



JURNAL TAMPIASIH

LPPM Institut Teknologi dan Kesehatan Aspirasi | jurnal.aspirasi.ac.id

PEMANFAATAN BAKTERI ASAM LAKTAT (BAL) PENGHASIL BAKTERIOSIN PADA PRODUK SUSU

Affan Gaffar¹ Elsa Mega Suryani²

¹Prodi Teknologi Pangan, Institut Teknologi Dan Kesehatan Aspirasi, Indonesia

²Prodi Mikrobiologi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia

Article Information

Article history:

Received
4 Agustus 2023
Approved
14 Agustus 2023

Keywords:

Bacteriocin, LAB, dairy products

Kata Kunci:

Bakteriosin, BAL, produk susu

Corresponding author:

affangaffar19@gmail.com

ABSTRACT

Background: In last years, consumers have become increasingly aware of the human health risks posed by the use of chemical preservatives in food. Overcoming this, researchers found a safe alternative method, namely by using bacteriocins. Bacteriocins have attracted considerable interest for their use as safe food preservatives, because they are easily digested by the human digestive tract. Most of the bacteriocin producers including lactic acid bacteria (LAB) are bacteria that occur naturally in food and have a long history of safe use in the dairy industry. Therefore this literature review study was conducted to obtain an overview of the utilization of bacteriocin-producing lactic acid bacteria (LAB) in dairy products.

Method: The method used in writing this article is a literature review conducted using the Google Scholar, ScienceDirect, and NCBI databases. Several literatures were obtained using the keywords "bacteriocin-producing LAB, application of bacteriocins, classification of bacteriocins and bacteriocins in dairy products. The literature obtained is then processed and selected based on the purpose of this article.

Results: The results of this review obtained several journals related to the description of the use of bacteriocin-producing lactic acid bacteria (LAB) in dairy products. Several of these journals describe the classification of bacteriocins based on the type of cell wall, bacteriocins can be produced by lactic acid bacteria (LAB), and the application of bacteriocins in dairy products.

Conclusion: This literature review is focused on recent developments and applications of bacteriocins and bacteriocin-producing LAB to reduce microbiological spoilage and improve the safety of dairy products.

ABSTRAK

Latar Belakang: Beberapa tahun terakhir, konsumen semakin sadar akan risiko kesehatan manusia yang ditimbulkan oleh penggunaan pengawet kimia dalam makanan. Mengatasi hal tersebut, peneliti menemukan metode alternatif yang aman yaitu dengan menggunakan bakteriosin. Bakteriosin telah menarik minat yang cukup besar untuk penggunaannya sebagai pengawet makanan yang aman, karena mudah dicerna oleh saluran pencernaan manusia. Sebagian besar produsen bakteriosin termasuk bakteri asam laktat (BAL) merupakan bakteri yang muncul secara alami dalam makanan dan memiliki sejarah panjang penggunaan yang aman dalam industri produk susu. Oleh karena itu studi

literatur review ini dilakukan untuk memperoleh gambaran tentang pemanfaatan bakteri asam laktat (BAL) penghasil bakteriosin pada produk susu.

Metode Penelitian: Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah literature review yang dilakukan dengan menggunakan database Google Scholar, ScienceDirect, dan NCBI. Beberapa literatur diperoleh menggunakan kata kunci “BAL penghasil bakteriosin, application of bacteriocins, classification of bacteriocins dan bacteriocins in dairy products. Literatur yang didapatkan kemudian diolah dan diseleksi berdasarkan tujuan dari artikel ini.

Hasil dan Pembahasan: Hasil telaah review ini memperoleh beberapa jurnal yang berkaitan dengan gambaran pemanfaatan bakteri asam laktat (BAL) penghasil bakteriosin pada produk susu. Beberapa jurnal tersebut memamparkan klasifikasi bakteriosin berdasarkan jenis dinding selnya, Bakteriosin dapat diproduksi oleh bakteri asam laktat (BAL), dan aplikasi bakteriosin pada produk susu.

Kesimpulan: Literatur review ini difokuskan pada perkembangan terbaru dan aplikasi bakteriosin dan BAL penghasil bakteriosin untuk mengurangi pembusukan mikrobiologis dan meningkatkan keamanan produk susu.

© 2023 TAMPIASIH

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan kimia sebagai bahan tambahan pada makanan (*food additive*) saat ini sering ditemui pada makanan dan minuman. Salah satu bahan tambahan pada makanan adalah pengawet bahan kimia yang berfungsi untuk memperlambat kerusakan makanan, baik yang disebabkan mikroba pembusuk, bakteri, ragi maupun jamur dengan cara menghambat, mencegah, menghentikan proses pembusukan dan fermentasi dari bahan makanan (Winarno dan Jenni, 1983). Menurut Tumbel pada tahun 2010 yang mengacu pada Effendy tahun 2004 bahwa makanan sekarang ini tidak terlepas dari zat atau bahan yang mengandung unsur berbahaya dan pengawet dalam jumlah banyak sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan tubuh. Beberapa tahun terakhir, konsumen semakin sadar akan risiko kesehatan manusia yang ditimbulkan oleh penggunaan pengawet kimia dalam makanan. Sebaliknya, meningkatnya permintaan industri susu untuk memperpanjang umur simpan dan mencegah pembusukan produk susu telah menarik pengawet baru dan metode konservasi baru yang relatif aman, salah satunya dengan memanfaatkan bakteri yang menghasilkan bakteriosin.

Beberapa tahun terakhir, bakteriosin telah menarik minat yang cukup besar untuk penggunaannya sebagai pengawet makanan yang aman, karena mudah dicerna oleh saluran pencernaan manusia (Mills et al., 2011). Penggunaan bakteriosin sebagai pengawet makanan alami memenuhi tuntutan konsumen akan makanan yang berkualitas tinggi dan aman tanpa menggunakan bahan pengawet kimia. Namun, aplikasi bakteriosin sebagai bahan tambahan makanan dapat dibatasi karena berbagai alasan, seperti efektivitas eliminasi patogen atau harganya yang mahal (Chen dan Hoover, 2003). Namun demikian, minat penelitian pada bakteriosin terus berlanjut selama beberapa tahun terakhir, karena para peneliti terus mencari bakteriosin baru dan lebih efektif untuk mengatasi masalah biologis dan ekonomi.

Penerapan bakteriosin untuk biopreservasi makanan biasanya meliputi pendekatan berikut: inokulasi makanan dengan strain penghasil bakteriosin; penambahan bakteriosin murni atau semi murni sebagai bahan tambahan makanan; dan penggunaan produk yang sebelumnya difermentasi dengan strain penghasil bakteriosin sebagai bahan dalam pengolahan makanan (Chen dan Hoover, 2003).

Semakin banyak bakteriosin telah diisolasi dan diidentifikasi dari mikroorganisme Gram-positif dan Gram-negatif. Akibatnya, database telah dibuat untuk mengkompilasi informasi yang dapat digunakan untuk penyaringan otomatis kluster gen bakteriosin (Blin et al., 2013; van Heel et al., 2013).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah *literature review*. *Literature review* merupakan sebuah pencarian literatur baik internasional maupun nasional yang dilakukan dengan menggunakan database Google Scholar, ScienceDirect, dan NCBI.

Beberapa literatur diperoleh menggunakan kata kunci “BAL penghasil bakteriosin, *application of bacteriocins*, *classification of bacteriocins* dan *bacteriocins in dairy products*. Literatur yang didapatkan kemudian diolah dan diseleksi berdasarkan tujuan dari artikel ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Bakteriosin

Klasifikasi bakteriosin didasarkan pada jenis dinding sel organisme penghasil seperti bakteri Gram-negatif dan Gram-positif. Sampai saat ini, beberapa bakteriosin diproduksi juga oleh Archaea (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi bakteriosin

Bakteri	Kelas	Ukuran (kDa)	Contoh	Referensi
Bakteri Gram Negatif	Colicin	30-80	Colicin A, B, E2, E3	Ge et.al., 2019; Rebuffat, 2016; Wencewicz & Miller, 2017
	Bakteri, seperti colicin	30-80	S-piosin, klebisin	Ge et.al., 2019; Wencewicz & Miller, 2017; Garcia-Gutierrez et.al., 2020
	Bakteriosin, seperti fag tail	20-1000	R- dan F-piosin	Ge et.al., 2019; Wencewicz & Miller, 2017; Egan et.al., 2017
	Mikrosin	<10	Mikrosin C7, mikrosin B17, kolisin V	Ge et.al., 2019; Wencewicz & Miller, 2017; Acedo et.al. 2018
Bakteri Gram Positif	Kelas I	<5	Nisin, mersadicin, laktatin 3147	Garcia-Gutierrez et.al., 2020; Ongey et.al., 2017
	Kelas II	<10	Pediosin RA1, karnobakteriosin B2	Garcia-Gutierrez et.al., 2020; Wiebach et.al., 2018
	Kelas III	<10	Helvecin, enterosin AS-48	Garcia-Gutierrez et.al., 2020; Bennallack & Griffiths, 2017; Garvey & Rowan, 2019
Archaea	Halocin	>5	Halocin A4, C8, H1, H4	Garcia-Gutierrez et.al., 2020; Zou et.al., 2018
	Sulfolobaceae	~20	Sulfolobaceae	Garcia-Gutierrez et.al., 2020; Lv et.al. 2017

Bakteriosin Diproduksi BAL

Meskipun terdapat beberapa mikroorganisme yang menghasilkan bakteriosin, namun yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat (BAL) menjadi perhatian khusus bagi industri susu (Egan et al., 2016). BAL telah lama digunakan dalam berbagai fermentasi makanan dengan mengubah laktosa menjadi asam laktat, serta menghasilkan molekul antimikroba tambahan seperti asam organik

lainnya, diacetyl, acetoin, hidrogen peroksida, peptida antijamur, dan bakteriosin (Egan et al., 2016). Sebagai hasil dari penggunaannya yang luas dalam produk fermentasi tradisional, sebagian besar BAL dianggap aman atau *Generally Regarded as Safe* (GRAS), yang diberikan oleh Badan Obat dan Makanan Amerika (FDA). Otoritas Keamanan Pangan Eropa (EFSA) juga memberikan status *Qualified Presumption of Safety* (QPS) untuk

sebagian besar genus BAL, seperti *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, dan beberapa *Streptococcus* (EFSA, 2007). Namun, spesies dari genus *Enterococcus* dan beberapa *Streptococcus* bersifat patogen sehingga tidak berstatus GRAS dan tidak diusulkan untuk status QPS (EFSA, 2007).

Bakteriosin bakteri asam laktat sering aktif pada rentang nilai pH, tahan terhadap suhu tinggi dan aktif terhadap rentang bakteri patogen dan pembusuk makanan (Ahmad et al., 2017). Selain itu, bakteriosin BAL sensitif terhadap protease pencernaan seperti kompleks pankreatin, tripsin, dan kimotripsin, sehingga tidak berdampak negatif pada mikrobiota usus (Egan et al., 2016).

Aplikasi Bakteriosin Pada Produk Susu

Bakteriosin telah digunakan dalam biopreservasi berbagai makanan, baik sendiri maupun kombinasi dengan metode pengawetan lain yang dikenal dengan teknologi hurdle (De Vuyst dan Leroy, 2007; Perez et al., 2014). Meskipun hasil yang diperoleh dari media kultur dapat menunjukkan bahwa bakteriosin menghambat organisme target, aplikasi bakteriosin ke dalam makanan harus diuji untuk memastikan keefektifannya. Banyak penelitian menunjukkan potensi penerapan bakteriosin atau strain penghasil bakteriosin ke dalam makanan, seperti daging, produk susu, ikan, minuman beralkohol, salad, dan sayuran fermentasi (O'Sullivan et al., 2003; Ramu et al., 2015). Sampai saat ini, hanya nisin (Nisaplin, Danisco) dan pediocin PA1 (Microgard™, ALTA 2431, Quest) telah dikomersialkan sebagai pengawet makanan (Simha et al., 2012). Meskipun bakteriosin BAL lainnya menawarkan perspektif yang menjanjikan untuk digunakan sebagai biopreservatif, misalnya enterocin AS-48 (Sánchez-Hidalgo et al., 2011) atau lacticin 3147 (Suda et al., 2012), tidak ada bakteriosin lain yang diusulkan untuk aplikasi industri.

Bakteriosin yang akan diaplikasikan pada makanan memerlukan beberapa kriteria penting. Strain penghasil harus *food grade* (GRAS atau QPS), menunjukkan spektrum penghambatan yang luas, memiliki aktivitas spesifik yang tinggi, tidak memiliki risiko kesehatan, memiliki efek menguntungkan (misalnya, meningkatkan keamanan, kualitas, dan rasa makanan), suhu dan stabilitas pH yang sesuai, dan kelarutan optimal dan stabilitas untuk makanan tertentu (Cotter et al., 2005; Leroy dan De Vuyst, 2010). Berbagai penulis telah melaporkan bahwa inaktivasi beberapa patogen bawaan makanan oleh bakteriosin mungkin sangat berbeda tergantung pada jenis makanan yang digunakan (Muñoz et al., 2007). Oleh karena itu, keefektifan bakteriosin yang berbeda terhadap patogen bawaan makanan harus diuji di semua sistem pangan.

Bakteriosin baru-baru ini diaplikasikan ke dalam produk susu untuk mengendalikan patogen bawaan makanan termasuk inokulasi makanan dengan BAL yang menghasilkan bakteriosin (Tabel 2). Menerapkan strain BAL penghasil bakteriosin sebagai biakan starter antibakteri dan biakan pelindung dapat memberikan keuntungan dibandingkan penggunaan bakteriosin semi-murni/murni. Dalam kebanyakan kasus, bakteriosin terserap ke dalam matriks makanan dan mudah terdegradasi, yang mengakibatkan hilangnya aktivitas antibakteri. Oleh karena itu, metode alternatif adalah penggabungan bakteriosin ke dalam film/pelapis kemasan makanan, yang meningkatkan aktivitas dan stabilitasnya dalam sistem makanan yang kompleks (Salgado et al., 2015).

Pada makanan fermentasi, kontaminasi *L. monocytogenes* menjadi perhatian utama. Beberapa wabah listeriosis telah dikaitkan dengan konsumsi produk susu, khususnya keju lunak, yang menyebabkan masalah bagi industri susu dan otoritas kesehatan masyarakat (Melo et al., 2015). Meskipun sebagian besar produk susu, khususnya keju, dibuat dari susu yang

dipasteurisasi, kontaminasi *Listeria* masih terjadi. Keju adalah produk siap pakai dan biasanya disimpan pada suhu lemari es yang memungkinkan kelangsungan hidup dan pertumbuhan bakteri psikrotrofik, seperti *L. monocytogenes*. Oleh karena itu, kontaminasi dapat terjadi pada tahap akhir pengolahan produk susu (Carpentier and Cerf, 2011; Melo et al., 2015). Akibatnya, bakteriosin *Listeria* aktif muncul sebagai solusi ideal untuk mencegah pertumbuhan patogen ini setelah dimasak atau

dikemas (Cotter et al., 2005). Bakteriosin juga dapat digunakan untuk mengendalikan flora non-starter adventif, seperti bakteri asam laktat non-starter (NSLAB) dalam keju dan anggur, dan dengan cara ini, berkontribusi pada kualitas produk akhir (Omer et al., 2001; O'Sullivan et al., 2003). Selain itu, bakteriosin juga dapat digunakan untuk meningkatkan fermentasi makanan, mempercepat pematangan keju, dan bahkan meningkatkan rasanya (Oumer et al., 2001).

Tabel 2. Aplikasi BAL penghasil bakteriosin pada produk Susu

Strain Penghasil Bakteriosin	Teknik Aplikasi	Produk	Hasil	Referensi
<i>Staphylococcus equirum</i> WS 2733	Keju diinokulasi dengan strain penghasil bakteriosin	Keju lembut	Pertumbuhan <i>L. monocytogenes</i> benar-benar terhambat pada tingkat kontaminasi yang rendah dan berkurang 1-2 log pada tingkat kontaminasi yang lebih tinggi.	Carnio et al., 2000
<i>Lactococcus lactis</i> IFPL359 (transkonjugan)	Kultur starter	Keju susu kambing	Percepatan pematangan keju.	Martinez-Cuesta et al., 2001
<i>Lactococcus lactis</i> CNRZ481	Kultur tambahan	Keju cheddar	Pelepasan enzim yang lebih besar melalui lisis yang diinduksi laktatin 481 dan pengurangan pertumbuhan NSLAB sebanyak 5 log.	O'Sullivan et al., 2003
<i>Enterococcus faecalis</i> A-48-32	Kultur tambahan	Susu skim dan keju keras tanpa lemak	<i>Bacillus cereus</i> berkurang dalam susu ke tingkat yang tidak terdeteksi setelah 72 jam. Pada keju, <i>B. cereus</i> menurun secara progresif, mencapai 5,6 log setelah 30 hari.	Muñoz et al., 2004
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>susu</i> INIA 415	Kultur tambahan	keju hispanik	Percepatan pematangan keju.	Avila et al., 2005
<i>Lactococcus lactis</i> CL1 dan CL2	Tambahan untuk kultur starter	Keju	<i>L. monocytogenes</i> berkurang 2,97 (CL1) dan 1,64 log (CL2). Pengurangan pertumbuhan <i>L. monocytogenes</i> setelah 2 hari, tetapi pertumbuhan kembali pada hari ke 5 dan 7.	Rodriguez dkk., 2005
<i>Lactococcus lactis</i>	Kultur starter	Keju cottage	Kombinasi strain <i>E. faecalis</i> mengurangi <i>L. monocytogenes</i> sebanyak 4 sampai 5 log setelah 7 hari pada suhu 4°C. <i>Enterococcus</i> spp. lebih efektif dalam mengurangi <i>L. monocytogenes</i> dalam keju.	Dal Bello et al., 2012
<i>Lactococcus lactis</i> L3A21M1 dan <i>Enterococcus faecalis</i>	Inokulasi dengan strain penghasil bakteriosin	Keju segar	<i>L. monocytogenes</i> berkurang 4 log setelah 6 hari penyimpanan pada suhu 4°C dan tidak terdeteksi pada hari ke-9.	Coelho et al., 2014
<i>Enterococcus fecium</i>	Keju diinokulasi dengan strain penghasil bakteriosin	Keju whey segar		Aspri et al., 2017

<i>Lactobacillus sakei</i> subsp. <i>sakei</i> 2a	Keju diinokulasi dengan strain penghasil bakteriosin	Selai keju	<i>L. monocytogenes</i> berkurang pada suhu 4°C dan menurun hingga di bawah batas deteksi pada suhu 15°C, setelah 22-28 hari	Martinez et al., 2015
<i>Lactobacillus plantarum</i> CCDM 1078	Inokulasi dengan strain penghasil bakteriosin	Keju dan Selai keju quark	<i>L. monocytogenes</i> berkurang 1 log di kedua selai.	Patrovský et al., 2016

Lebih dari 230 bakteriosin yang diproduksi BAL telah diisolasi dan dilaporkan, tetapi hanya setengahnya yang diidentifikasi pada tingkat protein atau DNA (Alvarez-Sieiro et al., 2016). Selain itu, bakteriosin murni atau semi murni dalam jumlah terbatas telah diuji dalam makanan, terutama pada produk susu.

KESIMPULAN

Tinjauan ini menyoroti tren terbaru dalam penggunaan bakteriosin dan bakteri penghasil bakteriosin pada produk susu. Bakteriosin dapat berhasil aplikasikan ke dalam produk susu untuk menjamin keamanan, memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas susu. BAL bakteriosinogenik yang ditambahkan ke produk susu seperti yogurt dan keju akan memastikan produksi bakteriosin yang berkelanjutan selama pematangan dan penyimpanan, dan dapat dimasukkan sebagai kultur starter/tambahan dalam fermentasi. Studi tentang aplikasi bakteriosin dan/atau penghasil bakteriosin telah difokuskan terutama pada keju karena sebagian besar bakteriosin BAL yang ditemukan efektif melawan *Listeria monocytogenes*. Patogen bawaan makanan ini sering menjadi perhatian besar pada keju tradisional yang terbuat dari susu mentah dan sebagai kontaminan pasca pemrosesan pada keju yang terbuat dari susu pasteurisasi. Wabah listeriosis terkait dengan konsumsi keju yang terkontaminasi telah dilaporkan di seluruh dunia. Oleh karena itu, penerapan bakteriosin sebagai pengawet alami untuk meningkatkan keamanan keju telah menarik minat penelitian yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Meskipun sebagian besar upaya telah dilakukan untuk menemukan bakteriosin baru dengan sifat unik, penelitian

lebih lanjut diperlukan untuk penerapan bakteriosin yang efektif dalam produk susu untuk memahami kinerja bakteriosin dalam makanan yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, V., Khan, M. S., Jamal, Q. M. S., Alzohairy, M. A., Al Karaawi, M. A., & Siddiqui, M. U. (2017). Antimicrobial potential of bacteriocins: in therapy, agriculture and food preservation. *International journal of antimicrobial agents*, 49(1), 1-11.
- Alvarez-Sieiro, P., Montalbán-López, M., Mu, D., & Kuipers, O. P. (2016). Bacteriocins of lactic acid bacteria: extending the family. *Applied microbiology and biotechnology*, 100, 2939-2951.
- Aspri, M., O'Connor, P. M., Field, D., Cotter, P. D., Ross, P., Hill, C., & Papademas, P. (2017). Application of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* isolated from donkey milk, in the bio-control of *Listeria monocytogenes* in fresh whey cheese. *International Dairy Journal*, 73, 1-9.
- Ávila, M., Garde, S., Gaya, P., Medina, M., & Nuñez, M. (2005). Influence of a bacteriocin-producing lactic culture on proteolysis and texture of Hispánico cheese. *International Dairy Journal*, 15(2), 145-153.
- Blin, K., Medema, M. H., Kazempour, D., Fischbach, M. A., Breitling, R., Takano, E., & Weber, T. (2013). antiSMASH 2.0—a versatile platform for genome mining of secondary metabolite

- producers. *Nucleic acids research*, 41, 204-212.
- Carnio, M. C., Hölzel, A., Rudolf, M., Henle, T., Jung, G., & Scherer, S. (2000). The macrocyclic peptide antibiotic micrococcin P1 is secreted by the food-borne bacterium *Staphylococcus equorum* WS 2733 and inhibits *Listeria monocytogenes* on soft cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(6), 2378-2384.
- Carpentier, B., & Cerf, O. (2011). Persistence of *Listeria monocytogenes* in food industry equipment and premises. *International journal of food microbiology*, 145(1), 1-8.
- Chen, H., & Hoover, D. G. (2003). Bacteriocins and their food applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(3), 82–100.
- Coelho, M. C., Silva, C. C. G., Ribeiro, S. C., Dapkevicius, M. L. N. E., & Rosa, H. J. D. (2014). Control of *Listeria monocytogenes* in fresh cheese using protective lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 191, 53-59.
- Cotter, P. D., Hill, C., & Ross, R. P. (2005). Bacteriocins: developing innate immunity for food. *Nature Reviews Microbiology*, 3(10), 777-788.
- Dal Bello, B., Cocolin, L., Zeppa, G., Field, D., Cotter, P. D., & Hill, C. (2012). Technological characterization of bacteriocin producing *Lactococcus lactis* strains employed to control *Listeria monocytogenes* in Cottage cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 153(1-2), 58-65.
- De Vuyst, L., Moreno, M. F., & Revets, H. (2003). Screening for enterocins and detection of hemolysin and vancomycin resistance in enterococci of different origins. *International journal of food microbiology*, 84(3), 299-318.
- EFSA (2007). Scientific committee. introduction of a qualified presumption of safety (QPS) approach for assessment of selected microorganisms referred to EFSA-Opinion of the Scientific Committee. *EFSA Journal*, 5(12), 587.
- Egan, K., Field, D., Rea, M. C., Ross, R. P., Hill, C., & Cotter, P. D. (2016). Bacteriocins: novel solutions to age old spore-related problems?. *Frontiers in microbiology*, 7, 461.
- Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67-78.
- Martínez-Cuesta, M. C., Requena, T., & Peláez, C. (2001). Use of a bacteriocin-producing transconjugant as starter in acceleration of cheese ripening. *International Journal of Food Microbiology*, 70(1-2), 79-88.
- Melo, J., Andrew, P. W., & Faleiro, M. L. (2015). *Listeria monocytogenes* in cheese and the dairy environment remains a food safety challenge: The role of stress responses. *Food Research International*, 67, 75-90.
- Mills, S., Serrano, L., Griffin, C., O'Connor, P. M., Schaad, G., Bruining, C., ... & Meijer, W. C. (2011, December). Inhibitory activity of *Lactobacillus plantarum* LMG P-26358 against *Listeria innocua* when used as an adjunct starter in the manufacture of cheese. *Microbial cell factories*, 10(1), 1-11.
- Muñoz, A., Ananou, S., Gálvez, A., Martínez-Bueno, M., Rodríguez, A., Maqueda, M., & Valdivia, E. (2007). Inhibition of *Staphylococcus aureus* in dairy products by enterocin AS-48 produced in situ and ex situ: Bactericidal synergism with heat. *International Dairy Journal*, 17(7), 760-769.
- O'Sullivan, L., Ryan, M. P., Ross, R. P., & Hill, C. (2003). Generation of food-grade

- lactococcal starters which produce the lantibiotics lactacin 3147 and lactacin 481. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(6), 3681-3685.
- Oumer, A., Garde, S., Gaya, P., Medina, M., & Nunez, M. (2001). The effects of cultivating lactic starter cultures with bacteriocin-producing lactic acid bacteria. *Journal of Food Protection*, 64(1), 81-86.
- Patrovský, M., Kouřimská, L., Havlíková, Š., Marková, J., Pechar, R., & Rada, V. (2016). Utilization of bacteriocin-producing bacteria in dairy products. *Mlékarstvo: Časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 66(3), 215-224.
- Perez, R. H., Zendo, T., & Sonomoto, K. (2014). Novel bacteriocins from lactic acid bacteria (LAB): various structures and applications. *Microbial cell factories*, 13(1), 1-13.
- Ramu, R., Shirahatti, P. S., Devi, A. T., Prasad, A., Kumuda, J., Lochana, M. S., ... & Prasad, N. (2015). Bacteriocins and their applications in food preservation. *Critical reviews in food science and nutrition*.
- Rodriguez, E., Arques, J. L., Nunez, M., Gaya, P., & Medina, M. (2005). Combined effect of high-pressure treatments and bacteriocin-producing lactic acid bacteria on inactivation of Escherichia coli O157: H7 in raw-milk cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(7), 3399-3404.
- Salgado, P. R., Ortiz, C. M., Musso, Y. S., Di Giorgio, L., & Mauri, A. N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, 5, 86-92.
- Sánchez-Hidalgo, M., Montalbán-López, M., Cebrián, R., Valdivia, E., Martínez-Bueno, M., & Maqueda, M. (2011). AS-48 bacteriocin: close to perfection. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 68, 2845-2857.
- Simha, B. V., Sood, S. K., Kumariya, R., & Garsa, A. K. (2012). Simple and rapid purification of pediocin PA-1 from *Pediococcus pentosaceus* NCDC 273 suitable for industrial application. *Microbiological research*, 167(9), 544-549.
- Suda, S., D Cotter, P., Hill, C., & Paul Ross, R. (2012). Lactacin 3147-biosynthesis, molecular analysis, immunity, bioengineering and applications. *Current Protein and Peptide Science*, 13(3), 193-204.