

Compuestos de PMMA y Nanopartículas de TiO₂ para posibles aplicaciones Ópticas.

L. J. Sepúlveda¹, E.D. Elizondo¹, R. Garza¹, L. Peña-Parás¹, A. Sánchez-Fernández².

¹ Universidad de Monterrey, Ave. Morones Prieto 4500 Pte., Col. Jesús M. Garza, San Pedro Garza García, N. L., México;

² Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Eugenio Garza Sada 2501, Col. Tecnológico, Monterrey, N. L., México.

Resumen— La aplicación de polímeros ópticamente transparentes, como lo son los poliacrilatos, en lentes intraoculares han estado limitadas por su relativamente bajo índice de refracción. Debido a esto, múltiples investigaciones han sido realizadas para incrementar el valor de dicho índice. Sin embargo, la investigación ha estado enfocada en agregar partículas metálicas o cerámicas en la matriz polimérica.

Fueron realizadas algunas pruebas, donde nanopartículas de TiO₂ fueron introducidas en el PMMA después de su proceso de polimerización.

Los resultados indican que las partículas de TiO₂ incrementan el índice de Brix del PMMA, sin obtener alguna relación obvia entre la concentración y el índice de Brix.

Palabras clave— aplicaciones ópticas, índice de Brix, índice de refracción, PMMA, silanos, TiO₂.

I. INTRODUCCIÓN

Una teoría lenticular generalmente aceptada es la de la presbiopía, o presbicia. Propone que esta condición ocurre debido a cambios en el índice de refracción promedio equivalente, y la tasa de crecimiento anual del lente cristalino natural del ojo [1]. En esta idea es el principio en el que se basan los diferentes tipos de lentes.

Los polímeros han reemplazado el vidrio para aplicaciones ópticas, como lentes y lentes intraoculares, debido a su densidad inferior y su menor tendencia a romperse y rayarse. Sin embargo, los polímeros tienen algunas limitantes, siendo la principal su relativamente bajo índice de refracción. Un problema común en los lentes intraoculares hechos de polímeros, la opacificación intralenticular, ya ha sido considerada como visualmente insignificante por investigaciones [2].

El polimetilmetacrilato (PMMA) ha sido comúnmente utilizado para la producción de lentes intraoculares y otras aplicaciones ópticas, principalmente porque es relativamente barato, estable, y tiene un desempeño óptico confiable [3].

También ha sido utilizado para producir fibras ópticas y discos ópticos; no obstante, tiene un índice de refracción de 1.49, lo que limita su aplicación en áreas que requieren índices de refracción más altos [4]. Además, también se restringe su uso en aplicaciones en altas temperaturas, debido a su baja estabilidad térmica. [5].

Ha sido un reto manufacturar plásticos ópticos con un índice de refracción y un número de Abbe altos [6]. Por lo tanto, una cantidad significativa de esfuerzo se ha enfocado en aumentar el índice de refracción de materiales como el PMMA.

Hay varios esfuerzos realizándose en este aspecto, y algunas de las propiedades más deseables en este tipo de materiales son la transparencia óptica, resistencia a rasguños y protección de la corrosión. [7]. Uno de los intentos hechos fue producir materiales silíceos para lentes de contacto duros, resultando en materiales silíceos monolíticos con propiedades deseables [8]. El efecto de agregar nanopartículas a nanocompuestos de PMMA/silica fue analizado [9], así como el efecto de los fulerenos en lentes de contacto, y su impacto en las características electromagnéticas de la luz transmitida [10].

Una de las áreas que ha sido investigada es la inclusión de partículas metálicas o cerámicas en el polímero, siendo TiO₂ uno de los materiales que más atención a generado en los investigadores [6, 11-13]. La dispersión de compuestos metálicos de alto índice de refracción es una de las opciones disponibles para incrementar el índice de refracción de los poliacrilatos, que, de otra manera, está limitado entre 1.42 y 1.49 [6]. Otros materiales en la forma de nanopartículas que están siendo utilizados para producir polímeros con un alto índice de refracción son SiO₂ y ZrO₂ [14-15], aunque han sido poco investigados. En estos nanocompuestos, un intercambio se realiza entre el tamaño de la partícula y el desajuste entre índice de refracción [16].

Los resultados obtenidos de las investigaciones mencionadas anteriormente han sido prometedores. No obstante, el rango de materiales utilizado fue limitado.

El propósito de esta investigación es probar si es posible incrementar el índice de refracción del PMMA utilizando un material de alto índice de refracción, las nanopartículas de TiO₂.

II. METODOLOGÍA

A. Materiales

Un polímero de polimetilmetacrilato (PMMA) fue usado para la matriz. Tetrahidrofurano (THF) se utilizó para disolver el PMMA. Las nanopartículas de TiO₂ con dimensiones de <21nm provinieron de Sigma-Aldrich.

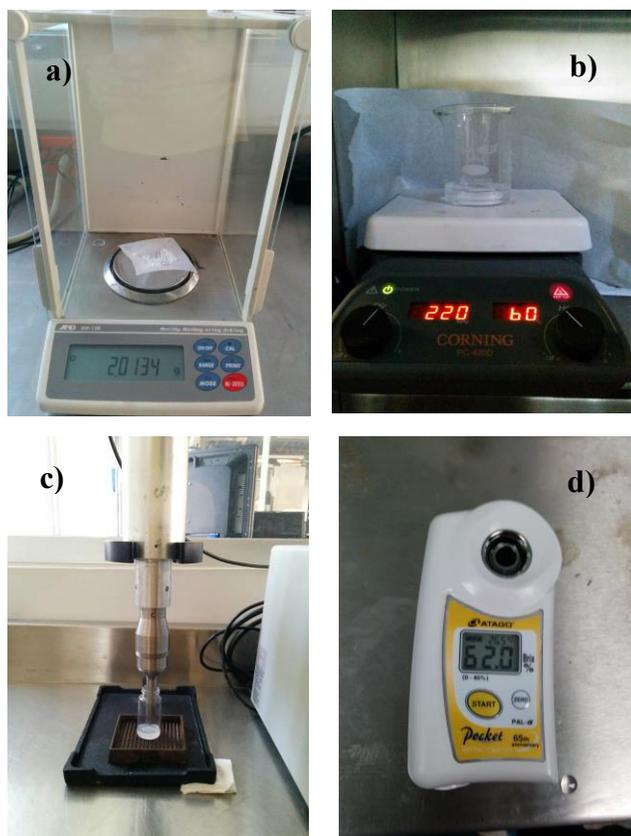


Fig. 1. Procedimiento realizado. a) Pesado de los 2g de PMMA para su adición al THF. b) Agitación abierta del THF y PMMA a 60°C y 220 RPM. c) Sonificación de las muestras. d) Medición del índice de Brix con el refractómetro.

B. Metodología

Tal como se muestra en la Fig. 1, 2 g de PMMA fueron disueltos en 25mL de THF. Posteriormente fueron puestos en agitación abierta a 60°C y 220 RPM, permitiendo al THF que volatilizara, hasta que quedaran solo 10 mL.

Se hicieron 5 muestras, y se agregaron diferentes concentraciones de nanopartículas de TiO₂, para tener también muestras con 0%, 0.01%, 0.005%, 0.02% y 0.05%. Estas muestras se sometieron a sonificación para lograr una dispersión más uniforme de las nanopartículas. En la Fig. 2 se muestra una imagen de las nanopartículas utilizadas.

La Matriz de Experimentos, en donde se detallan las muestras realizadas, se puede ver en la Tabla 1. Cada una de las muestras fue vaciada en un vial para preservarse en estado líquido para, de esta forma, realizar las pruebas de índice de refracción.

El índice Brix de las muestras fue medido empleando un “Digital Hand-held “Pocket” Refractometer PAL- α ” marca Atago. Se empleó agua destilada para marcar el cero en el refractómetro. Una gota de cada una de las muestras fue colocada sobre el lente del refractómetro para que éste empezase la medición del índice Brix. Estos resultados se registraron para cada muestra y posteriormente se graficaron para su análisis.

TABLA I
MATRIZ DE EXPERIMENTOS

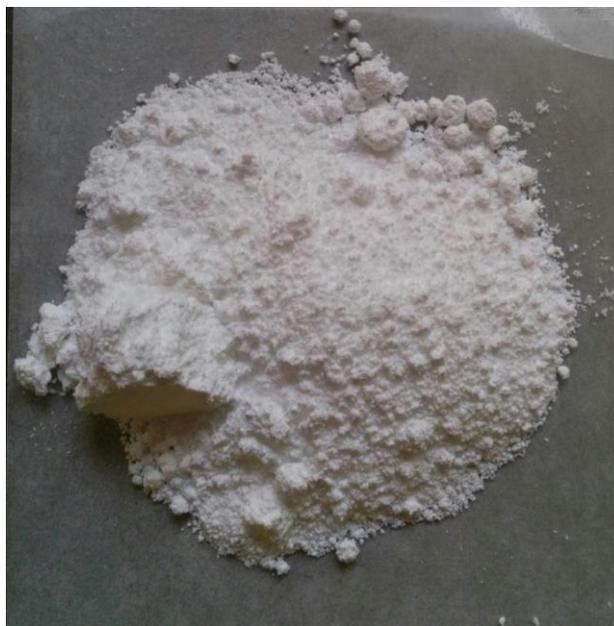
PMMA	Nanopartículas de TiO ₂
100%	0%
100%	0.01%
100%	0.005%
100%	0.02%
100%	0.05%

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las mediciones del índice Brix se muestran en la Figura 3. Se puede observar que las nanopartículas de TiO₂ incrementaron el índice Brix hasta concentraciones de 0.02%. El incremento del índice de Brix a esta concentración con respecto al PMMA fue de 10%. A mayores concentraciones esta propiedad disminuyó. Esto puede ser debido a una sobresaturación y aglomeración de nanopartículas en la matriz.

IV. DISCUSIÓN

Se muestra que la adición de nanopartículas de TiO₂ incrementa el índice de Brix de las muestras con respecto a la muestra que no posee ninguna proporción de nanopartículas. Esto se puede atribuir a su alto índice de refracción, como lo menciona Suri et. al. [6]. Así mismo,



conforme a lo sugerido por Yong et. al. [17] se ha visto que el TiO₂ descompone contaminantes orgánicos, es un

autolimpiador y un material súper hidrofílico.

Fig. 2. Nanopartículas de TiO₂ en polvo.

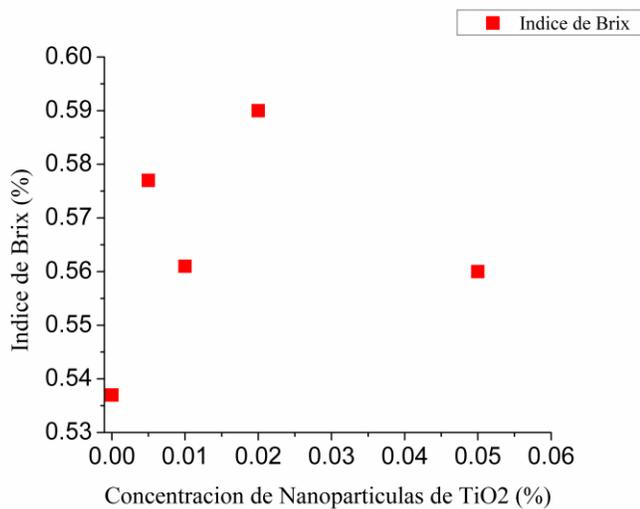


Fig. 3. Índice de Brix de las muestras

V. CONCLUSIÓN

Las muestras de PMMA y TiO₂ fueron preparadas con éxito. Las pruebas con refractómetro muestran que el índice de Brix de las muestras realizadas aumentó hasta un 10% con una concentración de 0.02% de nanopartículas. A mayores concentraciones esta propiedad disminuyó debido a una sobresaturación y aglomeración de nanopartículas. Estos resultados demuestran el potencial de la nanotecnología para mejorar las propiedades de materiales con posibles aplicaciones ópticas.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a Luis Alberto Carreón por su apoyo en la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Malyugin, T. Morozova, and V. Cherednik. (2014). Gradient refractive index optics IOL: theoretical background and clinical results. *Middle East African Journal Of Ophthalmology*, 21(1), 32-39. doi:10.4103/0974-9233.124086.
- [2] A. Gomaa, R.M.H. Lee, and C.S.C. Liu. (2011). Polypseudophakia for cataract surgery: 10 year follow-up on safety and stability of two poly-methyl-methacrylate (PMMA) intraocular lenses within the capsular bag. *Eye* 25, 1090-1093.
- [3] Y. Wei, Y. Chen, P. Liu, Q. Gao, Y. Sun, and C. Huang. (2011). Surface Modification of Hydrophobic PMMA Intraocular Lens by the Immobilization of Hydroxyethyl Methacrylate for Improving Application in Ophthalmology. *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 31: 811-825.

- [4] W. Du, H. Wang, W. Zhong, L. Shen, and Q. Du. (2005) High Refractive Index Films Prepared From Titanium Chloride and Methyl Methacrylate via a Non-Aqueous Sol-Gel Route. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 34: 227-231.
- [5] H. Wang, P. Xu, and W. Zhong (2005) Transparent poly(methyl methacrylate)/ silica/ zirconia nanocomposites with excellent thermal stabilities. *Polymer Degradation and Stability* 87: 319-327.
- [6] G. Suri, M. Tyagi, G. Shasadri, G.L. Verma, and R.K. Khandal (2010) Novel Nanocomposite Optical Plastics: Dispersion of Titanium in Polyacrilates. *Journal of Nanotechnology*: 1-5
- [7] J. Pérez, and D. Morales (2012) Controlled formation of spheres by phase segregation in hybrid organic-inorganic PMMA-SiO₂ systems through the silane coupling agent. *Formatex* 1154-1161.
- [8] G. Philipp, and H. Schmidt (1984) New materials for contact lenses prepared from Si- and Ti- alkoxides by the sol-gel process. *Journal of Non-Crystalline Solids* 63 283-292.
- [9] M. Salami, V. Haddadi-Asl, S. Rahimi, and F. Behboodi (2012) A study on the properties of PMMA/silica nanocomposites prepared via RAFT polymerization. *Journal of Polymer Research* 19:9793.
- [10] I. Mileusnic, I. Duricic, I. Hut, D. Stamenkovic, and L. Petrov (2012). Characterization of nanomaterial-based contact lenses by atomic force microscopy. *Contemporary Materials*, III-2 177-183.
- [11] L.H. Lee, and W.C. Chen (2001) High-Refractive-Index Thin Films Prepared from Trialkoxysilane-Capped Poly (methyl methacrylate)- Titania Materials. *Chemistry of Materials* 13: 1137-1142.
- [12] A.H. Yuwono, J. Xue, J. Wang, H.I. Elim, W. Ji, Y. Li, and T.J. White (2003) Transparent nanohybrids of nanocrystalline TiO₂ in PMMA with unique nonlinear optical behavior. *Journal of Materials Chemistry*. 13: 1475-1479.
- [13] M. Fujita, N. Idota, K. Matsukawa, and Y. Sugahara (2014) Preparation of Oleyl Phosphate-Modified TiO₂/Poly(methyl methacrylate) Hybrid Thin Films for Investigation of Their Optical Properties. *Journal of Nanomaterials* 1-7.
- [14] Y.Y. Yu, C.Y. Chen, and W.C. Chen (2003) Synthesis and characterization of organic-inorganic hybrid thin films from poly(acrylic) and monodispersed colloidal silica. *Polymer* 44: 593-601.
- [15] D. Stojanović, L. Brajović, A. Orlović, D. Dramlić, V. Radmić, P. Uskoković, and R. Aleksić (2013) Transparent PMMA/silica nanocomposites containing silica nanoparticles coating under supercritical conditions. *Progress in Organic Coatings* 76: 626-631.
- [16] L. Beecroft, and C. Ober (1997) Nanocomposite Materials for Optical Applications. *Chem. Matter* 9, 1302-1317.
- [17] S. Yong, M. Kyu, S. Kyung, T. Young, S. Kyu and W. In (2003). Preparation of Size-Controlled TiO₂ Nanoparticles and Derivation of Optically Transparent Photocatalytic Films. *Chem. Matter* 15, 3326-3331.