

# Microscopía de las Propiedades Ópticas de Películas Multilaminadas a Base de PET y Películas Biodegradables

P. Gudiño Guevara<sup>#1</sup>, V. Álvarez Torres<sup>\*2</sup>

<sup>#</sup>Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Academia de Investigación, Unidad Académica Lagos de Moreno, Jalisco, México

<sup>\*</sup>Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Academia de Investigación, Unidad Académica Puerto Vallarta, Jalisco, México

<sup>1</sup>patricia.gudino@lagos.tecmm.edu.mx, <sup>2</sup>vanesa.alvarez@vallarta.tecmm.edu.mx

**Resumen**—Las películas biodegradables son empaques que proporcionan protección física a los alimentos y crean las condiciones fisicoquímicas apropiadas para proporcionar una vida útil adecuada. En la actualidad, la industria alimentaria ha propuesto incorporar películas biodegradables, sin causar daños a la salud y al medio ambiente. El objetivo del presente trabajo fue analizar las propiedades ópticas de materiales compuestos obtenidos mediante el uso de la microscopía óptica, se adquirió información que sirve para mejorar la calidad de las películas biodegradables y a su vez aumentar la vida útil de los alimentos. Se obtuvieron imágenes de microscopía óptica con un aumento de 10X y 40X, tanto del anverso como reverso de cada una de las películas. Los resultados evidencian la importancia del empleo de la microscopía óptica en las películas biodegradables en la industria alimentaria, ya que siendo una técnica no destructiva brinda información muy valiosa para generar una mejora en las propiedades mecánicas de las películas biodegradables y eliminar el riesgo de migración de compuestos tóxicos hacia el alimento.

**Palabras clave**—Películas biodegradables, multilaminadas, fotomicroscopía, microscopía óptica, propiedades ópticas.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la sustentabilidad ha tomado seria relevancia por lo que, las películas biodegradables a partir de polímeros naturales como las proteínas aisladas del suero de leche y las pectinas obtenidas de la familia *Citrus* y láminas de polietilentereftalato (PET), representan una alternativa a los empaques plásticos, además, generan una mejora en las propiedades mecánicas de las películas biodegradables y elimina el riesgo de migración de compuestos tóxicos hacia el alimento. Así mismo, se aprovechan subproductos de la industria alimentaria, que generalmente son considerados como desechos, lo que también ayuda a reducir la contaminación ambiental. Las formulaciones y características de producción podrán ser replicados a gran escala tanto a nivel estatal como nacional.

Este tipo de empaques es desarrollado mediante herramientas biotecnológicas que permiten la producción de bioplásticos de manera sustentable [1]. La principal función

de los empaques en alimentos es lograr la preservación y la entrega segura de productos alimenticios hasta su consumo. Por lo tanto, los empaques contribuyen a prolongar la vida de anaquel del producto y mantener la calidad y la seguridad de los productos alimenticios [2].

Las técnicas de microscopía representan una alternativa de estudio de las propiedades ópticas con la ventaja de ser una técnica no destructiva. Los empaques biodegradables son preparados generalmente mediante métodos tradicionales como la técnica de vaciado manual o mediante un aerosol, estas técnicas presentan varias desventajas importantes, principalmente en sus procesos de producción lo que afecta a las características del material obtenido.

La falta de control y prevención en la formación de películas puede generar problemas de salubridad y pérdidas económicas por daños en instalaciones, equipos y aditamentos.

Los materiales pueden ser caracterizados mediante técnicas de microscopía óptica. Esta es un área de trabajo multidisciplinaria que se puede aplicar a varios tipos de muestras y/o procesos. El microscopio óptico basa su mecanismo en la ampliación de la imagen de un objeto mediante el uso de lentes convergentes. Los resultados que se pueden obtener al usar la microscopía óptica nos pueden ayudar a entender o a relacionar las propiedades y estructuras internas con la forma del material estudiado o pueden orientar sobre la homogeneidad que presentan [3]. Diversos autores han demostrado la utilidad de la microscopía óptica en el estudio y caracterización de diferentes materiales y/o superficies [4] [5]. Además, la transparencia es una propiedad de gran interés en el estudio de materiales en contacto con alimentos, debido a su gran impacto sobre la apariencia del producto, cuando se las utiliza como recubrimientos o envases [6]. De la misma forma el color de la película puede afectar positiva o negativamente la decisión del consumidor a la hora de seleccionar un alimento envasado.

Para realizar un análisis e interpretación correcta de las imágenes observadas, se debe tener en cuenta la escala que se está usando. Es por esto, que cada imagen reportada debe ir acompañada de la información sobre su tamaño o resolución [3] [7] [8]. Para el presente estudio se identificó la necesidad de detectar cambios y condiciones en las películas, los que

confieren relevancia en la capacidad de protección, en los alimentos que son utilizados.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se eligieron películas sencillas y multilaminadas con un volumen de vaciado de 30 mL, así como, polietilentereftalato (PET). Las películas fueron observadas, se tomaron fotomicrografías con el uso de un microscopio óptico Motic (Microscopio Universal Trinocular LED Motic BA310E TLED) con el objetivo 10X para enfocar la muestra y posteriormente el objetivo 40X para su análisis. De cada película se eligen tres secciones de (aprox. 2cm<sup>2</sup>) las cuales son seleccionadas aleatoriamente y colocadas al microscopio, donde fueron analizadas por ambas caras (anverso y reverso) y todas las muestras fueron analizadas bajo las mismas condiciones.

### A. Formulación de la película

Para formar complejos estables de proteínas se preparó una solución filmógena base de proteínas, a través de un proceso de desnaturalización térmica se forman enlaces disulfuro que favorecen la formación de nuevos complejos proteína-proteína, promoviendo la formación de películas.

A un volumen fijo de la solución filmógena fue vaciada en cajas Petri de plástico dejando evaporar el contenido de agua para favorecer la formación de películas. Las condiciones de secado a estudiar fueron (temperatura 45°C– humedad relativa 30%): Prueba (45 - 30).

### B. Adquisición de imágenes

Para llevar a cabo la comparación de la variabilidad en las películas se observaron tanto la microestructura como la morfología superficial de las películas tanto en su lado anverso como reverso, tomando 3 imágenes de cada película con ambos aumentos 10X y 40X.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las películas resultaron transparentes con una tonalidad que se vuelve ligeramente amarillenta en las películas tanto sencillas y multilaminadas, para identificar las características de cada uno de los materiales preparados. Los resultados de estas determinaciones indican que los materiales tienen opacidad intermedia entre la de los componentes, como podemos observar en la Figura 1, por lo tanto, al ser películas multilaminadas aumenta la posibilidad de intensificación del color.

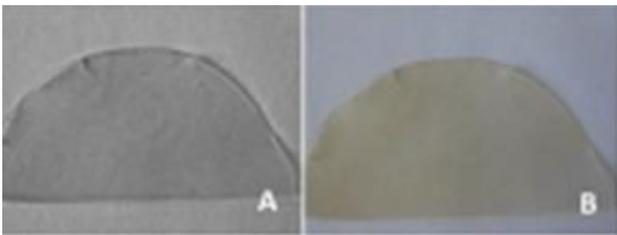


Fig. 1. Comparación del cambio de intensidad de color entre las A) Película sencilla y B) Película Multilaminadas.

El análisis de imágenes con microscopía óptica, permitió confirmar que todas las películas presentaron una morfología superficial lisa y uniforme, lo que es un indicativo de la capacidad que tienen las películas para proteger a los alimentos de microorganismos patógenos externos, aumentando así la vida útil de los alimentos.

Como se muestran en las imágenes de la Fig. 2 en las películas sencillas a una magnificación de 10X y 40X. Se pueden apreciar zonas con una matriz compacta en las películas, lo cual es un marcador de su integridad estructural; sin embargo, simultáneamente se observan áreas irregulares que son señales de una posible fragilidad en la película.

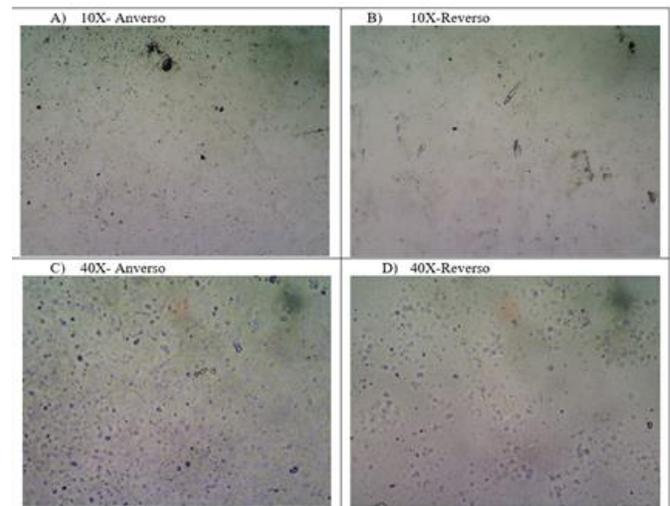


Fig. 2. Fotomicrografías con microscopía óptica de películas sencillas; 30mL volumen de vaciado: A) Vista anverso 10X, B) Vista reverso 10X, C) Vista anverso 40X y D) Vista reverso 40X.

En la Fig. 3 se muestran imágenes compuestas por películas multilaminadas a una magnificación de 10X y 40X. Donde se aprecian poros y zonas con una matriz compacta de las películas, lo cual es un indicador de su integridad estructural. Por otro lado, la capa de PET presente en la misma, el cual les confiere mayor protección a los alimentos, siendo éste un buen aislante de sustancias que pueden contaminar los alimentos.

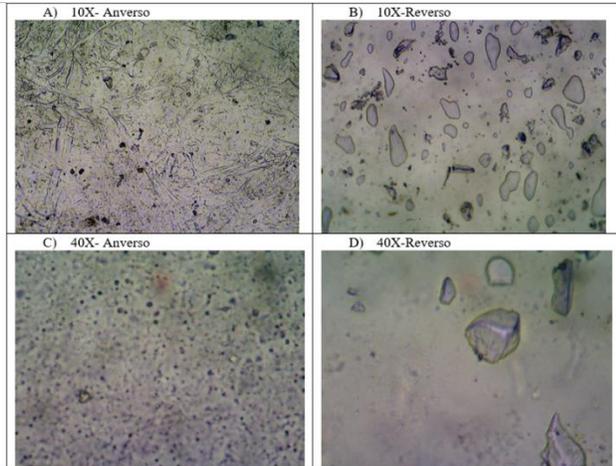


Fig. 3. Fotomicrografías con microscopio óptico de Películas Multilaminadas; 30 mL de volumen de vaciado: A) Vista anverso 10X, B) Vista reverso 10X, C) Vista anverso 40X y D) Vista reverso 40X.

Como se muestra en la Fig. 4, en el PET podemos determinar la presencia de gotas las cuales pueden ser el pegamento o de agua debido a la naturaleza del material para retener agua del medio ambiente, demostrando ser una buena barrera de aislante con el medio ambiente, lo que determina su uso ya sea en una película sencilla o multilaminadas.

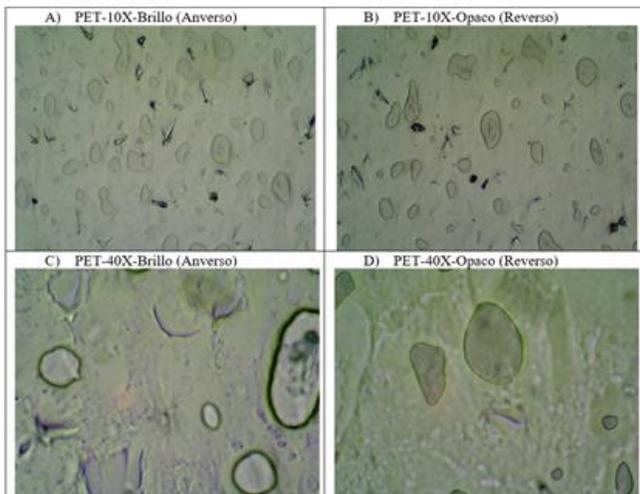


Figura 4 Fotomicrografías con microscopio óptico del PET: A) Vista anverso 10X, B) Vista reverso 10X, C) Vista anverso 40X y D) Vista reverso 40X.

Se ha demostrado que el PET actúa con mayor efectividad en los alimentos cuando es aplicado formando parte de un recubrimiento o película comestible, las películas pueden mantener una mejor barrera de protección, en la superficie del alimento durante mayor tiempo.

#### IV. CONCLUSIÓN

El estudio cualitativo de los diferentes materiales y películas biodegradables resultaron ser de importancia para el mejoramiento de técnicas de elaboración de las mismas, ya

que los materiales más frecuentemente utilizados en la elaboración de películas biodegradables y recubrimientos son las proteínas, polisacáridos, lípidos y la combinación de éstos. Se han llevado a cabo diversos estudios sobre interacciones entre estos polímeros en el diseño y aplicación de películas con propiedades mecánicas y de barrera mejoradas. La investigación en este campo ha aumentado significativamente el uso de películas cuyos materiales han sido modificados para mejorar su conservación, encontrando algunas con la capacidad de controlar la atmósfera interna del alimento, aquellas que proporcionan brillo o color mejorando su calidad visual, aquellas que son capaces de evitar contaminación y propagación microbiana, dándole al consumidor la posibilidad de contar con productos de mejor calidad y mayor vida de anaquel, además de no generar residuos contaminantes ni tóxicos. Para caracterizar estos materiales, aún nos queda trabajo por realizar con otros métodos de microscopía, tales como, el microscopio electrónico de barrido (SEM) entre otros. Para el mejoramiento de las películas en las propiedades mecánicas y de barrera mejoradas.

Por lo tanto, el estudio óptico planteado en este trabajo concede un método rápido para realizar el análisis de los cambios en las películas, utilizando a la aplicación de esta técnica, la cual no es destructiva, tiene un gran campo de acción en la industria alimentaria.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de la Unidad Académica Lagos de Moreno del Instituto ITJMMPH y al departamento de investigación que brindaron tiempo y la infraestructura que favoreció el desarrollo de la presente investigación. Esta investigación fue apoyada por PRODEP con la concesión 31525 asignada al ITJMMPHCA-11.

#### REFERENCIAS

- [1] C. G. Otoni, R. J. Avena - Bustillos, H. M. Azeredo, M. V. Lorevice, M. R. Moura, L. H. Mattoso y T. H. McHugh, "Recent advances on edible films based on fruits and vegetables — a review", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 16(5), pp. 1151-1169, 2017. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12281>.
- [2] J. H. Han. *Innovations in food packaging*. 1ra ed. Elsevier, 2005.
- [3] J. A. Martín Gago, "La microscopía para el estudio de materiales y láminas delgadas", pp. 519-540, 1997.
- [4] B. S. Hayes y L. M. Gammon. *Optical microscopy of fiber-reinforced composites*. ASM international, Ohio USA, 2010.
- [5] A. Girão. "SEM/EDS and optical microscopy analysis of microplastics". *Handbook of Microplastics in the Environment*, pp. 1-22, 2020.
- [6] S. Mali, M. V. E. Grossman, M. A. García, M. N. Martino y N. E. Zaritzky, "Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films", *Carbohydrate Polymers*, vol. 56(2), pp. 129-135, 2004.
- [7] R. Haynes. *Optical microscopy of materials*. Springer Science & Business Media. New York USA, 2013.
- [8] P. J. Harris "Microscopy and literature", *Endeavour*, vol. 43(3), p. 100695, 2019. Disponible en: [https://centaur.reading.ac.uk/87012/1/Harris\\_Endeavour.pdf](https://centaur.reading.ac.uk/87012/1/Harris_Endeavour.pdf)