



RESUMEN

Debido a problemas generados por el uso indiscriminado de plásticos sintéticos y su persistencia en el medio ambiente, se ha despertado el interés en la elaboración de nuevos materiales que permitan generar plásticos degradables. Una alternativa, es el producir películas a base de gelatina/glicerol e incorporar un componente que contribuya a mejorar las propiedades mecánicas de los biopolímeros, como es el caso de los nanotubos de carbono (NTC). El objetivo de este trabajo fue elaborar películas degradables a base de gelatina/glicerol a diferentes concentraciones de NTC (previa dispersión con dodecil sulfato de sodio (DSS) en solución acuosa) y evaluar el efecto en sus propiedades físicas, fisicoquímicas, mecánicas y estructurales. Se elaboraron 4 tipos de películas a través del método de vaciado en placa ("Casting") con las formulaciones siguientes: GG) gelatina/glicerol; GGNTC1), GGNTC2), GGNTC4) gelatina/glicerol y NTC al 0.001, 0.002 y 0.004% p/p respectivamente. La incorporación de NTC en las películas con GG disminuyó el valor de luminosidad (L^*) en las pruebas de color (tendencia al color negro). En cuanto a las propiedades mecánicas, se observaron características de una película flexible al incrementarse el porcentaje de elongación (%E) de 139% en GG a 166% para GGNTC4, un comportamiento inverso se observó en GG, es decir, la película presentó valores altos de tensión a la fractura (TF) y módulo de elasticidad (ME) (24.94 y 16.35 Mpa respectivamente), típica característica de los materiales frágiles y rígidos. La permeabilidad al vapor de agua (PVA) aumentó significativamente en todas las películas con NTC, de 2.53×10^{-10} para GG, a 7.38×10^{-10} g Pa⁻¹ s⁻¹ m⁻¹ en GGNTC4, de igual manera, el % de solubilidad aumentó. Los resultados de difracción de rayos X y los parámetros térmicos evaluados, dieron indicio de que al incluir NTC en las películas, estas mostraron una estructura ligeramente menos cristalina al disminuirse el % de cristalinidad y los valores de los parámetros térmicos evaluados. Los resultados anteriormente descritos, fueron correlacionados con los parámetros encontrados en un análisis de imágenes (AI). Los valores de dimensión fractal de superficie y textura, indicaron que al incluir NTC a la mayor concentración, se obtuvieron películas con una superficie regular y homogénea. Se calculó el % de área ocupado por los NTC en la matriz polimérica de gelatina y el mayor valor fue de 44.79% (en GGNTC4), mostrando una $r^2=0.98$, lo cual indicó que los NTC en buena medida, se dispersaron en la solución formadora de película.



ABSTRACT

Due to problems caused by the indiscriminate use of synthetic plastics and their persistence in the environment, the interest in developing new materials to give place to a generation of biodegradable plastics has increased. To meet this challenge, an alternative is to produce biofilms such as the gelatin/glycerol based films, incorporated with an element that contributes to improve the mechanical properties of biopolymer systems, as is the case of carbon nanotubes (CNT). The aim of this work, was to develop biodegradable films based on gelatin/glycerol mixtures and CNT, at different concentrations (previous dispersion with sodium dodecyl sulfate (SDS) in aqueous solution), and to evaluate their effect on the film's physical, physicochemical, mechanical and structural properties. Four types of films were produced by the casting method, with the following formulations: GG (gelatin/glycerol); GGCNT1, GGCNT2 and GGCNT4 (Gelatin/glycerol with 0.001, 0.002 and 0.004% of CNT respectively). The CNT addition in the GG films decreased the lightness (L^*) value, showing a tendency to darken. During the evaluation of the mechanical properties, films exhibited characteristics of a strong flexible film by the increase in the elongation percent (%E) from 139% on GG to 166% on GGCNT4. An opposite behavior was noted for GG, showing high values of tensile strength (TS) and elastic module (EM) (24.94 and 16.35 MPa respectively), which are typical characteristics of brittle and rigid materials. The water vapor permeability (WVP) increased significantly in all CNT films. It went from 2.53×10^{-10} for GG to 7.38×10^{-10} g Pa⁻¹ s⁻¹ m⁻¹ for GGCNT4; similarly, the solubility percent increased. The results of the X-ray diffraction and the thermal parameters, indicated that CNT addition produced films with a slightly less crystalline structure by reducing the crystallinity percent and the values of thermal parameters evaluated. The results previously described were correlated with image analysis (IA) parameters. The values of the surface and texture fractal dimension, suggested that films with a regular and homogeneous surface, were obtained with highest CNT addition. The percentage area occupied by the CNT in the gelatin polymer matrix was calculated, finding the highest value (44.79%) for GGCNT4, with an $r^2=0.9856$, indicating a good CNT dispersion.