J. Fd Hyg. Safety 10(2), 65 - 71(1995)

Lactobacillus plantarum LMG 7945가 생산하는 bacteriocin의 항균력과 그 특성

김상현 · 이명숙† · 장동석*
*부산수산대학교 미생물학과, 부산수산대학교 식품공학과**

Antibacterial Activity and Characteristics of Bacteriocin Produced by *Lactobacillus plantarum* LMG 7945

Sang-Hyun Kim, Myung-Suk Lee† and Dong-Suck Chang*
*Department of Microbiology and *Dept. of Food Science & Technology, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea*

ABSTRACT—Bacteriocins from lactic acid bacteria have attracted much attention in recent years because of their useful worth in increasing safety and extending shelf life of foods. These substances show an inhibitory effect against some food spoilage bacteria and food-borne pathogens. The inhibitory effect of the bacteriocin produced by lactic acid bacteria against *Listeria monocytogenes(L. monocytogenes)* was examined in this study. The culture supernatants of 5 kinds of bacteria among the 10 kinds of tested lactic acid bacteria had the inhibitory activity against *Listeria* sp., various *Gram* positive and Gram negative bacteria. Bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum(Lact. plantarum)* LMG 7945 was the most active toward *L. monocytogenes*. Bacteriocin production of the *Lact. plantarum* LMG 7945 cultured on MRS broth was increased late logarithmic phase over early stationary phase. This bacteriocin was stable at heat treatment and acidic pH relatively; The activity was retained after heating at 121°C for 15min and was active in the pH range of 2~4 but was lost above pH 5.

Keywords □ *Lactobacillus plantarum* LMG 7945, bacteriocin, *Listeria monocytogenes*

Bacteriocin은 미생물이 생성하는 저분자 단백질로서 감수성 세균에 대해 살균 작용을 하며, 체내에 흡수시 쉽게 분해되므로 일반 항생물질이나 화학 합성보존제 보다 안전성이 높은 것으로 알려져 있다.[1] 특히, 유산균이 생성하는 bacteriocin은 화학합성보존제의 대체물질이라는 측면에서 소비자의 기피현상을 유발시키지 않고 식품의 저장성을 효과적으로 향상시킬 수 있어 식품에서 이를 직접 이용하려는 연구가 꾸준히 진행되고 있다.

1951년 Hirsch 등[2]이 치즈에서 *Clostridium*을 저해하려는 목적으로 *Streptococcus*의 bacteriocin을 처음 이용한 이래, Fleming 등[3]은 *Pediococcus cerevisiae*의 *Staphylococcus aureus*를 비롯한 Gram 양성세균에 대한 생육억제작용을 밝혔으며, *Streptococcus diacetylactis*와 *Leuconostoc citrovorum*의 경우 *Pseudomonas aeruginosa, Pseudomonas fluorescens, Shigella flexneri* 등에 우수한 효과를 나타냄이 보고[4-6]된 바 있다. 그외에도 *Lactobacillus plantarum(Lact. plantarum), Pediococcus* sp., *Leuconostoc* sp., *Lactococcus lactis, Lact. delbrueckii*가 생산하는 bacteriocin들은 *Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, Micrococcus flavus, Escherichia coil, Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp., *Vibrio cholerae, Vibrio parahaemolyticus* 등에 억제효과[7-11]가 있는 등 식품유해균 및 식품관련 병원균의 생육을 억제하는데 대한 많은 연구사례가 보고되었다. 한편 식품관련 유해균 중 *Listeria monocytogenes(L. monocytogenes)* 1980년대 후반부터 전세계적으로 문제가 되고 있는 저온성 식중독균으로 증식범위가 넓고 분포가 다양하며,[12] 인체에 감염되면 패혈증,

† To whom correspondence should be addressed.

뇌막염, 중추신경 마비 등을 유발[13]하는 것으로 알려져 있다. 또 이들이 식품에 존재하게 되면 다른 균이나 식품성분과 biofilm을 형성하기 때문에 기존 살균방법이나 소독제에 의한 제거가 어려워 문제가 되고 있다.[14]

따라서 본 연구에서는 유산균 bacteriocin에 의한 *L. monocytogenes*의 증식저해 효과를 실험하기 위하여 발효식품에서 starter로 이용되고 있는 10종의 유산균을 대상으로 *L. monocytogenes*의 저해 효과를 검색하고, 여기서 항균효과가 뛰어난 유산균을 선택하여 이 균이 생산하는 bacteriocin의 항균력과 그특성을 조사하였다.

재료 및 방법

사용배지 및 균주

유산균, *Listeria* sp.그리고 일반세균의 배양에 사용된 배지는 각각 Lactobacilli MRS broth(MRS broth), trypticase soy broth(TSB) 그리고 brain heart infusion(BHI) broth를 각각 사용하였고 모두 Difco(USA) 제품을 사용하였다. Bacteriocin 생성시험용 균주로는 10종의 유산균을 사용하였으며 항균력 검사를 위한 세균으로는 *Listeria* sp. 5종, Gram 양성균 10종과 Gram 음성균 9종을 사용하였으며 이들 균주는 한국 종균협회와 BCCM(Belgian Coordinated Collections of Microorganisms)에서 분양받았다.

균주배양 및 균수측정

실험에 사용하기 위한 균주의 종균액은 유산균의 경우 MRS slant에서 36시간 배양한 균주를 MRS broth 50 m*l*에 접종한 후 37°C에서 10^8/m*l*가 되도록 전배양하였으며, *Listeria*는 TSA slant에서, 일반세균은 BHI slant에서 24시간 배양한 균주를 각각 TSB와 BHI broth 50 m*l*에 접종하여 유산균의 경우와 같이 배양하여 종균액으로 사용하였다.

Lact. plantarum LMG 7945의 증식에 따른 bacteriocin의 생성능을 실험하기 위하여 MRS broth(pH 6.5)에 유산균 전배양액을 10^5/m*l* 정도 되도록 첨가하여 37°C에서 배양하였고 이때 유산균의 증식은 spectrophotometer (UV-160 Shimazu, Japan)로 600 nm에서 흡광도로 측정하였다.

조 Bacteriocin 제조방법

유산균 종균액을 멸균된 MRS broth에 10^5/m*l*가 되도록 접종하여 37°C에서 24시간 배양한 후 배양액을 원심분리(4000×g, 30분)하여 얻은 상등액을 조 bacteriocin으로 제조하였다. 이를 rotary evaporator(Buchi, Swiss)로 55°C, 100 rpm에서 초기양의 1/20로 농축하여 실험에 사용하였다.

Disc 확산법에 의한 항균력 검사

Indicator bacteria에 대한 유산균의 항균력 검사는 disc method[15,16]로 행하였다. 즉, BHI broth에서 37°C, 24시간 전배양한 시험균주를 2.5×10^5/m*l*가 되도록 4 m*l*의 MRS agar(0.7% agar)에 접종한 다음 미리 MRS agar(1.5% agar)를 부어 굳힌 평판(φ 90 nm)위에 겹쳐 붓고, 적당히 희석한 조 bacteriocin 25 μ*l*를 함유한 disc(8 nm; TOYO)를 평판위에 얹어 37°C에서 18시간 배양한 후 disc 주위에 형성된 inhibition zone을 측정하였다. Inhibition zone이 0.5 nm이상일 경우를 positive로 판정하였으며, 항균력은 그때의 희석배수를 곱하여 AU(arbitrary unit)로 나타내었다.

최소증식억제농도(minimal inhibitory concentration, MIC)

미리 준비한 조 bacteriocin을 20, 40, 80, 160, 320 AU/m*l*의 농도가 되도록 첨가한 BHI broth에 각 시험균을 10^5/m*l* 정도 접종하여 37°C에서 48시간 배양한 후 spectrophotometer로 660 nm에서 흡광도를 측정하여 균 증식이 일어나지 않은 농도를 MIC로 결정하였다.[17]

Bacteriocin의 특성

Lact. plantarum LMG 7945로 부터 추출한 조 bacteriocin의 pH 및 온도 안정성을 알아보기 위하여 pH의 경우 농축한 조 bacteriocin을 50 mM potassium phosphate buffer(pH 2~5)와 50 mM sodium phosphate buffer(pH 6~13)로 각각 희석하여 4°C, 24시간 방치한 후 항균력을 측정하였다.

온도의 경우 조 bacteriocin(320 AU/m*l*)을 60°C, 80°C, 100°C, 121°C에서 일정시간 열처리한 후 항균력을 측정하였다. 이 때 60, 80 그리고 100°C는 일정온도로 조정된 항온수조에서 각각 30, 60, 90, 120분간 열처리 하였으며, 121°C는 autoclave로 15, 30분간 열처리 하였다.

결과 및 고찰

유산균의 항균력

Bacteriocin을 생산한다고 알려진 유산균 10종을 대상으로 *Listeria*에 대한 항균력을 disc 확산법으로 검사하여 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 유산균 10종 중 *Bifidobacterium longum, Lact. acidophilus, Lact. plantarum* LMG 7945, *Lact. plantarum* ATCC 14917, *Pediococcus acidilactici* NCDO

Table 1. Comparison of inhibitory effect on the growth of *Listeria* sp. by bacteriocinogenic strains

Lactic acid bacteria	*L. monocytogenes*	*L. monocytogenes* ATCC 15313	*L. innocua*	*L. innocua* ATCC 33090	*L. ivanovii* ATCC 19119
Bifidobacterium infantis	+	−	−	−	−
Bifidobacterium longum	+	+	+	+	+
Lactobacillus acidophilus	+	+	+	+	+
Lactobacillus acidophilus ATCC 4356	−	−	−	−	−
Lactobacillus plantarum LMG 7945	+	+	+	+	+
Lactobacillus plantarum ATCC 14917	+	+	+	+	+
Pediococcus acidilactici NCDO 1859	+	+	+	+	+
Streptococcus diacetylactis	−	−	−	−	−
Streptococcus filant	−	−	−	−	−
Streptococcus themophilus ATCC 1928	−	−	−	−	−

+ : Positive, − : Negative

Table 2. Inhibitory spectrum of the culture supernatant from bacteriocin-producing strains against various

Indicator bacteria	*L. acidophilus*	*L. plantarum* LMG 7945	*L. plantarum* ATCC 14917	*B. longum*	*P. acidilactici*
Gram Positive Bacteria					
Bacillus cereus IAM 1110	++	++	++	++	++
Bacillus stearothermophilus ATCC 10149	+	++	+	+	++
Bacillus subtilis ATCC 6633	++	++	++	++	++
Bifidobacterium infantis	−	−	−	−	−
Bifidobacterium longum	−	−	−	−	−
Enterococcus faecalis ATCC 19433	−	+	−	+	−
Enterococcus hirae ATCC 8043	−	++	++	−	++
Lactobacillus acidophilus	−	−	−	−	−
Lactobacillus acidophilus ATCC 4356	−	−	−	−	−
Lactobacillus plantarum LMG 7945	−	−	−	−	−
Lactobacillus plantarum ATCC 14917	−	−	−	−	−
Listeria monocytogenes	++	+++	+++	+++	++
Listeria monocytogenes ATCC 15313	++	+++	++	++	+++
Listeria innocua	++	+++	++	++	++
Listeria innocua ATCC 33090	++	+++	++	++	++
Listeria ivanovii ATCC 19119	++	+++	+++	+++	++
Micrococcus luteus ATCC 9341	+	++	++	++	++

Table 2. Continued

Indicator bacteria	*L. acidophilus*	*L. plantarum* LMG 7945	*L. Plantarum* ATCC 14917	*B. longum*	*P. acidiactici*
Rhodococcus equi ATCC 25729	++	++	++	+++	++
Pediococcus acidilactici NCDO 1859	—	—	—	—	—
Staphlococcus aureus ATCC 6538	+	+	+	++	+
Staphylococcus aureus ATCC 12228	+	++	+	+	+
Streptococcus diacetylactis	—	—	—	—	—
Streptococcus filant	—	—	—	—	—
Streptococcus thermophilus ATCC 19258	—	—	—	—	—
Gram Negative Bacteria					
Aeromonas sobria ATCC 9071	++	++	++	++	++
Enterobacter aerogenes ATCC 13048	++	++	++	+++	++
Escherichia coli ATCC 9001	++	+++	+++	+++	+++
Klebsiella pneumonia NCTC 5847	+++	+++	+++	+++	+++
Proteus mirabilis NCTC 5887	+++	+++	+++	+++	+++
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	+++	+++	+++	+++	+++
Salmonella enteritidis	++	+	++	++	++
Salmonella loanda	+	++	++	++	++
Salmonella paratyphi	+++	+++	+++	+++	+++

—, No ; +, Slight ; ++, Moderate ; +++, Heavy.

1859 등 5종의 유산균이 *Listeria* sp.에 대해 항균력을 나타내었으며, 나머지 균주는 항균력을 나타내지 않았다.

따라서 항균력을 보인 유산균 5종을 대상으로 Gram 양성균과 Gram 음성균에 대해 항균력을 검한 결과를 Table 2에 나타내었다. 사용된 5종의 유산균 조 bacteriocin은 유산균을 제외한 대부분의 Gram 양성균과 모든 Gram 음성균에 대해서 항균력을 나타내었다. 유 등[10]이 *Lactococcus lactis*에서 분리한 항균성 물질로 실험한 결과 Gram 양성균 및 Gram 음성균에 대해 넓은 항균효과를 보인 것과, *Pediococcus* sp., *Leuconostoc* sp., *Lact. plantarum* 으로 부터 분리한 항균성 물질들이 *Escherichia coli* 등의 Gram 음성균에 대해 강한 억제작용을 나타내었다는 보고[18] 및 *Lact. acidophilus*가 생산하는 lactacin B나 lactocidin의 경우 Gram 양성균과 Gram 음성균에 모두 항균효과를 나타내었던 결과[19,20]유사하였다. 또한 *Lactococcus lactis* 와 *Lact. sake*가 생산하는 nisin, diplococcin과 sakacin 등이 Gram 양성균에 대해서만 저해효과를 나타내는 것[7,15]에 비해 본 실험에서는 비교적 다양한 균주에 대해 항균력을 나타내었다.

이상의 결과에서 *Listeria* sp. 5종에 대해 저해효과가 가장 뛰어난 *Lact. plantarum* LMG 7945를 bacteriocin 생성균주로 선정하였고, 실험에 사용한 5종의 유산균에 의해 가장 큰 항균효과를 나타낸 *Proteus mirabilis*를 항균력 검사의 지표세균으로 선정하였다.

균체의 증식에 따른 Bacteriocin의 생성

균의 생육과 bacteriocin의 생성과의 관계를 조사하기 위하여 배양액을 600 nm에서 흡광도를 측정하였고, 동시에 배양액을 취하여 원심분리한 상등액으로 bacteriocin 활성을 측정하여 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Bacteriocin은 대수증식기 초기부터 생산되어 초기 정상기에서 그 활성이 최대가 되었으나 그 후 서서히 활성이 감소하였다. 김과 이[21]는 *Lactococcus lactis*의 대수기 후반에 nisin의 생산이 증가하였다고 보고한 바 있으며, 정 등[22]은 *Lact.*

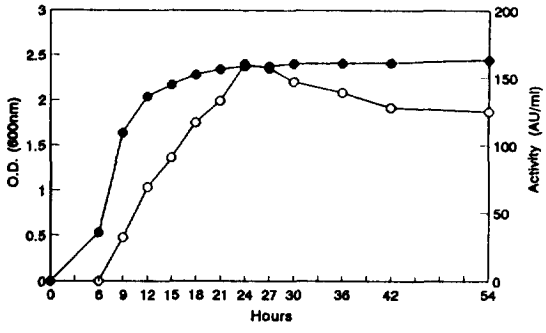

Fig. 1. Change of cell density (●) and activity of bacteriocin (○) of *Lactobacillus plantarum* LMG 7945 incubated in the MRS broth at 37°C.

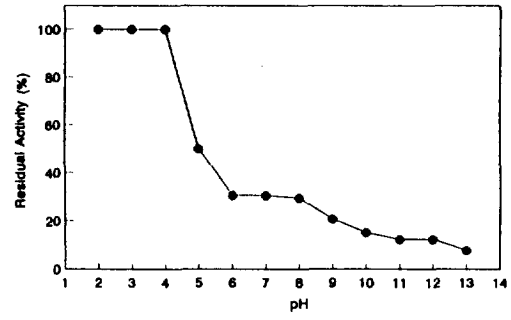

Fig. 2. Change of residual antibacterial activity of the bacteriocin produced from *Lactobacillus plantarum* LMG 7945 on the growth of *Proteus mirabilis* by the various pH at 4°C during 24 hrs.

Table 3. Minimal inhibitory concentration(MIC) of bacteriocin produced from *Lactobacillus plantarum* LMG 7945 on various micro-organisms

Indicator Bacteria	MIC(AU/ml)
Gram Positive Bacteria	
Bacillus cereus IAM 1110	40
Bacillus stearothermophilus ATCC 10149	80
Bacillus subtilis ATCC 6633	80
Enterococcus faecalis ATCC 19433	80
Enterococcus hirae ATCC 8043	80
Listeria monocytogenes	40
Listeria monocytogenes ATCC 15313	40
Listeria innocua	80
Listeria innocua ATCC 33090	80
Listeria ivanovii ATCC 19119	40
Micrococcus luteus ATCC 9341	40
Micrococcus luteus ATCC 15957	80
Rhodococcus equi ATCC 25729	40
Staphylococcus aureus ATCC 6538	80
Staphylococcus epidermidis ATCC 12228	80
Gram Negative Bacteria	
Ageromonas sobria ATCC 9071	40
Enterobacter aerogenes ATCC 13048	80
Escherichia coli ATCC 9001	80
Klebsiella pneumonia NCTC 5047	80
Proteus mirabilis NCTC 5887	40
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	80
Salmonella enteritidis	80

Table 4. Residual antibacterial activity(%) of the bacteriocin produced from *Lactobacillus plantarm* LMG 7945 on the growth of *Proteus mirabilis* by heating time and temperature

Temp. \ Time(min)	15	30	60	90	120
60°C	—	100%	100%	100%	100%
80°C	—	100%	100%	100%	100%
100°C	—	100%	100%	50%	50%
121°C	100%	50%	—	—	—

— : Not tested

*acidophilus*의 배양시 대수증식기 초기부터 bacteriocin이 생산되어 대수증식기 중기부터 후기에 걸쳐 활성이 최대로 되나 정상기에는 급속히 감소하였다고 보고하였다.

이상의 결과로 미루어 대부분의 유산균은 대수증식기 후반에서 정상기 초기에 걸쳐 bacteriocin을 최대로 생성하는 것으로 사료된다.

최소증식억제 농도

여러 유산균의 조 bacteriocin에 의해 저해된 바 있는 균주(Table 2 참고)들을 대상으로 MIC를 측정한 결과는 Gram 양성균, 음성균 모두 40~80 AU/ml 정도로(Table 3) 유의적인 차이를 관찰할 수 없었다. 그리고 곰팡이, 효모 그리고 포자등에 대한 MIC를 측정한 결과, 항균 효과가 없것으로 나타나(결과 미기재) 본 유산균이 생성한 조 bacteriocin은 세균에만 항균력이 있는 것으로 나타났다.

pH 안정성

조 bacteriocin의 pH 안정성을 상대 잔존활성으로 측정한 결과(Fig. 2), pH 4 이하에서 안정한 역가를 보였으나 pH 5에서는 항균력이 급격히 감소하여 잔존활성이 50% 정도였으며, 알칼리쪽으로 갈수록 항균력이 감소하였다. Tagg 등[11]은

*Streptococcus*가 생산하는 streptocin B1의 경우 pH 2.0~6.5에서 안정하였으나 알칼리쪽에서는 불안정하였다고 보고하였으며, Reddy 등[23]은 *Lact. bulgaricus*가 생산하는 bulgaricanの 경우 pH 6.0이상에서 항균력을 소실한다고 보고하였다.

이 결과로 미루어 bacteriocin은 생성균주에 따라 pH 안정성이 약간씩 달랐고, 본 실험에 사용된 *Lact. plantarum* LMG 7945이 생성한 조 bacteriocin은 비교적 산성측에서 안정한 것으로 나타났다.

온도 안정성

온도에 대한 안정성은 Table 4 에 나타내었다. 60, 80°C에서는 처리시간에 관계없이 대조구의 역가(320 AU /m*l*)를 유지하였고, 100°C의 경우 90분 이상 처리하였을때, 121°C의 경우 30분 처리하였을때 각각 50%의 활성이 소실되어 비교적 열에 안정한 것으로 나타났다.

한편 *Streptococcus thermophilus*가 생산하는 항균성 물질은 100°C, 60분 열처리시 실활되며[24], *Lact. helveticus*가 생산하는 helveticin J는 100°C에서 60분간 열처리시 93% 이상이 실활된다거나[25], *Lact. acidophilus*의 lactacin B는 100°C, 60분 처리하여도 안정하였으며[20] *Lact. plantarum*이 생산하는 bacteriocin은 120°C에서 20분 처리로 실활되었다는 보고[9]로 미루어 bacteriocin은 그 생성균주에 따라 내열성이 차이가 남을 알 수 있다.

국문요약

저온성 식중독균으로 리스테리아증을 유발하고, 최근 감염보고가 증가하고 있는 *Listeria monocytogenes (L. monocytogenes)*의 증식 억제 대책의 일환으로 유산균의 bacteriocin을 사용하기 위한 전단계 실험으로 10종의 유산균을 대상으로 *L. monocytogenes*에 대해 실험한 결과 *Lact. plantarum* LMG 7945의 bacteriocin이 항균효과가 가장 뛰어났으며, 이는 대부분의 Gram 양성균과 Gram 음성균에 대해 항균효과가 있었고 이들 균에 대한 최소증식 억제농도는 40~80 AU/m*l* 이었다. *Lact. plantarum* LMG 7945을 MRS broth에 37°C에서 배양했을때 균체의 대수증식기 후반에서 정상기 초기에 걸쳐 bacteriocin이 최대로 생성되었으며, 생성된 조 bacteriocin은 pH 4이하에서 안정하였으나, pH 5이상에서는 급격히 활성이 감소하였고, 열에는 비교적 안정하여 121°C에서 15분간 가열하여도 활성이 유지되었다.

참고 문헌

1. Tagg, J.R., Dajani, A.S. and Wannamaker, L.W.: Bacteriocins of Gram-positive bacteria. *Bacteriol. Rev.*, **40**, 722-756 (1976).
2. Hirsch, A., Grinsted, E., Chapman, H.R. and Mattick, A. T.R.: A note on the inhibition of an anaerobic spore former in Swiss-type cheese by a nisin-producing *Streptococcus. J. Dairy Res.*, **18**, 205-212 (1951).
3. Fleming, H.P., Etchells, J.L. and Costilow, R.N.: Microbial inhibition by an isolate of *Pediococcus* from cucumber brines. *Appl. Microbiol.*, **30**, 1040-1042 (1975).
4. Branen, A.L., Go, H.C. and Genske, R.P.: Purification and properties of antimicrobial substances produced by *Streptococcus diacetylactis* and *Leuconostoc citrovorum. J. Food Sci.*, **40**, 446-450 (1975).
5. Raccach, M., Baker, R.C., Regenstein, J.M. and Mulnix, E.J.: Potential application of microbial antagonism to extended storage stability of a flesh type food. *J. Food Sci*, **44**, 43-46 (1979).
6. Gilliland, S.E. and Speck, M.L.: Inhibition of psychrophic bacteria by lactobacilli and pediococci in nonfermented refrigerated foods. *J. Food Sci.*, **40**, 903-905 (1975).
7. Spelhaug, S.R. and Harlander, S.K.: Inhibition of food borne bacterial pathogens by bacteriocins from *Lactococcus lactis and Pediococcus pentosaceous. J. Food Protect.*, **52**, 856-862 (1989).
8. 박연희, 권정주, 조도현, 김수일: 김치에서 분리한 젖산균의 미생물 생육저해. 한국 농화학회지, **26**(1), 35-40 (1983).
9. 류욱상: 김치에서 분리한 *Pediococcus*종과 *Lactobacillus*

*plantarum*의 미생물 생육저해 및 plasmid DNA 분리. 아주대학교 생물공학과 석사학위 논문, (1989).

10. 유진영, 이인선, 정건섭, 남영중: Bacteriocin 생산균주의 분리 및 성질. 한국 산업미생물학회지, **19**(1), 8-13 (1991).
11. Kristian, I.G. and Muriana, P.M.: Detection, identification and characterization of bacteriocin-producing lactic acid bacteria from retail food products. *Inter. J. Food Microbiol.*, **19**, 241-258 (1993).
12. Johnson, J.L., Doyle, M.P. and Cassens, R.G.: *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. in meat and meat products a review. *J. Food Protect.*, **53**(1), 81-91 (1990).
13. Jones, D. and Seelinger, H.P.R.: The Genus Listeria; The prokaryotes(2nd), A handbook on the biology of bacteria: Ecophysiology, isolation, identification, application. Vol. II, *Springer-Verlag*. 1595-1616 (1993).
14. Frank, J.F., Gillett, R.A.N. and Ware, G.O.: Association of *Listeria* spp. contamination in the dairy processing plant environment with the presence of staphylococci. *J. Food Protect.*, **53**(11), 928-932 (1990).
15. Sobrino, O.J., Rodriguez, J.M., Moreira, W.L., Cintas, L. M., Fernandez, M.F., Sanz, B. and Hernandez, P.E.: Sakacin M, a bacteriocin-like substance from *Lactobacillus sake* 148. *Inter. J. Food Microbiol.*, **16**, 215-225 (1992).
16. Jeppesen, V.F. and Huss, H.H.: Characteristics and antagonistic activity of lactic acid bacteria isolated from chilled fish products. *Inter. J. Food Microbiol.*, **18**, 305-320 (1993).
17. Lorian, V.: Antibiotics in laboratory medicine. Willams & Wilkins. USA. 53-100 (1991).
18. 박연희, 송현주: 김치에서 분리한 *Lactobacillus plantarum* Lp2의 항균작용. 한국 산업미생물학회지, **19**(6), 637-643 (1991).
19. Vincent, J.G., Veomett, R.C. and Riley, R.F.: Antibacterial activity associated with *Lactobacillus acidophilus*. *J. Bacteriol.*, **78**, 477-484 (1959).
20. Barefoot, S.F. and Klaenhammer, T.R.: Detection and activity of Lactacin B, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **45**(6), 1808-1815 (1983).
21. 김등양, 이형주: *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* ML8의 nisin 생산 및 저항 특성. 한국 산업미생물학회지, **19**(6), 619-623 (1991).
22. 정영건, 안장연, 권오진, 강주희: *Lactobacillus acidophilus* bacteriocin의 성상에 관한 연구. 한국 산업미생물학회지, **17**(2), 94-99 (1989).
23. Reddy, G.V., Shahani, K.M., Friend, B.A. and Chandra. R.C.: Natural antibiotic activity of *Lactobacillus acidophilus* and *bulgaricus*. III. Production and partial purification of bulgarican from *Lactobacillus bulgaricus*. *Cultured Dairy Products J.*, **18**, 15-19 (1983).
24. Pulusani, S.R., Rao, D.R. and Sunki, G.R.: Antimicrobial activity of lactic cultures: Partial purification and characterization of antimicrobial compound(s) produced by *S. thermophilus*. *J. Food Sci.*, **44**, 575-578 (1979).
25. Joerger, M.C. and Klae nhammer, T.R.: Characterization and purification of helveticin J and evidence for a chromosomally determined bacteriocin produced by *Lactobacillus helveticus* 481. *J. Bacteriol.*, **167**, 439-446 (1986).