

RESUMEN

Se desarrollaron películas biodegradables activas a base de PHBV, combinadas con otros biopolímeros (PLA y almidón) y diferentes compuestos antimicrobianos, tales como compuestos de aceites esenciales, las cuales se caracterizaron en cuanto a sus propiedades funcionales y estructurales a fin de obtener materiales que satisfagan mejor los requisitos de envasado de alimentos. La plastificación del PHBV se llevó a cabo mediante el uso de cinco compuestos diferentes con el objetivo de mejorar el rendimiento mecánico de los films a base de PHBV. Asimismo, se incorporaron diferentes compuestos activos (aceite esencial de orégano y clavo, así como sus respectivos compuestos mayoritarios, carvacrol (CA) y eugenol (EU)) en películas bicapa de PHBV pulverizando los compuestos activos entre dos monocapas de PHBV obtenidas por termocompresión y se determinaron sus propiedades antimicrobianas, así como la cinética de liberación en simulantes alimentarios. También se analizó la potencial sinergia entre diferentes compuestos de aceites esenciales, así como sus aplicaciones a diferentes alimentos cuando se incorporan en películas bicapa de PHBV. Se desarrollaron películas antimicrobianas multicapa donde se combinaron láminas polares (almidón) y otra menos polar (poliéster) y carvacrol, ya sea pulverizado entre ambas capas o incorporado en la solución filmogénica de poliésteres, a fin de optimizar la funcionalidad del material (propiedades mecánicas y barrera), así como la cinética de liberación del activo y su acción antimicrobiana. El proceso de valorización de la cáscarilla de arroz, basado en extracción secuencial con agua subcrítica, permitió obtener xilanos bioactivos y fracciones celulósicas, los cuales presentan potenciales aplicaciones en el envasado de alimentos.

Los plastificantes utilizados dieron lugar a matrices de PHBV aparentemente homogéneas, tal como demuestran los análisis de DSC, aunque el ácido esteárico tendió a cristalizar en las películas. Pese a que la adición de polietilenglicol (PEG) de diferente peso molecular o ácido láurico disminuyó significativamente la rigidez y la resistencia de las películas de PHBV, solo el PEG1000 dio lugar a películas más extensibles. No obstante, estrategias adicionales fueron necesarias a fin de adaptar las propiedades mecánicas de los films de PHBV a ciertos requisitos de envasado.

La pulverización de compuestos activos en la interfaz de ambas monocapas de PHBV generó películas antimicrobianas con adecuadas propiedades tanto mecánicas, como ópticas y de barrera al vapor de agua. Además, la liberación de los activos desde las películas permitió controlar el crecimiento de *Escherichia coli* y *Listeria innocua* en medio de cultivo líquido, las cuales fueron más sensibles al aceite esencial de orégano y su principal compuesto, carvacrol. Ambos activos, CA y EU, difundieron a través de las capas de PHBV y se liberaron de manera efectiva en diferentes simulantes alimentarios.

En este sentido, la tasa de liberación mejoró cuando disminuyó la polaridad de los sistemas acuosos, pero disminuyó notablemente en los sistemas grasos.

El efecto sinérgico más notable para los compuestos de aceites esenciales se observó para las mezclas CA/cinnamaldehído para ambas bacterias, pero usando diferentes proporciones de compuestos. De esta forma, los resultados obtenidos permitieron la optimización de la dosis de compuestos activos utilizados para la aplicación de alimentos, minimizando así su impacto sensorial. Las películas de PHBV con compuestos activos de aceites esenciales fueron altamente efectivas contra *L. innocua* y *E. coli* en las pruebas *in vitro*, pero fueron mucho menos activas en los alimentos probados. Asimismo, no se observó ninguna correlación entre la cantidad de activo que migró desde el film al alimento y el efecto antibacteriano en las diferentes matrices, lo que refleja que existen numerosos factores composicionales que afectan a la disponibilidad de los compuestos activos a la hora de ejercer su acción antibacteriana sobre un alimento de composición determinada.

La formulación 75:25 PLA-PHBV con PEG1000 exhibió las mejores propiedades en términos de extensibilidad y permeabilidad al vapor de agua y, por lo tanto, se utilizó como soporte del carvacrol mediante casting, así como para desarrollar estructuras bicapa con láminas de almidón. La incorporación de CA pulverizarlo entre las láminas de poliéster y almidón no fue eficaz a la hora de retener el compuesto activo en las bicapas. Sin embargo, la incorporación de CA en películas de poliésteres mediante casting fue altamente efectiva, proporcionando una retención de CA prácticamente total, lo que condujo a una notable actividad antimicrobiana. Además, estas bicapas activas exhibieron una capacidad de barrera al vapor de agua y a la tracción altamente mejoradas con respecto a la monocapa de almidón.

La valorización de la cáscara de arroz, basada en la extracción secuencial con agua subcrítica, permitió obtener fracciones hemicelulósicas mejor conservadas, con actividad antioxidante y antibacteriana, útiles como aditivos para aplicaciones de envasado de alimentos o en la formulación de alimentos, así como agentes de refuerzo a base de celulosa para desarrollar biocomposites con un rendimiento mecánico mejorado.