

## RESUMEN

La pérdida y desperdicio de alimentos supone un problema global de gran magnitud con implicaciones significativas en los ámbitos ambiental, económico y social. Una fracción importante de dichas pérdidas está producida por las enfermedades postcosecha causadas por fitopatógenos. De forma convencional, estas enfermedades se combaten con pesticidas químicos, pero en la actualidad se están buscando alternativas más sostenibles, como los agentes de biocontrol naturales, entre los que destacan los microorganismos antagonistas. Para garantizar su efectividad y proporcionar protección y estabilidad a dichos microorganismos, su combinación con matrices biopoliméricas en forma de recubrimientos comestibles podría ser una alternativa. Sin embargo, las técnicas convencionales de producción de dichos recubrimientos no garantizan la homogeneidad del tratamiento sobre el alimento, pudiendo afectar a su efectividad. En este sentido, las nanofibras hiladas mediante procesos electro y aerohidrodinámicos pueden actuar como una matriz biopolimérica para atrapar dichos microorganismos, y pueden ser depositadas homogéneamente en la superficie de los alimentos, y esto, junto a que son estructuras con una gran superficie-volumen, las hace más activas y eficientes. Por tanto, el objetivo general de esta investigación fue el desarrollo de recubrimientos comestibles antifúngicos basados en micro o nanofibras biopoliméricas producidas mediante procesos electro y aerohidrodinámicos, conteniendo la levadura biocontrol *Meyerozyma caribbica*, para el control de antracnosis en aguacate “Hass” (*Persea americana* Mill. cv. Hass) y garantizando además los parámetros de calidad en el fruto.

Para lograr este objetivo, el estudio se dividió en cuatro etapas. Las etapas 1 y 2, consistieron en la realización de un estudio sobre la formación de micro y nanoestructuras biopoliméricas mediante procesos electrohidrodinámicos y aerohidrodinámicos. Para ello, se llevó a cabo el desarrollo y caracterización fisicoquímica de las disoluciones poliméricas de goma de anacardo (CG) y FucoPol (FP) como polímeros principales, y poli (óxido de etileno) (PEO) y pululano (Pul) como polímeros de soporte. De tal modo, se desarrollaron formulaciones de CG, FP, FP:PEO y FP:Pul capaces de formar estructuras mediante *electrospray* y *electrospinning*. La etapa 1 se centró en el estudio de la CG, mientras que la

etapa 2 se centró en el estudio del FP. Las estructuras obtenidas mediante *electrospray* y *electrospinning* fueron caracterizadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de infrarrojo (ATR-FTIR), dispersión de rayos X (WAXS), análisis termogravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC). Las microestructuras obtenidas a partir de la disolución de CG, resultaron ser cápsulas esféricas y sin depresiones irregulares. El TGA y el análisis de exposición a la luz UV mostraron que las cápsulas de CG brindaron protección térmica y fotoestabilidad al compuesto modelo encapsulado ( $\beta$ -caroteno). El análisis ATR-FTIR mostró indirectamente la presencia del  $\beta$ -caroteno en las cápsulas de CG. Por otro lado, FP, FP:Pul y FP:PEO mostraron fibras helicoidales cilíndricas, lisas y gruesas. Los análisis de DSC y WAXS mostraron que las nanofibras de FP:PEO presentaban naturaleza cristalina reducida en comparación con PEO puro. Finalmente, mediante WAXS, en las nanofibras de FP:Pul y FP:PEO se detectaron nuevos picos a ángulos por debajo de los  $10^\circ$ , lo que sugiere que FucoPol podría afectar la estructura polimérica de otros materiales con una estructura secundaria helicoidal.

La etapa 3 consistió en la encapsulación de *M. caribbica* en nanofibras de pululano, CG:PEO y FP:PEO obtenidas mediante *electrospinning*. Las nanofibras se caracterizaron mediante SEM, ATR-FTIR y TGA. Se determinó la viabilidad de *M. caribbica* a  $6^\circ\text{C}$  y  $26^\circ\text{C}$  durante 25 días y se evaluó la actividad antifúngica de las nanofibras frente a seis hongos de interés comercial (*Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium italicum*, *Penicillium digitatum*, *Trichothecium roseum* y *Botrytis cinerea*). Las nanofibras de pululano, CG:PEO y FP:PEO con *M. caribbica* mostraron nanofibras cilíndricas, lisas y homogéneas. El análisis ATR-FTIR mostró que no hubo interacciones químicas entre la levadura y los polímeros. Las fibras con *M. caribbica* mostraron un efecto fungistático en la germinación de esporas de los seis hongos de interés comercial, las nanofibras de pululano mostraron la viabilidad más alta de *M. caribbica*, así como el mayor porcentaje de inhibición en el crecimiento de los seis hongos evaluados.

Finalmente, la etapa 4 consistió en la encapsulación de *M. caribbica* en nanofibras de pululano, CG:PEO y FP:PEO obtenidas mediante *Solution Blow Spinning* (SBS) y su posterior evaluación *in vivo* en frutos de aguacate almacenados a temperaturas de almacenamiento y de comercialización. La estructura de las nanofibras se caracterizó mediante SEM, obteniéndose fibras homogéneas, continuas y rizadas. Posteriormente, se

determinó la viabilidad de *M. caribbica* en las nanofibras, se evaluó la actividad antifúngica *in vitro* e *in vivo* como tratamientos preventivos y curativos frente a *C. gloeosporioides*. Se observó una alta viabilidad de *M. caribbica* en las nanofibras aplicadas en la superficie de los aguacates mediante SBS bajo las diferentes condiciones evaluadas. Las nanofibras de pululano con *M. caribbica* como tratamiento preventivo inhibieron por completo el crecimiento de *C. gloeosporioides* en los frutos de aguacate. Finalmente, se evaluó el efecto de las nanofibras sobre los parámetros de calidad de los aguacates (sólidos solubles totales, pH, contenido de materia seca, pérdida de peso, acidez titulable, firmeza, color). La aplicación de las nanofibras de pululano sobre los aguacates no afectó a los parámetros de calidad con respecto al control.

El pululano, la CG y el FP en combinación con PEO y pululano se han estudiado por primera vez para formar estructuras mediante *electrospray*, *electrospinning* y SBS. Estos resultados, sugieren un alto potencial de las nanofibras para su uso en la industria alimentaria y representan una alternativa interesante para el tratamiento postcosecha de frutos en el control de enfermedades fúngicas, contribuyendo de esta manera a reducir la pérdida en la producción de alimentos.

**Palabras clave:** FucoPol, goma de anacardo, pululano, *electrospinning*, *solution blown spinning*, *Meyerozyma caribbica*, control postcosecha.