

Bacteriocinas: características y aplicación en alimentos

Bacteriocins: characteristic and applications in foods

Guadalupe Mondragón Preciado^{1*}, Pilar EscalanteMinakata²,
Juan Alberto Osuna Castro³, Vrani Ibarra Junquera⁴, Jesús Antonio Morlett Chávez¹,
Cristóbal Noé Aguilar González¹, Raúl Rodríguez Herrera¹

Revisión Científica

Mondragón Preciado, G.; Escalante Minakata, P.; Osuna Castro, J. A.; Ibarra Junquera, V. I.; Morlett Chávez, J. A.; Aguilar González, C. N.; Rodríguez Herrera, R., Bacteriocinas: características y aplicación en alimentos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 59, 63-69, 2013.

RESUMEN

Las bacteriocinas representan un sustituto potencial de conservantes químicos, debido a que son producidas por bacterias ácido lácticas (BAL), las cuales son consideradas GRAS (generalmente reconocidas como seguras, por sus siglas en inglés), que tienen un papel importante en la preservación y fermentación de alimentos. El uso de las bacteriocinas como bioconservantes se atribuye a sus características como inhibir numerosos microorganismos patógenos, su acción en amplios rangos de pHs y termoestabilidad, proponiéndose diferentes aplicaciones de las bacteriocinas en alimentos, ya sea en forma concentrada, en algún sustrato de grado alimentario o agregando la bacteriocina a un soporte, actuando éste como reservorio y difusor del péptido antimicrobiano concentrado a la comida. El propósito de este trabajo es el conocimiento general sobre bacteriocinas, y resaltar su uso potencial como bioconservante en alimentos.

Palabras clave: Bioconservante, BAL, modo de acción, antagonismo, GRAS, aplicaciones en alimentos.

Keywords: Biopreservative, LAB, mode of action, antagonist, GRAS, applications in foods.

Recibido: 3 de Junio de 2013, aceptado: 30 de Septiembre de 2013

¹ Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila.

² Laboratorio Bioingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima.

³ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima.

⁴ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima.

* Autor para correspondencia: g.mondragon.p@gmail.com

ABSTRACT

The bacteriocins represent a potential substitute for chemical preservatives, because they are produced by lactic acid bacteria (LAB) which are considered GRAS (Generally recognized as safe), that have an important role in the preservation and fermentation of food. The use of bacteriocins as biopreservatives is attributed to its characteristics as inhibiting numerous pathogens microorganisms, their action in wide ranges of pHs and thermostability, proposing different applications of bacteriocins in foods may be in concentrated form or in a food-grade substrate or adding the bacteriocin to a support acting as a reservoir and diffuser to this concentrated antimicrobial peptide to the food. The purpose of this work is the general knowledge of bacteriocins, and to highlight its potential use as biopreservative on food.

INTRODUCCIÓN

Debido a los problemas de salud atribuidos a los aditivos químicos alimentarios de origen sintético y los beneficios que aportan los alimentos "naturales" y "tradicionales", la industria alimentaria enfrenta desafíos que incluyen la demanda de productos alimenticios que no contengan conservantes químicos, libres de microorganismos patógenos y con larga vida en anaquel. En este caso, las bacteriocinas son una opción atractiva como parte de la solución a estos problemas (López et al., 2008), las cuales son péptidos con actividad antimicrobiana, segregadas por un gran número

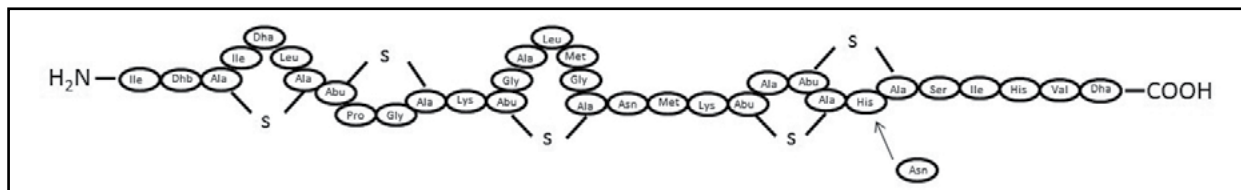


Figura 1. Estructura primaria de la nisina A. Donde Abu = ácido aminobutírico, Dha = dehidroalanina, Ala-S-Ala = lantionina, Dhb = dehidrobiterina (β -metildehidroalanina), Abu-S-Ala = β -metil lantionina. En la posición 27 se indica con una flecha la sustitución del aminoácido Histidina por Asparagina, se convierte de nisina A en nisina Z.

Fuente: Adaptada de Abriouel *et al.*, (2011).

de bacterias para inhibir el crecimiento de otros microorganismos competidores (Monroy *et al.*, 2009).

Las bacteriocinas más estudiadas son las producidas por bacterias ácido lácticas (BAL) (Rojas y Vargas, 2008). Se han realizado gran cantidad de estudios centrándose en la inhibición de microorganismos patógenos para el humano. De manera que el propósito de esta revisión es introducir a los lectores en el estudio y conocimiento sobre bacteriocinas, resaltando la importancia de éstas como posible sustituto de los conservantes químicos en alimentos.

Generalidades de las bacteriocinas

Las bacteriocinas son péptidos con actividad antimicrobiana, segregadas por un gran número de bacterias para inhibir el crecimiento de otros microorganismos competidores (Monroy *et al.*, 2009). Generalmente, estos péptidos actúan sobre la membrana celular (Zapata *et al.*, 2009). Existe una gran diversidad de bacteriocinas reportadas en la mayoría de las especies bacterianas, e incluso dentro de una misma especie podrían producirse distintos tipos de bacteriocinas (Cintas *et al.*, 2001).

Las bacteriocinas más estudiadas son las producidas por BAL (Rojas y Vargas, 2008). Estas bacterias son reconocidas como GRAS, las cuales participan en la fermentación y conservación de alimentos, mejorando su calidad higiénica al inhibir la flora competitiva, la cual incluye microorganismos patógenos (Cintas *et al.*, 2001), tales como *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* y *Salmonella*, entre otras (Vázquez *et al.*, 2009).

La producción de las bacteriocinas depende del crecimiento y actividad fisiológica de la cepa productora, estando correlacionada la biomasa obtenida con la cantidad de bacteriocina producida (Aasen *et al.*, 2000).

Clasificación de las bacteriocinas

Las bacteriocinas de BAL se clasifican de acuerdo a sus características bioquímicas y genéticas:

Clase I: Lantibióticos. Pequeños péptidos (<5 kDa) activos a nivel de membrana, termolábiles, contienen aminoácidos poco comunes como la dihidroalanina, β -metil-lantionina y lantionina, debido a modificaciones postraduccionales (Kemperman *et al.*, 2003).

Clase I a: Péptidos elongados, catiónicos, moléculas flexibles y anfipáticas. De masa molecular variable entre 2-4 kDa y una carga neta positiva (Zacharof y Lovitt, 2012). Ejemplos de este grupo son la lacticina 3147 y la nisina; esta última producida por *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*, y reconocida por la FDA como GRAS. Es un péptido de 34 aminoácidos (Figura 1), con dos variantes, la nisina A y la nisina Z (Sangronis y García, 2007).

Clase I b: Péptidos con características globulares, hidrófobos que interfieren inhibiendo reacciones enzimáticas esenciales en bacterias sensibles (Deegan *et al.*, 2006). Su masa molecular varía de 2-3 kDa, pueden tener carga negativa.

Clase II: No lantibióticos. Péptidos pequeños (<10kDa), lineales y sin modificaciones postraduccionales, termoestables (Kemperman *et al.*, 2003), y con una estructura anfifílica helicoidal que permite que actúen a nivel de la membrana plasmática, causando la muerte de la célula sensible.

Clase II a: Son péptidos activos contra *Listeria*, tienen la secuencia consenso en la región N-terminal TGNGVXC (Tyr-Gly-Asn-Gly-Val-Xaa-Cys) (Kemperman *et al.*, 2003), ejemplos de éstas son pediocina PA-1 y sakacina P.

Clase II b: Formadores de complejos, requieren de dos péptidos para una mejor actividad antimicrobiana y dar paso a la formación de poros, miembros de este grupo son lactococcina G, plantaricinas EF y JK, Lactacin F (Zacharof y Lovitt, 2012).

Clase II c: Pequeños péptidos, termoestables, no modificados y que son transportados por péptidos

líder. Ejemplos de éstas son divergicina A y acidocina B (Kemperman *et al.*, 2003).

Clase III: Reúne grandes péptidos (>30kDa) termolábiles, con actividad y estructura compleja (Lai *et al.*, 2002). Helveticina J. V, acidofilicina A y lactacinas A y B son ejemplos de estas bacteriocinas.

Clase IV: Bacteriocinas complejas son péptidos con una parte proteica y una o más fracciones de lipídicas o glucídicas necesarias para su actividad biológica (Kemperman *et al.*, 2003). Algunos ejemplos son lactocina S (glicoproteína) y mesenterocina 52 (lipoproteína).

Modo de acción

La mayoría de las bacteriocinas actúan sobre la membrana de células sensibles, desestabilizando y permeabilizando mediante la formación de canales o poros iónicos (Grande *et al.*, 2005), que van a dar salida a compuestos como fosfato, potasio, aminoácidos, ATP, disminuyendo la síntesis de macromoléculas y por consecuencia la muerte celular (González-Martínez *et al.*, 2003).

Las bacteriocinas de la clase I, como es la nisina, el modelo que se propone (Figura 2) es el modo de acción dual, la bacteriocina se une a la pared celular mediante atracciones electrostáticas (etapa 1). Después, la nisina se une al lípido II, principal transportador de las subunidades de peptidoglucano (principal compuesto de la pa-

red celular), y utiliza esta molécula para anclarse a la membrana celular (etapa 2). Luego, la bacteriocina cambia su orientación en relación con la membrana y se inserta en ésta. Finalmente, la unión de diversos péptidos en el sitio de inserción provoca la formación de un poro transmembranal que permite la salida de moléculas importantes como aminoácidos y ATP, lo que lleva a la bacteria a una rápida muerte celular (etapa 3) (López *et al.*, 2008).

Las bacteriocinas de la clase II, su actividad bactericida es mediante la desestabilización de las funciones de la membrana celular de las células sensibles (González-Martínez *et al.*, 2003).

Las bacteriocinas de la clase III, su modo de acción es promover la lisis de la pared celular de la bacteria sensible. Su región N-terminal es homóloga a una endopeptidasa involucrada en la síntesis de la pared celular, mientras que la región C-terminal es la que reconoce la célula objetivo (Lai *et al.*, 2002).

Resistencia a bacteriocinas

La resistencia puede existir de forma natural o intrínseca, o bien generarse como resultado a la exposición continua, a lo que se le conoce como resistencia adquirida (Ennahar *et al.*, 2000). La resistencia de estos mutantes espontáneos

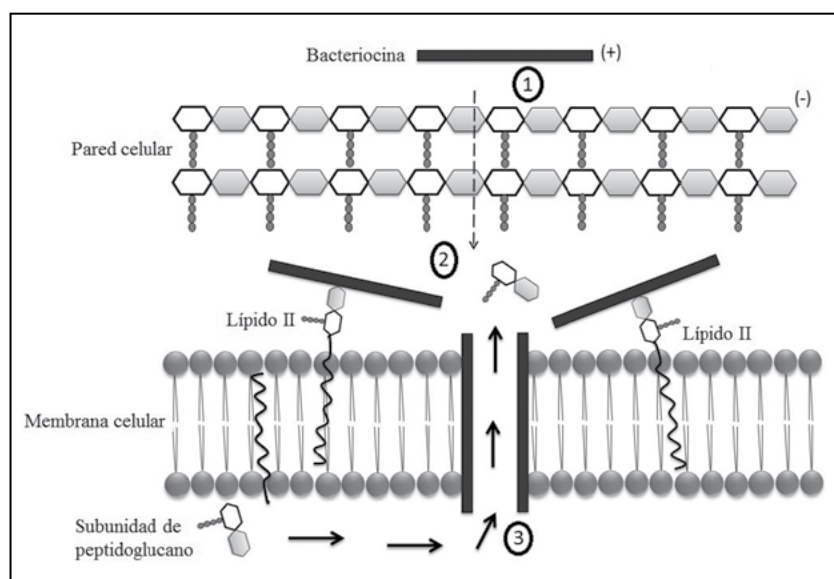


Figura 2. Modelo que muestra el mecanismo de acción dual de la nisina de *Lactococcus lactis*.

Fuente: Adaptado de López *et al.* (2008).

puede relacionarse con cambios en la pared y membrana celular, como alteraciones en el potencial eléctrico, la fluidez, la composición y carga de lípidos de membrana o espesor de la pared celular (Mantovani y Russel, 2001). Este tipo de mecanismos se han estudiado más en *L. monocytogenes*, *Listeria innocua*, *Streptococcus pneumoniae* y *Streptococcus bovis*, donde la resistencia se relaciona con cambios en la pared y membrana celular, cambios como variación en la composición de ácidos grasos de la membrana, reducción de la concentración de fosfolípidos, dificultando así la formación de poros (Abee, 1995).

Para mejorar el potencial de las bacteriocinas, Cintas *et al.* (2001) proponen el uso de mezclas de bacteriocinas, y así reducir la capacidad con la que los microorganismos desarrollan resistencia.

Rango de acción de las bacteriocinas de bacterias ácido lácticas

Las bacteriocinas actúan sobre microorganismos relacionados o presentes en su ambiente (Grande *et al.*, 2006); esto hace que los microorganismos patógenos o de deterioro muestren diferen-

te sensibilidad ante la presencia de la bacteriocina. La nisina muestra amplio espectro de acción hacia bacterias Gram-positivas, incluyendo *S. aureus* y *L. monocytogenes*, también previene la esporulación de *Bacillus* spp. y *Clostridium* spp. (Delves-Broughton, 1991). En la Tabla 1 se muestran diferentes bacteriocinas, el alimento del cual se aisló el microorganismo productor y el antagonismo sobre bacterias Gram positivas y negativas.

Aplicación de las bacteriocinas en alimentos

Las bacteriocinas producidas por BAL son de gran interés en la industria alimentaria, ya que son producto GRAS y pueden ser usadas como bioconservantes (Deegan *et al.*, 2006). El estudio de éstas se ha realizado en alimentos fermentados (Sharma *et al.*, 2011), como el queso (Samelis *et al.*, 2010), en productos cárnicos integrando la bacteriocina en el envase (Siragusa *et al.*, 1999), entre otros.

Comúnmente se usan tres métodos de aplicación de la bacteriocina (Chen y Hoover, 2003):

1. La inoculación directa de BAL en el alimento para producir bacteriocinas en el producto.

Tabla 1. Bacteriocinas de bacterias ácido lácticas y sus antagonismos

| Bacteriocina | Microorganismo productor | Fuente de aislamiento | Antagonismo sobre | Referencia |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
| sakasakin 2 | <i>Lantobacillus sake</i> C2 | Bebida de col fermentada | <i>L. acidophilus</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Sarcina flava</i> , <i>L. innocua</i> | Gao <i>et al.</i> , 2010 |
| LPBM10 | <i>L. plantarum</i> LPBM10 | Leche fermentada | <i>B. cereus</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> | Zapata <i>et al.</i> , 2009 |
| weissellin A | <i>Weissella paramesenteroides</i> DX | Salchichas | <i>L. monocytogenes</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>L. innocua</i> , <i>Clostridium Sporogenes</i> | Papagianni y Papamichael, 2011 |
| plantaricina 35d | <i>L. plantarum</i> | Salchichas | <i>Aeromonas hydrophila</i> | Messi <i>et al.</i> , 2001 |
| ST28MS y ST26MS | <i>L. plantarum</i> | Melaza | <i>Escherichia coli</i> y <i>Acinetobacter baumannii</i> | Todorov y Dicks, 2005 |
| LPBM10 | <i>L. plantarum</i> LPBM10 | Leche fermentada | <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>E. coli</i> , <i>Klebsiella sp.</i> , <i>Serratia Marcescens</i> | Zapata <i>et al.</i> , 2009 |
| Bacteriocina | <i>Enterococcus faecium</i> 130 | Queso mozzarella | <i>L. monocytogenes</i> | Tulini <i>et al.</i> , 2011 |
| Bacteriocin ST16Pa | <i>Lactobacillus plantarum</i> ST16Pa | Papaya (Carica papaya) | <i>L. monocytogenes</i> , <i>L. innocua</i> , <i>L. sakei</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> | Todorov <i>et al.</i> , 2011 |

2. Aplicación de la bacteriocina purificada o semipurificada como preservador en el alimento.
3. Uso de un producto previamente fermentado con la producción de la bacteriocina como un ingrediente en un alimento procesado.

La bacteriocina obtenida *ex situ* también se puede aplicar en algún sustrato de grado alimentario, o bien en preparaciones inmovilizadas, donde la bacteriocina se une a un soporte, actuando éste como reservorio y difusor del péptido antimicrobiano a la comida; además, el soporte puede proteger la bacteriocina de inactivación, ya sea de forma enzimática o por la interacción de los componentes del alimento (Ercolini *et al.*, 2006). Un método para preparar películas de embalaje con bacteriocinas es incorporar a ésta directamente en películas hechas a partir de proteínas biodegradables (zeína de maíz o soya), o bien adsorber o recubrir la superficie de un polímero con la bacteriocina, por ejemplo la adsorción de nisina sobre polietileno, o en algunos otros polímeros como etileno, polipropileno, acetato de vinilo, poliamida, cloruro de polivinilo y acrílicos de poliéster (Deegan *et al.*, 2006). Se ha demostrado que la combinación del almacenamiento a temperatura próxima al punto de congelación, junto con el empleo de envases antimicrobianos, resulta ser eficaz en la mejora de la calidad microbiológica de piezas de carne, inhibiendo a carnobacterias, *Brochothrix thermosphacta* y BAL (Ercolini *et al.*, 2010).

Actualmente, la nisina y pediocina PA-1 tienen licencia para su uso como bioconservantes (Simha *et al.*, 2012). La nisina ha sido utilizada como "nisaplina" (Danisco, 2013), la cual es una preparación con 2.5% de nisina, 7.5% de NaCl, leche seca sin grasa (12% proteína y 6% de carbohidrato). Por otro lado, la pediocina PA-1 se utiliza en forma de "ALTA 2431" (Quest), la cual se obtiene por fermentación de la cepa productora *Pediococcus acidilactici* (Ennahar *et al.*, 2000). La natamicina, cuyo nombre comercial es Natamax, inhibe mohos y levaduras y comercialmente se aplica al queso rallado (Daview *et al.*, 1997). Otro producto comercial es el "AvGard", el cual

inhibe patógenos Gram negativos y se aplica en carnes. Estos productos se comercializan en diferentes formulaciones para su uso en alimentos específicos como carnes, mariscos, queso, pan y bebidas (Danisco, 2013).

La pediocina ACh controla el crecimiento de *L. monocytogenes* en empaques al vacío de salchichas tipo Viena, donde se usa el nitrito para estabilizar el color rojo de la carne e inhibir el desarrollo de microorganismos esporulados como *C. botulinum*; sin embargo, el nitrito puede reaccionar con compuestos aminados de la carne y producir nitrosaminas carcinogénicas. En este caso, el uso de las bacteriocinas representa una alternativa al nitrito. Además, las bacteriocinas presentan estabilidad a temperaturas de cocción y son digeridas (por su naturaleza proteica) por las proteasas del tracto gastrointestinal (Chen y Hoover, 2003).

A la fecha, gran variedad de bacteriocinas han sido aplicadas con éxito, pero éstas sólo representan una pequeña fracción de la diversidad existente. La continua investigación conducirá a la obtención de antimicrobianos diversos y robustos (Snyder y Worobo, 2013).

CONCLUSIONES

Las bacteriocinas producidas por BAL tienen beneficios potenciales para su uso en la industria de los alimentos para la conservación de los mismos. Tienen un amplio rango de inhibición contra microorganismos alterantes de la calidad de diferentes alimentos. Al ser de origen proteico, son digeridas por proteasas en el tracto digestivo humano, inactivándose sin llegar a formar compuestos secundarios que pudieran ocasionar un daño a la salud. De manera que representa una intrigante área de investigación, dirigida hacia el descubrimiento de nuevas bacteriocinas y el desarrollo de una rápida caracterización, para dar lugar a su comercialización y uso dentro de la industria alimentaria, representando así la aplicación de estos productos biológicos una alternativa para la preservación y obtención de alimentos seguros para el consumidor.

LITERATURA CITADA

- AASEN, I. M.; MORETRO, T.; KATIA, T.; AXELSSON, L., Influence of complex nutrients, temperature and pH on bacteriocins production by *Lactobacillus sakei* CCUG 42687. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 53: 159-166, 2000.
- ABEE, T., Pore-forming bacteriocins of Gram-positive bacteria and self-protection mechanisms of producer organisms. *FEMS Microbiology Letters*, 129: 1-10, 1995.
- ABRIOUEL, H.; FRANZ, C. M. A. P.; OMAR, N. B.; GÁLVEZ A., Diversity and applications of Bacillus bacteriocins. *FEMS Microbiology Reviews*, 35: 201-232, 2011.
- BIZANI, D.; MOTTA, A.; MORRISY, A.; TERRA, R.; SOUTO, A.; BRANDELLI, A., Antibacterial activity of cerein 8A, a bacteriocin-like peptide produced by *Bacillus cereus*. *International Microbiology*, 8: 125-131, 2005.
- CHEN, H.; HOOVER, D. G., Bacteriocins and their food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2: 82-100, 2003.
- CINTAS, L. M.; CASAUS, M. P.; HERRANZ, C.; NES, I. F.; HERNÁNDEZ, P. E., Review: Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria. *Food Science and Technology International*, 74: 281-305, 2001.
- DAVIEW, E. A.; BEVIS, H. E.; DELVES-BROUGHTON, J., The use of the bacteriocin, nisin, as a preservative in ricotta-type cheeses to control the food-borne pathogen *Listeria monocytogenes*. *Letters Applied Microbiology*, 24: 343-346, 1997.
- DAW, M. A.; FALKINER, F. R., Bacteriocins: nature, function and structure. *Micron Journal*, 27: 467-479, 1996.
- DEEGAN, L. H.; COTTER, P. D.; HILL, C.; ROSS, P., Bacteriocins: Biological tools for biopreservation and shelf-life extension. *International Dairy Journal*, 16: 1058-1071, 2006.
- DELVES-BROUGHTON, J., Nisin and its use as a food preservative. *Food Technology*, 44: 110-117, 1991.
- ENNAHAR, S.; SASHIHARA, T.; SONOMOTO K.; ISHIZAKI, A., Class Ila bacteriocins: biosynthesis, structure and activity. *FEMS Microbiology Reviews*, 24: 85-106, 2000.
- ERCOLINI, D.; FERROCINO, I.; LA STORIA, A.; MAURIELLO, G.; GIGLI, S.; MASI, P.; VILLANI, F., Development of spoilage microbiota in beef stored in nisin activated packaging. *Food Microbiology*, 27: 137-143, 2010.
- ERCOLINI, D.; STORIA, A.; VILLANI, F.; MAURIELLO, G., Effect of a bacteriocin activated polythene film on *Listeria monocytogenes* as evaluated by viable staining and epifluorescence microscopy. *Journal of Applied Microbiology*, 100: 765-772, 2006.
- GAO, Y.; JIA, S.; GAO, Q. Y.; TAN, Z., A novel bacteriocin with a broad inhibitory spectrum produced by *Lactobacillus sake* C2, isolated from traditional Chinese fermented cabbage. *Journal Food Control*, 21: 76-81, 2010.
- GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, B.E.; GÓMEZ-TREVIÑO, M.; JIMÉNEZ-SALAS, Z., Bacteriocinas de probióticos. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 4(2), 2003.
- GRANDE, M.; LUCAS, R.; ABRIOUEL, H.; BEN-OMAR, N.; MAQUEDA, M.; MARTÍNEZ-BUENO, M.; MARTÍNEZ-CAÑAMERO, M.; VALDIVIA, E.; GALVEZ, A., Control of *Alicyclobacillus acidoterrestis* in fruit juices by enterocin AS-48. *International Journal of Food Microbiology*, 104: 289-297, 2005.
- GRANDE, M. J.; LUCAS, R.; ABRIOUEL, H.; VALDIVIA, E.; OMAR, N. B.; MAQUEDA, M.; MARTÍNEZ-BUENO, M.; MARTÍNEZ-CAÑAMERO, M.; GÁLVEZ, A., Inhibition of toxicogenic *Bacillus cereus* in rice-based foods by enterocin AS-48. *International Journal of Food Microbiology*, 106: 185-194, 2006.
- KEMPERMAN, R.; KUIPERS, A.; KARSENS, H.; NAUTA, A.; KUIPERS, O.; KOK, J., Identification and characterization of two novel clostridial bacteriocins, circularin A and closticin 574. *Applied Environmental Microbiology*, 69: 1589-1597, 2003.
- LADE, H. S.; CHITANAND, M. P.; GYANANATH, G.; KADAM, T.A., Studies on some properties of bacteriocins produced by *Lactobacillus* species isolated from agro-based waste. *The Internet Journal Microbiology*, 2(1), 2006.
- LAI, A. C.; TRAN, S.; SIMMONDS, R. S., Functional characterization of domains found within a lytic enzyme produced by *Streptococcus equi* subsp. *Zooepidemicus*. *FEMS Microbiology Letters*, 215: 133-138, 2002.
- LÓPEZ, M. J.; OCHOA, Z. A.; SANTOYO, P. G.; ANAYA, L. J.; MEDINA, M. E.; MARTÍNEZ, T. M.; LOEZA, L. P., Bacteriocinas de bacterias Gram positivas: una fuente potencial de nuevos tratamientos biomédicos. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 39(3): 49-57, 2008.

- MANTOVANI, H. C.; RUSSEL, J. B., Nisin resistance of *Streptococcus bovis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 67: 808-813, 2001.
- MESSI, P.; BONDI, M.; SABIA, C.; BATTINI, R.; MANICARDI, G., Detection and preliminary characterization of a bacteriocin (plantaricin 35d) produced by a *Lactobacillus plantarum* strain. *International Journal of Food Microbiology*, 64: 193-198, 2001.
- MONROY, D. M.; CASTRO, B. T.; FERNÁNDEZ, P. F.; MAYORGA, R. L., Revisión bibliográfica: Bacteriocinas producidas por bacterias probióticas. *Contactos*, 73: 63-72, 2009.
- PAPAGIANNI, M.; PAPAMICHAEL, E., Purification, amino acid sequence and characterization of the class IIa bacteriocin weissellin A, produced by *Weissella paramesenteroides* DX. *Bioresource Technology*, 2: 6730-6734, 2011.
- ROJAS, C.; VARGAS, P., Bacteriocinas: sustituto de preservantes tradicionales en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*, 21(2): 9-16, 2008.
- SAMELIS, J.; BLEICHER, A.; DELBES-PAUS, C.; KAKOURI, A.; NEUHAUS, K.; MONTEL, MC., FTIR-based polyphasic identification of lactic acid bacteria isolated from traditional Greek Graviera cheese. *Food Microbiology*, 28: 76-83, 2010.
- SANGRONIS, E.; GARCÍA, J., Efecto de la adición de nisina en los parámetros físicos, químicos y sensoriales del queso "telita". *Anales Venezolanos de Nutrición*, 20(1): 12-16, 2007.
- SHARMA, N.; KAPOOR, R.; GAUTAM, N.; KUMARI, R., Purification and characterization of bacteriocin produced by *Bacillus subtilis* R75 isolated from fermented chunks of mung bean. *Food Technology Biotechnology*, 49: 169-176, 2011.
- SIMHA, B. V.; SOOD, S. K.; KUMARIYA, R.; GARSA, A. K., Simple and rapid purification of pediocin PA-1 from *Pediococcus pentosaceus* NCDC 273 suitable for industrial application. *Microbiological Research*, 167(9): 544-549, 2012. doi.org/10.1016/j.micres.2012.01.001.
- SIRAGUSA, G. R.; CUTTER, C. N.; WILLETT, J. L., Incorporation of bacteriocin in plastic retains activity and inhibits surface growth of bacteria on meat. *Food Microbiology*, 16: 229-235, 1999.
- TORODOV, S. D.; DICKS, L. M. T., *Lactobacillus plantarum* isolated from molasses produces bacteriocins active against Gram-negative bacteria. *Enzyme and Microbial Technology*, 36: 318-326, 2005.
- SNYDER A. B.; WOROBO, R. W., Chemical and genetic characterization of bacteriocins: antimicrobial peptides for food safety. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Published online in Wiley Online Library, 2013. DOI: 10.1002/jsfa.6293
- TODOROV, S. D.; PRÉVOST, H.; LEBOS M.; DOUSSET X.; LEBLANC, J. G.; FRANCO, B. D. G. M., Bacteriocinogenic *Lactobacillus plantarum* ST16Pa isolated from papaya (Carica papaya) — From isolation to application: Characterization of a bacteriocin. *Food Research International*, 44: 1351-1363, 2011.
- TULINI, F. L.; GOMES, B. C.; DE MARTINIS, E. C. P., Partial purification and characterization of a bacteriocin produced by *Enterococcus faecium* 130 isolated from mozzarella cheese. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(1): 155-159, 2011.
- VÁZQUEZ, S. M.; SUÁREZ, H.; ZAPATA, S., Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por bacterias ácido lácticas en la conservación de la carne. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(1): 64-71, 2009.
- ZACHAROF, M. P.; LOVITT, R. W., Bacteriocins produced by lactic acid bacteria. A review article. *APCBEE Procedia*, 2: 50-56, 2012.
- ZAPATA, S.; MUÑOZ, J.; RUIZ O. S.; MONTOYA O. I.; GUTIÉRREZ P. A., Aislamiento de *Lactobacillus plantarum* LPBM10 y caracterización parcial de su bacteriocina. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 16: 75-82, 2009.

De páginas electrónicas

- Danisco website, Antimicrobials. En: <http://www.danisco.com/product-range/antimicrobials/>. Septiembre, 2013.