

cessing plant. Italian Journal of Food Science 11 (3) 257-264.

Šimić, B. (1977): Medicinska dijetetika ishrane ljudi u zdravlju i bolesti. Medicinska knjiga, Bg-Zagreb.

Živković, J., I. Ljubić, Klara Pfeiffer, S. Repač, B. Mioković (1982): Značenje veterinarsko-sanitarne kontrole namirnica u primarnoj medicinskoj zaštiti, Veterinarska stanica, 13, 37.-41.

Živković, J., M. Hadžiosmanović, B. Mioković, B. Njari i Lidija Kozačinski (1994a): Novija saznanja o procjeni biološke vrijednosti namirnica životinjskog podrijetla. Savjetovanje "Prehranom do zdravlja". Zagreb, svibanj, 1994. str. 1-8.

Živković, J., B. Njari, Lidija Kozačinski (1994b): Kakvoća i higijenska ispravnost mesa u funkciji unapređivanja peradarstva.

Savjetovanje Peradarski dani. Trakošćan, 5.-7. listopad 1994. Zbornik, str. 58-67.

Živković, J., B. Jukić, A. Marinculić, D. Bažulić, I. Ljubičić (1996a): Veterinarasko javno zdravstvo. Prvi hrvatski veterinarski kongres. Cavtat, 2.-5. listopada. Zbornik radova. 55-64.

Živković, J., B. Njari, B. Mioković (1996b): Veterinarsko-sanitarni nadzor namirnica sastavnica veterinarskog javnog zdravlja. I. Hrvatski veterinarski kongres. Cavtat, 2.-5. listopada. Zbornik radova, 65-70.

* Rad je prezentiran na VI simpoziju PERADARSKI DANI 2005. s međunarodnim sudjelovanjem, Poreč, 11.-14. svibnja 2005. ■

UTJECAJ BAKTERIOCINA NA MIKROBIOLOŠKU KAKVOĆU FERMENTIRANIH KOBASICA

Zdolec¹, N., M. Hadžiosmanović¹, L. Kozačinski¹, I. Filipović¹

SAŽETAK

Bakterije mliječne kiseline tijekom fermentacije svojom metaboličkom aktivnošću stvaraju nepovoljne uvjete za rast i razvoj mikroorganizama. Izravnu antimikrobnu aktivnost ispoljavaju preko organskih kiselina (mliječna, octena, propionska), vodikovog peroksida, diacetila, ugljičnog dioksida i bakteriocina. Bakteriocini su mikrobni peptidi ili proteini koji sprečavaju rast ili čak uništavaju druge bakterije. Mnogobrojnim istraživanjima utvrđen je njihov antimikrobni učinak u kontroliranim laboratorijskim uvjetima kao i u proizvodnji različitih fermentiranih proizvoda. Ipak, djelovanje bakteriocina u supstratu može biti smanjeno ili onemogućeno na više načina, npr. vezanjem na masno tkivo i otežanim prodiranjem kroz čvrsti supstrat, zatim prirodnim proteolitičkim enzimima i drugim inhibitorima. Osim toga, djelotvornost im uvelike ovisi i o temperaturi, pH, dodacima i aditivima. Stoga je za svrsishodnu primjenu pojedinog bakteriocinogenog soja ili bakteriocina nužno osigurati i optimalne uvjete za ispoljavanje maksimalnog antimikrobnog učinka.

Ključne riječi: bakteriocini, fermentirane kobasice, patogeni mikroorganizmi

UVOD

Bakterije mliječne kiseline osim što sudjeluju u stvaranju poželjnih organoleptičkih svojstava, bitno mogu utjecati i na mikrobiološku kakvoću fermentiranih proizvoda. Fermentacijom se smanjuje pH u supstratu, čime je u većini slučajeva onemogućen razvoj patogene mikroflore. Međutim, to ipak nije jamstvo besprijekornog mikrobiološkog statusa fermentirane hrane. Primjerice, *Listeria monocytogenes* opstaje u kiselom i slanom mediju (Doyle, 1988), u širokom temperaturnom rasponu, što predstavlja realnu opasnost pri konzumiranju fermentiranih toplinski neobrađenih proizvoda, poput fermentiranih kobasica. Ipak, veća sigurnost fermentiranih kobasica može se postići primjenom bakteriocina ili bakteriocinogenih sojeva bakterija mliječne kiseline.

¹ Nevijo Zdolec, dr.vet.med., znanstveni novak – asistent; Dr.sc. Mirza Hadžiosmanović, redoviti profesor; Dr.sc. Lidija Kozačinski, docent; Ivana Filipović, dr.vet.med.; Zavod za higijenu i tehnologiju animalnih namirnica, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Heinzelova 55, Zagreb; E-mail: nzdolec@vef.hr

BAKTERIOCINI

Otkako se bakterije mliječne kiseline koriste kao starter-kulture, istraživanja su se usmjerila u pronalaznje bakteriocinogenih sojeva. Bakteriocini su antimikrobne tvari, peptidi ili proteini (Tagg i sur., 1976) koje se ponekad zamjenjuje s antibioticima, što je potpuno neopravdano zbog značajnih razlika u načinu primjene, sinteze, djelovanja, rezistenciji i dr. (Tablica 1). Različiti bakteriocini variraju u spektru i načinu antimikrobnog djelovanja, molekularnim težinama, genetskim i biokemijskim svojstvima (Jack i sur., 1995). Njihovo ciljno mjesto je citoplazmatska membrana u kojoj stvaraju pore kroz koje se gubi stanični materijal (Abee, 1995; Chen i sur., 1997). S druge strane, učinak hidrofobnih bakteriocina na gram-negativne bakterije onemogućen je strukturom njihova staničnog zida (Helander i sur., 1997). Stoga bakteriocini bakterija mliječne kiseline mogu biti aktivni samo protiv srodnih gram-pozitivnih bakterija (Jack i sur., 1995; Ray, 1993; Abee i sur., 1995; Sahl i sur., 1995; Venema i sur., 1995).

Tagg i McGiven (1971) opisali su jednu od metoda za otkrivanje bakteriocinogene sposobnosti ispitivanih mikroorganizama na krutoj podlozi, pri čemu bakteriocini difundiraju kroz hranilište prije dodavanja indikatorskog mikroorganizma. Da bismo bili sigurni da je zona inhibicije uistinu plod djelovanja bakteriocina, potrebno je isključiti druge moguće razloge, prvenstveno djelovanje kiselina i vodikovog peroksida, te ustanoviti posjeduje li inhibitor proteinsku strukturu. Utjecaj pH isključuje se neutraliziranjem supernatanta tj. podešavanjem pH na 6,5 pomoću NaOH ili KOH, a vodikovog peroksida dodavanjem katalaze ili inkubiranjem u anaerobnim uvjetima (Schillinger i Lücke, 1989). Ukoliko se zona inhibicije pojavi s neutraliziranom kulturom, a izostane nakon tretiranja proteolitičkim enzimima (Lewus i sur., 1991), riječ je o bakteriocinu.

Prema Klaenhammeru (1993) i Nesu i sur. (1996) bakteriocini se mogu svrstati u 4 skupine: I lantibiotici, II kratki termostabilni peptidi, III i IV termolabilni proteini i proteinski kompleksi. Za prehrambenu industriju najznačajniji su bakteriocini prve i druge skupine. Lantibiotici su kratki, termostabilni bakteriocini s neobičnim aminokiselinskim sastavom (aminokiseline lantionin, metil-lantionin). Najpoznatiji i

najznačajniji predstavnik te skupine je nizin, jedini bakteriocin koji je registriran kao aditiv u prehrambenoj industriji u više od 50 zemalja svijeta (Federal Register, 1988). Proizvodi ga *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* i inhibira široki spektar gram-pozitivnih bakterija poput *L. monocytogenes* (Benkerroum i Sandine, 1988), *Clostridium* spp. i *Bacillus* spp. (Daeschel, 1989).

U literaturi se navode mnogobrojni podaci o inhibitornom učinku bakteriocina na bakterije kvarenja, poput klostridija i heterofermentativnih laktobacila, kao i na patogene uključujući *L. monocytogenes*, *Staphylococcus* spp., *Clostridium* spp., *Enterococcus* spp. i *Bacillus* spp. Mnogi od njih pripadaju drugoj skupini bakteriocina, kratkih termostabilnih peptida, koji su najznačajniji za mesnu industriju. Primjerice, curvacin A iz *Lactobacillus curvatus* (Tichaczek i sur., 1992) i sakacin A, P i K (Holck i sur., 1992, Tichaczek i sur., 1992; Hugas i sur., 1995) iz *Lactobacillus sakei* inhibiraju rast drugih bakterija mliječne kiseline i *L. monocytogenes*.

UČINAK BAKTERIOCINA U FERMENTIRANIM KOBASICAMA

Bakterije mliječne kiseline koriste se kao starter-kulture u proizvodnji fermentiranih proizvoda. Primjerice, u nadjevu trajnih kobasica sudjeluju uz mikrokoke i druge mikroorganizme u stvaranju svojstvenih senzorskih svojstava proizvoda (Hadžiosmanović, 1978; Hadžiosmanović i sur., 1979). Prema Hammesu (1995) starter-kulture u industriji mesa definiraju se kao proizvodi koji sadrže mikroorganizme koji u fermentacijskom supstratu ispoljavaju poželjnu metaboličku aktivnost. U pravilu, iako ne i nužno, ti se mikroorganizmi u supstratu razmnožavaju.

Zbog pozitivnog utjecaja na mikrobiološku kakvoću fermentiranih proizvoda, sve više se koriste starter-kulture s bakteriocinogenim mikroorganizmima. Među bakteriocinogenim bakterijama mliječne kiseline značajno mjesto zauzimaju vrste roda *Lactobacillus*, i to *L. sakei* (bakteriocin sakacin), *L. curvatus* (curvacin), *L. plantarum* (plantaricin), *L. acidophilus* (lactacin, acidocin) i *L. bavaricus* (bavaricin). Osim laktobacila bakteriocine stvaraju i *Pediococcus* spp. (bakteriocin pediocin), *Leuconostoc* spp. (leucocin),

▼ **Tablica 1.** Prikaz najznačajnijih razlika bakteriocina i antibiotika (Cleveland, 2001)

ČIMBENIK	BAKTERIOCINI	ANTIBIOTICI
Primjena	u hrani	klinički
Sinteza	ribosomalna	sekundarni metaboliti
Aktivnost	uzak spektar	varijabilan spektar
Otpornost producirajuće stanice	da	ne
Mehanizmi rezistencije ili torelancije ciljane stanice	obično prilagodba sastava stanične membrane	genetske promjene
Ciljno mjesto	stanična membrana-stvaranje pora	stanična membrana ili unutarstanična meta
Toksičnost	ne	da

Enterococcus spp. (enterocin), *Lactococcus* spp. (lacticin, nizin), *Carnobacterium* spp. (carnocin).

Antimikrobni učinak pojedinih sojeva prema različitim patogenim mikroorganizmima i mikroorganizmima kvarenja potvrđen je u laboratorijskim uvjetima, što se pokušava iskoristiti i u praksi tj. proizvodnji higijenski i zdravstveno besprijekornih fermentiranih kobasica i drugih proizvoda.

Foegeding i sur. (1992) istraživali su učinak *Pediococcus acidilactici* na *L. monocytogenes* u fermentiranim kobasicama. Tijekom fermentacije (48 sati) broj listerije smanjio se 10 puta više nego u kontrolnim kobasicama bez bakteriocinogenog soja. Nakon fermentacije kobasice su podvrgnute djelovanju topline (49 °C), te stavljene na zrenje. U gotovim proizvodima s konačnim pH <4,9 broj listerije je bio <1 log cfu g⁻¹, dok je kod pH >4,9 preživjela fermentaciju, djelovanje topline i zrenje. Međutim, zahvaljujući djelovanju pediocina i tijekom zrenja se broj listerije smanjio za 2,4 log.

De Martinis i Franco (1998) utvrdili su učinkovitost *Lactobacillus sakei* 2a u smanjivanju broja listerije u fermentiranoj kobasici «linguica». Nakon 4 tjedna pohrane na temperaturi od 8 °C broj *L. monocytogenes* bio je za 6 log manji nego u kontrolnoj kobasici inokuliranoj samo s patogenom. Liserre i sur. (2002) dokazali su da primjena *Lactobacillus sakei* 2a u «linguica» kobasicama pakiranim u modificiranoj atmosferi daje još bolje rezultate u kontroli listerije.

Työppönen i sur. (2003) usporedili su učinak komercijalne starter-kulture *Pediococcus pentosaceus* i zaštitnih starter-kultura *Lactobacillus rha-*

mnosus E-97800, *Lactobacillus rhamnosus* LC-705 i *Lactobacillus plantarum* ALCO1 na *L. monocytogenes* u fermentiranim kobasicama. Autori su utvrdili da su zaštitne starter-kulture eliminirale listeriju iz nadjeva već 7. dana, a *Pediococcus pentosaceus* tek 28. dana (kod pH 4,7-4,9). S druge strane, kod pH 5,0-5,2 u svim kobasicama listerija je eliminirana 21. dana, što ukazuje na velik utjecaj pH na proizvodnju i djelotvornost bakteriocina.

Osim pH, inaktiviranju bakteriocina u supstratu mogu uvelike pridonijeti i različiti aditivi, prirodni proteolitički enzimi i drugi inhibitori (DeVuyst i Vandamme, 1994). Utjecaj pH i temperature na proizvodnju sakacina K soja *L. sakei* CTC 494 istraživali su Leroy i de Vuyst (1999) i zaključili da su temperaturni uvjeti i pH koji vladaju tijekom fermentacije trajnih kobasica optimalni za proizvodnju sakacina K. Također ističu da se optimalni pH za rast laktobacila ne podudara s pH u kojem je aktivnost sakacina bila najveća. Istu pojavu prikazali su i Mataragas i sur. (2003) za *L. curvatus* L442.

Kuhinjska i nitritna sol također imaju utjecaj na proizvodnju i učinak bakteriocina u fermentiranim kobasicama. Soli smanjuju intenzitet rasta *L. sakei* CTC 494 što posljedično rezultira smanjenim stvaranjem sakacina. Pri tome NaCl koči i rast bakteriocinogenog soja i specifičnu proizvodnju bakteriocina, dok Na-nitrit koči rast soja, a time i proizvodnju bakteriocina (Leroy i de Vuyst, 1999). O koncentraciji soli također je ovisan i učinak curvacina A, anti-listerijskog bakteriocina soja *L. curvatus* LTH 1174 (Verluyten i sur., 2004).

Hugas i sur. (1997) naglašavaju da se aktivnost bakteriocinogenih startera ne ispoljava uvijek, tj. ovisi o tipu i vrsti kobasice u kojoj se primjenjuje. Autori su istraživali učinak bakteriocinogenih sojeva (4 soja *L. sakei* i 1 soj *L. curvatus*). Kobasice su bile proizvedene na uobičajen način u Španjolskoj (serija A) i Njemačkoj (serija B). U svim šaržama serije A, uključujući i kontrolnu kobasicu bez bakteriocinogenih sojeva, broj *L. monocytogenes* se tijekom zrenja smanjio za 1-4 log CFU/g. Dva soja (*L. curvatus* LTH1174 i *L. sakei* CTC494) reducirali su listeriju za 1-1,5 log CFU/g više nego u kontroli. S druge strane u seriji B u Njemačkoj broj listerije je ostao nepromijenjen u 4 šarže, uključujući kontrolu, dok se u kobasicama s *L. curvatus* LTH1174 i *L. sakei* CTC494 smanjio za 1 log CFU/g. Autori smatraju da je djelotvornost bakteriocinogenih sojeva u kontroli listerije uvelike ovisna o supstratu u kojem se primjenjuju kao i uspostavljanju optimalnih uvjeta u kojima bi mogli ispoljiti svoj maksimalni učinak.

ZAKLJUČAK

Visoko vrijedna sirovina i primamljiva organoleptička svojstva fermentiranih kobasica pridonijela su širokoj potrošnji te vrste mesnih proizvoda. Budući da se radi o sirovim, toplinski neobrađenim proizvodima, određeni rizici za zdravlje ljudi su prisutni. Naime, iako tijekom procesa fermentacije mesa propada većina eventualno prisutnih patogenih bakterija, neke opstaju te mogu prouzročiti oboljenje ljudi. U tom smislu mogu se koristiti zaštitne kulture, tj. kulture mikroorganizama koje inhibiraju patogene i produžuju održivost proizvoda. Zaštitne kulture mahom su bakterije mliječne kiseline koje u supstratu djeluju antagonistički prema kompetitivnoj mikroflori stvaranjem antimikrobnih metabolita poput organskih kiselina, vodikovog peroksida, antimikrobnih enzima ili bakteriocina. Bakterije mliječne kiseline ne predstavljaju rizik za ljudsko zdravlje i koriste se ne samo u fermentaciji mesa, već i u proizvodnji proizvoda od mlijeka i povrća.

U Republici Hrvatskoj je uporaba starter-kultura regulirana Pravilnikom o kakvoći mesnih proizvoda (NN broj 53/91) i njegovim izmjenama i dopunama (NN broj 96/97). Osim starter- i zaštitnih kultura za povećanje održivosti i sigurnosti proizvoda korisna

je i uporaba različitih regulatora kiselosti (glukono-delta-lakton; E575) i konzervanasa (organske kiseline), čija je primjena regulirana i Pravilnikom o prehranbenim aditivima (NN broj 173/04). Što se tiče bakteriocina, Pravilnik o prehranbenim aditivima dopušta jedino uporabu nizina (E234), bakteriocina iz *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, i to samo u proizvodnji mliječnih proizvoda. Nizin posjeduje od 1988. godine GRAS status (engl. Generally Regarded as Safe) i koristi se kao prirodni konzervans uz preporuke FAO, WHO i EU.

U čvrstom supstratu, kao što je nadjev fermentiranih kobasica, bakteriocini otežano prolaze, prijavjuju uz sastojke nadjeva (masno tkivo), inaktivirani su prirodnim proteazama i drugim inhibitorima. Unatoč tim nedostacima oni ipak aktivno sudjeluju u sprječavanju rasta i razvoja patogenih mikroorganizama i mikroorganizama kvarenja čime mogu doprinijeti većoj održivosti i sigurnosti fermentiranih kobasica i drugih mesnih proizvoda.

SUMMARY

INFLUENCE OF BACTERIOCINS ON MICROBIOLOGICAL QUALITY OF FERMENTED SAUSAGES

Lactic acid bacteria ensure unfavourable conditions for growth of microorganisms, increase shelf life and microbiological safety due producing organic acids (lactic, acetic, propionic), hydrogen peroxide, diacetyl, carbon dioxide and bacteriocins. Bacteriocins are bacterial peptides or proteins that prevent the growth of other bacteria, or even destroy them. Many studies have shown their antimicrobial effect in controlled laboratory conditions, but also in various fermented products. However, the effectiveness of bacteriocins in foods can be limited by a range of factors, for instance limited diffusion in solid matrices, binding to lipids, inhibition through natural proteolytic enzymes and other inhibitors. Moreover, their effectiveness is dependent on temperature conditions, pH, food ingredients and additives. For the same reason it is extremely important to ensure an ideal conditions before implementation bacteriocinogenic strains or bacteriocins in food industry.

Key words: bacteriocins, fermented sausages, pathogens

LITERATURA

Abee, T. (1995): Pore-forming bacteriocins of Gram-positive bacteria and self-protection mechanisms of producer organisms. *FEMS Microbiol.Lett.* 120, 1-10.

Abee, T., L. Kröckel, C. Hill (1995): Bacteriocins: modes of action and potential in food preservation and control of food poi-

soning. *International Journal of Food Microbiology*, 28, 169-185.

Benkerroum, R., W. E. Sandine (1988): Inhibitory action of nisin against *Listeria monocytogenes*. *Journal Dairy Science* 71, 3237-3245.

Chen, Y., R. Shapira, M. Eisenstein, T. Montville (1997): Functional characterization of pediocin PA-1 binding to liposomes in the absence of protein receptor and its relationships to a predicted tertiary structure. *Applied Environmental Microbiology* 63, 524-531.

Cleveland, J., T. J. Montville, J. F. Nes, M. L. Chikindas (2001): Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology* 71, 1-20.

Daeschel, M. A. (1989): Antimicrobial substances from lactic acid bacteria for use as food preservatives. *Food Technology* 43, 164-166.

De Martinis, E. C. P., B. D. G. M. Franco (1998): Inhibition of *Listeria monocytogenes* in a pork product by a *Lactobacillus sake* strain. *International Journal of Food Microbiology* 42, 119-126.

De Vuyst, L. E. J. Vandamme (1994): Bacteriocins of Lactic Acid bacteria, Blackie Academic and Professional, London.

Doyle, M. T. (1988): Effect of environmental and processing conditions on *Listeria monocytogenes*. *Food Technology* 42 (4), 169-171.

Federal Register (1988): Nisin preparation: affirmation of GRAS status as a direct human food ingredient. *Federal Register* 54, 11247-11251

Foegeding, P. M., A. B. Thomas, D. H. Pilkington, T. R. Klaenhammer (1992): Enhanced control of *Listeria monocytogenes* by in situ-produced pediocin during dry fermented sausage production. *Applied and Environmental Microbiology*, 884-890.

Hadžiosmanović, M. (1978): Utjecaj mikrokoka na lipolitičke promjene u nadjevu trajnih kobasica. Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet Zagreb.

Hadžiosmanović, M., J. Živković, A. Pospišil (1979): Utjecaj starter-kultura na promjene u sastavu bakterijske flore zimske salame. *Veterinarski arhiv* 49 (3), 121-132.

Hammes, W. (1995): Qualitätsmerkmale von starterkulturen. U: Buckenhuskes, H. (Ed.), 2. Stuttgarter Rohwurstforum, 29-42.

Helander, I., A. von Wright, T. Mattila-Sandholm (1997): Potential of lactic acid bacteria and novel antimicrobials against gram-negative bacteria. *Trends Food Science Technology* 8, 146-150.

Holck, A., L. Axelsson, S.-E. Birkeland, T. Aukrust, H. Blom (1992): Purification and amino acid sequence of sakacin A, a bacteriocin from *Lactobacillus sake* Lb706. *J. Gen. Microbiol.* 138, 2715-2720.

Hugas, M., M. Garriga, M. Aymerich, J. Monfort (1995): Inhibition of *Listeria* in dry fermented sausages by the bacteriocinogenic *Lactobacillus sakei* CTC 494. *Journal Applied Microbiology* 79, 322-330.

Hugas, M., B. Neumeyer, F. Pages, M. Garriga, W. P. Hammes (1997): Comparison of bacteriocin-producing *Lactobacilli* on *Listeria* growth in fermented sausages. *Fleischwirtschaft International* 5, 31-33.

Jack, R. W., J. R. Tagg, B. Ray (1995): Bacteriocins of Gram-positive bacteria. *Microbiological Reviews* 59 (2), 171-200.

Klaenhammer, T. R. (1993): Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Review* 12, 39-86.

Leroy, F., L. De Vuyst (1999): Temperature and pH conditions that prevail during fermentation of sausages are optimal for production of the antilisterial bacteriocin sakacin K. *Applied and Environmental Microbiology* 65 (3), 974-981.

Leroy, F., L. De Vuyst (1999): The presence of salt and curing agent reduces bacteriocin production by *Lactobacillus sakei* CTC 494, a potential starter culture for sausage fermentation. *Applied and Environmental Microbiology* 65 (12), 5350-5356.

Lewus, C. B., A. Kaiser, T. J. Montville (1991): Inhibition of food-borne bacterial pathogens by bacteriocins from lactic acid bacteria isolated from meat. *Applied and environmental microbiology*, 1683-1688.

Liserre, A. M., M. Landgraf, M. T. Destro, B. D. G. M. Franco (2002): Inhibition of *Listeria monocytogenes* by a bacteriocinogenic *Lactobacillus sake* strain in modified atmosphere-packaged Brazilian sausage. *Meat Science* 61, 449-455.

Martinez, R. C. R., E. C. P. De Martinis (2004): Antilisterial activity of crude preparation of *Lactobacillus sakei* 1 bacteriocin and its lack of influence on *Listeria monocytogenes* haemolytic activity. *Food Control*, article in press.

Mataragas, M. J. Metaxopoulos, M. Galiotou, E. H. Drosinos (2003): Influence of pH and temperature on growth and bacteriocin production by *Leuconostoc mesenteroides* L124 and *Lactobacillus curvatus* L442. *Meat Science* 64, 265-271.

Nes, I. F., D. B. Diep, L. S. Havarstein, M. B. Brurberg, V. Eijsink, H. Holo (1996): Biosynthesis of bacteriocins in lactic acid bacteria. *Antoine van Leeuwenhoek* 70, 113-128.

Ray, B. (1993): Sublethal injury, bacteriocins and food microbiology. *ASM News* 59, 285-291.

Sahl, H.-G., R. W. Jack, G. Bierbaum (1995): Biosynthesis and biological activities of lantibiotics with unique post-translational modifications. *Eur. J. Biochem.* 230, 827-853.

Sandholm (2003): Survival of *Listeria monocytogenes* in North European type dry sausages fermented by bioprotective meat starter cultures. *Food Control* 14, 181-185.

Schillinger U., F.-K. Lücke (1989): Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Applied and Environmental microbiology*, 1901-1906.

Tagg, J. R., A. R. McGiven (1971): Assay system for bacteriocins. *Applied Microbiology*, 943.

Tagg, J. R., A. S. Dajani, L.W. Wannamaker (1976): Bacteriocins of Gram-positive bacteria. *Bacteriological reviews* 40 (3), 722-756.

Tichaczek, P., J. Nissen-Meyer, I. Nes, R. Vogel, W. Hammes (1992): Characterization of the bacteriocins curvacin A from *Lactobacillus curvatus* LTH1174 and sakacin P from *Lactobacillus sake* LTH673. *Syst. Appl. Microbiol.* 15, 460-268.

Työppönen (nee Erkkilä), S., A. Markkula, E. Petäjä, M.-L. Suihko, T. Mattila-Sandholm (2003): Survival of *Listeria monocytogenes* in North European type dry sausages fermented by bioprotective meat starter cultures. *Food Control* 14, 181-185.

Venema, K., G. Venema, J. Kok (1995): *Lactococcal bacteriocins*: mode of action and immunity. *Trends Microbiol.* 3, 299-304.

Verluyten, J., W. Messens, L. De Vuyst (2004): Sodium chloride reduces production of curvacin A, a bacteriocin produced by *Lactobacillus curvatus* strain LTH 1174, originating from fermented sausage. *Applied and Environmental Microbiology* 70 (4), 2271-2278. ■