

RESUMEN

Se han desarrollado mediante termoprocesado películas multicapa biodegradables activas para el envasado de alimentos, combinando películas de almidón mejoradas y de una mezcla de poliésteres (PLA-PHBV), con diferentes ácidos fenólicos (ferúlico, *p*-cumárico y protocatecuico).

En las películas almidón de yuca o de maíz se incorporaron gomas de origen microbiano (xantana y gelano) (10%) para mejorar sus propiedades funcionales. Las gomas mejoraron las propiedades mecánicas y de barrera al vapor de agua y al oxígeno de los films de almidón. Estos films se combinaron con films mezcla de PLA:PHBV en bicapas almidón-poliésteres por termocompresión. Las bicapas presentaron una alta capacidad barrera al oxígeno y al vapor de agua comparado con sus respectivas monocapas. La capa de poliéster contribuyó al refuerzo mecánico de la bicapa, aportando alta capacidad de barrera al vapor de agua, mientras que la capa de almidón aportó alta capacidad de barrera al oxígeno a la bicapa. La bicapa con almidón de yuca y goma gelano presentó la mejor adhesión entre capas, con propiedades funcionales adecuadas para el envasado de alimentos.

Los ácidos ferúlico, *p*-cumárico y protocatecuico, con propiedades antimicrobianas y antioxidantes, se incorporaron (2%) en los films mezcla de PLA:PHBV para obtener films activos. Los ácidos fenólicos modificaron positivamente las propiedades de la mezcla de poliésteres, incrementando su módulo de elasticidad y resistencia a la fractura y su capacidad de barrera al vapor de agua y al oxígeno, al tiempo que aumentaron levemente la Tg del material. El ácido protocatecuico provocó los mayores efectos, afectando a la cristalización del PHBV. La liberación de estos compuestos en diferentes simulantes alimentarios (con polaridad alta e intermedia) fue muy limitada en cuanto a velocidad y cantidad liberada, lo que disminuyó la capacidad de las películas para inhibir de forma significativa el crecimiento de *Listeria innocua* inoculada en medio de cultivo. Estos films, con y sin compuestos activos, se desintegraron en condiciones de compostaje, sin efecto significativo de los ácidos fenólicos. Los films sin activos y con

ácido ferúlico se biodegradaron completamente después de 20 días de compostaje, mientras que los films que contenían ácido *p*-cumárico y protocatecuico lo hicieron en 21 y 26 días, respectivamente. Por lo tanto, ninguno de los ácidos fenólicos incorporados inhibió el proceso de biodegradación, pero se retardó el proceso, dependiendo del grado de retención del compuesto en la matriz polimérica.

Los films bicapa biodegradables constituidos por una capa de almidón-gelano y otra de PLA:PHBV, con y sin ácidos fenólicos, se caracterizaron en sus propiedades mecánicas y de barrera al vapor de agua y al oxígeno y se utilizaron para el envasado de carne de cerdo, evaluando su calidad durante el almacenamiento a 5 °C. La presencia de ácidos fenólicos disminuyó el módulo elástico y la tensión de fractura de las bicapas y mejoró su capacidad de barrera al vapor de agua y al oxígeno. Esto último, junto al efecto activo de los ácidos, contribuyó a mejorar la conservación de la carne durante el almacenamiento, reduciendo los niveles de oxidación lipídica, cambios de pH y pérdidas de peso de las muestras envasadas, así como el crecimiento microbiano, especialmente coliformes totales y bacterias ácido-lácticas.

Los films bicapa biodegradables con ácidos fenólicos, a base de almidón y poliésteres, se muestran como una estrategia adecuada para obtener materiales de envasado activo, con propiedades funcionales próximas a las de algunos plásticos sintéticos comúnmente utilizados en el envasado de alimentos. Estos materiales pueden alargar la vida útil de los alimentos, mitigando el impacto ambiental de los envases plásticos ya que pueden ser compostados.