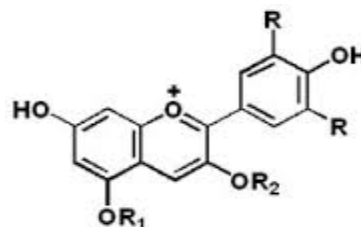


IMAGEN 1: Estructura general de las Antocianinas R1 y R2 pueden ser H o azúcares, R pueden ser OH o H.

En la Tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica de la flor Hibiscus Sabdariffa [9].

Tabla1. Clasificación taxonómica de la Jamaica (Hibiscus Sabdariffa)	
Reino	Plantae
Sub-reino	Tracheophyta
División	Anthophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Genero	Hibiscus
Especie	Sabdariffa L.

Gelita

El colágeno hidrolizado (CH) es un nutracéutico, compuesto por una mezcla de aminoácidos,

péptidos y polipéptidos con peso molecular máximo de 5.000. La unidad básica del colágeno adopta una estructura fibrilar muy especial, la molécula de procolágeno, la cual consiste en una triple hélice formada por tres cadenas polipeptídicas de unos 1.000 aminoácidos cada una que se enlazan por los extremos y se alinean entre sí, originando largas microfibrillas que, a su vez, se reúnen formando fibrillas, las cuales se disponen en paralelo dando lugar a gruesas fibras de colágeno [Ver IMAGEN 2], lo que las hace extraordinariamente resistentes y flexibles [11].

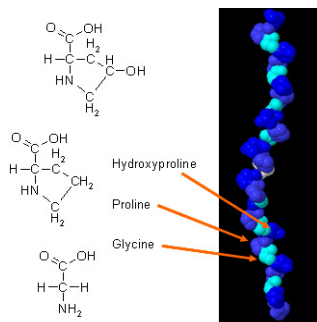


IMAGEN 2: Triple hélice de cadenas polipeptídicas del colágeno hidrolizado.

La Gelita ha sido ampliamente estudiada en el área de alimentos donde determinan su estructura química por medio de espectroscopía FT-IR [12]. Debido a que recientemente se muestra la dependencia del índice de refracción no lineal con la intensidad del láser empleando encapsulados de concentraciones líquidas en portaobjetos [13].

En la Tabla 2 se muestra el contenido de aminoácidos del colágeno hidrolizado.

Tabla 2. Contenido de Aminoácidos del colágeno hidrolizado	
Aminoácidos	%
Prolina/ Hidroxiprolina	25%
Glicina	20%
Ácido Glutámico	11%
Arginina	8%
Alanina	8%
Otros aminoácidos esenciales	16%
Otros aminoácidos no esenciales	12%

Es por ello, que en este trabajo de investigación se reporta una técnica sencilla de elaboración de películas delgadas de materiales 100 % orgánicos,

los cuales no han sido reportados en la literatura. La caracterización del material orgánico proporciona los parámetros físicos-químicos y ópticos con los cuales se encuentra la película delgada y nos orienta a las potenciales aplicaciones de opto electrónica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los elementos empleados para la fabricación de las películas orgánicas son extracto de Hibiscus Sabdariffa que atribuye pigmentación de tonalidad rojo púrpura y propiedades antioxidantes, gelita (colágeno hidrolizado) que actúa como proteína estructural para dar sostén a la muestra y agua purificada como solvente [Ver IMAGEN 3].



IMAGEN 3: Material empleado para la elaboración de películas orgánicas (Jamaica, agua purificada y gelita).

Elaboración artesanal de películas orgánicas

Para su fabricación se coloca agua purificada en un vaso de precipitado a baño María, esto sobre una parrilla eléctrica hasta que alcance su punto de ebullición, posteriormente se agrega gelita y se agita. Una vez que se observa una mezcla homogénea se agrega el extracto de Jamaica y se integra. Después de unos minutos se vierte en una placa petri hasta que tome una consistencia gelatinosa, posteriormente se deja secar a temperatura ambiente hasta obtener la película delgada.

Caracterización de películas orgánicas

Para la caracterización de las muestras se empleó un microscopio óptico con objetivo de 40X, espectroscopía infrarroja FT-IR (Thermo scientific NICOLET iS-10 FT-IR spectrometer) en el rango

de 4000-600 cm^{-1} , espectrometría UV-VIS (Cary 300 scan varian, rango de 350 a 900 nm) y para observar las propiedades ópticas no lineales se utilizó un láser con longitud de onda de 530 nm con potencia de 3 mW [Ver imagen 4]. Con esta técnica óptica se pudo observar la generación de anillos de auto-difracción.

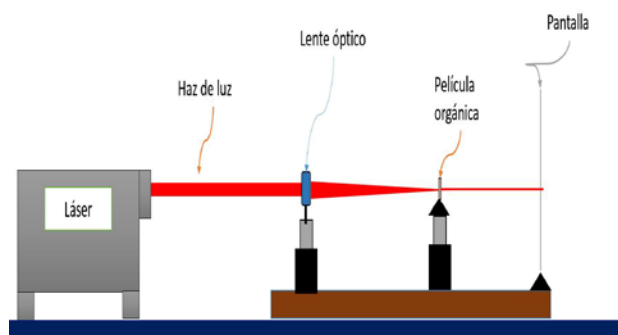


IMAGEN 4: Arreglo experimental para estudio de óptica no lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microscopía óptica

Como resultado de la microscopía óptica se obtuvo un grosor de 0.08mm en la película delgada orgánica, presento una tonalidad rojo-morado (púrpura) la cual es atribuida al pigmento de la Jamaica [Ver IMAGEN 5a]. En la imagen 5b se observa la superficie de la misma, la cual presenta homogeneidad [Ver IMAGEN 5b].

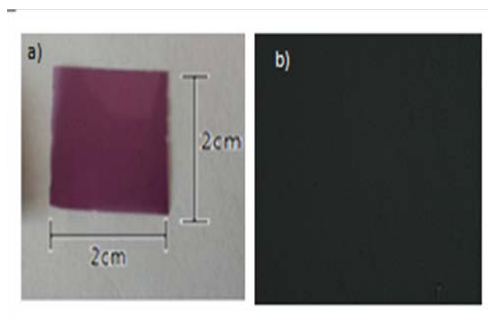


IMAGEN 5: a) Muestra de la película orgánica, b) Superficie de la película orgánica

Espectroscopia FT-IR

Los espectros FT-IR de las muestras de película delgada de gelita y película delgada de Jamaica con gelita se presentan en la imagen 6. Se pueden identificar los grupos funcionales característicos de la gelita: el pico 3290 cm^{-1} y se atribuye a la Amida A, 2949 cm^{-1} a la Amida B, 1634 cm^{-1} a la Amida I, 1538 cm^{-1} a la Amida II y 1234 cm^{-1} a la Amida III [12]. Para el espectro FT-IR de Jamaica se observó una banda de absorción en el rango de 1060-2920 cm^{-1} , el pico en 3353 cm^{-1} atribuido al enlace de O-H, en 1182 cm^{-1} el doble enlace del anillo aromático C=C. En la vibración 1732 cm^{-1} se muestra el enlace C=O el cual es atribuido al grupo carbonilo. El enlace del anillo aromático C-H fue observado en la banda de 2361 cm^{-1} . La vibración del H fue asignado para cm^{-1} [14]. El espectro de absorción referente a la película de Gelita/ Hibiscus Sabdariffa muestra una combinación de sus grupos funcionales [Ver IMAGEN 6].

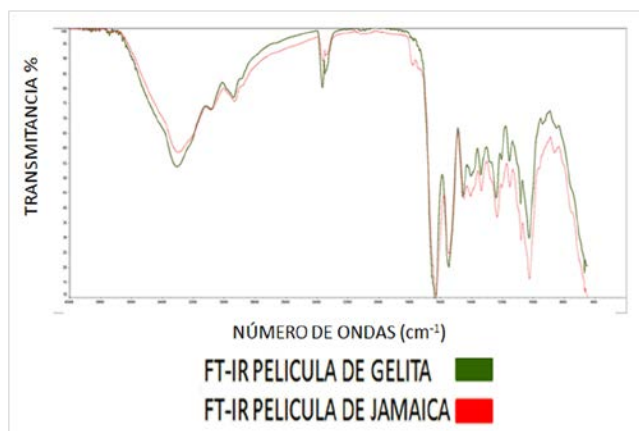


IMAGEN 6: Espectro FT-IR de las películas orgánicas de Gelita y Gelita/Jamaica.

Espectroscopia UV-VIS

En la imagen 7a se observa en el espectro de UV-VIS de la película orgánica de Hibiscus Sabdariffa, donde tiene una banda de absorción centrada alrededor de la longitud de onda 550 nm. En la imagen 7b se observa el espectro UV-VIS de la película orgánica de gelita, se observa una buena transmitancia de 400 nm.

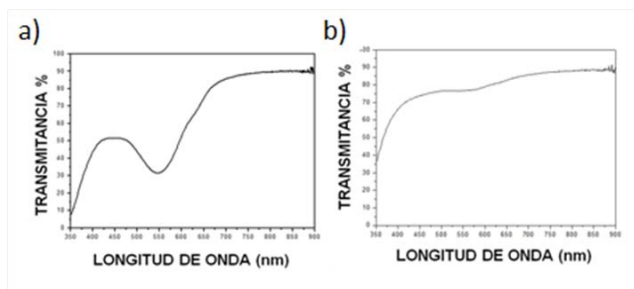


IMAGEN 7: a) Gráfica UV-VIS de película orgánica de Jamaica, b) Gráfica UV-VIS de película orgánica de Gelita

Resultado de prueba de no linealidad

Con el arreglo óptico presentado en la imagen 4 se pudo observar los primeros resultados de la generación de patrones de anillos de difracción a campo lejano, los cuales son originados por las propiedades de la película delgada de Hibiscus Sabdariffa [Ver IMAGEN 8].

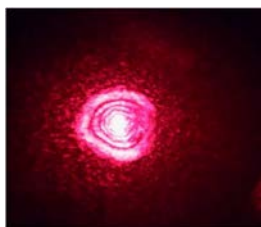


IMAGEN 8: a) Anillos de Newton obtenidos de una película de Jamaica.

CONCLUSIONES

La película delgada de Hibiscus Sabdariffa o flor de Jamaica fue elaborada de una manera sencilla en la cual al realizar las caracterizaciones del material muestra que es óptima para continuar con los estudios de las propiedades ópticas no lineales, las cuales se pueden encaminar a que estas películas puedan ser empleadas como dispositivos opto electrónicos.

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece a la Dra. Carmen Salazar Hernández del Instituto Politécnico Nacional IPN-UPIIG y al CICESE departamento de óptica por el

apoyo de sus equipos para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Zhou, H., Wu, L., Gao, Y., Ma, T. (2011). Dye-sensitized solar cells using 20 natural dyes as sensitizers. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, (219), 188–194.
- [2] Kun Ching Cho, Ho Chang, Chih Hao Chen, Mu Jung Kao and Xuan Rong Lai. (2014). A Study of Mixed Vegetable Dyes with Different Extraction Concentrations for Use as a Sensitizer for Dye-Sensitized Solar Cells. *International Journal of Photoenergy* (2014), 5.
- [3] Maaza, M. (2014). Natural Dyes for Photonics Applications. *Novel Plant Bioresources: Applications in Food, Medicine and Cosmetics*. (6), 477-492.
- [4] Hecht E. (2002). *Optics*. California: Pearson education. 4ª edición.
- [5] De la Torre, G., Sánchez, I., Martín, N. (2002). Compuestos orgánicos con propiedades ópticas no lineales: hacia las nuevas tecnologías fotónica y fotoelectrónica. *Anuales de la real sociedad española de química*. (2), 5-17.
- [6] Diallo, A., Zongo, S., Mthunzi P., Rehman, S., Alqaradawi, S., Y., Soboyejo, W., Maaza M. (2014). Z-scan and optical limiting properties of Hibiscus Sabdariffa dye. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. (2014).
- [7] Trejo Durán, M., Ramírez Martínez, D., Alvarado Méndez, E., Vázquez Guevara, M., A. (2014). Nonlocal nonlinear refraction in Hibiscus Sabdariffa with large phase shifts. *Opt. Express* 22 (1), 25161-25170.
- [8] Saldaña Sánchez, A., Arredondo Martínez, L. O., García Macías V. de J., Cano Lara M., Severiano Carrillo, I., Trejo Durán, M. y, Alvarado Méndez, E. Estudio de cambios de fase en materiales orgánicos no lineales. 1-5.
- [9] Cid Ortega, S. y Guerrero Beltrán, J.A. (2012). Propiedades funcionales de la Jamaica (Hibiscus Sabdariffa L.). *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*, 6(2), 47-63.
- [10] Aguilera Ortiz, M., Reza Vargas, M.C., Chew Madinaveita, R.G., y Meza Velázquez, J.A., (2011). Propiedades fundamentales de las antocianinas. *Revista de ciencias Biológicas y de la Salud*. 8(2), 16-22.
- [11] Anónimo (19 mar 2016 a las 23:39.) Colágeno hidrolizado, recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Col%C3%A1geno_hidrolizado, al 02/09/16.
- [12] Saidi, G. S., Alawi, A., Rahman, M. S. y Guizani, N. (2012). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic study of extracted gelatin from shaari (Lithrinus microdon) skin: effects of extraction conditions. *International Food Research Journal*. 19 (3), 1167-1173
- [13] Cano Lara, M., Severiano Carrillo, I., Saavedra García, J. A., Trejo Durán, M., y Alvarado Méndez, E. (2016). Nonlinear optical properties of Hibiscus Sabdariffa in thin films. *Photonics North*.
- [14] Nisreen Awad, E., Siddig, M., Siddig, A. (2013). Structure and physical properties of flowering plants of the genus hibiscus. *Sudan Medical Monitor*. (8), 135-139.