

## BIOCONSERVACIÓN DE ALIMENTOS CÁRNICOS

M<sup>a</sup> JOSÉ GRANDE BURGOS, R. LUCAS, M<sup>a</sup>. C. LÓPEZ AGUAYO, R. PÉREZ PULIDO, A. GÁLVEZ<sup>1</sup>

### RESUMEN

Las bacteriocinas, así como las cepas bacterianas que las producen, han sido ampliamente estudiadas para la conservación de los alimentos por métodos naturales (bioconservación). En productos cárnicos (abarcando toda la gama, desde la materia prima hasta productos elaborados) se han desarrollado numerosos estudios empleando bacteriocinas como nisina, pediocinas y otras, bien solas o aplicadas con otros antimicrobianos (como ácidos orgánicos o agentes quelantes) o tratamientos (como el calor, las altas presiones o la luz pulsada) para la inactivación de bacterias patógenas o alterantes. Los resultados de muchos de estos tratamientos son bastante prometedores, como por ejemplo el empleo de bacteriocinas como recubrimientos protectores en salchichas. Las cepas de bacterias lácticas seleccionadas por su capacidad productora de bacteriocinas ofrecen buenas perspectivas como cultivos protectores, pero sobre todo como cultivos iniciadores en la elaboración de productos cárnicos fermentados, mejorando la seguridad microbiológica de los mismos. El empleo de cultivos iniciadores bacteriocinogénicos con propiedades funcionales definidas abre nuevas vías para la innovación y el desarrollo de nuevos productos cárnicos fermentados.

Palabras clave: bacteriocinas, productos cárnicos, bioconservación

### ABSTRACT

Bacteriocins as well as their producer strains have been widely investigated for application in natural food preservation processes (biopreservation). Numerous studies have been carried out on application of bacteriocins such as nisin, pediocin and others in different types

---

<sup>1</sup> Área de Microbiología. Dpto. de Ciencias de la Salud. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas, s/n. 23071-Jaén. E-mail: [agalvez@ujaen.es](mailto:agalvez@ujaen.es)

of meat products, either singly or in combination with other antimicrobials (such as organic acids or chelating agents) or treatments (such as heat, pulsed light or high hydrostatic pressure). Many of the results reported are highly promising, like for example the application of bacteriocins in edible coatings for sausages. Bacteriocin-producing lactic acid bacteria are also interesting, in view of their possible applications as protective cultures or as starter cultures in fermented meat products, increasing the product safety. Bacteriocin-producing starter cultures with additional functional properties open new possibilities for innovation and development of new fermented meat products.

Keywords: bacteriocins, meat products, biopreservation

## INTRODUCCIÓN

Las bacteriocinas son proteínas o péptidos antimicrobianos de síntesis ribosómica (Jack et al., 1995). Debido a su relación con los alimentos, las bacterias del ácido láctico (BAL) son el grupo de bacterias productoras de bacteriocinas más estudiado hasta el momento y donde más bacteriocinas se han descrito. Las bacteriocinas producidas por las BAL se pueden clasificar en cuatro clases: I, lantibióticos; II, péptidos termoestables no modificados; III, proteínas termolábiles (bacteriolisinas) y IV, péptidos cíclicos (Nes et al, 2007). La mayoría de estas clases incluyen también varias subclases en función de la estructura de la bacteriocina.

Las bacteriocinas de las BAL y sus cepas productoras pueden ser utilizadas para mejorar la calidad y conservación de los alimentos (Thomas et al., 2000; Gálvez et al., 2007; Gálvez et al., 2008; Settani y Corsetti, 2008). (i) son reconocidas generalmente como sustancias seguras, (ii) no son activas ni tóxicas frente a células eucariotas, (iii) son inactivadas por enzimas proteolíticos, (iv) son en general estables en amplios intervalos de pH y temperatura, (v) presentan un modo de acción bactericida frente a muchas bacterias patógenas y/o alterantes de los alimentos, (vi) poseen un mecanismo de acción bactericida actuando sobre la membrana citoplasmática bacteriana, lo cual significa que por lo general no presentan resistencia cruzada con los antibióticos de uso clínico, ya que actúan sobre dianas celulares diferentes y (vii) sus determinantes genéticos están mayoritariamente localizados en plásmidos. Los plásmidos pueden ser transferidos mediante manipulación genética y de forma natural a cepas de mayor interés industrial. Otras bacteriocinas como las producidas por bacterias coliformes (colicinas) o algunas bacteriocinas producidas por bacilos formadores de endosporas también pueden ser interesantes para la bioconservación. Sin embargo, se conoce muy poco sobre su función en sistemas alimentarios en comparación con las bacteriocinas producidas por las BAL.

Uno de los principales objetivos en la adición de bacteriocinas es reducir la carga microbiana de bacterias patógenas transmitidas por los alimentos. Muchas bacteriocinas producidas por las BAL tienen actividad bactericida frente a bacterias Gram-positivas patógenas o toxicogénicas, tales como *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* o *Staphylococcus aureus*. Algunas bacteriocinas también puede inhibir a bacterias Gram-negativas, especialmente cuando se combinan con otros agentes antimicrobianos como veremos a lo largo de esta revisión. La actividad inhibidora de las bacteriocinas también puede ser utilizada frente a la proliferación de bacterias patógenas durante el almacenado de los alimentos. El procesado y almacenamiento de alimentos en condiciones de refrigeración da lugar a nuevas oportunidades para la proliferación de bacterias psicrotrofas, tales como *L. monocytogenes*. En ausencia de microbiota competitiva (como ocurre en muchos alimentos procesados mediante tratamientos térmicos), la proliferación de microorganismos procedentes de contaminación cruzada (como *L. monocytogenes*) se ve claramente facilitada, a menos que se empleen barreras adicionales que impidan su crecimiento. Algunos microorganismos (como *L. monocytogenes*) presentan la capacidad de crecer en condiciones de refrigeración. Por otra parte, las interrupciones accidentales de la cadena de frío también aumentan los riesgos de proliferación de bacterias en alimentos refrigerados. Por tanto, la incorporación de bacteriocinas en alimentos refrigerados, puede proporcionar una protección extra frente a la proliferación de diversos tipos de microorganismos, bien sean patógenos o alterantes.

## CONTROL DE BACTERIAS PATÓGENAS Y ALTERANTES EN CARNE CRUDA

Las bacteriocinas han sido ensayadas en la conservación de carne cruda, o bien en combinación con otros antimicrobianos para la descontaminación y/o inhibición del crecimiento bacteriano en carne fresca almacenada (Tabla 1). Se han aplicado en forma de lavado, pulverización o inmersión en soluciones de bacteriocina sola o en combinación con otros agentes antimicrobianos para potenciar su actividad. Para incrementar la eficacia de los tratamiento, y también para evitar la contaminación cruzada, la carne cruda tratada ha sido congelada, envasada en diferentes condiciones atmosféricas tales como el envasado al vacío, atmósferas modificadas, o envasado activo con agentes secuestradores de O<sub>2</sub> o sistemas generadores de CO<sub>2</sub> (Coma, 2008; McMillin, 2008 ). También se han utilizado métodos adicionales como la irradiación en dosis bajas, descontaminación de la superficie con luz UV o las altas presiones (Aymerich et al., 2008). Todos estos tratamientos durante el procesado actúan sobre la microbiota inicial y pueden actuar sinérgicamente con las bacteriocinas para aumentar

la seguridad y vida útil del alimento. Aunque los productos de carne cruda son procesados antes de su consumo mediante tratamientos que normalmente destruyen las bacterias patógenas, éstos pueden ser una fuente considerable de contaminación cruzada e incluso en algunos casos pueden producir toxinas microbianas termoestables.

La nisina ha sido ampliamente estudiada en la conservación de carne cruda (Thomas et al., 2000). Sin embargo, la aplicación de nisina en carne presenta algunas limitaciones derivadas de su baja solubilidad a pH próximo a neutralidad, interacción con los fosfolípidos y la inactivación por el glutatión (Thomas et al., 2000; Stergiou et al., 2006). Sin embargo, en la descontaminación de la superficie de carne cruda los mejores resultados se obtuvieron combinando nisina junto con otros agentes antimicrobianos tales como ácidos orgánicos, quelantes, lisozima, envasado al vacío, o envasado en atmósfera modificada, antes de la elaboración y envasado el producto, produciéndose un incremento en la inactivación de *L. monocytogenes*, *Brochothrix thermosphacta* y *Escherichia coli* O157:H7. El tratamiento de carne cruda con pediocinas (especialmente pediocina PA-1 / Ach) también puede inhibir el crecimiento de bacterias Gram-positivas (por ejemplo, *B. thermosphacta*) y/o reducir las poblaciones de *L. monocytogenes* y *Clostr. perfringens* (Rodríguez et al, 2002; Nieto-Lozano et al., 2006). Otras bacteriocinas tales como sakacinas, carnobacteriocinas, bifidocinas, lactocinas, lactococcinas o pentocinas muestran una actividad variada frente a bacterias patógenas o alterantes en carne o volatería crudas (Aymerich et al, 2008; Gálvez et al, 2008.). En carne picada, la combinación de bacteriocinas junto con aceites esenciales procedentes de plantas (empleados a baja concentración para paliar el sabor demasiado intenso de algunos de ellos) está siendo considerada como una forma de aumentar la inactivación de *L. monocytogenes*, y también para inhibir a *Salmonella* Enteritidis (Solomakos et al., 2008; Govaris et al., 2010).

Una forma interesante de incrementar la efectividad de las bacteriocinas en carne cruda ha sido mediante inmovilización en sustratos (como perlas, liposomas, recubrimientos o películas). La nisina (sola o en combinaciones con ácido cítrico, EDTA y Tween 80) incorporada en una gran variedad de sustratos (tales como geles de alginato cálcico, revestimientos de agar, películas palmitoladas de alginato, cloruro de polivinilo, polietileno de baja densidad o nylon) mostró una gran actividad inhibitoria frente a bacterias como *L. monocytogenes*, *B. thermosphacta*, *S. aureus* o *S. Typhimurium* en carne cruda refrigerada (Chen y Hoover, 2003; Aymerich et al., 2008; Gálvez et al., 2007, 2008). La combinación del almacenamiento a temperatura próxima al punto de congelación junto con el empleo de envases antimicrobianos ha demostrado ser eficaz en la mejora de la calidad microbiológica de piezas de carne, inhibiendo a BAL, carnobacterias y *B. thermosphacta* (Ercolini et al., 2010).

Dado que muchas BAL asociadas con productos cárnicos pueden crecer a temperaturas de refrigeración, aquellas cepas productoras de bacteriocinas carentes de efectos adversos sobre la carne pueden ser seleccionadas como cultivos protectores para la conservación de carne cruda (Tabla 1). En trabajos anteriores se ha demostrado la eficacia de cepas de *Lactobacillus sakei* y *Lactobacillus curvatus* productoras de bacteriocinas en la inhibición de *L. monocytogenes* o *B. thermosphacta* en productos cárnicos crudos (Castellano et al., 2008). Las cepas de *Lb. sakei* productoras de inhibidores de tipo bacteriocina retrasaron la aparición de hinchazón en los envases provocada por *Clostridium estertheticum* e inhibieron el crecimiento de *Campylobacter jejuni* en carne de vacuno (Jones et al., 2009). En carne de pollo, el cultivo protector de *L. fermentum* ACA-DC179 consiguió disminuir el crecimiento de *S. enteritidis* (Maragkoudakis et al., 2009). La carne de vacuno fresca inoculada con *Lb. curvatus* CRL705 como cultivo protector mostró un aumento neto de los aminoácidos libres, debido a la actividad complementaria de las proteasas bacterianas sobre las proteínas sarcoplásmicas de la carne, por lo que se propuso que este cultivo protector podría contribuir a la maduración de la carne y a la vez mejorar su vida útil (Fadda et al., 2008).

## CONTROL DE BACTERIAS PATÓGENAS Y ALTERANTES EN PRODUCTOS CÁRNICOS COCIDOS

Los productos de carne cocida se comercializan como alimentos listos para consumo. Puede tratarse de piezas de carne enteras, pero lo más común es que se trate de productos elaborados mediante mezcla y picado de trozos secundarios de carne, grasa, órganos animales, o sangre con otros ingredientes, seguido por el relleno/moldeo y cocción. El proceso de cocción inactiva la microbiota natural, lo que facilita el camino para el crecimiento de microorganismos contaminantes tras la etapa de procesado. Los valores de pH de la mayoría de los productos cárnicos cocidos son compatibles con el crecimiento de bacterias patógenas y alterantes, que pueden proliferar a temperaturas de refrigeración durante la vida útil del producto. Algunos de estos productos también pueden ser sometidos a procesos adicionales tales como corte, retirada de recubrimientos, y envasado, lo que aumenta los riesgos de contaminación cruzada (Murphy et al., 2005). Las preparaciones de bacteriocinas como pediocina o nisina ofrecen grandes oportunidades de mercado como barreras frente a patógenos y bacterias alterantes en productos cárnicos cocidos. Los principales estudios realizados están enfocados a la adición de preparaciones de bacteriocina a las suspensiones de carne antes del proceso de calentamiento, aplicación de bacteriocinas en superficie antes del envasado, o la aplicación de películas o recubrimientos que contienen bacteriocinas.

Algunas cepas de BAL (sobre todo *Lactobacillus* y *Leuconostoc*) son consideradas como el principal grupo de bacterias alterantes en varios tipos de carne envasada a vacío, provocando cambios sensoriales típicos tales como agriado, producción de gas, SH<sub>2</sub> o limo (Korkeala et al., 1988; Björkroth y Korkeala., 1997). Estas BAL recontaminan rápidamente los productos cárnicos durante su manipulación y loncheado (Lucke, 2000). Las enterocinas A y B inhiben la producción de limo por *Lb. sakei* en lonchas de jamón de cerdo cocido envasadas a vacío, y la nisina previene la formación de limo por *Leuconostoc carnosum* (Hugas et al., 2003; Aymerich et al., 2008). Cuando las bacteriocinas anteriores y la pediocina PA-1/AcH se incorporaron mezcladas en el jamón cocido en combinación con un tratamiento por alta presión hidrostática, sólo la nisina evitó la reaparición de *L. carnosum*. El tratamiento combinado con alta presión y nisina aumentó la inactivación de *E. coli* y evitó su reaparición durante el almacenamiento (Garriga y col., 2002). La nisina también fue la bacteriocina que causó una mayor disminución de los estafilococos, pero sin embargo no impidió el crecimiento de *L. monocytogenes* (mientras que enterocinas como sakacina y pediocina si lo hicieron). Estos resultados muestran la eficacia variable de las diferentes bacteriocinas dependiendo de las bacterias diana y las condiciones de procesamiento del alimento.

La eficacia de la nisina y la lacticina 3147 contra bacterias Gram-positivas y Gram-negativas en embutidos (tales como los de carne de cerdo, jamón cocido o salchichas bologna) aumentó en combinación con la adición de ácidos orgánicos, lisozima, y EDTA. Del mismo modo, las combinaciones de pediocina con diacetato de sodio o lactato de sodio incrementaron la inhibición de *L. monocytogenes* en salchichas de Frankfurt o de *L. monocytogenes* y *Yersinia enterocolitica* en trozos de carne de ave cocidos almacenados en atmósfera modificada a 3,5 °C (O'Sullivan et al., 2002; Chen y Hoover, 2003; Aymerich et al., 2008; Gálvez et al., 2008). Estos resultados facilitaron el camino para la aplicación de recubrimientos envases tratados o activados con mezclas de sustancias antimicrobianas en productos cárnicos listos para el consumo (Coma, 2008). Las películas activadas con bacteriocinas pueden ser muy apropiadas para productos cárnicos cocidos, actuando como barreras frente a la contaminación externa del producto elaborado. Entre los distintos tipos de recubrimientos comestibles que han sido ensayados en productos envasados al vacío (tales como salchichas o jamón cocido) los mejores resultados se obtuvieron para recubrimientos que contenían nisina en combinación con otros antimicrobianos durante el almacenado en frío del producto. Un estudio reciente demostró que las películas de celulosa que contienen pediocina PA-1/AcH retrasan el crecimiento de *Listeria* en el jamón cocido envasado a vacío almacenado a 12 °C simulando temperaturas abusivas como las que pueden darse en los supermercados (Santiago-Silva et al., 2009).

La aplicación de bacteriocinas sobre la superficie del producto en combinación con tratamientos posteriores al envasado es otro aspecto de interés. La aplicación de bacteriocina seguida de la aplicación de un tratamiento térmico al producto envasado puede proporcionar una combinación eficaz para controlar a *L. monocytogenes* en productos tales como salchichas o mortadela de pavo, como en el caso de los estudios realizados con pediocina, nisina, nisina-lisozima o combinaciones de estas bacteriocinas con lactato sódico/diacetato sódico (Chen et al., 2004b; Mangalassary et al., 2008). En salchichas, la aplicación de un baño de Nisaplina seguido por la exposición a la luz pulsada (9,4 J/cm<sup>2</sup>) redujo la población de *Listeria innocua* e inhibió el crecimiento microbiano durante el almacenamiento del producto bajo refrigeración (Uesugi y Moraru, 2009). Debido a que la aplicación de la luz pulsada está aceptada para la descontaminación de las superficies de los alimentos, el tratamiento combinado podría ser aplicado como una etapa de post-procesamiento para reducir la contaminación superficial y aumentar la seguridad de los productos cárnicos listos para el consumo. La aplicación de tratamientos con bajas dosis de irradiación sobre salchichas previamente tratadas con pediocina o sobre carne de pavo lista para consumo envasada al vacío recubierta con una película de pectina-nisina aumentó la inactivación de *L. monocytogenes* en gran medida y redujo también la proliferación de supervivientes durante el almacenamiento (Chen et al., 2004a; Jin et al., 2009). Los resultados mostraron que el tratamiento combinado podría servir para prevenir la listeriosis asociada a la contaminación post-proceso de los alimentos, a la vez que se reducían las dosis de radiación y el impacto en la calidad del producto.

La aplicación de películas activadas con bacteriocina en combinación con altas presiones es otra alternativa para incrementar la inactivación de los microorganismos en productos cárnicos listos para el consumo (Aymerich et al., 2008). En jamón cocido envasado en películas activadas con enterocinas, el tratamiento combinado con altas presiones redujo los recuentos de *L. monocytogenes* y también inhibió la recuperación de las listerias viables durante condiciones de abuso de temperatura (Marcos et al., 2008). La aplicación de tratamientos combinados de nisina con altas presiones fue eficaz para lograr la ausencia de *Salmonella* en muestras de 25 g de jamón cocido loncheado almacenado en condiciones de refrigeración (Jofré et al., 2008).

Las BAL productoras de bacteriocinas podrían ser utilizadas como cultivos protectores en productos cárnicos ligeramente procesados o cocidos sin llegar a alterar sus propiedades organolépticas, consiguiendo a la vez una inhibición de las BAL alterantes y de *Listeria* (Hugas et al. 1998; Lucke, 2000; Chen y Hoover, 2003; Aymerich et al., 2008; Gálvez et al., 2008). La inoculación de cepas productoras de sakacinas, pediocinas,

leucocinas, plantaricinas, enterocinas, bavaricinas y curvaticinas en productos cárnicos procesados ha demostrado ser eficaz en la inhibición del crecimiento de *Listeria* y en algunos casos la formación de limo (Aymerich et al., 1998; Hugas et al., 1998). Existen diferentes cultivos de BAL en el mercado que son utilizados como cultivos iniciadores o bioprotectores con el objeto de mejorar la seguridad microbiológica de productos cárnicos ligeramente procesados o precocinados (Aymerich et al., 2008).

## APLICACIONES EN PRODUCTOS CÁRNICOS FERMENTADOS

Las preparaciones de bacteriocina se pueden añadir a la masa cárnica para la inactivación de patógenos en productos cárnicos fermentados. La disminución de pH que se alcanza en embutidos en comparación con las carnes frescas puede aumentar la solubilidad de algunas bacteriocinas como la nisina, y probablemente su actividad antimicrobiana también. Las bacteriocinas como la nisina, enterocinas (CCM 4231, A, B y AS-48) o leucocinas mejoró la reducción de *L. monocytogenes* y de *S. aureus* en productos fermentados (Rodríguez et al., 2002; Chen y Hoover, 2003; Aymerich et al., 2008; Gálvez et al., 2008). El empleo de bacteriocinas puede ser una barrera interesante para la inactivación de microorganismos en embutidos ligeramente fermentados, en los que su pH más elevado y el mayor contenido en agua pueden facilitar la supervivencia y proliferación de ciertas bacterias patógenas.

Las BAL juegan un papel importante en la fermentación de productos cárnicos. Por lo tanto, las cepas productoras de bacteriocinas podrían ser empleadas como cultivos iniciadores activos frente a patógenos como *Listeria monocytogenes* (Työppönen et al., 2003; Leroy et al., 2006; Aymerich et al., 2008). Diversas cepas de *Lactobacillus* productoras de bacteriocinas (principalmente *Lb. sakei* y *Lb. curvatus*, *Lb. rhamnosus* y *Lb. plantarum*) han demostrado tener efectos inhibidores frente a *Listeria* en fermentaciones de salchichas o salami, dependiendo en gran medida de la cepa y el tipo de carne (Erkkilä et al., 2001; Leroy et al., 2005b; Dicks et al., 2004; Benkerroum et al., 2005; Todorov et al., 2007) (Tabla 1). La cepa *Lb. sakei* CTC 494 (productora de sakacina K) es un cultivo iniciador interesante con actividad frente a *Listeria*, siendo capaz de inhibir con éxito a *L. monocytogenes* en embutidos fermentados al estilo español y alemán (Aymerich et al., 2008) o reducir las poblaciones de *Listeria* en salchichas belgas, salami italiano y salami Cacciatore (Ravyst et al., 2008). La eficacia de *Lb. sakei* está influenciada por factores ambientales tales como ingredientes, sal, grasa, concentraciones de nitrito, nivel de acidificación y temperatura (Leroy et al., 2006). Debido a que *Lb. sakei* y *Lb. curvatus* pueden hidrolizar las proteínas musculares sarcoplásmicas y, en menor medida, las proteínas miofibrilares, pueden contribuir a la generación de

péptidos pequeños y aminoácidos que contribuyen como potenciadores del sabor o como precursores directos de otros compuestos de sabor durante la maduración de los embutidos fermentados (Leroy et al., 2006). El estudio de estos procesos podría dar lugar a nuevas aplicaciones de cultivos iniciadores de nueva generación con propiedades funcionales de interés industrial o nutricional (Leroy et al., 2006).

Los pediococos productores de bacteriocina pueden reducir las poblaciones de *L. monocytogenes* en productos cárnicos fermentados (Amézquita y Brashears, 2002; Rodríguez et al., 2002; Aymerich et al., 2008). Los pediococos son preferidos como cultivos iniciadores (en lugar de los lactobacilos) en ciertos productos, por ejemplo en embutidos al estilo americano fermentados a temperaturas más altas. Las cepas productoras de Pediocina PA-1 no inhiben a bacterias que son importantes para la fermentación de los embutidos como estafilococos y micrococos (González y Kunka, 1987). Algunas cepas de lactococos productoras de nisina aisladas de embutidos fermentados también se han propuesto como cultivos adjuntos para mejorar la seguridad microbiológica de los productos cárnicos fermentados elaborados en condiciones higiénicas deficientes, tales como en productos tradicionales caseros (Noonpakdee et al., 2003).

Los enterococos son a menudo parte de la microbiota normal en las fermentaciones de productos cárnicos y han demostrado tener actividad frente a *Listeria* y *S. aureus* en productos fermentados (Foulquié Moreno et al., 2003; Aymerich et al., 2008; Gálvez et al., 2008). Sin embargo, su aplicación en alimentos da lugar a controversia debido a su potencial como patógenos oportunistas. En este aspecto, la cepa de *Enterococcus faecalis* CECT7121 (productora de la enterocina de amplio espectro MR99) es interesante porque carece de factores de virulencia como los genes para producción de hemolisina y de gelatinasa y además no produce aminos biógenos (Sparo et al., 2008). Los embutidos fermentados inoculados con la cepa CECT7121 presentaron una disminución del recuento de células viables de *Staphylococcus*, enterobacterias y otros cocos gram-positivos al final de la fermentación y ausencia de viables de *S. aureus* y enterobacterias al final del proceso.

Los estafilococos y micrococos también pueden ser explotados como fuente de sustancias antibacterianas aplicables en la fermentación de embutidos. El gen que codifica para la lisostafina (una endopeptidasa que rompe específicamente los enlaces glicina-glicina en los puentes transversales de la pared celular de *S. aureus*) se puede introducir en lactobacilos y posteriormente utilizarlos como cultivo iniciador para evitar el crecimiento de *S. aureus* en productos cárnicos (Cavadini et al., 1998). *Staphylococcus xylosus* aislado de salchicha produce una sustancia antimicrobiana que

permite inhibir a *L. monocytogenes* en embutidos estilo Nápoles (Villani et al., 1997). Otra bacteria de este grupo, denominada *Kocuria varians*, produce el lantibiótico variacina (Pridmore et al., 1996), pero aún se desconocen los efectos de las cepas productoras de este péptido antimicrobiano en las fermentaciones de productos cárnicos.

**Tabla 1. Posibles ventajas de la aplicación de bacteriocinas o de bacterias productoras de bacteriocinas en la industria cárnica.**

Tipo de alimento	Bacteriocinas	Cultivos productores de bacteriocinas
<b>Carne cruda</b>	Descontaminación de superficies	Inhibición de bacterias alterantes
	Inhibición de bacterias alterantes	Inhibición de <i>L. monocytogenes</i>
	Inhibición de <i>L. monocytogenes</i>	Maduración acelerada (proteólisis limitada)
<b>Productos cárnicos cocidos</b>	Inactivación de patógenos en productos envasados a vacío	Inhibición de <i>L. monocytogenes</i> en productos cocidos
	Reducción de la formación de limo	Inhibición de patógenos en loncheados envasados a vacío
	Barrera adicional frente a patógenos o alterantes en tratamientos combinados (luz pulsada, altas presiones)	
<b>Productos fermentados</b>	Reducción de los niveles de <i>L. monocytogenes</i> y <i>S. aureus</i>	Inhibición de <i>L. monocytogenes</i>
	Barrera adicional en embutidos ligeramente fermentados y con un pH menos ácido	Reducción de los niveles de <i>Enterobacteriaceae</i> y <i>S. aureus</i>
		Mejora del sabor y las propiedades del producto

## CONCLUSIONES

Como conclusión, podemos afirmar que las bacteriocinas o sus bacterias productoras ofrecen buenas oportunidades para la conservación de productos cárnicos, adicionadas de forma individual o empleadas junto con otras barreras o tratamientos. En el mercado existen preparados que contienen la bacteriocina nisina, para aplicación en una amplia variedad de alimentos. También existen inóculos o cultivos protectores

a base de bacterias lácticas que son empleados por la industria cárnica en la elaboración de alimentos fermentados. El empleo de cultivos iniciadores con propiedades funcionales (incluyendo su carácter probiótico) es un aspecto poco estudiado aun, y constituye un campo interesante de investigación para el desarrollo de productos más seguros, enriquecidos en sabor de forma más natural, o con propiedades funcionales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amezquita A, Brashears MM (2002) Competitive inhibition of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meat products by lactic acid bacteria. *J Food Prot* 65:316-325.
- Aymerich MT, Hugas M, Monfort JM (1998) Review: bacteriocinogenic lactic acid bacteria associated with meat products. *Food Sci Technol Int* 4:141-158.
- Aymerich T, Picouet PA, Monfort JM (2008) Decontamination technologies for meat products. *Meat Sci* 78:114-129.
- Benkerroum N, Daoudi A, Hamraoui T et al (2005) Lyophilized preparations of bacteriocinogenic *Lactobacillus curvatus* and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* as potential protective adjuncts to control *Listeria monocytogenes* in dry-fermented sausages. *J Appl Microbiol* 98:56-63.
- Björkroth J, Korkeala H (1997) Ropy slime-producing *Lactobacillus sake* strains possess a strong competitive ability against a commercial biopreservative. *Int J Food Microbiol* 38:117-123.
- Castellano P, Belfiore C, Fadda S et al (2008) A review of bacteriocinogenic lactic acid bacteria used as bioprotective cultures in fresh meat produced in Argentina. *Meat Sci* 79:483-499.
- Cavadini C, Hertel C, Hammes WP (1998) Application of lysostaphin-producing lactobacilli to control staphylococcal food poisoning in meat products. *J Food Prot* 61:419-424.
- Chen H, Hoover DG (2003) Bacteriocins and their food applications. *Comp Rev Food Sci Food Safety* 2:82-100.
- Chen CM, Sebranek JG, Dickson JS et al (2004a) Combining pediocin with postpackaging irradiation for control of *Listeria monocytogenes* on frankfurters. *J Food Prot* 67:1866-1875.
- Chen CM, Sebranek JG, Dickson JS et al (2004b) Combining pediocin (ALTA 2341) with postpackaging thermal pasteurization for control of *Listeria monocytogenes* on frankfurters. *J Food Prot* 67:1855-1865.
- Coma V (2008) Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat Sci* 78:90-103.
- Dicks LMT, Mellett FD, Hoffman LC (2004) Use of bacteriocin-producing starter cultures of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus curvatus* in production of ostrich meat salami. *Meat Sci* 66:703-708.
- Ercolini D, Ferrocino I, La Storia A et al (2010) Development of spoilage microbiota in beef stored in nisin activated packaging. *Food Microbiol* 27:137-143.
- Erkkilä S, Suihko ML, Eerola S et al (2001) Dry sausage fermented by *Lactobacillus rhamnosus* strains. *Int J Food Microbiol* 64:205-210.
- Fadda S, Chambon C, Champomier-Vergès MC et al (2008) *Lactobacillus* role during conditioning of refrigerated and vacuum-packaged Argentinean meat. *Meat Sci* 79:603-610.
- Foulquié Moreno MR, Rea MC, Cogan TM et al (2003) Applicability of a bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* as a co-culture in Cheddar cheese manufacture. *Int J Food Microbiol* 81: 73-84.
- Gálvez A, Abriouel H, López RL et al (2007) Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *Int J Food Microbiol* 120:51-70.

- Galvez A, Lopez RL, Abriouel H et al (2008) Application of bacteriocins in the control of foodborne pathogenic and spoilage bacteria. *Crit Rev Biotechnol* 28:125-152.
- Garriga M, Aymerich MT, Costa S et al (2002) Bactericidal synergism through bacteriocins and high pressure in a meat model system during storage. *Food Microbiol* 19:509-518.
- Gonzalez CF, Kunka BS (1987) Plasmid-associated bacteriocin production and sucrose fermentation in *Pediococcus acidilactici*. *Appl Environ Microbiol* 53:2534-2538.
- Govaris A, Solomakos N, Pexara A et al (2010) The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *Salmonella* Enteritidis in minced sheep meat during refrigerated storage. *Int J Food Microbiol* 137: 175-180.
- Hugas M, Pagés F, Garriga M et al (1998). Application of the bacteriocinogenic *Lactobacillus sakei* CTC494 to prevent growth of *Listeria* in fresh and cooked meat products packaged with different atmospheres. *Food Microbiol* 15: 639-650.
- Hugas M, Garriga M, Aymerich MT (2003) Functionality of enterococci in meat products. *Int J Food Microbiol* 88:223-233.
- Jack RW, Tagg JR, Ray B (1995) Bacteriocins of Gram positive bacteria. *Microbiol Reviews* 59: 171-200.
- Jin T, Liu L, Sommers CH et al (2009) Radiation sensitization and postirradiation proliferation of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat deli meat in the presence of pectin-nisin films. *J Food Prot* 72:644-649.
- Jofré A, Aymerich T, Garriga M et al (2008) Assessment of the effectiveness of antimicrobial packaging combined with high pressure to control *Salmonella* sp. in cooked ham. *Food Control* 19:634-638.
- Jones RJ, Zagorec M, Brightwell G et al (2009) Inhibition by *Lactobacillus sakei* of other species in the flora of vacuum packaged raw meats during prolonged storage. *Food Microbiol* 26:876-881.
- Korkeala H, Suortti T, Mäkelä P (1988) Ropy slime formation in vacuum-packed cooked meat products caused by homofermentative lactobacilli and a *Leuconostoc* species. *Int J Food Microbiol* 7:339-347.
- Leroy F, Lievens K, De Vuyst L (2005) Interactions of meat-associated bacteriocin-producing Lactobacilli with *Listeria innocua* under stringent sausage fermentation conditions. *J Food Prot* 68:2078-2084.
- Leroy F, Verluyten J, De Vuyst L (2006) Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *Int J Food Microbiol* 106: 270-285.
- Lücke FK (2000) Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Sci* 56:105-115.
- Mangalassary S, Han I, Rieck J et al (2008) Effect of combining nisin and/or lysozyme with in-package pasteurization for control of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat turkey bologna during refrigerated storage. *Food Microbiol* 25:866-870.
- Maragkoudakis PA, Mountzouris KC, Psyras D et al (2009) Functional properties of novel protective lactic acid bacteria and application in raw chicken meat against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enteritidis*. *Int J Food Microbiol* 130:219-226.
- McMillin KW (2008) Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Sci* 80:43-65.
- Murphy RY, Hanson RE, Feze N et al (2005) Eradicating *Listeria monocytogenes* from fully cooked franks by using an integrated pasteurization-packaging system. *J Food Prot* 68: 507-511.
- Nes IF, Yoon S, Diep DB (2007) Ribosomally synthesized antimicrobial peptides (bacteriocins) in lactic acid bacteria: A review. *Food Sci Biotechnol* 5: 675-690.
- Nieto-Lozano JC, Reguera-Useros JL, Peláez-Martínez MC et al (2006) Effect of a bacteriocin produced by *Pediococcus acidilactici* against *Listeria monocytogenes* and *Clostridium perfringens* on Spanish raw meat. *Meat Sci* 72:57-61.

- Noonpakdee W, Santivarangkna C, Jumriangrit P et al (2003) Isolation of nisin-producing *Lactococcus lactis* WNC 20 strain from nham, a traditional Thai fermented sausage. *Int J Food Microbiol* 81:137-45.
- O'Sullivan L, Ross RP, Hill C (2002) Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality. *Biochimie* 84:593-604.
- Pridmore D, Rekhif N, Pittet AC et al (1996) Variacin, a new lanthionine-containing bacteriocin produced by *Micrococcus varians*: comparison to lacticin 481 of *Lactococcus lactis*. *Appl Environ Microbiol* 62:1799-802.
- Ravyts F, Barbuti S, Frustoli MA et al (2008) Competitiveness and antibacterial potential of bacteriocin-producing starter cultures in different types of fermented sausages. *J Food Prot* 71:1817-1827.
- Rodríguez JM, Martínez MI, Kok J (2002) Pediocin PA-1, a wide-spectrum bacteriocin from lactic acid bacteria. *Crit Rev Food Sci Nutr* 42:91-121.
- Settanni L, Corsetti A (2008) Application of bacteriocins in vegetable food biopreservation. *Int J Food Microbiol* 121:123-138.
- Solomakos N, Govaris A, Koidis P et al (2008) The antimicrobial effect of thyme essential oil, nisin, and their combination against *Listeria monocytogenes* in minced beef during refrigerated storage. *Food Microbiol* 25:120-127.
- Sparo M, Nuñez GG, Castro M et al (2008) Characteristics of an environmental strain, *Enterococcus faecalis* CECT7121, and its effects as additive on craft dry-fermented sausages. *Food Microbiol* 25:607-615.
- Stergiou VA, Thomas LV, Adams MR (2006) Interactions of nisin with glutathione in a model protein system and meat. *J Food Prot* 69:951-956.
- Thomas LV, Clarkson MR, Delves-Broughton J (2000) Nisin. In: A,S, Naidu, ed., pp. 463-524. *Natural Food Antimicrobial Systems*. CRC-Press, FL.
- Todorov SD, Koep KSC, Van Reenen CA et al (2007) Production of salami from beef, horse, mutton, Blesbok (*Damaliscus dorcas phillipsi*) and Springbok (*Antidorcas marsupialis*) with bacteriocinogenic strains of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus curvatus*. *Meat Sci* 77:405-412.
- Työppönen S, Petäjä E, Mattila-Sandholm T (2003) Bioprotectives and probiotics for dry sausages. *Int J Food Microbiol* 83:233-244.
- Uesugi AR, Moraru CI (2009) Reduction of *Listeria* on Ready-to-Eat sausages after exposure to a combination of pulsed light and Nisin. *J Food Prot* 72:347-353.
- Villani F, Sannino L, Moschetti G et al (1997) Partial characterization of an antagonistic substance produced by *Staphylococcus xylosus* 1E and determination of the effectiveness of the producer strain to inhibit *Listeria monocytogenes* in Italian sausages. *Food Microbiol* 14:555-566.