

Vermiculita activada como material antiadhesivo para el control de *Listeria monocytogenes* sin liberación de agentes biocidas

Celia Marcos (1,2,3*), Pedro Álvarez-Lloret (4), Elisa M. Miguélez (1,2,3), Felipe Lombó (1,2,3*)

(1) Dpto. de Biología Funcional, Universidad de Oviedo, 33006, Oviedo (España)

(2) Inst. Univ. de Oncología del Principado de Asturias (IUOPA), Universidad de Oviedo, 33006, Oviedo (España)

(3) Inst. de Investigaciones Sanitarias del Principado de Asturias (ISPA), Universidad de Oviedo, 33006, Oviedo (España)

(4) Dpto. de Geología, Universidad de Oviedo, 33005 Oviedo (España)

* corresponding authors: cmarcos@uniovi.es, lombofelipe@uniovi.es

Palabras Clave: Vermiculita, Tratamiento con H₂O₂, Movilidad de hierro, Reactividad superficial, Interacción mineral – bacteria. **Key Words:** Vermiculite, H₂O₂ treatment, Iron mobility, Surface reactivity, Mineral-bacteria interaction.

INTRODUCCIÓN

La vermiculita es un filosilicato 2:1 con elevada capacidad de intercambio catiónico y comportamiento expansivo, cuyas propiedades dependen de la composición interlamina y del grado de orden estructural. Estas características controlan su reactividad superficial y su capacidad de interacción con bacterias. Sin embargo, la influencia de la modificación estructural en la adhesión bacteriana frente a la acción bactericida sigue siendo poco clara, especialmente en patógenos como *Listeria monocytogenes*, donde la adhesión constituye el primer paso en la contaminación bacteriana (Holešová et al., 2010; Holešová et al., 2014; Marcos y Rodríguez, 2016; Barabaszová et al., 2019).

OBJETIVOS

Evaluar cómo la composición, estructura y modificación oxidativa de la vermiculita controlan la movilidad iónica y la adhesión de *L. monocytogenes*, discriminando entre efectos bactericidas y mecanismos de interacción superficial.

MÉTODOS

Se estudiaron tres muestras de vermiculita (Uganda: U; China: CHS y CHO), antes y después de tratamientos de esterilización y oxidación con H₂O₂. La caracterización incluyó difracción de rayos X (DRX), espectroscopia de infrarrojos (IR-ATR), análisis térmicos (TG/DSC), análisis textural mediante el método Brunauer–Emmett–Teller (BET) para obtener área superficial específica y tamaño y distribución de poros, y espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). La interacción con *L. monocytogenes* se evaluó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía confocal (CLSM), junto con ensayos de difusión en agar.

RESULTADOS

La vermiculita U mostró mayor pureza estructural (bajo K₂O, alta pérdida de masa), mientras que CHS y CHO presentaron mayor heterogeneidad y movilidad de cationes (Na, K, Ca, Fe). No se observó actividad antimicrobiana por difusión en agar. Sin embargo, CLSM evidenció adhesión en muestras no tratadas (CHO > CHS > U), relacionada con la composición y microestructura superficial. Tras la oxidación con H₂O₂, se produjo una supresión de la adhesión bacteriana sin reducción de viabilidad celular, indicando un mecanismo no biocida (Fig. 1).

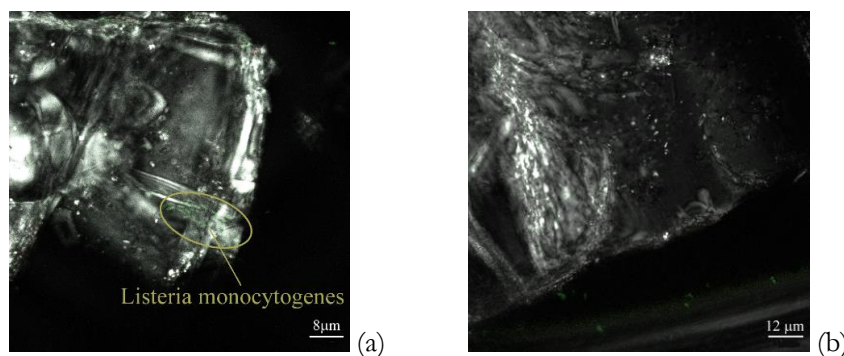


Fig 1. Imágenes obtenidas mediante microscopía confocal de barrido láser (CLSM) de *Listeria monocytogenes* en contacto con vermiculita sin tratar y tratada con H_2O_2 . Ejemplo, muestra de Uganda sin tratar (a) y tratada con H_2O_2 (b). La fluorescencia verde indica células viables teñidas con SYTO9.

CONCLUSIONES

La modificación oxidativa de la vermiculita permite generar superficies reactivas capaces de inhibir la adhesión bacteriana sin liberación de agentes biocidas (Fig. 2). Este comportamiento sugiere su potencial como material pasivo para el control microbiológico en entornos agrícolas y alimentarios.

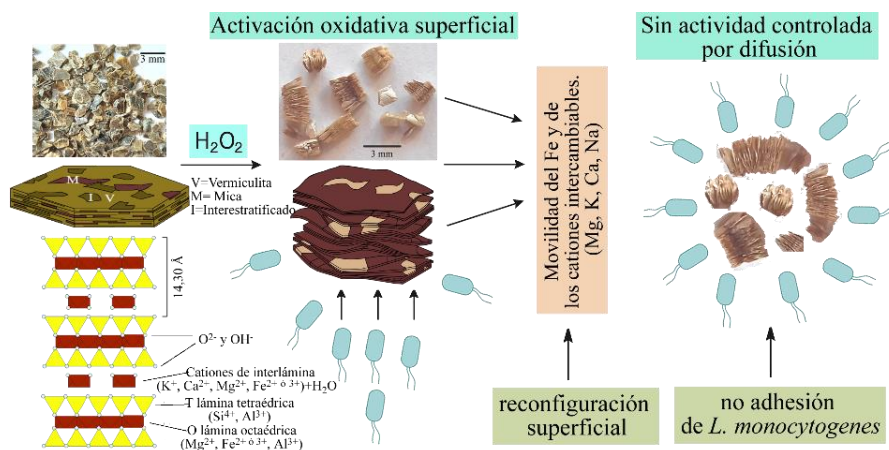


Fig 2. Esquema conceptual de la activación oxidativa de la vermiculita mediante H_2O_2 y su efecto en la reconfiguración superficial, movilidad catiónica y supresión de la adhesión de *Listeria monocytogenes* sin actividad antimicrobiana por difusión.

AGRADECIMIENTOS

Ministerio de Ciencia e Innovación de España (MICIU), AGL2021-127812OB-I00 y PID2024-161146OB-C22; Agencia Estatal de Investigación (AEI) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER, UE), MICIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE. Servicios Científico-Técnicos de la Univ. Oviedo y Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la Univ. de Granada.

REFERENCIAS

- Barabaszová, K., Holešová, S., Šulcová, K., Hundáková, M., Thomasová, B. (2019): Effects of Ultrasound on Zinc Oxide/Vermiculite/Chlorhexidine Nanocomposite Preparation and Their Antibacterial Activity. *Nanomaterials*, **9**, 1309.
- Holešová, S., Valášková, M., Plevová, E., Pazdziora, E., Matejová, K. (2010): Preparation of novel organovermiculites with antibacterial activity using chlorhexidine diacetate. *J. Colloid. Interface. Sci.*, **342**, 593-7.
- , Stembírek, J., Bartošová, L., Pražanová, G., Valášková, M., Samlíková, M., Pazdziora, E. (2014): Antibacterial efficiency of vermiculite/chlorhexidine nanocomposites and results of the in vivo test of harmlessness of vermiculite. *Mater. Sci. Eng. C. Mater. Biol. Appl.*, **42**, 466.
- Marcos, C., Rodríguez, I. (2016): Structural modifications and interlayer behavior of vermiculite. *Clay Miner.*, **51**, 501–511.