J. Fd Hyg. Safety 20(4), 217–224 (2005)

Enterococcus faecium MJ-14가 생산하는 박테리오신과 물리화학적 처리의 상승효과

임성미†
동명대학 호텔조리과

Synergistic Effect of Physico-chemical Treatment and Bacteriocin Produced by *Enterococcus faecium* MJ-14

Sung-Mee Lim†
Department of Hotel Culinary Arts, Tongmyong College, Busan, 608-740, Korea
(Received August 12, 2005; Accepted November 30, 2005)

ABSTRACT – When *L. monocytogenes* (10^5 CFU/mL) at exponential phase cells were heated for 5 min at 65°C in the presence of the bacteriocin (30 BU/mL) produced by *E. faecium* MJ-14, the number of viable cells was markedly reduced at $p<0.05$. The bactericidal effect of bacteriocin showed synergism with combination of organic acids (citric acid or acetic acid) or chemical preservatives (sodium benzoate, sodium lactate, sodium nitrate or potassium nitrate). For example, the number of viable cells was reduced by 4.8 log units under combination of the bacteriocin (30 BU/mL) and sodium nitrate (100 μg/mL), while it was reduced by 1.1 log unit only under single treatment of the bacteriocin after 12 hr at 37°C. The addition of the bacteriocin (300 BU/mL) into skim milk inoculated with *L. monocytogenes* (10^5 CFU/mL) reduced the cells by 1.5 log unit, in case of the cell suspension stored at 4°C for 24 hr. Moreover, *L. monocytogenes* was reduced by 2 log unit when stored at -20°C for 7 days in ground pork added with 300 BU/mL of the bacteriocin.

Key words: *Enterococcus faecium* MJ-14, *Listeria monocytogenes*, bacteriocin, synergistic effect

서 론

Enterococci 균주는 자연계에 널리 분포하여 유제품, 발효 소시지, 어류, 채소류, 슬러지 혹은 포유동물의 장관 내 등 다양한 원료에서 분리되고 있다[1]. 이들은 높은 염 농도(6.5%)나 낮은 pH (pH 5.0)에서도 증식이 가능하고, 단백질이나 지질의 가수분해 능력이 뛰어나서 mediterranean 치즈[2]나 black olives[3]의 숙성에 관여하여 독특한 향미를 부여하는 것으로 알려져 있다[4]. 또한 사람이나 동물의 장내 세균총의 균형 유지와 정장 작용 효과[5]도 있으며, 항생제 부작용으로 인한 설사증 치료[6]에도 효과적이어서 일부 국가에서 생균제 (probiotic)로도 이용되고 있다[7].

미생물을 제어하기 위한 가열처리 방법은 영양 성분이나 생리 활성 성분이 파괴될 수 있고, 합성보존료의 사용은 발암이나 돌연변이 발생이 문제가 되고 있으며, 저온처리만으로는 저온성 식중독균 제어가 불가능하므로 최근에는 안전한 식품 제조를 위해 박테리오신을 가공품에 많이 이용하고 있다[8]. 이와 류[9]는 유산균을 개량식 된장 발효에 이용함으로써 제조 공정 중 이미나 이취를 발생하는 *B. subtilis* 생육을 억제할 수 있는 저염 된장을 제조하였다고 보고하였다. 또한 충치 원인균인 *S. mutans*에 대한 항균 활성이 있는 박테리오신을 이용한 기능성 과실채소 발효액을 제조하였고[10], 광범위한 항균활성을 나타내는 복합 박테리오신 제제를 개발하여 축산식품 저장성 향상에 도움이 된다고 보고한 바 있다[11].

Enterococci가 생산하는 박테리오신의 종류로는 enterocin A, enterocin B, enterocin P, enterocin Q, enterocin CRL 35 및 enterocin L50A와 L50B 등이 알려져 있으며[12], 이들은 *Clostridium botulinum*과 *Cl. perfringens*[13], *Salmonella choleraesuis*[14], *Vibrio cholerae*[15] 및 *Listeria monocytogenes*[16] 등의 식중독균 외에도 herpesvirus[17]의 증식 억제효과도 뛰어난 것으로 알려지고 있다. 외국에서는 enterococci가 생산하는 박테리오신에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으나[18,19], 국내에서는 이들에 관한 연구가 그다지 활발하지 않다.

†Author to whom correspondence should be addressed.

본 연구에서는 식품에 오염된 *L. monocytogenes*를 효과적으로 제어할 수 있는 방법을 개발하기 위하여 메주에서 분리한 *E. faecium* MJ-14가 생산한 박테리오신과 가열·유기산·식염 및 화학보존료와의 병용시험을 통해 *L. monocytogenes*의 사멸효과를 살펴보았다. 또한 박테리오신의 식품 적용 가능성을 검토하기 위하여 탈지유와 돈육 등에 박테리오신을 처리하여 *L. monocytogenes*의 제균 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

박테리오신 용액 조제

전보[20]에서 보고한 바와 같이 메주에서 분리한 *E. faecium* MJ-14 균주는 MRS [DeMan-Rogosa-Sharpe, (Difco Co., USA)] 액체배지에서 배양한 다음 배양액을 원심분리 (11,200×g, 20 min, 4°C)하여 상등액의 pH를 7.0에 맞춘 후 여과 제균한 것을 박테리오신 용액으로 사용하였다.

박테리오신과 물리화학적 처리의 병용 효과 검토

가열 – BHI [Brain Heart Infusion, (Difco Co., USA)] 액체배지 500 mL에 *L. monocytogenes* KCTC 3569 균수를 10^5 CFU/mL가 되도록 접종한 후 박테리오신 용액 30 BU/mL의 농도로 첨가하여 37°C에서 1시간 방치하였다. 반응 직후 배양액은 65°C에서 5분간 가열 처리 후 냉각시켜 Oxford agar (Difco Co., USA) 상에서 표준한천평판배양법으로 잔존하는 균수를 조사하였다.

유기산 – *L. monocytogenes* KCTC 3569의 균수를 10^5 CFU/mL으로 조정한 후 BHI 액체배지 500 mL에 접종한 후 citric acid와 acetic acid 0.5% 및 박테리오신 용액 30 BU/mL을 각각 첨가하거나 이들을 병용 처리한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하면서 시간별로 균수 변화를 조사하였다.

식염 – BHI 액체배지 500 mL에 *L. monocytogenes* KCTC 3569를 105 CFU/mL가 되도록 접종한 후 NaCl 2~10%와 박테리오신 용액 30 BU/mL를 혼합 첨가하고 37°C에서 12시간 배양 후 감소된 균수를 조사하였다.

화학보존료 – Sodium benzoate 50~500 μg/mL, sodium lactate 100~1,000 μg/mL, sodium nitrate 10~100 μg/mL 및 potassium nitrate 10~100 μg/mL의 농도로 첨가한 BHI 액체배지 500 mL에 *L. monocytogenes* KCTC 3569를 10^5 CFU/mL 접종하고 박테리오신 용액 30 BU/mL을 첨가하여 37°C에서 12시간 배양 후 감소된 균수를 조사하였다.

박테리오신의 식품 적용 시험

탈지유(10% 멸균 skim milk)에 *L. monocytogenes* KCTC 3569의 초기 균수를 10^5 CFU/mL이 되도록 접종하고, 박테리오신 용액을 150 BU/mL와 300 BU/mL 첨가하여 4°C와 15°C에서 24시간 배양하는 동안 일정한 시간에 배양액을 채취하여 표준한천평판배양법으로 Oxford agar 상에서 생균수를 측정하였다.

부산시내 대형 할인마트에서 구입한 냉장 돈육 (ground pork) 50 g 중에 *L. monocytogenes* KCTC 3569의 초기 균수를 10^5 CFU/g 접종한 다음 박테리오신 용액 150 BU/g와 300 BU/g의 농도로 첨가한 후 잘 혼합하여 -20°C와 4°C에서 7일간 저장하는 동안 균수 변화를 조사하였다.

통계처리

실험결과의 통계처리는 SPSS 12.0 Program을 이용하여 분산분석 (ANOVA)과 Ducan's multiple range test로 각 시료간의 평균값에 대한 유의적 차이를 5% 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

박테리오신과 물리화학적 처리의 상승 효과

가열 – 멸균된 BHI 액체 배지에 박테리오신 30 BU/mL과 *L. monocytogenes* (10^5 CFU/mL)를 접종하여 37°C에서 1시간 배양한 후, 65°C에서 5분간 가열 처리 하여 잔존하는 *L. monocytogenes*의 균수를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다.

박테리오신 30 BU/mL 처리에 의해 *L. monocytogenes* 균수는 평균 0.6 log unit 감소되었고, 65°C, 5분 가열 처리

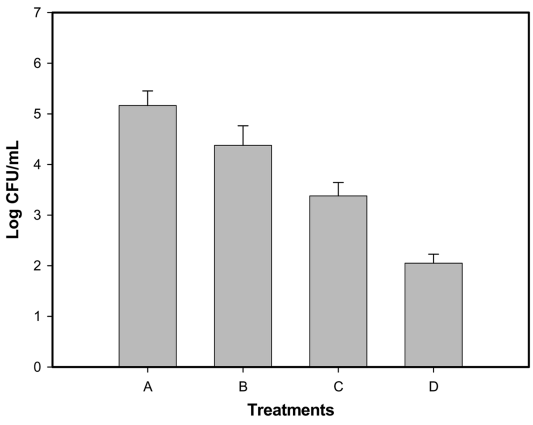

Fig. 1. Combined effects of sublethal heat treatment of *L. monocytogenes* exposed to the bacteriocin produced by *E. faecium* MJ-14. Cell cultures were heated at 65°C for 5 min without the bacteriocin or with the bacteriocin. A, Control. B, Bacteroicin 30 BU/mL. C, Heat at 65°C for 5 min. D, Heat at 65°C for 5 min after treating the bacteriocin.

에 의한 균수는 평균적으로 1.7 log unit 감소되었으며, 박테리오신과 가열 처리를 병용한 경우에는 약 2.7 log unit가 감소하였다. 균수는 박테리오신 단독 처리 때 보다는 박테리오신과 가열의 혼합 처리에 의해 유의적으로 더 높은 감소 효과가 있었다 ($p<0.05$).

유기산 – 박테리오신 30 BU/mL과 citric acid 0.5%의 단독 처리와 병용 처리에 있어서 *L. monocytogenes*의 균수 변화를 관찰한 결과는 Fig. 2와 같고, 박테리오신과 acetic acid의 병용 처리 결과는 Fig. 3과 같다.

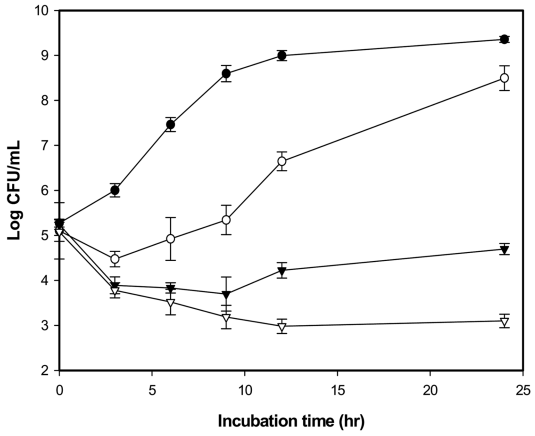

Fig. 2. Viable counts of *L. monocytogenes* during the growth in MRS broth in the presence of 0.5% citric acid and/or 30 BU/mL of the bacteriocin produced by *E. faecium* MJ-14. -●-, Control. -○-, 0.5% citric acid. -▼-, Bacteriocin 30 BU/mL. -▽-, 0.5% citric acid and bacteriocin 30 BU/mL.

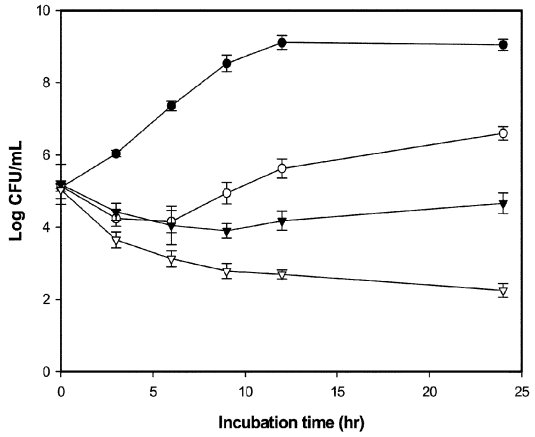

Fig. 3. Viable counts of *L. monocytogenes* during the growth in MRS broth in the presence of 0.5% acetic acid and/or 30 BU/mL of the bacteriocin produced by *E. faecium* MJ-14. -●-, Control. -○-, 0.5% citric acid. -▼-, Bacteriocin 30 BU/mL. -▽-, 0.5% citric acid and bacteriocin 30 BU/mL.

L. monocytogenes 초기 균수 10^5 CFU/mL에 citric acid 0.5% 단독 처리했을 때 배양 초기에는 다소 약한 감소 효과가 나타났으나, 4시간 이후부터는 급격하게 증가하여 24시간 만에 10^8 CFU/mL에 이르렀다. 박테리오신 30 BU/mL 단독 처리의 경우 9시간 만에 1 log unit 감소되었으며, citric acid 0.5%와 병용 처리한 경우에는 배양 3시간 이후에 균수가 서서히 감소되어 24시간 후에는 초기 균수가 약 2 log unit 감소하였다. 그리고 acetic acid 0.5%와 박테리오신 30 BU/mL을 병용 처리한 경우에는 24시간 만에 초기 균수가 약 3 log unit 감소되었다. 24시간 배양 후의 균수 변화는 박테리오신과 유기산 단독 처리 때에 비하여 이들의 병용 처리에 의해 유의적인 감소 효과가 더 크게 나타났다 ($p<0.05$).

Kim *et al.*[21]의 보고에 의하면, *Pediococcus* spp. K1이 생산한 pediocin K1을 citric acid와 병용 처리한 경우 단독 처리 때보다 병용 처리 시에 유도기가 연장되고, 생균수와 비례적으로 최대 O.D. 값이 감소되었는데, 특히 30시간 배양 후에는 약 2 log unit 이상 감소되어 병용처리에 의해 상승 효과가 있었다고 보고하였다. 또한 Nykanen *et al.*[22]에 따르면, lactic acid와 nisin을 병용 처리했을 때 유기산과 박테리오신을 단독 처리했을 때보다 그람 양성 세균에 대한 항균효과가 높았으며, 특히 lactic acid만을 처리했을 때 저해 효과가 약한 *Ps. aeruginosa* 및 *Ps. fluorescens*와 같은 그람 음성 세균에 대해서도 박테리오신과 병용 처리에 의해 항균 효과가 상승하였다고 보고하였다. 따라서 Kim *et al.*[21]과 Nykanen *et al.*[22]의 연구 결과는 박테리오신과 유기산의 병용 처리가 각각 단독 처리구에 비해 *L. monocytogenes*를 효과적으로 감소시켰다는 본 연구의 결과와 일치하고 있다.

식염 – *L. monocytogenes*는 고농도 (10%)의 식염 하에서도 증식이 가능한 내염성균으로서[23] 박테리오신 (30 BU/mL)과 NaCl (2~10%)을 병용 처리했을 때, *L. monocytogenes*의 균 감소율을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다.

박테리오신 30 BU/mL을 단독으로 처리했을 때 *L. monocytogenes*는 초기 균수에 비해 평균 1 log unit 감소되었으나, NaCl 첨가 농도가 높아질수록 균 감소율도 증가하여 NaCl 8%와 박테리오신을 병용 처리했을 때에는 박테리오신 단독 처리구보다 평균적으로 1 log unit 더 감소되었고, NaCl 10%와의 병용 처리에 의해선 약 1.5 log unit 이상 감소되었다. 박테리오신과 NaCl의 병용 처리에 의한 균수는 NaCl 농도가 4% 이하에서는 유의적인 차이가 없었으나, 6% 이상의 농도에서는 NaCl 농도가 증가할수록 유의적인 감소를 나타내었다($p<0.05$).

Michael *et al.*[24]의 보고에 의하면 nisin, sakacin P 및 curvacin A 등의 박테리오신과 NaCl 7%를 병용 처리했을

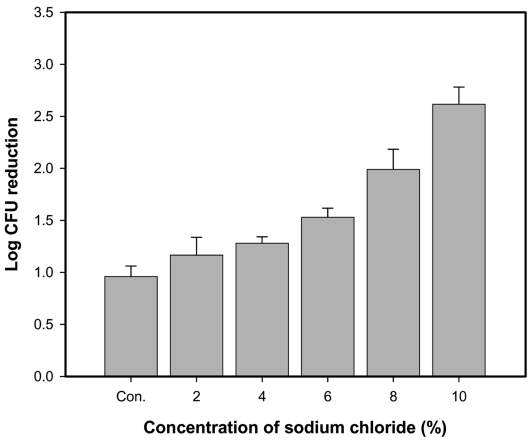

Fig. 4. Antimicrobial activity of 30 BU/mL of the bacteriocin produced by *E. faecium* MJ-14 against *L. monocytogenes* cultures in combination with different sodium chloride concentration. Con., Bacteriocin 30 BU/mL.

때 대조구에 비해 *L. innocua*에 대한 항균 효과가 각각 10배와 5배 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서 *E. faecium* MJ-14의 박테리오신과 NaCl 8%를 병용하였을 때 단독 사용 때보다 *L. monocytogenes*에 대한 사멸 효과가 2배 상승한 것은 Michael *et al.*[24]의 결과 보다는 미약하였다. 일반적으로 고농도의 NaCl에 의해 박테리오신의 항균 활성이 강화되는 것은 다량의 염이 세포막에 대한 박테리오신의 침투력을 증가시키기 때문으로 보고되고 있다[25].

화학보존료 – *E. faecium* MJ-14의 박테리오신과 화학보존료의 병용 처리에 의한 항균 효과를 비교하기 위해 *L. monocytogenes* 초기 균수 10^5 CFU/mL에 박테리오신 30 BU/mL과 화학보존료를 다양한 농도로 처리하여 37°C에서 12시간 배양 후 균수 변화를 측정한 결과는 Fig. 5와 같다.

박테리오신과 sodium benzoate 50 μg/mL와 병용 처리할 경우에는 상승 효과가 전혀 나타나지 않았으나, 500 μg/mL

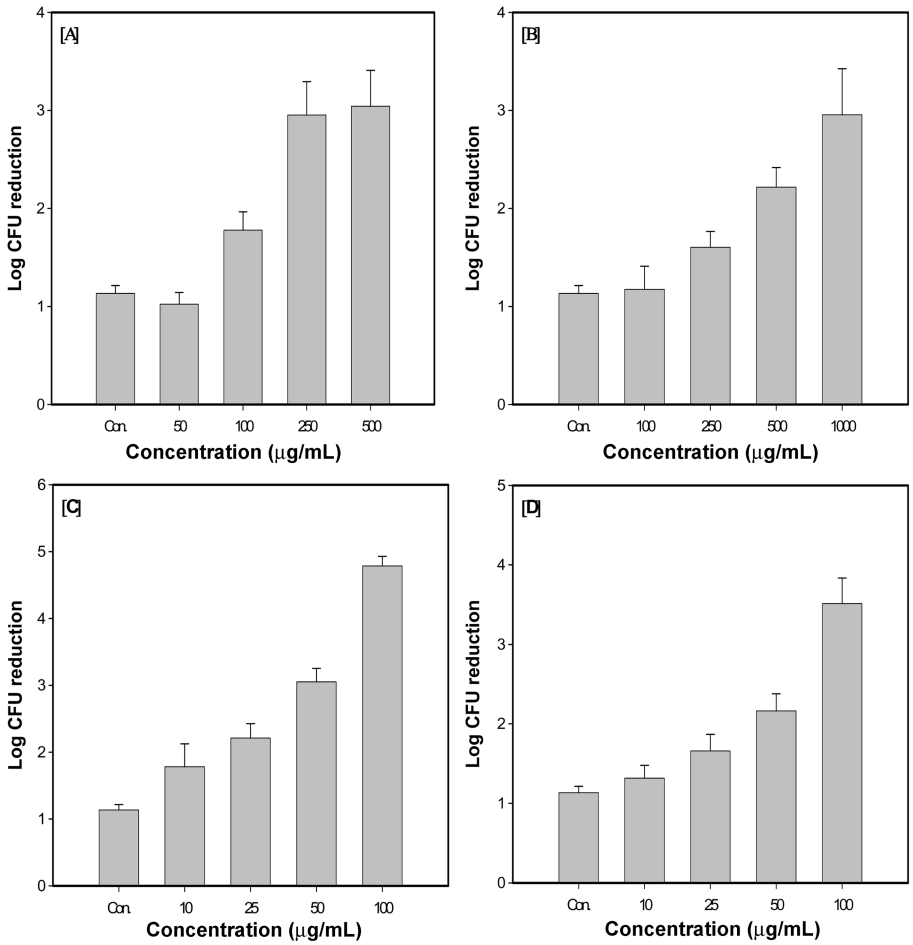

Fig. 5. Effects of the bacteriocin produced by *E. faecium* MJ-14 alone or in combination with chemical preservatives on cell viability of *L. monocytogenes* Cells (ca. 10^5 CFU/mL) were incubated at 37°C for 12 hr with the bacteriocin (30 BU/mL) plus the corresponding compound. [A], sodium benzoate; [B], sodium lactate; [C], sodium nitrate; [D], potassium nitrate. Con., Bacteriocin 30 BU/mL.

와 병용 처리한 경우에는 박테리오신 단독 처리 때보다 약 2 log unit가 더 감소되었다. 또한 sodium lactate 250 μg/mL와의 병용 처리에서는 균수 감소 효과가 미미하였으나, 1000 μg/mL 처리한 경우에는 박테리오신 단독 처리 때보다 약 2 log unit가 더 감소되었다. Sodium nitrate는 25 μg/mL와의 처리에 의해선 박테리오신 단독 처리구에 비해 약 1 log unit 이상 감소되었고, 100 μg/mL와의 처리에 의해선 3.5 log unit 이상 더 감소되었다. 또한 potassium nitrate의 50과 100 μg/mL와의 병용 처리한 경우 박테리오신 단독 처리한 경우보다 각각 1과 2 log unit 이상 감소하였다. 박테리오신 단독 처리에 비하여 sodium lactate 500 μg/mL, sodium nitrate 25 μg/mL 및 potassium nitrate 50 μg/mL 이상의 농도에서는 화학보존료의 농도가 증가할수록 박테리오신과의 병용 처리에 의한 유의적인 균수 감소를 나타내었다 ($p< 0.05$).

Garcia *et al.*[26]에 의하면, *E. faecalis* EJ97의 박테리오신(enterocin EJ97)을 sodium lactate 2.5%와 병용한 경우에는 박테리오신 단독 처리구 에 비해 약 1 log unit 감소되었고, potassium nitrate 100 μg/mL와 박테리오신을 병용한 경우 약 4 log unit 감소되었으며, 6시간 이후에는 초기 균수(10^7 CFU/mL)가 거의 사멸되었다고 보고하였다. 또한 Michael *et al.*[24]은 nisin, sakacin P 및 curvacin A의 박테리오신과 para-hydroxybenzoic acid (pHB)을 병용한 경우 *L. innocua*에 대한 항균 효과는 박테리오신 단독 처리했을 때보다 약 2~4배 증가되었다고 보고한 바 있다.

이상으로 화학보존료와 박테리오신을 병용하여 *L. monocytogenes*에 대한 억제 효과가 상승함을 알 수 있었다. 따라서 천연 항균물질인 박테리오신을 병용하여 장기 섭취하면 인체에 만성적인 독성을 유발할 수 있는 합성보존료의 사용량을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

박테리오신의 이용

탈지유 – 멸균 탈지유에 *L. monocytogenes*를 인위적으로 접종하고, *E. faecium* MJ-14의 박테리오신 150 BU/mL와 300 BU/mL을 첨가하여 24시간 동안 균수 변화를 측정한 결과는 Fig. 6과 같다.

4°C에 저장했을 때 박테리오신 150 BU/mL 첨가에 의해 12시간 만에 대조구보다 약 1 log unit 이상 감소되었으나, 300 BU/mL를 첨가하여 24시간 배양했을 때에는 약 1.5 log unit 감소되었다. 한편 15°C에 저장한 경우 박테리오신 150 BU/mL를 처리하였을 때 24시간 만에 대조구보다 약 2 log unit 감소되었고, 300 BU/mL 첨가했을 때에는 약 3 log unit 감소되었다. 탈지유에 박테리오신을 첨가하여 4°C와 15°C에서 24시간 저장한 경우 *L. monocytogenes*의 균수 감소는 박테리오신의 농도에 따른 유의적인 차이가 없었다 ($p<0.05$).

Laukova and Czikkova[27]에 의하면 *L. monocytogenes* 초기 균수 10^4 CFU/mL에 enterocin 3200 AU/mL 처리 후 4시간 동안에는 약 1 log unit 증가되었으나, 5시간 이후부터는 급격하게 감소되기 시작하여 24시간 만에 완전히 사멸되었다고 보고하였다. Wan *et al.*[28]은 우유에 오염된 *L. monocytogenes* 초기 균수가 10^2 CFU/mL 일 때 piscicolin 126 박테리오신을 512 AU/mL을 처리하면 24시간 만에 생균이 모두 사멸되었고, 초기 균수가 10^4와 10^6 CFU/mL인 경우에는 2048 AU/mL 처리 직후에 약 4 log unit 이상 감소되었으나, 24시간 이후부터는 다시 균수가 증가되기 시

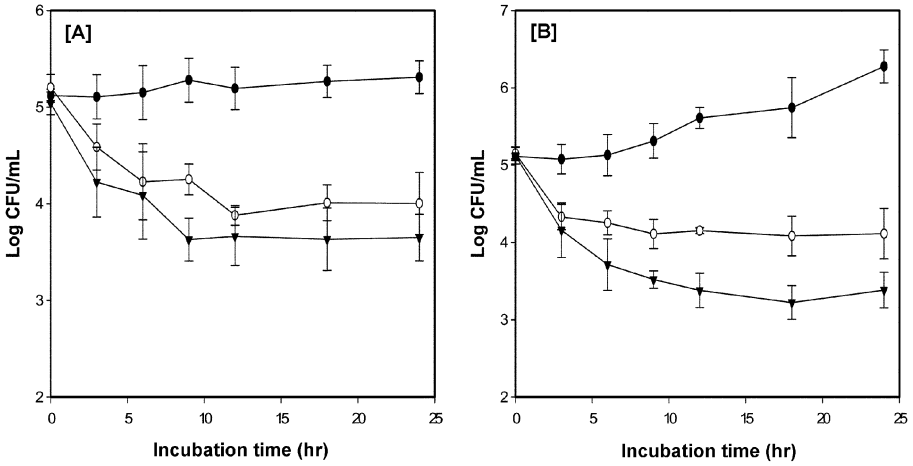

Fig. 6. The inhibitory effect of the bacteriocin produced by *E. faecium* MJ-14 against *L. monocytogenes* in skim milk at 4°C and 15°C. -●-, Control; -○-, Bacteriocin 150 BU/mL; -▼-, Bacteriocin 300 BU/mL. [A], Incubation at 4°C; [B], Incubation at 15°C.

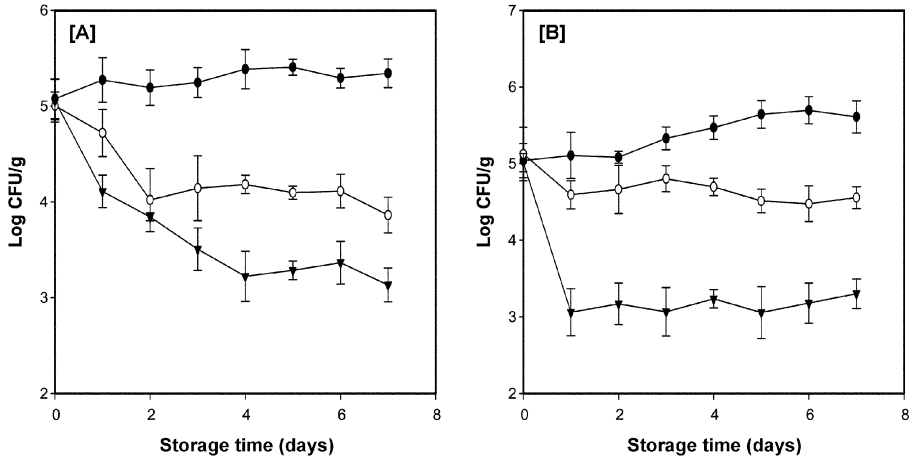

Fig. 7. The inhibitory effect of the bacteriocin produced by *E. faecium* MJ-14 against *L. monocytogenes* in ground pork at -20°C and 4°C. -●-, Control; -○-, Bacteriocin 150 BU/mL; -▼-, Bacteriocin 300 BU/mL. [A], Storage at -20°C; [B], Storage at 4°C.

작하여 초기 균수가 10^4 CFU/mL 이상에서는 항균 효과가 크게 감소한다고 보고하였다. 한편, Parente and Hill[29]에 의하면 우유 중에 있는 *L. monocytogenes* Scott A에 enterocin 1146 250 AU/mL 처리하여 30°C에서 배양한 결과, 대조구보다 약 1 log unit 적은 균수가 검출되었다고 보고한 바 있다.

돈육 – 시판하는 냉장 돈육에 *L. monocytogenes*을 인위적으로 오염시키고, 박테리오신의 최종 농도가 150 BU/g와 300 BU/g이 되도록 첨가한 후 -20°C와 4°C에 저장하면서 *L. monocytogenes*의 균수 변화를 측정한 결과는 Fig. 7과 같다.

-20°C에서 저장하는 동안 7일 만에 박테리오신 150 BU/mL에 의해선 대조구보다 약 1.3 log unit 감소되었고, 300 BU/mL에 의해선 약 2 log unit 감소되었다. 한편 4°C에서 저장한 경우에는 박테리오신 150 BU/mL 첨가에 의해선 7일 만에 대조구보다 약 1 log unit 감소되었고, 300 BU/mL에 의해선 약 2 log unit 이상 균수가 감소되었다. 돈육에 박테리오신을 첨가하여 -20°C와 4°C에서 7일간 저장한 경우 *L. monocytogenes*의 균수는 박테리오신의 농도 증가에 따른 유의적인 감소 경향을 보였다 ($p<0.05$).

이와 같이 *E. faecium* MJ-14가 생산하는 박테리오신의 항균 효과는 액체배지에서 보다 식품에 적용할 경우 다소 감소하였다. 이것은 식품 자체의 pH나 식품 내에 함유된 고지방이나 고단백질 및 고형분 입자와의 결합이나 단백질 분해효소 등의 항균 활성의 방해 인자의 영향 혹은 식품에 첨가된 첨가물에 의한 불활성화와 식품 매트릭스 내에서의 박테리오신 용해도 저하로 인하여 박테리오신의 항균 효과가 감소하는 것으로 알려져 있다[30,31].

Park *et al.*[32]에 따르면 ground beef에 *L. monocytogenes*를 10^3 CFU/mL을 접종하고 lactococcal 박테리오신 100 AU/g를 처리한 경우 4°C에서 21일 후에 대조구보다 약 1.7 log unit 감소되었으며, -18°C에 저장하는 동안 4°C보다 더 높은 증식억제 효과가 나타났다고 보고하였다. Nielsen *et al.*[33]에 의하면, 육에 부착된 *L. monocytogenes* 초기 균수 10^6 CFU/4 cm^2에 *Ped. acidilactici*의 박테리오신 1000 AU/mL을 처리한 경우에는 10분 이내에 1 log unit 이상 감소되었으며 5000 AU/mL 처리에 의해서는 10분 만에 약 2 log unit 감소되었다고 보고하였다.

따라서 저온 유통 식품인 탈지유나 냉장 돈육 등의 식품에 박테리오신을 처리한 결과, 무처리구에 비해 *L. monocytogenes*를 효과적으로 억제하므로 *E. faecium* MJ-14의 박테리오신은 저온 유통식품에 적용 가능한 천연항균성 물질인 것으로 사료된다.

국문요약

E. faecium MJ-14가 생산하는 박테리오신 30 BU/mL 처리에 의해 *L. monocytogenes* 균수는 0.6 log unit 감소되었으나, 박테리오신 (30 BU/mL)과 65°C, 5분간 가열처리와 병용한 경우에는 약 2.7 log unit가 감소하였다. 박테리오신 30 BU/mL와 citric acid 혹은 acetic acid 0.5%를 병용 처리한 경우에는 24시간 만에 초기균수가 각각 약 2 log unit와 3 log unit 감소하였다. 박테리오신 30 BU/mL와 NaCl 8%를 병용 처리했을 때에는 박테리오신 단독 처리구보다 약 1 log unit 더 감소되었다. 또한, 박테리오신 30 BU/mL 단독 처리했을 때에 비해 sodium benzoate 500 μg/mL 혹은 sodium lactate 1000 μg/mL와 각각 병용 처리하면 2 log unit가 더 감소되었으며, sodium nitrate 100 μg/mL와 potassium nitrate 100 μg/mL와의 병용 처리한 경우 박테리오신 단독 처리구에 비해 각각 3.5 log unit와 2 log unit 이상 더 감소하였다. 한편, 탈지유에 *E. faecium* MJ-14의 박테리오신 300 BU/mL을 첨가한 경우 4°C에서 24시간 만에 *L. monocytogenes*의 균수는 대조구에 비해 각각 약 1.5 log unit 감소되었으며, 돈육에 첨가한 경우 -20°C에서 7일간 만에 대조구보다 약 2 log unit의 감소효과가 나타났다.

참고문헌

1. Mundt, J. O.: Occurrence of enterococci on plants in a wild environment. *Appl. Microbiol.,* **11**, 141-144 (1963).
2. Giraffa, G., Picchioni, N., Neviani, E. and Carminati, D.: Production and stability of an *Enterococcus faecium* bacteriocin during Taleggio cheesemaking and ripening. *Food Microbiol.,* **12**, 301-307 (1995).
3. Franz C. M., Schillinger, U. and Holzapfel, W. H.: Produced and characterization of enterocin 900, a bacteriocin produced by *Enterococcus faecium* BFE 900 from black olives. *Int. J. Food Microbiol.,* **29**, 255-270 (1996).
4. Moreno, M. R. F., Rea, M. C., Cogan, T. M. and Vuyst, L.: Applicability of a bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* as a co-culture in Cheddar cheese manufacture. *Int. J. Food Microbiol.,* **81**, 73-84 (2002).
5. Charles, M. A. P. F., Holzapfel, W. H. and Stiles, M. E.: Enterococci at the crossroads of food safety? *Int. J. Food Microbiol.,* **47**, 1-24 (1999).
6. Lewenstein, A., Frigerio, G. and Moroni, M.: Biological properties of SF68, a new approach for the treatment of diarrhoeal diseases. *Curr. Ther. Res.,* **26**, 967-981 (1979).
7. Holzapfel, W. H., Haberer, P., Snel, J. and Schillinger, U.: Overview of gut flora and probiotics. *Int. J. Food. Microbiol.,* **41**, 85-101 (1998).
8. Muriana, P. M.: Bacteriocins for control of *Listeria* spp. in food. *J. Food Prot., Supplement,* 54-63 (1996).
9. 이정옥, 류충호: Nisin 생성 유산균을 이용한 저염 된장의 제조. *한국식품영양과학회지*, **31**, 75-80 (2002).
10. 정동선, 이영경: 박테리오신 생성 젖산균을 이용한 항충치 활성을 지닌 발효이온음료 개발. *한국식품영양과학회지*, **31**, 399-404 (2002).
11. 한경식, 오세종, 문용일, 김세헌: 복합 박테리오신의 항균활성 및 축산식품 저장성 증진 효과. *한국축산식품학회지*, **22**, 164-171 (2002).
12. Moreno, M. R. F., Callewaert, R., Devreese, B., Beeumen, J. V. and Vuyst, L.: Isolation and biochemical characterization of enterocins produced by enterococci from different sources. *J. Appl. Microbiol.,* **94**, 214-229 (2003).
13. Torri, T. G., Carminati, D. and Giraffa, G.: Production of bacteriocins active against *Listeria monocytogenes* and *Listeria innouca* from dairy enterococci. *Food Microbiol.,* **11**, 243-252 (1994).
14. Abriouel, H., Valdivia, E., Galvez, A. and Maqueda, M.: Response of *Salmonella choleraesuis* LT2 spheroplasts and permeabilized cells to the bacteriocin AS-48. *Appl. Environ. Microbiol.,* **64**, 4623-4626 (1998).
15. Simonetta, A. C., Velasco, L. G. M. and Frison, L. N.: Antibacterial activity of enterococci strains against *Vibrio cholerae*. *Lett. Appl. Microbiol.,* **24**, 139-143 (1997).
16. Ennahar, S. and Deschamps, N.: Anti-*Listeria* effect of enterocin A, produced by cheese-isolated *Enterococcus faecium* EFM01, relative to other bacteriocins from lactic acid bacteria. *J. Appl. Microbiol.,* **88**, 449-457 (2000).
17. Monica, B. W., Farias, M. E., Takeda, E., Sesma, F., Holgado, A. P., Torres, R. A. and Coto, C. E.: Antiviral activity of enterocin CRL35 against herpesviruses. *Int. J. Antimicro. Agents,* **12**, 293-299 (1999).
18. Aymerich, T., Artigas, M. G., Garriga, M., Monfort, J. M. and Hugas, M.: Effect of sausage ingredients and additives on the production of enterocins A and B by *Enterococcus faecium* CTC492. Optimization of in vitro production and anti-listerial effect in dry fermented sausages. *J. Appl. Microbiol.,* **88**, 686-694 (2000).
19. Sabia, C., Niederhausern, S., Messi, P., Manicardi, G. and Bondi, M.: Bacteriocin-producing *Enterococcus casseliflavus*

IM 416K1, a natural antagonist for control of *Listeria monocytogenes* in Italian sausages ("cacciatore"). *Int. J. Food Microbiol.,* **87**, 173-179 (2003).
20. Lim, S. M., Park, M. Y. and Chang, D. S.: Characterization of bacteriocin produced by *Enterococcus faecium* MJ-14 isolated from *Meju. Food Sci. Biotechnol.,* **14**, 49-57 (2005).
21. Kim, S. Y., Lee, Y. M., Lee, S. Y., Lee, Y. S., Kim, J. H., Ahn, C., Kang, B. C. and Ji, G. E.: Synergistic effect of citric acid and pediocin K1, a bacteriocin produced by *Pediococcus* sp. K1, on inhibition of *Listeria monocytogenes*. *J. Microbiol. Biotechnol.,* **11**, 831-837 (2001).
22. Nykanen, A., Vesanen, S. and Kallio, H.: Synergistic antimicrobial effect of nisin whey permeated and lactic acid on microbes isolated from fish. *Lett. Appl. Microbiol.,* **27**, 345-348 (1998).
23. 김영목, 박욱연, 목종수, 장동석: *Listeria monocytogenes* YM-7의 생리적 특성. *한국수산학회지*, **28**, 443-450 (1995).
24. Michael, G. G., Weber, S. and Hammes, W. P.: Effect of ecological factors on the inhibitory spectrum and activity of bacteriocin. *Int. J. Food Microbiol.,* **46**, 207-217 (1999).
25. Yousef, A. E., Luchansky, J. B., Deganan, A. J. and Doyle, M. P.: Behavior of *L. monocytogenes* in wiener exudates in the presence of *Pediococcus acidilactici* H on pediocin AcH during storage at 4 or 25°C. *Appl. Environ. Microbiol.,* **57**, 1461-1467 (1991).
26. Garcia, M. T., Canamero, M. M., Lucas, R., Omar, N. B., Pulido, R. P. and Galez, A.: Inhibition of *Listeria monocytogenes* by enterocin EJ 97 produced by *Enterococcus faecalis* EJ97. *Int. J. Food Microbiol.,* **90,** 161-170 (2004).
27. Laukova, A. and Czikkova, S.: The use of enterocin CCM 4231 in soy milk to control the growth of *Listeria moncytogenes* and *Staphylococcus aureus*. *J. Appl. Microbiol.,* **87**, 182-186 (1999).
28. Wan, J., Harmark, K., Davidson, B. E., Hillier, A. J., Gordon, J. B., Wilcock, A., Hickey, M. W. and Coventry, M. J.: Inhibitory of *Listeria monocytogenes* by piscicolin 126 in milk and Camembert cheese manufactured with a thermophilic starter. *J. Appl. Microbiol.,* **82**, 273-280 (1997).
29. Parente, E. and Hill, C.: Inhibition of *Listeria* in buffer, broth and milk by enterocin 1146, a bacteriocin produced by *Enterococcus faecium*. *J. Food Prot.,* **55**, 503-508 (1992).
30. Degnan, A. J., Buyong, N. and Luchansky, J. B.: Antilisterial activity of pediocin AcH in model food systems in the presence of an emulsifier or encapsulated within liposomes. *Int. J. Food Microbiol.,* **18**, 127-138 (1993).
31. Schillinger, U., Kaya, M. and Lucke, F. K.: Behaviour of *Listeria monocytogenes* in meat and its control by a bacteriocin-producing strain of *Lactobacillus sake*. *J. Appl. Bacteriol.,* **70**, 473-478 (1991).
32. Park, H. J., Lee, N. K., Choi, J. O., Ha, J. U. and Paik, H. D.: Control of *Listeria monocytogenes* in ground beef by Lactococcal bacteriocins. *Food Sci. Biotechnol.,* **10**, 199-203 (2001).
33. Nielsen, J. W., Dickson, J. S. and Crouse, J. D.: Use of a bacteriocin produced by *Pediococcus acidilactici* to inhibit *Listeria monocytogenes* associated with fresh meat. *Appl. Environ. Microbiol.,* **56,** 2142-2145 (1990).