

## 김치에서 박테리오신을 생산하는 *Lactobacillus sakei* B16의 분리 및 특성 분석

안지은<sup>1</sup> · 김진경<sup>1</sup> · 이형로<sup>2</sup> · 엄현주<sup>1</sup> · 한남수<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품공학과

<sup>2</sup>서울대학교 농생명공학부

### Isolation and Characterization of a Bacteriocin-Producing *Lactobacillus sakei* B16 from Kimchi

Ji Eun Ahn<sup>1</sup>, Jin Kyoung Kim<sup>1</sup>, Hyeong Rho Lee<sup>2</sup>, Hyun-Ju Eom<sup>1</sup>, and Nam Soo Han<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science & Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

#### Abstract

Lactic acid bacteria (LAB) are able to secrete antimicrobial peptides called bacteriocins, which inhibit other bacteria such as pathogenic microorganisms. Therefore, bacteriocin-producing starters can be used as natural biopreservatives for various foods. The objective of this study was to screen and characterize bacteriocin-producing LAB from Kimchi and to investigate their applicability as a starter in Kimchi fermentation. To screen bacteriocin-producing LAB, gram-positive and gram-negative bacteria were used as indicators. To measure the antimicrobial activities of isolates, agar well diffusion assay method was used. According to the results, bacteriocin produced by *Lb. sakei* B16 showed antimicrobial activity against *Listeria monocytogenes* ATCC 19115, *Escherichia coli* KCTC 1467, and *Lactobacillus plantarum* KTCT 3104. Furthermore, bacteriocin was very stable after treatment with high temperature and high and low pH, but its effects were inhibited by treatment with proteolytic enzymes such as trypsin, proteinase K, and  $\alpha$ -chymotrypsin, revealing their bacteriocin-like protein-based structure. These results suggest that *Lb. sakei* B16 and its bacteriocin are good candidates as a functional probiotic and natural biopreservative, respectively, in fermented foods.

**Key words:** *Lactobacillus sakei*, Kimchi, bacteriocin, biopreservative

#### 서 론

박테리오신은 펩타이드 또는 단백질로 구성된 항균성 물질로 같은 환경에서 자라는 다른 미생물에 대한 경쟁적인 저해제로 다양한 미생물에서 분리된다(1). 특히 유산균은 김치 발효에 중요한 역할을 하며 다양한 항균물질을 생산하는 것으로 알려졌다으며 박테리오신은 균체 표면에 있는 특이적인 receptor에 흡착 후 세포막의 수송단백질과 결합하여 세포의 DNA나 리보솜을 파괴하여 세포를 사멸시키거나 박테리오신 분자가 transmembrane helix를 형성한 뒤 세포막의 수송단백질과 결합하여 단백질 분자의 기질 특이성을 파괴하고 세포 내 성분을 유출시켜 세포의 에너지 대사와 생리적 기능을 상실시키는 것으로 알려져 있다(2,3). 박테리오신의 항균 범위는 매우 광범위하여 부패균, 식중독균, 전염병균이나 포자형성균 등의 증식을 억제하거나 사멸시키는데 효과적이다(4,5). 박테리오신은 항생제와 달리 단백질로 구성되어 인체에 들어오게 되면 소화 기관 내에서 단백질 가수분해 효소에 의해 쉽게 분해되어 인체에 무독성이고 잔류성이 없

다. 또한 항생제는 2차 대사산물인데 비해 박테리오신은 자신의 유전자로부터 직접 생합성 되어 분자생물학적으로 다양한 응용이 가능하다(4).

*Lactococcus lactis*가 생산하는 nisin은 대표적인 박테리오신으로 미국, 유럽 등 세계 여러 나라에서 치즈산업이나 통조림 산업에서 식품보존제로 사용하고 있으며 그 외 소시지 및 육제품, 우유 및 유제품과 같은 발효식품에서 분리한 *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* 속이 생산하는 박테리오신을 이용한 식품의 유통기간 연장에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다(6-8). 반면, 채소발효식품인 김치나 사우어크라우트 등에서 분리한 유산균이 생산하는 박테리오신에 대한 연구는 부족한 실정이다(1). *Listeria(Li.) monocytogenes*는 저온에서 생육하고 열과 산, 알칼리, 높은 염 농도에 대해 저항성을 가진 병원성 세균으로 감염되었을 때 listeriosis로 인해 구토, 설사 등을 유발하고 심지어 사망까지 초래할 수 있다. 김치는 절임 식품으로 살균처리 없이 저온에서 유통되어 *Li. monocytogenes*에 감염될 위험이 있으며(9), 이 외에도 원재료로부터 *Escherichia(E.) coli*나 *Ba-*

\*Corresponding author. E-mail: namsoo@cbnu.ac.kr  
Phone: 82-43-261-2567, Fax: 82-43-271-4412

*cillus(B.) cereus* 등 유해 미생물에 의한 오염, 과도한 발효로 인한 산패균의 생육으로 인해 품질이 저하될 수 있다(10). 또한 상업용 김치에 대한 수요가 증가하고 천연 식품 첨가물에 대한 소비자들의 선호 증가에 따라 김치 제조 산업에서 박테리옌을 생산하는 유산균 스타터의 개발이 필요하게 되었다(11). 김치 산패를 유발하는 *Lactobacillus(Lb.) plantarum* 및 김치 유해균을 경쟁적으로 억제하는 유산균을 선발하여 김치의 품질을 향상시키고 유통기간을 연장하는 스타터로 개발할 수 있다(12,13).

따라서 본 연구에서는 김치 내에서 미생물의 생육을 조절하고 김치의 저장성과 안전성을 향상시키고자 김치로부터 박테리옌을 생산하는 유산균을 분리하고 그 특성을 확인하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 김치 시료 및 배지

유산균을 분리하기 위해 지역 마트에서 판매되는 김치와 직접 제조한 김치를 4°C에서 보관하여 사용하였다. 김치로부터 다양한 유산균의 분리를 위해 2% sucrose(Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan)가 첨가된 phenylethyl alcohol(PES; Difco Co., Detroit, MI, USA) 및 De Man, Rogosa and Sharpe 배지(MRS, Difco Co.)에 도말하여 30°C에서 이틀간 배양하였다.

### 유산균 분리 및 박테리옌 생산 균주 선발

김치에서 유산균을 분리하기 위해 김치 20 g을 0.85% NaCl 용액으로 희석하고 stomacher로 5분간 분쇄하여 단계적으로 희석한 다음 MRS와 PES 고체배지에 도말하였다(14). 30°C에서 배양한 후 단일 집락이 형성되면 spot-on-the-lawn법을 이용하여 박테리옌 생산 여부를 확인하였다(1). 이때 실험에 사용한 감수성 균주로 김치의 지표 유해 미생물인 *Li. monocytogenes* ATCC 19115와 *E. coli* KCTC 1467, 김치의 산패를 유도하는 *Lb. plantarum* KCTC 3104를 사용하였다. 이후 저해환을 생성하는 단일 집락을 박테리옌 생산 균주로 간주하여 선발하였다. 분리된 박테리옌 생산 균주는 그람 염색을 통해 형태학적으로 조사하였고 API 50 CHL kit(BioMerieux, Marcy l'Etoile, France)를 사용하여 다양한 당대사 등을 조사하였다. 최종적으로 분자생물학적 동정을 위해 27\_F(5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3')와 1492\_R(5'-GGTTACCTTGTTACGACTT-3') 프라이머를 이용하여 16S rRNA 유전자를 증폭하고 그 서열 분석을 수행하여(Solgent Co., Daejeon, Korea) 확인하였다(14).

### 조박테리옌의 제조

위 실험에서 가장 항균활성이 우수한 *Lb. sakei* B16을 최종적으로 선발하였고, 본 균주가 생산하는 조박테리옌을 얻기 위해, 100 mL MRS 액체배지에 전배양액 1% 접종하여

30°C에서 18시간 배양하였다. 이후 배양액을 원심분리(10,000×g, 10 min, 4°C)하고 상등액을 회수하여 0.45 μm membrane filter(Sartorius, Frankfurt, Germany)로 제균한 뒤 pH를 6.8로 보정하였다. 상등액은 40% 황산암모늄으로 침전한 다음 0.02 M sodium phosphate 용액(pH 7.0)으로 단백질을 회수하였고 유기산과 염을 제거하기 위해 투석막(MW <1000; Spectra/Por 6 membrane, Spectrum Laboratories Inc., Rancho Dominguez, CA, USA)을 이용하여 투석하였다.

### 배양 시간에 따른 항균활성 변화 측정

100 mL MRS 액체배지에 전배양한 *Lb. sakei* B16을 1% 접종하고 30°C에서 30시간 배양하면서 600 nm에서 흡광도를 측정하였고 동시에 상등액을 회수하여 배양 시간에 따른 항균 활성을 agar well diffusion assay(AWDA)를 이용하여 측정하였다. 이때 *Li. monocytogenes* ATCC 19115는 감수성 균주로 사용하였으며 상등액은 두 배씩 희석하여 저해환이 생성되지 않는 최대 희석배수의 역수에 단위계수를 곱하여 activity unit(AU/mL)으로 나타내었다(15).

### 주사전자현미경을 이용한 감수성 균주의 관찰

조박테리옌 처리 후 감수성 균주의 변화를 확인하기 위해 *Li. monocytogenes* ATCC 19115, *E. coli* KCTC 1467, *Lb. plantarum* KCTC 3104 배양액을 원심분리(10,000×g, 10 min, 4°C)한 후 상등액을 제거하고 멸균한 0.85% NaCl 용액으로 세포를 2회 세척한 다음 B16 조박테리옌을 처리하고 37°C에서 24시간 배양하였다. 주사전자현미경 촬영을 위한 전처리 과정으로 고체배지 위에 세포를 고정시키고 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.2~7.4)로 제조한 2.5% glutaraldehyde(TAAB Laboratories Equipment Ltd., Berks, UK) 용액으로 3시간 고정시킨 후 0.1 M sodium phosphate buffer로 2회 세척한 다음 1% osmium tetroxide(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 용액으로 30분간 최종 고정하였다. 그 후 50~100% 농도 구배 알코올로 각각 단계적으로 5분씩 탈수시킨 후에 100% hexamethyldisilazane(Sigma Chemical Co.)로 완전히 탈수하고 충분히 건조하였다. 전처리한 샘플은 scanning electron microscope S-2500C(Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

### 박테리옌의 저해 활성 범위 측정

분리 균주의 항균 활성을 측정하기 위해 MRS 고체배지 위에 paper disc(8 mm)를 올려놓은 후 조제한 조박테리옌 용액 50 μL를 흡수시키고 감수성 균주를 접종한 0.7%(v/v) soft agar를 중층하였다. 30°C에서 24시간 배양시킨 후 disc 주변에 생성된 저해환의 크기로 항균 활성을 측정하였으며 분리 균주가 생산하는 박테리옌의 저해 활성 범위를 측정하기 위한 실험에 사용된 감수성 균주는 Table 1과 같다.

### 박테리옌의 안정성

온도, pH, 효소 처리에 따른 박테리옌의 안정성을 확인

하기 위해 조박테리옌을 각각 40, 60, 80, 100°C에서 30분, 121°C에서 15분간 열처리한 후 진공 농축하여 항균력의 변화를 측정하였다. pH에 따른 항균력의 변화 측정을 위해서 pH 2~5(50 mM citrate buffer), pH 6~7(50 mM phosphate buffer), pH 8~9(50 mM Tris-HCl buffer) 완충 용액을 제조하고 조박테리옌을 첨가하여 1시간 동안 반응시킨 후 진공 농축하여 항균력을 측정하였다. 각종 효소에 대한 영향을 보기 위해  $\alpha$ -amylase(EC 3.2.1.1; Sigma Chemical Co.), lipase(EC 3.1.1.3; Sigma Chemical Co.), trypsin(EC 3.4.2.1.4; Sigma Chemical Co.)은 50 mM sodium phosphate buffer(pH 7.0)에 녹여 사용하였고 proteinase K(EC 3.4.21.64; Sigma Chemical Co.),  $\alpha$ -chymotrypsin(EC 3.4.21.1; Sigma Chemical Co.)은 50 mM sodium phosphate buffer(pH 7.5)로 효소액(1 mg/mL)을 제조하여 조박테리옌과 1:1로 37°C에서 4시간 반응시킨 후 진공 농축하여 항균력의 변화를 측정하였다.

PCR을 이용한 박테리옌 유전자 증폭

본 연구에서 분리한 균주의 박테리옌 유전자를 확인하기 위해 *Lb. sakei* B16의 genomic DNA를 추출하고 PCR을 이용하여 유전자를 증폭하였다. 이때 *Lb. sakei* B16가 생산하는 박테리옌으로 알려진 sakacin P(GenBank accession no. Z48542)의 유전 정보로부터 2116\_F(5'-GCCAAGCCG-GTTTGAAGTG-3')와 2682\_R(5'-ACGTTCAACTTT-ATCGGTT-3') 프라이머를 제작하여 사용하였다(16). PCR을 위한 반응조건은 95°C에서 5분간 pre-denaturation한 후, 95°C에서 1분간 denaturation하고 45°C에서 45초 annealing, 72°C 1분 extension을 30회 반복하고, 마지막으로 72°C 7분간 처리한 후 반응을 중단하였다(17).

결과 및 고찰

유산균의 분리 및 박테리옌 생산 균주 동정

PES, MRS 배지 및 그람염색을 이용하여 김치에서 유산균을 분리한 결과 총 300개의 균주를 분리하였고 그중 *Li.*

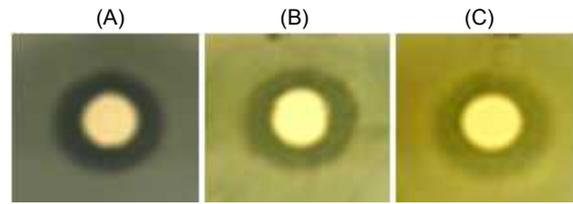


Fig. 1. Antimicrobial activity of bacteriocin produced by *Lb. sakei* B16 against indicators by agar well diffusion assay. (A) *Li. monocytogenes* ATCC 19115, (B) *E. coli* KCTC 1467 and (C) *Lb. plantarum* KCTC 3104.

*monocytogenes* ATCC 19115, *E. coli* KCTC 1467와 *Lb. plantarum* KCTC 3104를 모두 저해하여 항균활성이 우수한 유산균을 선발하였다(Fig. 1). API 50 CHL kit를 이용한 당 대사 패턴과 16S rRNA 동정을 이용하여 GenBank에 등록되어 있는 유산균과 상동성을 비교한 결과 *Lactobacillus sakei*와 100%(accession no. AB682465.1) 일치하여 최종적으로 *Lactobacillus sakei* B16으로 명명하였다(Fig. 2).

배양시간에 따른 항균활성 변화 측정

*Lb. sakei* B16을 30°C에서 배양하여 배양 시작 후 3시간 간격으로 600 nm에서 흡광도를 측정하여 배양시간에 따른 항균 활성의 변화를 측정하였다(Fig. 3). 그 결과 *Lb. sakei* B16은 배양 9시간부터 생육이 급격하게 증가하여 18시간 후에 정지기에 도달하였고, 이때 배양 상등액의 항균활성이 증가하여 18시간에 역가가 가장 높았다(320 AU/mL) 24 시간 이후 감소하는 경향을 확인하였다. 항균 역가의 감소는 배양액 중 단백질 분해 효소에 의해 박테리옌이 분해되어 항균활성이 저하되는 것으로 예상된다.

주사전자현미경을 이용한 감수성 균주의 관찰

*Lb. sakei* B16에서 분리한 조박테리옌을 처리한 *Li. monocytogenes* ATCC 19115, *E. coli* KCTC 1467, *Lb. plantarum* KCTC 3104의 세포 표면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다(Fig. 4). 15,000배에서 촬영하였을 때 조박테리옌을 처리하지 않은 대조구에 비해 시험구에서는 세포 표면이 울퉁불퉁해지고 구멍이 형성되었다. 일반적으

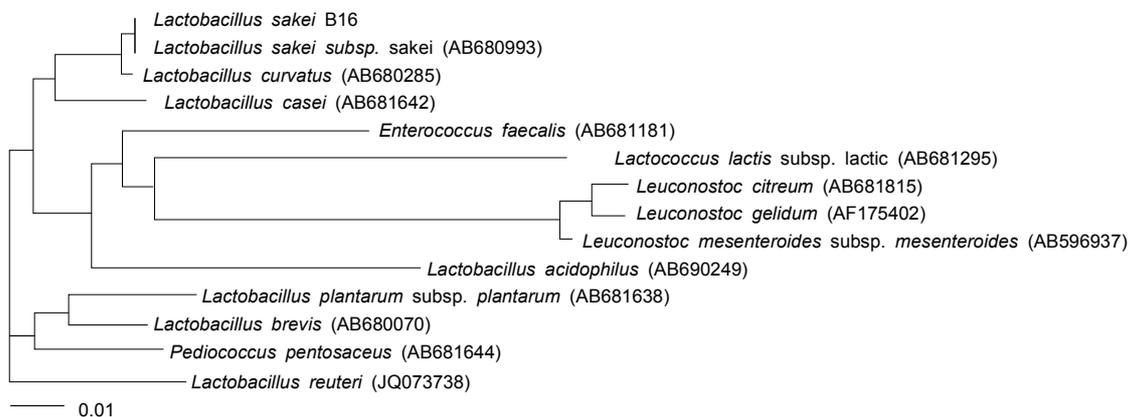


Fig. 2. Phylogenetic analysis of the isolate based on 16S rRNA gene sequences of other LAB.

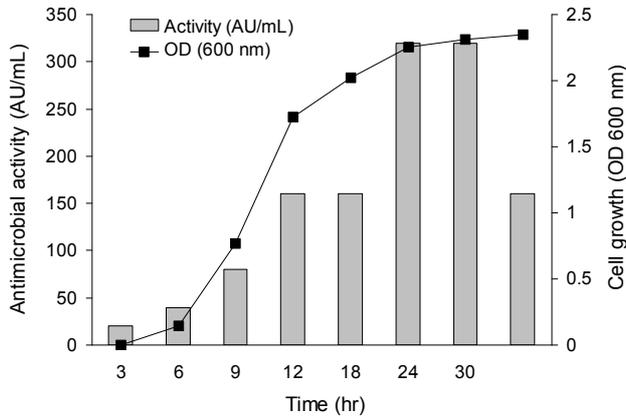


Fig. 3. Relationships between growth phase and antimicrobial activity of *Lb. sakei* B16 in MRS broth at 30°C. —■—, bacterial growth; ■, antimicrobial activity (AU/mL).

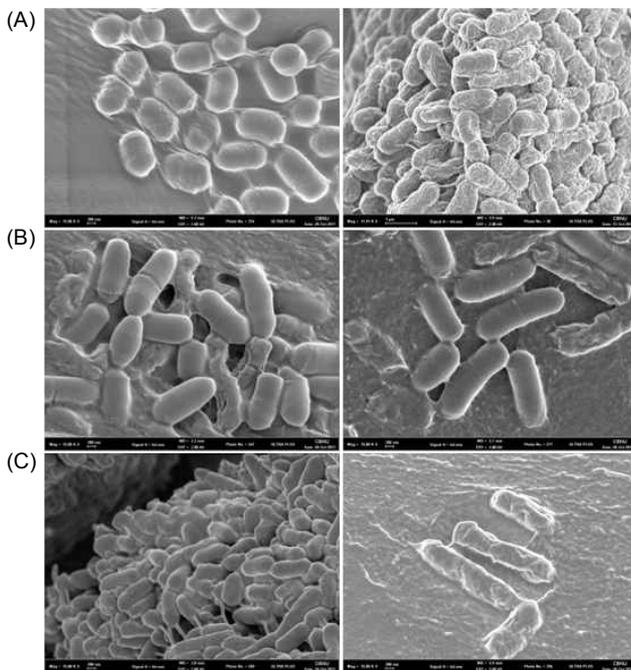


Fig. 4. SEM images of indicators treated to bacteriocin produced by *Lb. sakei* B16. Left: Indicators of wild type, Right: Indicators after treatment of bacteriocin. (A) *Li. monocytogenes* ATCC 19115, (B) *E. coli* KCTC 1467 and (C) *Lb. plantarum* KCTC 3104.

로 박테리옌이 세포벽에 구멍을 형성하여 세포 내 물질의 유출을 유도함으로써 세포사멸을 유도하는 것으로 알려져 있는데 본 연구에서 분리한 *Lb. sakei* B16이 생산하는 항균 물질은 박테리옌의 항균 기작과 일치하였다.

#### 박테리옌의 저해활성범위 측정

다양한 감수성 균주로부터 *Lb. sakei* B16을 생산하는 박테리옌의 저해활성 범위를 조사하고자 15종의 그람 양성 및 음성 유해균과 김치에서 검출되는 유산균에 대한 조박테리옌의 항균력을 측정하였다(Table 1). 그 결과 그람 양성 병원균인 *Li. monocytogenes*를 비롯하여 *E. coli*, *S. Typhi-*

Table 1. Antimicrobial spectrum of *Lb. sakei* B16 against various microorganisms

Group	Strains	Activity (AU/mL)	
Gram (+) bacteria	<i>Lb. brevis</i> KCTC 3498	40	
	<i>Lb. casei</i> KCTC 3109	160	
	<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> KCTC 3635	80	
	<i>Lb. plantarum</i> KCTC 3104	80	
	<i>Enterococcus faecalis</i> KCCM 11729	80	
	<i>Lb. acidophilus</i> KTCT 3164	160	
	<i>Lb. reuteri</i> KCTC 3594	160	
	<i>L. mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> ATCC 8293	80	
	<i>B. subtilis</i> KCCM 11315	320	
	<i>B. cereus</i> KCTC 1092	320	
	<i>Staphylococcus aureus</i> KCTC 1916	320	
	<i>Li. monocytogenes</i> ATCC 19115	160	
	<i>Streptococcus mutans</i> KCTC 3056	320	
	Gram (-) bacteria	<i>Salmonella</i> Typhimurium KCTC 2515	80
		<i>E. coli</i> KCTC 1467	160

The crude bacteriocin of *Lb. sakei* B16 was tested against the 15 indicator strains. The inhibitory spectrum included LAB and the gram positive and negative pathogens.

AU: Activity was defined as the reciprocal of the highest dilution showing definite inhibition of the indicators and was expressed as activity units (AU) per milliliter (AU/mL).

murium을 효과적으로 저해하여 김치의 안전성을 증가시켜 줄 수 있을 것으로 예상된다. 또한 김치의 산패를 일으키는 *Lactobacillus* 속 균주를 저해하여 김치 스타터로 적용하였을 때 김치의 과숙을 억제하는 효과를 기대할 수 있다. 뿐만 아니라 충치를 유발하는 *Streptococcus(St.) mutans*를 저해하여 김치를 지속적으로 섭취하였을 때 구강 질환을 예방할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서 분리한 *Lb. sakei* B16은 유해균을 저해하여 김치 및 발효식품의 안전성을 확보하고 발효과정 중 경쟁 균주를 억제하여 품질을 유지할 수 있는 산업적으로 유용한 스타터로 개발될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 박테리옌의 안정성

*Lb. sakei* B16이 생산하는 박테리옌의 항균력 변화를 측정하기 위해 온도, pH, 효소 조건을 다르게 변화시키면서 항균활성을 조사하였다(Table 2). 조박테리옌을 각각 60, 80, 100°C에서 30분 그리고 121°C에서 15분 열처리한 후 항균력의 변화를 무처리구와 비교해 보았을 때 열처리가 박테리옌의 항균력에 크게 영향을 주지 않았으며, 고온에서도 실활되지 않고 안정적인 것으로 나타났다. 또한 다양한 pH 조건에서 박테리옌의 항균력을 측정하였을 때 pH 2에서 pH 9까지 항균활성이 안정하게 유지되는 것으로 보아 다양한 pH범위에서 안정한 것을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 다양한 효소처리에 대한 영향을 측정한 결과 단백질 가수 분해 효소인 trypsin, proteinase K와  $\alpha$ -chymotrypsin에 의해서 박테리옌의 항균활성이 완전히 소실되어 본 연구에서 분

Table 2. Effects of various treatments on antimicrobial activities of *Lb. sakei* B16

Treatment	<i>Li. mono-cytogenes</i> ATCC 19115	<i>Lb. plantarum</i> KCTC 3104	<i>E. coli</i> KCTC 1467	
Heat	60°C, 30 min	1.8	1.6	2.0
	80°C, 30 min	1.4	1.4	1.8
	100°C, 30 min	1.6	1.8	1.6
	121°C, 15 min	1.6	1.2	1.8
pH	pH 2	1.4	1.2	1.6
	pH 3	1.4	1.2	1.6
	pH 4	1.2	1.8	1.6
	pH 5	1.4	1.4	1.4
	pH 6	1.6	1.2	1.4
	pH 7	1.6	1.2	1.2
	pH 8	1.4	1.2	2.0
	pH 9	1.4	1.4	1.8
Enzyme	α-Amylase	1.0	1.0	1.2
	Lipase	+	1.4	1.6
	Trypsin	-	-	-
	Proteinase K	-	-	-
	α-chymotrypsin	-	-	-

-: no inhibition zone, +: positive inhibition (unit: cm).

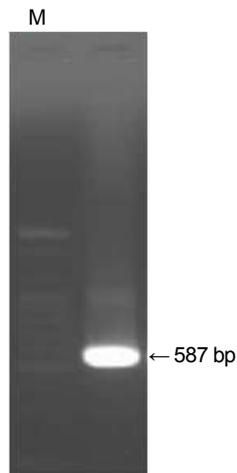


Fig. 5. Agarose gel electrophoresis result of the related sakacin P gene of *Lb. sakei* B16. The primers were designed based on the sequence of the previously described gene cluster for sakacin P (GenBank accession number Z48542).

리된 박테리오신은 단백질로 구성된 물질임을 확인하였다.

PCR을 이용한 박테리오신 유전자 증폭

Sakacin P cluster(GenBank accession no. Z48542) 염기서열 정보를 이용하여 *Lb. sakei* B16에서 박테리오신 유전자를 탐색한 결과 587 bp에서 증폭된 것을 확인하였고(Fig. 5) 열에 안정하고 *Listeria*를 강하게 저해하는 특성으로 보았을 때 본 연구에서 분리한 균주가 생산하는 박테리오신은 two-component system을 따르는 class IIa에 속하는 박테리오신으로 예상된다(5,16). 더 나아가 이러한 박테리오신 생합성 시스템을 이용한 food-grade 발현 시스템으로 개발하여 유용 단백질을 생산할 수 있을 것으로 기대되며 이를 위해 지속적인 박테리오신 연구가 필요하다.

요 약

본 연구는 김치 내에서 균들의 생육을 조절하고 김치의 저장성과 안전성을 향상시키고자 김치로부터 항균활성이 우수한 박테리오신 생산 유산균을 동정 및 박테리오신의 특성을 확인하고자 하였다. 그 결과 항균활성이 뛰어난 *Lb. sakei* B16을 선발하였고 이 균주에서 생산되는 박테리오신은 pH와 열에 안정하고 일반적으로 박테리오신이 그람 양성균을 저해하는 것에 비해 본 연구에서 분리한 박테리오신은 그람 음성 유해균을 저해하여 넓은 저해 범위를 갖는 장점이 있다. 반면, trypsin, proteinase K, α-chymotrypsin을 처리하였을 때 항균 활성이 저하되는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 분리한 박테리오신은 다양한 환경 변화에서 안정하고 체내에 섭취되었을 때 단백질 가수분해 효소에 의해 분해됨으로써 인체에 영향을 주지 않을 것으로 생각된다. 또한 sakacin P cluster 염기서열 정보를 이용하여 *Lb. sakei* B16에서 박테리오신 유전자의 존재를 확인하였다. 본 연구를 통해 유산균이 생산하는 박테리오신을 이용하여 김치 제조 산업에서 스타터로 개발하여 김치 내에서 미생물의 생육을 조절하고 김치의 저장성과 품질을 향상시킬 수 있을 것이라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 중견연구지원사업(핵심연구 협동, No. 20090085901)과 농림부 15 어젠다 사업의(PJ 90715303) 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- Kim HK, Lee KH, Kim JH. 2004. Bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *J Agric Life Sci* 38: 15-24.
- Zendo T, Yoneyama F, Sonomoto K. 2010. Lactococcal membrane-permeabilizing antimicrobial peptides. *Appl Microbiol Biotechnol* 88: 1-9.
- Nissen-Meyer J, Oppegard C, Rogne P, Haugen HS, Kristiansen PE. 2010. Structure and mode-of-action of the two-peptide (Class-IIb) bacteriocins. *Probiotics Antimicro Prot* 2: 52-60.
- Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, Chikindas ML. 2001. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *Int J Food Microbiol* 71: 1-20.
- Drider D, Fimland G, Hechard Y, McMullen LM, Prevost H. 2006. The continuing story of class IIa bacteriocins. *Microbiol Mol Biol Rev* 70: 564-582.
- Hata T, Tanaka R, Ohmomo S. 2010. Isolation and characterization of plantaricin ASMI: a new bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* A-1. *Int J Food Microbiol* 137: 94-99.
- Alvarez-Cisneros YM, Fernandez FJ, Wachter-Rodarte C, Aguilar MB, Sainz Espunes Tdel R, Ponce-Alquicira E. 2010. Biochemical characterization of a bacteriocin-like inhibitory substance produced by *Enterococcus faecium*

- MXVK29, isolated from mexican traditional sausage. *J Sci Food Agric* 14: 2475-2481.
8. Devi SM, Halami PM. 2011. Detection and characterization of pediocin PA-1/AcH like bacteriocin producing lactic acid bacteria. *Curr Microbiol* 63: 181-185.
  9. Kim JH. 1995. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by bacteriocin(s) from lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *Agric Chem Biotechnol* 38: 302-307.
  10. Chang JY, Lee HJ, Chang HC. 2007. Identification of the agent from *Lactobacillus plantarum* KFRI464 that enhances bacteriocin production by *Leuconostoc citreum* GJ7. *J Appl Microbiol* 103: 2504-2515.
  11. Lim, SM, Im DS. 2009. Screening and characterization of probiotic lactic acid bacteria isolated from Korean fermented foods. *J Microbiol Biotechnol* 19: 178-186.
  12. Eom HJ, Park JM, Seo MJ, Kim MD, Han NS. 2008. Monitoring of *Leuconostoc mesenteroides* DRC starter in fermented vegetable by random integration of chloramphenicol acetyltransferase gene. *J Ind Microbiol Biotechnol* 35: 935-939.
  13. Chang JY, Chang HC. 2010. Improvements in the quality and shelf life of Kimchi by fermentation with the induced bacteriocin-producing strain *Leuconostoc citreum* GJ7 as a starter. *J Food Sci* 75: 103-110.
  14. Eom HJ, Seo DM, Han NS. 2007. Selection of psychrotrophic *Leuconostoc* spp. producing highly active dextransucrase from lactate fermented vegetables. *Int J Food Microbiol* 10: 61-67.
  15. Shin MS, Han SK, Ryu JS, Lee WK. 2008. Isolation and partial characterization of a bacteriocin produced by *Pedococcus pentosaceus* K23-2 isolated from Kimchi. *J Appl Microbiol* 105: 331-339.
  16. Urso R, Rantsiou K, Cantoni C, Comi G, Coccolin L. 2006. Sequencing and expression analysis of the sakacin P bacteriocin produced by a *Lactobacillus sakei* strain isolated from naturally fermented sausages. *Appl Microbiol Biotechnol* 71: 480-485.
  17. Xiraphi N, Georgalaki M, Rantsiou K, Coccolin L, Tsakalidou E, Drosinos EH. 2008. Purification and characterization of a bacteriocin produced by *Leuconostoc mesenteroides* E131. *Meat Sci* 80: 194-203.

(2012년 2월 9일 접수; 2012년 3월 5일 채택)