

Lactobacillus plantarum KU107이 생산하는 박테리오신의 특성 및 Staphylococcus aureus 억제 작용

주관석 · 오세종* · 한경식 · 전우민** · 김세헌
고려대학교 식품과학부, *(주)한국야쿠르트 중앙연구소,
**삼육대학교 응용동물학과

Characterization and Inhibitory Activity on *Staphylococcus aureus* of a Bacteriocin Produced by *Lactobacillus plantarum* KU107

Kwan-Seok Joo, Se-Jong Oh*, Kyoung-Sik Han, Woo-Min Jeon**, and Sae-Hun Kim
Division of Food Science, Korea University, *R & D Center, Korea Yakult Co. Ltd,
**Department of Applied Animal Science, Sahmyook University

Abstract

A bacteriocin producing lactic acid bacteria was isolated from ground beef and the strain was identified as *Lactobacillus plantarum* ssp. by use of API carbohydrate fermentation pattern and physiological tests. The bacteriocin produced by *L. plantarum* KU107 exhibited a good spectrum of activity against foodborne pathogens including *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Listeria ivanovii*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas chlororaphis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius*, *Salmonella typhimurium* and *Yersinia enterocolitica*. The bacteriocin was active over a wide pH range and stable of heat treatment, and inactivated by treatment with proteases. A bacteriocin from *L. plantarum* KU107 was effective in reducing *S. aureus* in tryptic soy broth. On the ground beef containing *S. aureus* was added with the crude bacteriocin, *S. aureus* was inhibited during storage period at 4°C.

Key words : lactic acid bacteria, bacteriocin, *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus aureus*, inhibitory activity

서 론

유산균이 생산하는 박테리오신은 세포표면의 특정 혹은 비특정 수용체에 부착하여 항균작용을 나타내며 1차 표적인 세포질막의 막투과성을 변화시켜 막수송을 방해하거나 proton motive force에 영향을 미쳐 에너지 생산과 단백질이나 핵산의 합성을 저해하는 것으로 알려져 있다(Atrih et al., 1993). 그러나, 유산균이 생산하는 박테리오신은 대부분 그 생산균주와 유사한 종에만 항균작용을 보이는 특징이 있어 좁은 범위의 항균능력을 나타내기 때문에 *Listeria* 속, *Clostridium* 속 및 *Staphylococcus* 속 등 주로 그람 양성 병원성

균의 억제에 그 초점이 모아져 왔다(Thuault et al., 1991; Aymerich et al., 1996).

박테리오신에 관련된 연구가 새로운 식품보존제의 발굴 및 안전하고 효율적인 식품보존방법의 개발이라는 측면에서 중요함에도 불구하고 국내 박테리오신의 응용적인 연구는 아직 미진한 상태이다. 국내외적으로 이미 많은 유산균에서 생산되는 박테리오신들이 연구되어 그 성질과 구조, 그리고 유전자 정보들이 알려지고 있지만 실제 식품에의 적용에 있어서는 nisin을 제외하고는 매우 한정적으로 시도되고 있는 실정이다(De Vuyst and Vandamme, 1994). 또한 nisin 저항성 박테리아의 출현은 식품첨가물로 인정받지 못한 다수의 박테리오신 연구에 많은 영향을 끼칠 것으로 생각되며 박테리오신 생산균 및 새로운 박테리오신의 탐색은 이러한 시점에서 매우 중요한 일이라 생각된다.

Corresponding author : Sae-Hun Kim, Division of Food Science, Korea University, 5-1, Anam-dong, Sungbuk-gu, Seoul, 136-701, Korea. Tel. : 02-3290-3055, E-mail : saehkim@korea.ac.kr

그람 양성 병원성 균주 중 *Staphylococcus aureus*는 공기, 물, 우유와 동물의 장관 등에 존재하면서 6개의 다른 enterotoxin을 생성하며 내염성이 강하여 염지식품에서도 잘 생육할 뿐만 아니라 반건조 식품과 같이 수분활성도가 낮은 식품 등 유, 육가공품을 포함하여 거의 모든 식품에서 식중독을 일으키는 것으로 알려져 있다(Tatini, 1973; Smith et al., 1983; Garvani, 1987; Halpin-Dohnal and Marth, 1989).

따라서 본 연구는 다양한 원천에서 분리한 유산균에서 박테리오신의 생성을 검사하고, 이 중 축산식품내 문제를 유발시키는 병원성균주에 항균능력이 우수한 박테리오신 생산 유산균을 선별, 동정하였으며 생산된 박테리오신의 특성과 *S. aureus*에 대한 억제활성에 대하여 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

유산균의 분리, 동정 및 보존

김치, 쇠고기 분쇄육, 산양유, 원유 및 신생아의 분변을 시료로 사용하여 bromocresol purple 0.004%를 첨가한 MRS agar(Difco, USA)에 streak plating법으로 도말하고 혐기상태에서 37°C, 48시간동안 배양한 다음 노란색 집락을 띄는 균주들을 선택하여 순수 분리하였다. 선발된 균주는 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology(1986) 및 Bergey's Manual of Determinative Bacteriology(1994)에 따라 그람염색, 5°C 및 45°C에서의 성장 유무, catalase 및 oxidase test, gas 형성 등을 조사하였고 API 50 CH carbohydrate test kit(Bio Merieux, France)를 이용한 당 발효성을 조사하여 ATB identification program(Bio Merieux, France)에 입력한 결과를 바탕으로 동정하였다. 균주의 보존을 위해 모든 균주를 MRS 배지에 3회 계대 배양한 후, 원심분리(3,000×g, 20 min)한 다음 cell pellet에 skim milk(10%), lactose(2%), yeast extract(0.3%)가 함유된 배지를 제조하여 혼합하였다. 이것을 vial에 1 mL씩 분주하여 동결건조하고 -80°C의 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

사용배지

모든 유산균과 병원성균은 각각 37°C와 30°C에서 MRS 배지와 Tryptic Soy Broth(TSB, Difco, USA)를 사용하여 배양하였으며, 분리균의 병원성균에 대한 항균활성 검색에는 Brain Heart Infusion(BHI, Difco, USA) agar를 사용하였다. 또한 ground beef의 저장실험에 사용된 *S. aureus*의 선택배지로는 Baird-Parker base agar(Difco, USA)에 EY Tellurite를 5%(v/v) 혼합하여 사용하였다.

박테리오신 생산 유산균의 탐색

선발된 유산균을 MRS 배지에 37°C에서 18시간 동안 배양시키고 원심분리(6,000×g, 20 min)하여 cell을 제거한 후 10 N NaOH를 사용하여 pH를 6.5로 조정하고 다시 멸균 filter(German, Ann Arbor, MI)로 여과하여 상등액을 회수하였다. 이 상등액을 MRS agar 배지에 20 µl 점적한 후 여기에 지시균(*L. delbrueckii* ssp. *lactis* 4797)이 1% 접종된 soft agar (0.8%)를 증충하여 37°C, 24시간 배양한 다음 억제환 생성 유무를 조사하였다.

항균활성의 측정

박테리오신 항균 활성은 시료를 멸균 증류수로 연속 2진 희석(two-fold dilution)한 용액을 지시균이 1% 접종된 평판 배지 표면에 점적한 다음 37°C에서 18시간동안 배양시킨 후 억제환을 확인하였다. 지시균의 성장을 저하시키는 가장 높은 희석률을 측정하여 그 희석배수의 역수를 취해 상대적 활성도(AU: Arbitrary Units)로 표현하였다.

pH 및 열처리의 영향

Cell-free supernatant를 1N HCl과 1N NaOH를 사용하여 각각 pH 2에서 12까지 pH 1씩 증가시킨 후 24시간동안 4°C에서 보관하고 다시 pH를 6.5로 조정한 후 박테리오신의 활성을 측정하였다. 또한 다양한 온도(65°C, 95°C 및 121°C)에서 20, 40 및 60분 동안 가열하고 상온으로 냉각시킨 후 박테리오신의 활성 변화를 조사하였다.

단백질분해효소 및 catalase의 영향

항균 물질에 대한 단백질 분해효소의 영향을 조사하기 위하여 Ferreira와 Gilliland(1988)의 방법을 이용하여 trypsin (pH 7.6; Type II, crude) 및 pepsin(pH 2.0; E.C. 3.4.23.1)으로 처리한 후 활성을 측정하였다. 또한, 균성장 억제효과가 균이 성장하는 동안 축적되는 과산화수소에 의한 영향을 배제하기 위하여 시료에 catalase(pH 7.0; E.C. I. II. 1. 6)를 처리한 후 박테리오신의 활성을 검사하였다.

TSB 배지에서의 *S. aureus* 억제작용

*S. aureus*를 TSB에서 30°C, 18시간 동안 3회 계대배양한 후 신선한 10 mL TSB 배지에 약 5×10^4 cfu/mL 수준으로 접종하고, 박테리오신 용액을 12,800 AU/mL 수준으로 첨가하였으며 30°C 항온수조에서 배양하면서 30분, 1시간, 2시간, 3시간 및 4시간에서의 생균수를 측정하였다.

분쇄육에서의 *S. aureus* 억제작용

시중에서 판매되는 냉장 쇠고기 분쇄육(ground beef) 50 g에 약 6×10^4 cfu/mL수준으로 *S. aureus*를 접종하고 박테리

오신 용액을 12,800 AU/g 수준으로 첨가한 다음 잘 혼합하였다. 이것을 불투명 열접착지에 넣고 진공포장(진공도 14.5, 접촉력 1.1)하였으며 냉장저장하면서 기간별(0, 3, 5, 7, 10, 14일)로 대조구와 박테리오신 처리구 시료를 각각 3개씩 꺼내어 *S. aureus*의 생균수를 조사하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 수행하였으며 통계처리는 SAS package(1996)의 GLM procedure를 이용하여 LS(least square) means를 비교하였다.

결과 및 고찰

박테리오신 생산 유산균의 선발

김치, 쇠고기 분쇄육, 산양유, 원유 그리고 신생아의 분변으로부터 colony주위로 전형적인 노란색 환이 나타난 130개의 균주를 분리하였다. 이들 균주를 대상으로 *L. delbrueckii* ssp. *lactis* 4797에 대한 항균활성을 조사한 결과 김치에서 9균주, 분쇄육에서 7균주, 산양유에서 5균주, 원유에서 1균주 그리고 분변에서 3균주 총 25개의 균주가 항균활성 또는 유사 항균활성을 나타내었다(data not shown). 그 중 agar spot test에 의해 배양 상등액에서 항균활성을 보이며 pepsin 및 trypsin 등의 단백질 분해효소 처리에 의해 항균활성이 소실되고 catalase 처리시에도 항균활성이 소실되지 않아 항균물질이 단백질성 물질임을 추측할 수 있는 균주는 총 10균주로 확인되었다(data not shown).

Atrih 등(1993)은 다양한 식품에서 분리한 106개 *L. plantarum* 균주의 항균활성을 조사하여 그 중 5개 균주만이 박테리오신을 생산한다고 보고하였고 Schillinger와 Lucke(1989)는 고기와 육가공품에서 분리한 *Lactobacillus* 균주 221개 중 agar spot test를 통해서 항균활성이 존재한다고 판단되는 균주는 *L. sake* 19개 균주, *L. plantarum* 3개 균주였으며 그 중에서 본 실험과 동일하게 배양 상등액으로부터 제조된 조박테리오신 용액에서 억제활성을 보인 것은 *L. sake* 19개 균주 중 6개 균주뿐이었다고 보고하였다. 이와 같이, 박테리오신 검색방법 중 직접적인 검색방법인 agar spot test와 배양 상등액을 이용한 간접적인 검색방법의 결과가 일치하지 않음을 알 수 있었으며 이는 박테리오신을 제외한 다른 항균물질에 의해 나타나는 효과를 제거시키지 않은 차이로 판단된다. 또한, De Vuyst와 Vandamme(1994)은 젖산균 중 박테리오신 생산균주의 빈도가 연구자마다 크게 다른 것은 박테리오신 생산균주의 확인이 전적으로 지시균주에 달려있기 때문이라고 설명하고 있다.

항균 spectrum

Table 1. Inhibition spectrum of a bacteriocin produced by *L. plantarum* KU107 against different pathogens

Pathogens tested	Inhibition
<i>Acinetobacter baumannii</i>	-
<i>Bacillus cereus</i>	+
<i>Bacillus subtilis</i>	-
<i>Escherichia coli</i> KCCM 11234	+
<i>Escherichia coli</i> O157:H7 ATCC 43889	-
<i>Escherichia coli</i> O157:H7 ATCC 43893	-
<i>Escherichia coli</i> O157:H7 ATCC 43894	-
<i>Escherichia coli</i> O157:H7 ATCC 43895	+
<i>Enterococcus aerogenes</i>	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-
<i>Listeria innocua</i>	-
<i>Listeria ivanovii</i>	+
<i>Listeria monocytogenes</i>	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> KCCM 11321	+
<i>Pseudomonas chlororaphis</i> KCCM 11363	+
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	-
<i>Salmonella typhimurium</i> KCCM 11806	+
<i>Shigella sonnei</i>	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+
<i>Staphylococcus epidermidis</i> KCCM 35494	-
<i>Staphylococcus intermedius</i> KCCM 40149	+
<i>Streptococcus faecalis</i>	-
<i>Yersinia enterocolitica</i>	+

+: inhibition, - : not inhibition

10종의 항균물질 생산 균주를 대상으로 24종의 병원성균주에 대한 항균 능력을 조사하였으며(data not shown) 그 중 항균 범위가 가장 우수한 쇠고기 분쇄육에서 분리된 1개의 균주를 선정하였다. 선정된 균주의 항균 spectrum을 조사한 결과는 Table 1과 같다. Cell-free supernatant는 *Bacillus cereus*, *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius* KCCM 40149 등 그람 양성 병원성 미생물뿐 아니라 그람 음성균인 *E. coli* KCCM 11234, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *Pseudomonas aeruginosa* KCCM 11321, *Pseudomonas chlororaphis* KCCM 11363, *Salmonella typhimurium* KCCM 11806 그리고 *Yersinia enterocolitica*에 대해서도 항균 활성을 나타내었다. 그러나, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus faecalis*나 그람 음성균인 *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella sonnei* 등에 대해서는 억제활성이 나타나지 않았다.

분리균주의 동정

쇠고기 분쇄육에서 선발한 균주는 그람양성이고 운동성이 없는 통성 혐기성의 간균이었다. 또한 catalase와 oxidase는 음성이었고, 가스를 생성하지 않았으며 esculin을 가수분해

하였다. 또한 혐기상태에서 잘 성장했으며 호기상태에서도 약간의 성장률을 나타내었다. 15°C에서의 생장이 확인되었으나 45°C에서는 거의 성장하지 못하는 것으로 나타났다. API 50 CH kit를 사용하여 당 발효성 실험을 실시하였으며 그 결과를 ATB identification program에 입력한 결과, 95% 수준에서 *L. plantarum* ssp.로 동정되었다.

이상의 결과를 토대로 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology(1986)와 Bergey's Manual of Determinative Bacteriology(1994)에 준하여 *L. plantarum* ssp.로 확인되었으며, *Lactobacillus plantarum* KU107로 명명하였다.

박테리오신의 특성

Fig. 1과 Table 2에서 보는 바와 같이 *L. plantarum* KU107이 생산하는 항균물질은 trypsin처리에 의해서 억제활성이 소실되었으며, pepsin을 처리한 경우에서도 항균활성이 나타나지 않았다. 또한 catalase처리한 경우 활성이 유지되는 것으로 보아 박테리오신임을 알 수 있었다.

조박테리오신 용액(12,800 AU/mL)은 중성 pH인 6~8에서 어떠한 활성의 소실없이 안정하였고 그 밖의 범위에서는 점차 활성이 감소하는 경향을 나타내었으나 pH 2와 12에서도 그 활성이 완전하게 소실되지는 않았다(Table 2).

Daeschel 등(1990)이 보고한 *L. plantarum* C-11이 생산하는 plantaricin A는 pH 4~6.5 사이의 좁은 범위에만 활성을 유지하였으며, nisin의 경우에도 pH 2에서의 용해성이 57 mg/mL인 반면 pH 8~12에서는 0.25 mg/mL의 낮은 용해성을 보여 알칼리 영역에서의 불안정성이 보고된 바 있다(Liu and Hansen, 1990). 반면 *L. casei*가 생산하는 박테리오신인 caseicin 80의 경우에는 pH 3~9의 범위에서 활성을 유지하였고 *L. carnis*가 생산하는 박테리오신도 pH 2~11의 넓은 범위에서도 안정하다고 보고되었다(De Vuyst and Vandamme, 1994). 따라서, 본 연구에서 선발된 박테리오신은 다른 연구자들에 의해 보고된 박테리오신들에 비해 비교적 pH 안

Table 2. Effects of protease, pH and heat treatment on the antimicrobial activity of bacteriocin produced by *L. plantarum* KU107. Crude bacteriocin was prepared from cell-free supernatant of cultures. The antimicrobial activity of the bacteriocin was assayed against *L. delbrueckii* ssp. *lactis* 4797.

Treatment	Activity (%) ¹⁾
Protease	
trypsin	0
pepsin	0
Catalase	
	100
Heat	
65°C/20min	100
40min	100
60min	100
95°C/20min	100
40min	100
60min	100
121°C/20min	100
40min	50
60min	25
pH	
2	6.25
3	6.25
4	12.5
5	50
6	100
7	100
8	100
9	25
10	6.25
11	6.25
12	3.13

¹⁾ Bacteriocin activity is expressed as the percentage(%) of original activity.

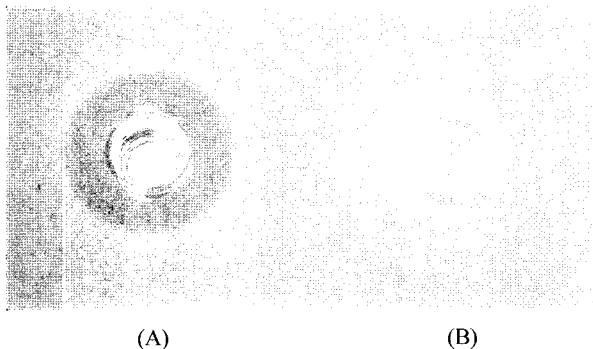


Fig 1. Inhibition zone of cell-free supernatant of *L. plantarum* KU107 against *L. delbrueckii* ssp. *lactis* 4797. (A) pH adjusted to 6.5, (B) Trypsin treated.

정성이 우수한 것으로 나타났다.

일반적으로 각종 유산균이 생산하는 박테리오신의 열안정성은 그 종류에 따라 상이한 것으로 알려져 있는데 *L. acidophilus* 균주가 생산하는 lactacin B의 경우, 100°C, 60분 열처리시에도 그 항균활성이 안정하였다고 보고되었으나, *S. cremoris*에서 분리한 diplococcin은 100°C에서 1분간 처리로 항균활성이 소실되는 것으로 나타났다(Davey, 1981; Barehoot and Klaenhammer, 1983). 본 실험에서는 65°C와 95°C 모두 60분까지의 열처리와 121°C, 20분 열처리시에도 어떠한 활성의 소실없이 안정하였으며, 121°C, 40분과 60분 열처리에는 각각 50% 및 75%씩 감소하여 열에 매우 안정한 박테리오신을 생산하는 것으로 나타났다(Table 2). 그러나, 박

테리오신의 구조를 포함한 분자 생물학적 특성을 알기 위해서는 추가적인 실험이 필요할 것으로 생각된다.

S. aureus의 생육 억제 작용

*S. aureus*가 약 5×10^4 cfu/mL 수준으로 접종된 10 mL의 TSB 배지에 cell-free supernatant로 부터 제조된 박테리오신 용액 1 mL(12,800 AU)를 접종하여 30°C에서 배양하면서 4 시간까지 생균수를 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다. 박테리오신 용액을 첨가하지 않은 대조구의 경우, *S. aureus*를 접종 후 4 시간까지 지속적으로 증가했으나 박테리오신 용액을 첨가한 경우 배양 30분에 1.5 log 감소를 보였으며, 배양 4시간까지도 균수의 증가 추이가 현저히 감소하여 대조구와의 균수 차이가 log값 2이상 이 되었다.

Hirsch와 Grinsted(1954)는 log값 2.2인 *Clostridium butyricum*은 nisin 100 IU에 억제되지만 log값 4.2인 균주는 억제되지 않았다고 보고하였으며 Olasupo (1998)는 *Listeria monocytogenes*에 대한 plantaricin NA의 억제활성을 보고하였다.

분쇄육에서의 S. aureus 억제 작용

Fig. 3에서 보는 바와 같이, 대조구에서는 저장 3일째부터 *S. aureus* 균주의 유의적 증가가 나타났지만, 박테리오신 처리구에서는 저장 7일째까지 최초의 균수와 유의적 차이없이 일정한 균수를 유지함을 알 수 있었다($p < 0.05$). 시료저장 10 일째부터는 모든 처리구에서 공히 유의적인 균수의 증가를 나타냄으로써 박테리오신의 저장효과가 둔화됨을 알 수 있

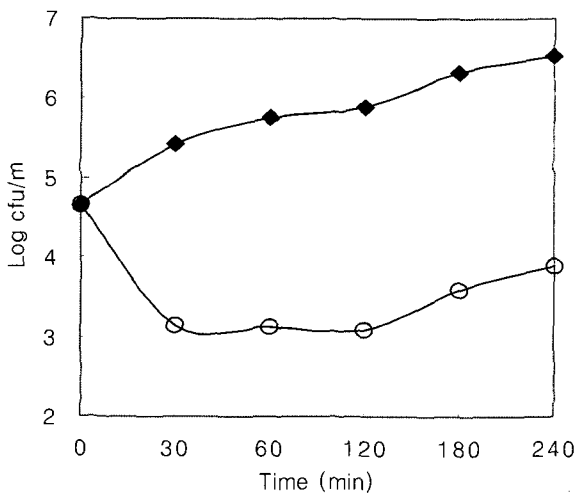


Fig. 2. Inhibitory effect of bacteriocin produced by *L. plantarum* KU107 on *S. aureus* in TSB. ◆—◆ : control, ○—○ : KU107. *S. aureus* was inoculated at 5×10^4 cfu/mL in TSB which was added with crude bacteriocin (12,800 AU/mL) and incubated for 4 h at 30°C. The viable *S. aureus* in TSB was counted at 30 min, 1 h, 2 h, 3 h and 4 h.

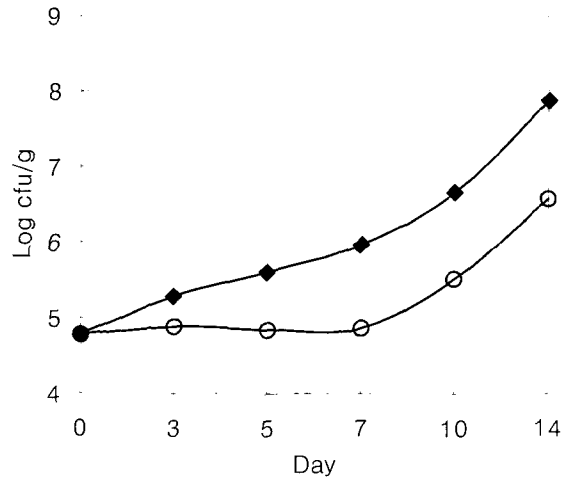


Fig. 3. Inhibitory effect of bacteriocin produced by *L. plantarum* KU107 on *S. aureus* counts in ground beef. ◆—◆ : control, ○—○ : KU107. *S. aureus* was inoculated to 50 g ground beef at 6×10^4 cfu/mL and added with crude bacteriocin (12,800 AU/g).

었으나 여전히 대조구에 비해서는 유의적으로 현저히 적은 균수를 나타내고 있었다($p < 0.05$). 저장 10일째부터는 *S. aureus* 균수의 증가가 두드러지는 것으로 보아 박테리오신의 항균활성도 일정기간이 지나면 소멸되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 분쇄육에서 유리되는 효소 등에 의한 박테리오신의 분해에 따른 활성의 소실로 추정된다.

요 약

최고기 분쇄육으로부터 박테리오신 생산균주를 분리하여 형태학적, 생화학적 특성을 조사한 결과 *Lactobacillus plantarum* ssp.와 유사하게 나타났으며 당발효성 실험결과 95%의 신뢰도로 *L. plantarum*으로 동정되어 *L. plantarum* KU107로 명명하였다. *L. plantarum* KU107이 생산하는 박테리오신은 trypsin과 pepsin의 처리에 의해 활성이 소실되었으며 pH 2와 12에서도 활력이 완전하게 소실되지 않는 pH 안정성과 열안정성을 갖는 것으로 조사되었다. 또한, 이 박테리오신은 *Bacillus cereus*, *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius* KCCM 40149 등 그람 양성 병원성 미생물뿐 아니라 그람 음성균인 *Escherichia coli* KCCM 11234, *E. coli* O157:H7 ATCC 43895 *Pseudomonas aeruginosa* KCCM 11321, *Pseudomonas chlororaphis* KCCM 11363, *Salmonella typhimurium* KCCM 11806, 그리고 *Yersinia enterocolitica*에 대해서도 항균 활성을 나타내었다. *S. aureus*가 접종된 쇠고기 분쇄육에 박테리오신을 처리한 경우, 대조구와는 다르게 저장 7일째까지 접

종된 *S. aureus* 초기균수와 유의적인 차이없이 성장을 지연 시킴을 알 수 있었으며 저장 14일까지 대조구에 비해 유의적으로 현저히 적은 균수를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료기술연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임. (HMP-97-F-3-0010)

참고문헌

- Atrih, A., Rekhif, N., Michel, M., and Lefebvre, G. (1993) Detection of bacteriocins produced by *Lactobacillus plantarum* strains isolated from different foods. *Microbios*. **75**, 117-123.
- Aymerich, T., Holo, H., Havarstein, L. S., Hugas, M., Garriga, M., and Nes, I. F. (1996) Biochemical and genetic characterization of enterocin A from *Enterococcus faecium*, a new antilisterial bacteriocin in the pediocin family of bacteriocins. *Appl. Environ. Microbiol.* **62**, 1676-1682.
- Barehoot, S. F. and Klaenhammer, T. R. (1983) Detection and activity of lactacin B, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl. Environ. Microbiol.* **45**, 1808-1815.
- Daeschel, M.A., Mckenney, M.C., and McDonald, L.C. (1990) Bacteriocidal activity of *Lactobacillus plantarum* C-11. *Food Microbiol.* **7**, 90-98.
- Davey, G. P. (1981) Mode of action diplococcin, a bacteriocin from *Streptococcus cremoris* 346. *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.* **16**, 187-199.
- De Vuyst, L. and Vandamme, E. J. (1994) Antimicrobial potential of lactic acid bacteria, In *Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria*, 2nd ed. Blackie Academic & Professional, Glasgow, pp. 91-142.
- Ferreira, C. L. and Gilliland, S. E. (1988) Bacteriocin involved in premature death of *Lactobacillus acidophilus* NCFM during growth at pH 6. *J. Dairy Sci.* **71**, 306-315.
- Garvani, R. B. (1987) Bacterial food borne disease. *Dairy Food Sanitation*. **2**, 77-88.
- Halpin-Dohnalek, M. and Marth, E. M. (1989) *Staphylococcus aureus*: production of extracellular compounds and behavior in foods: a review. *J. Food Prot.* **52**, 262-572.
- Hirsch, A. and Grinsted, E. (1954) Methods for the enumeration of anaerobic sporeformers from cheese, with observation on the effect of nisin. *J. Dairy Res.* **21**, 101-111.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Stanley, J. T. and Williams, S. T. (1994) *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9th ed., Williams & Wilkins.
- Liu, W. and Hansen, J. N. (1990) Some chemical and physical properties of nisin, a small-protein antibiotic produced by *Lactococcus lactis*. *Appl. Environ. Microbiol.* **56**, 2551-2558.
- Olasupo N. A. (1998) Inhibition of *Listeria monocytogens* by plantaricin NA, an antibacterial substance from *Lactobacillus plantarum*. *Folia Microbiol.* **43**, 151-155.
- SAS/STAT Software (1996) *Changes and Enhancements*. through Realease 6.11. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schillinger, U. and Lucke, F. K. (1989) Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Appl. Environ. Microbiol.* **55**, 1901-1906.
- Smith, J. L., Buchanan, R. L., and Palumbo, S. L. (1983) Effects of food environment on staphylococcal enterotoxin synthesis: a review. *J. Food Prot.* **46**, 545-556.
- Sneath, P. H. A., Mair, N. S., Sharpe, M. E. and Holt, J. G. (1986) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Williams & Wilkins, Vol. 2.
- Tatini, S. R. (1973) Influence of food environments on growth of *Styphylococcus aureus* and production of various enterotoxins. *J. Milk Food Technol.* **36**, 559-567.
- Thuault, D., Beliard, E., Guern, J. L., and Bourgeois C. (1991) Inhibition of *Clostridium tyrobutyricum* by bacteriocin-like substances produced by lactic acid bacteria. *J. Dairy Sci.*, **74**, 1145-1150.

(2001년 12월 27일)