

RESUMEN

La producción y el consumo de plásticos derivados de petróleo ha crecido exponencialmente en las últimas décadas, con el consecuente impacto en la naturaleza y los seres vivos. El sector de los envases alimentarios es considerado actualmente la principal fuente de contaminación por plásticos. Por ello, el estudio y desarrollo de nuevos materiales derivados de recursos renovables y biodegradables ha emergido como un nuevo campo de gran interés tanto a nivel científico como social, económico y político. La presente tesis doctoral se enfocó en el desarrollo y caracterización de biopolímeros de polihidroxialcanoato (PHA) derivados de subproductos industriales (pulpa de frutas y suero de queso) y de la fracción orgánica de aguas residuales municipales, los residuos biológicos municipales, sintetizados por cultivos microbianos mixtos (MMCs) y producidos mediante las tecnologías de electroestirado y mezclado en fundido. Los materiales resultantes fueron desarrollados especialmente para obtener monocapas y multicapas activas y de alta barrera a oxígeno para su uso en envases alimentarios basados en la Bioeconomía Circular.

Para lograr los objetivos, esta tesis doctoral se ha dividido en tres bloques según la tecnología utilizada en la obtención de los materiales. El primer bloque consistió en la extracción de los PHAs derivados de residuos agro-industriales para su óptima utilización en los procesos de producción. Posteriormente, se realizó el procesado de los PHAs mediante la técnica de electroestirado, por la cual se obtuvieron fibras poliméricas que fueron tratadas térmicamente en un proceso de recocido, a temperaturas inferiores al punto de fusión del polímero utilizado, para formar films continuos y homogéneos, también denominados “biopapers”. Estas monocapas presentaron buenas propiedades térmicas y mecánicas, así como alta barrera tanto a vapores como a gases. Además, las fibras fueron funcionalizadas con eugenol, un compuesto orgánico presente en aceites esenciales, para proporcionarles una función antimicrobiana activa contra microorganismos transmitidos por los alimentos. Por otro lado, se realizó el electroestirado de copolímeros de etileno-alcohol vinílico (EVOH), un polímero sintético que se afirma que se biodegrada en condiciones específicas y que posee alta barrera a oxígeno. Además, nanocristales de celulosa (CNCs) fueron añadidos al EVOH, para crear monocapas híbridas de alta barrera más sostenibles.

En el segundo bloque, los materiales se procesaron mediante la técnica de mezclado en fundido. Para ello, los PHAs derivados de biomasa extraídos en el primer bloque se mezclaron con PHAs comerciales, así como con cargas celulósicas, en este caso harina de cáscara de arroz (RHF), para formar “compuestos verdes”, en el que todos los materiales estaban basados en recursos renovables y biodegradables. Tras la formación de films por prensado en caliente, las mezclas mostraron buena miscibilidad y propiedades ópticas, una flexibilidad mejorada, así como propiedades de barrera similares a las del material de biopoliéster puro.

Finalmente, en el tercer bloque, se produjeron sistemas multicapas utilizando mezclas de PHA desarrolladas ad-hoc, y materiales monocapa de PHA electroestirado desarrollados en el primer bloque. Estas estructuras multicapas se basaron en las propiedades adhesivas que poseen las fibras electroestiradas tras aplicarles el tratamiento térmico, lo que permite eliminar las sustancias adhesivas sintéticas normalmente utilizadas en la industria, y en el uso de los revestimientos de CNCs como capas intermedias de barrera a oxígeno. Así, los sistemas multicapas desarrollados fueron totalmente compostables, con alta barrera a oxígeno, siendo potenciales candidatos para

sustituir a los actuales envases alimentarios basados en materiales no renovables provenientes del petróleo.

Por lo tanto, los materiales aquí desarrollados son tanto bioadhesivos muy prometedores que muestran propiedades antimicrobianas y de alta barrera, como capas exteriores con fines estructurales o para uso como films finos. Así, por laminación, estos materiales pueden dar lugar a films multicapas autoadhesivos, los cuales pueden ser empleados tanto en envases rígidos o semirrígidos como en envases flexibles. Estas estructuras son sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, ya que provienen o de fuentes renovables o de residuos, y además son biodegradables mediante compostaje y, en algún caso, incluso biodegradables en el medio ambiente. Asimismo, son potencialmente capaces de proporcionar una calidad y seguridad alimentaria comparables a las que se comercializan actualmente a partir de fuentes petroquímicas.