

뽕잎 장아찌로부터 분리된 *Lactobacillus plantarum* 균주의 유해균 증식 억제 활성

박은희, 김명동*
강원대학교 식품생명공학과

Received: February 18, 2016 / Revised: March 25, 2016 / Accepted: April 4, 2016

Antipathogenic Activity of *Lactobacillus plantarum* Isolated from Pickled Mulberry Leaf

Eun-Hee Park and Myoung-Dong Kim*

Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

Strains of lactic acid bacteria were isolated from a variety of fermented foods collected in Korea. The strain L2167 showed a strong antipathogenic activity against *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, and *Staphylococcus epidermidis*. L2167 was identified as *Lactobacillus plantarum* by sequence analysis of its 16S rRNA gene. Scanning electron microscopy revealed rough and wrinkled morphology of *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *S. aureus*, and *S. epidermidis* cell membranes after treatment with a crude cell extract of *L. plantarum* L2167, indicating that *Lactobacillus plantarum* L2167 might destroy the cell membrane of pathogenic bacteria. The optimal temperature and initial medium pH for *Lactobacillus plantarum* L2167 growth were 35°C and 5.5, respectively. *Lactobacillus plantarum* L2167 was more sensitive to NaCl than *Lactobacillus plantarum* KCTC21004, used as a control strain. *Lactobacillus plantarum* L2167 is expected to be developed as a prominent starter strain for efficient inhibition of growth of pathogens.

Keywords: Fermented foods, lactic acid bacteria, antipathogenic activity, *Lactobacillus plantarum*

서론

우리나라의 전통식품은 뚜렷한 사계절의 변화에 따라 식품의 저장성을 높이는 방법의 일환으로 다양한 발효 기법이 발달하였다[28]. 발효식품은 단백질, 지방, 탄수화물 등 원료에 포함되어 있는 영양소들이 다양한 미생물의 작용에 의해 소화 및 흡수가 용이한 형태로 변환되고[13], 미생물이 생산하는 유익한 대사산물이 면역능력을 향상시키고 장내 환경을 변화시켜 질병을 예방하는 기능 등이 있는 것으로 알려져 있다[5, 10]. 일반적으로 식품의 발효는 고분자 영양물질의 분해와 더불어 다양한 대사산물의 생성을 유도함으로써 [12] 소화 흡수력의 증가, 새로운 기능성의 부여, 관능성의 향상 등을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 식품의 보존성을 향

상시킬 수 있는 방법으로 평가받고 있다[28].

발효식품에 관여하는 미생물로는 *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*속 등의 젖산균과, *Aspergillus*, *Rhizopus*속 등의 곰팡이류가 보고되었으며, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus natto*의 세균과 *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces rouxii* 등의 효모가 관여한다고 알려져 있다[1, 14, 16, 21]. 그 중에서도 젖산균은 요구르트, 치즈, 버터 등의 유제품이나 발효소시지 같은 육류 가공 제품 뿐만 아니라 우리나라의 전통발효식품인 김치, 젓갈 등 다양한 식품에 존재한다[19]. *Bifidobacterium*과 *Lactobacillus*속 중의 일부 미생물은 프로바이오틱스로 인식되어 요구르트를 비롯한 유제품 가공에 많이 이용되고 있으며, 이 균주들의 섭취로 인한 젖산균의 장내증식에 의한 효과로 정장작용, 장내 균총의 개선, 혈청콜레스테롤의 감소, 젖당소화의 촉진 그리고 대장암 발생률의 억제 등 매우 다양하게 나타나고 있다고 보고되고 있다[1, 16, 26]. 또한 이들 젖산균은 유기산, 박테리옌 등을 생성하여 유해 미생물

*Corresponding author

Tel: +82-33-250-6458, Fax: +82-33-259-5565

E-mail: mdkim@kangwon.ac.kr

© 2016, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

의 증식을 저해하는 것으로 알려져 있다[8, 15].

*Staphylococcus epidermidis*는 피부 상재균으로 각막염과 여드름을 유발하며[32], 일부는 항생제에 내성을 갖는 유해균으로 보고되었다[9]. *B. cereus*와 *S. aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157:H7 등의 미생물은 식품과 물에 의해 전염되는 세계적으로 널리 분포하는 식중독과 관련된 유해 미생물들이다[27]. 집단 식중독 발생은 미국뿐만 아니라 캐나다, 일본 등 세계 여러 나라에서 보고되고 있으며, 1만 여명 이상의 환자가 발생하는 대형 식중독 사건도 보고된 바 있다[31]. 식품에서 이들 식중독 미생물에 대한 생물학적 억제방법으로 젖산균을 이용하려는 연구가 활발하게 보고되고 있다[22].

본 연구에서는 전통발효식품에 존재하는 젖산균을 분리하고 유해 균주에 대한 생육 억제활성이 우수한 균주를 선발하여 향후 전통 발효식품의 생산에 적용할 수 있는 스타터 균주로서의 기초자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

균주 분리

본 연구에 사용된 발효식품은 강원도를 포함한 전국 각 지역에서 제조 또는 판매되고 있는 34점(막걸리 8점, 장류 6점, 김치 8점, 장아찌 9점, 식초 3점)을 수집하여 사용하였다. 수집한 발효식품으로부터 젖산균을 분리하기 위하여 시료 1 g을 펩톤수(Buffered Peptone Water, Biomérieux, France) 5 ml에 현탁한 후 3분간 교반하였다. 현탁액을 10^5 배까지 순차적으로 희석한 후 MRS (deMan, Rogosa and Sharpe; BD, MI, USA) 평판배지에 도말하고 30°C에서 48시간 동안 배양하였다[29]. 집락을 형성한 균주는 새로운 MRS 평판배지에 도말하고 30°C에서 48시간 동안 배양한 후 bromocresol purple (BD, 0.015 g/l)이 첨가된 MRS 배지에 접종하고 30°C에서 48시간 동안 배양하여 오렌지색으로 변하는 집락을 2차 선별한 후 동결 보관하였다[24].

항균활성 검정

분리된 젖산균의 항균 활성을 검정하기 위하여 *B. cereus* KCTC1012, *L. monocytogenes* KCTC3569, *S. Typhimurium* ATCC19430, *S. aureus* KCCM12214, *S. epidermidis* KCCM35494 및 *L. plantarum* KCTC21004 균주는 한국미생물자원센터(Korean Culture Type Collection, KCTC, Korea)와 한국미생물보존센터(Korean Culture Center for Microorganisms, KCCM, Korea) 및 미국미생물자원센터(American Type Culture Collection, ATCC, USA)로부터 각각 분양 받아 사용하였다. 유해균주는 Tryptic Soy Agar (TSA, BD) 또는 Tryptic Soy Broth (TSB, BD) 배지를 사용

하여 30°C에서 배양하였다.

젖산균의 유해균에 대한 증식 억제활성은 종이 디스크법[20]을 이용하여 측정하였다. 각각의 유해균을 5 ml의 TSB 배지에 접종하여 24시간 배양한 후 원심분리(8,000 × g, 5분)하여 회수한 균체를 멸균증류수로 2회 세척한 후 5 ml의 TSB 배지에 초기 세포흡광도(OD₆₀₀)가 0.1이 되도록 다시 접종하였다. 배양액의 세포흡광도가 0.5–0.6 수준이 될 때까지 배양한 후 100 μl를 회수하여 MRS 평판배지에 도말하고, 지름 7 mm의 멸균된 종이 디스크(3M, MN, USA)를 점적하였다. MRS 액체배지에서 30°C 조건으로 5일 동안 배양된 젖산균의 배양액을 세포흡광도가 1.0이 되도록 멸균수로 희석한 후 10 μl를 종이 점적된 종이 디스크에 분주하였다. 음성 대조구로 MRS 배지를 사용하였으며 유해균에 대한 젖산균의 항균활성은 30°C에서 24시간 동안 배양한 후 생성되는 생육저해환의 크기로 평가하였다.

균주 동정

분리한 젖산균은 MRS 배지를 사용하여 30°C에서 24시간 배양한 후 GenEx™ genomic Sx (Geneall, Korea)를 사용하여 염색체 DNA를 추출하였다. 균주 동정을 위하여 27F (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3')와 1492R (5'-TACGGYTACCTTGTTACGACTT3') 프라이머[33]를 사용하여 16S rDNA 유전자의 단편을 증폭하였다. 염색체 DNA (10 ng)를 주형으로 사용하여 Pfu Plus PCR PreMix (EBT-1405, Elpis, Korea)와 멸균 증류수를 혼합한 반응액의 최종 부피를 50 μl로 제조하여 94°C에서 5분간 반응시키고 94°C에서 1분, 60°C에서 30초, 72°C에서 1분의 반응을 30번 수행한 후, 최종적으로 72°C에서 10분간 반응시켰다. PCR 반응산물은 agarose (1.5%, w/v) gel을 사용하는 전기영동장치를 이용하여 증폭산물을 확인한 후 염기서열을 해독하였다. 해독한 염기서열은 NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)에서 제공하는 BLAST 프로그램을 이용하여 기존에 보고된 균주의 16S rDNA 유전자 단편과의 상동성을 근거로 동정하였다[7].

단백질 분획물 제작 및 주사현미경 분석

젖산균에 의한 유해균의 세포막 변형 또는 파쇄를 확인하기 위하여 MRS 배지를 대조구로 Wong 등[34]의 방법을 사용하여 단백질 분획물을 확보하였다. *L. plantarum* L2167 균주를 MRS 배지에서 5일간 배양한 후 배양액의 일부를 회수하고, 남은 배양액은 원심분리(8,000 × g, 5분)를 통하여 균체와 상등액으로 분리하였다. 회수한 균체는 멸균된 MRS 배지에 현탁한 후, 초음파 균질기(VCX130, Sonics, CT, USA)를 이용하여 20 kHz 출력으로 10분간 세포를 파쇄하였다. 균체 파쇄물, 상등액 및 배양액에 (NH₄)₂SO₄를 80%

(w/v)의 농도로 첨가하고 4°C에서 24시간 동안 정치한 후 원심분리(10,000 × g, 10분)하여 상등액을 제거하고 동결 건조하였다. 유해균은 TSB 배지에 접종하여 30°C에서 24시간 동안 배양한 후, 각각의 유해균 배양액에 *L. plantarum* L2167 균주로부터 확보한 단백질 분획물의 동결건조물을 50 mg/ml의 최종 농도로 첨가하고 30°C에서 24시간 동안 진탕 배양한 후 주사전자현미경(Hitachi S-4800, Hitachi High-Technologies Corp., Japan)를 이용하여 유해균의 세포 형태를 관찰하였다.

비성장속도 측정

배양 온도에 따른 젓산균의 비성장속도를 측정하기 위하여 전배양한 젓산균을 MRS배지에 초기 세포 흡광도가 0.1이 되도록 접종한 후 25, 30, 35, 40°C에서 배양하면서 비성

장속도를 측정하였다. HCl (2 N) 또는 NaOH (2 N)를 사용하여 MRS 배지의 초기 pH를 각각 4, 5.5, 7, 9로 조정한 후 초기 세포 흡광도가 0.1이 되도록 접종하고 35°C에서 배양하면서 대수증식기에서 비성장속도를 측정하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복 수행하였으며 측정값은 SPSS (v 20.0, SPSS, IL, USA)를 사용하여 통계처리 하였고 유의성 검증은 일원배치 분산 분석법[35]을 이용하였다.

결과 및 고찰

균주 선발 및 동정

강원도를 비롯한 전국에서 수집한 34점의 발효식품으로부터

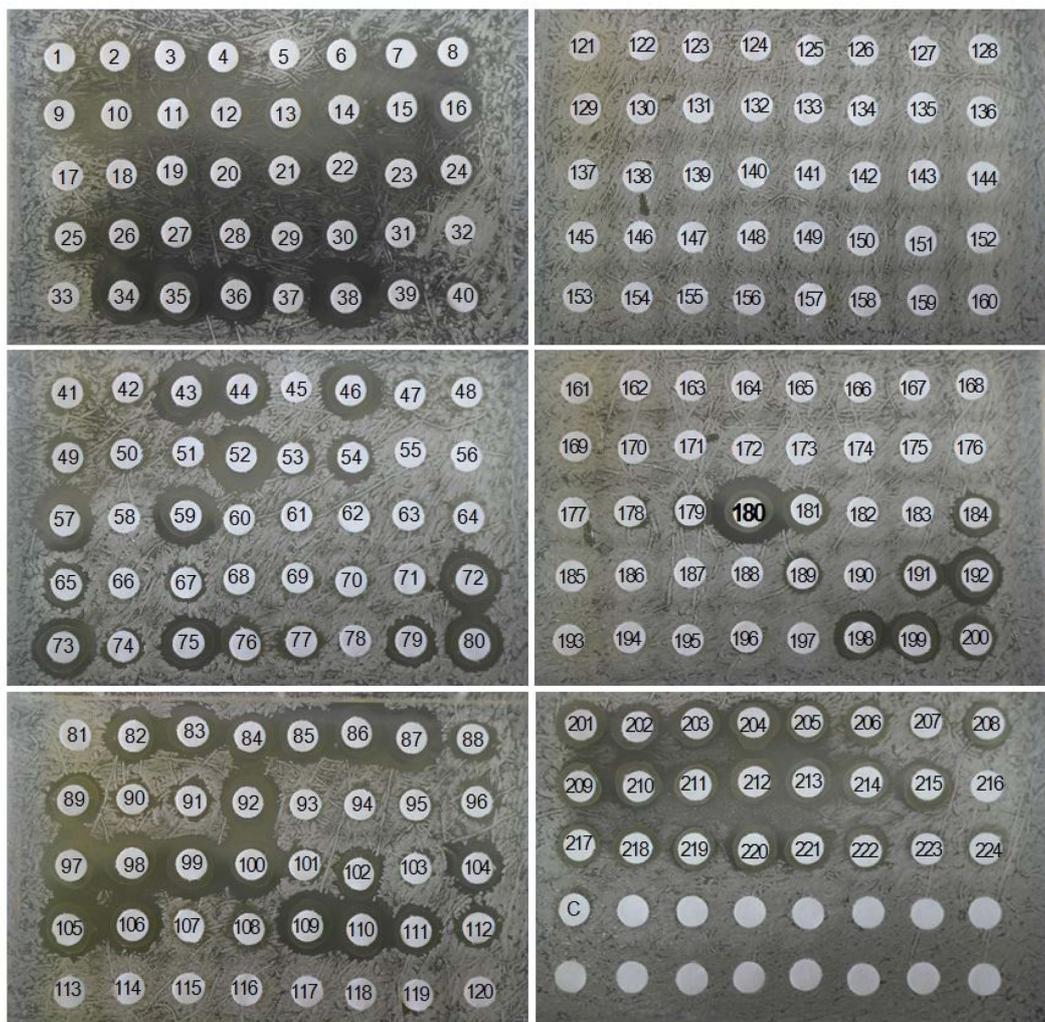


Fig. 1. Antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from fermented foods on the growth of *S. aureus* in TSA plate. 1–224: lactic acid bacteria isolated from traditional fermented foods, C: control (MRS). Cells were grown on TSA plate at 30°C for 24 h.

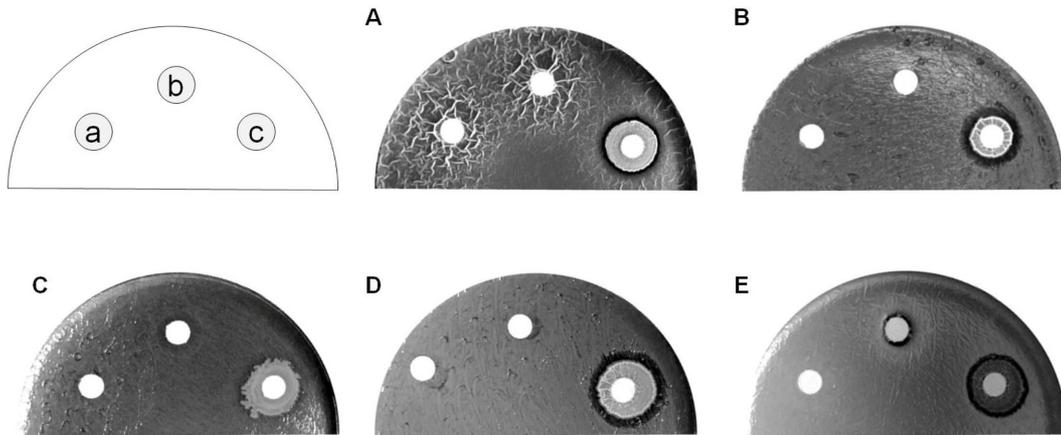


Fig. 2. Antibacterial activity of *L. plantarum* L2167 isolated from pickled mulberry to *L. monocytogenes* (A), *S. epidermidis* (B), *S. Typhimurium* (C), *S. aureus* (D), and *B. cereus* (E). a, control (MRS); b, *L. plantarum* KCTC21004; c, *L. plantarum* L2167. For growth assays, cells were grown at 30°C for 24 h on TSA plate.

터 젖산균 224점을 분리하였다. 분리한 젖산균의 *S. aureus* 균주에 대한 생육 억제활성을 종이 디스크법으로 검정하였다(Fig. 1). *S. aureus* 균주에 대한 젖산균의 생육 억제활성은 *Leu. mesenteroides*, *L. plantarum* 등에 대하여 문헌에 [11, 23] 보고된 바 있으며, 본 연구에서는 발효식품으로부터 분리된 균주 중 88점의 균주가 *S. aureus*에 대한 생육 억제활성을 나타내었다. 가장 넓은 생육억제환(136 ± 10 mm)을 나타낸 뽕잎 장아찌로부터 분리된 관리번호180번 균주를 선발하여 식중독을 유발시키는 균주인 *S. Typhimurium*을 포함한 유해 균주 4종에 대한 생육 억제활성을 평가하였다.

관리번호 180번 균주는 *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* 및 *S. epidermidis* 균주에 대한 생육 억제활성을 나타냈으며(Fig. 2), L2167 균주로 명명하였다. L2167 균주는 16S rDNA 유전자 단편의 염기서열을 분석한 결과 기존에 보고된 *L. plantarum* JCM1149 균주의 16S rDNA 유전자 단편(Genbank No. D79210) [17] 및 대조구로 사용한 *L. plantarum* KCTC21004 균주의 16S rDNA 유전자 단편(Genbank No. KU720560)의 염기서열과 매우 높은 상동성(100%)을 나타내어 *L. plantarum*으로 최종 동정하였다. *L. plantarum* L2167 균주는 한국미생물보존센터에 기탁하였으며(KCCM43174), 16S rDNA 유전자의 염기서열은 Genbank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>)에 KU508622로 등록하였다.

L2167 균주의 항균 활성

L2167 균주는 5종의 유해균 중에서 *S. aureus*에 대하여 상대적으로 가장 우수한 생육 억제활성을 나타냈으며(Fig. 2D), *S. Typhimurium*에 대한 생육 억제활성이 상대적으로 가장 저조하였다(Fig. 2C). 한편 대조구 균주로 사용한 *L.*

plantarum KCTC21004 균주는 *L. monocytogenes*, *S. epidermidis*, *S. Typhimurium* 및 *S. aureus* 균주의 생육을 억제하지 않았으며, *B. cereus* 균주에 대한 생육 억제 활성을 나타냈으나, L2167 균주와 비교하여 억제효과가 미미한 수준이었다(Fig. 2E).

단백질 분획물의 항균 활성

L. plantarum L2167 균주의 배양액, 균체 및 균체가 제거된 상등액으로부터 단백질 분획물을 확보하고 각각의 유해균에 처리한 후 유해균의 세포 형태를 관찰하였다(Fig. 3). 음성 대조구로 사용한 MRS 배지는 5가지 유해균의 세포 형태에 영향을 미치지 않았으며, L2167 균주의 균체 내부 단백질 분획물(intracellular fraction)을 처리하였을 때, 유해균의 세포 표면이 변형되거나 파쇄된 모습을 확인할 수 있었다. 균체 배양액의 단백질 분획물(total fraction)을 처리한 경우, *L. monocytogenes* (Fig. 3A), *S. epidermidis* (Fig. 3B), *S. Typhimurium* (Fig. 3C), *S. aureus* (Fig. 3D) 균주의 세포막이 손상된 모습을 나타냈으나, *B. cereus* (Fig. 3E) 균주에는 영향이 없는 것으로 나타났다. 또한, L2167 균주의 배양액으로부터 균체를 제거한 상등액의 단백질 분획물(extracellular fraction)은 유해균의 세포 형태에 유의적인 영향을 미치지 않았다. 이상의 결과를 바탕으로 L2167 균주의 균체 내부에 존재하는 단백질이 유해균의 세포막을 손상시키는 것으로 추정할 수 있었다. Wong 등[34]은 *L. plantarum* BT85143 균체를 포함하는 배양액으로부터 단백질 분획물을 제작하여 *S. aureus* 균주의 세포막이 손상되는 것을 보고하여, 본 연구의 결과와 유사하였다. 그러나 본 연구에서는 *L. plantarum* L2167 균주의 배양액보다 세포내 단백질이 *S. aureus* 균주의 세포막 손상에 더 유의적인 영향

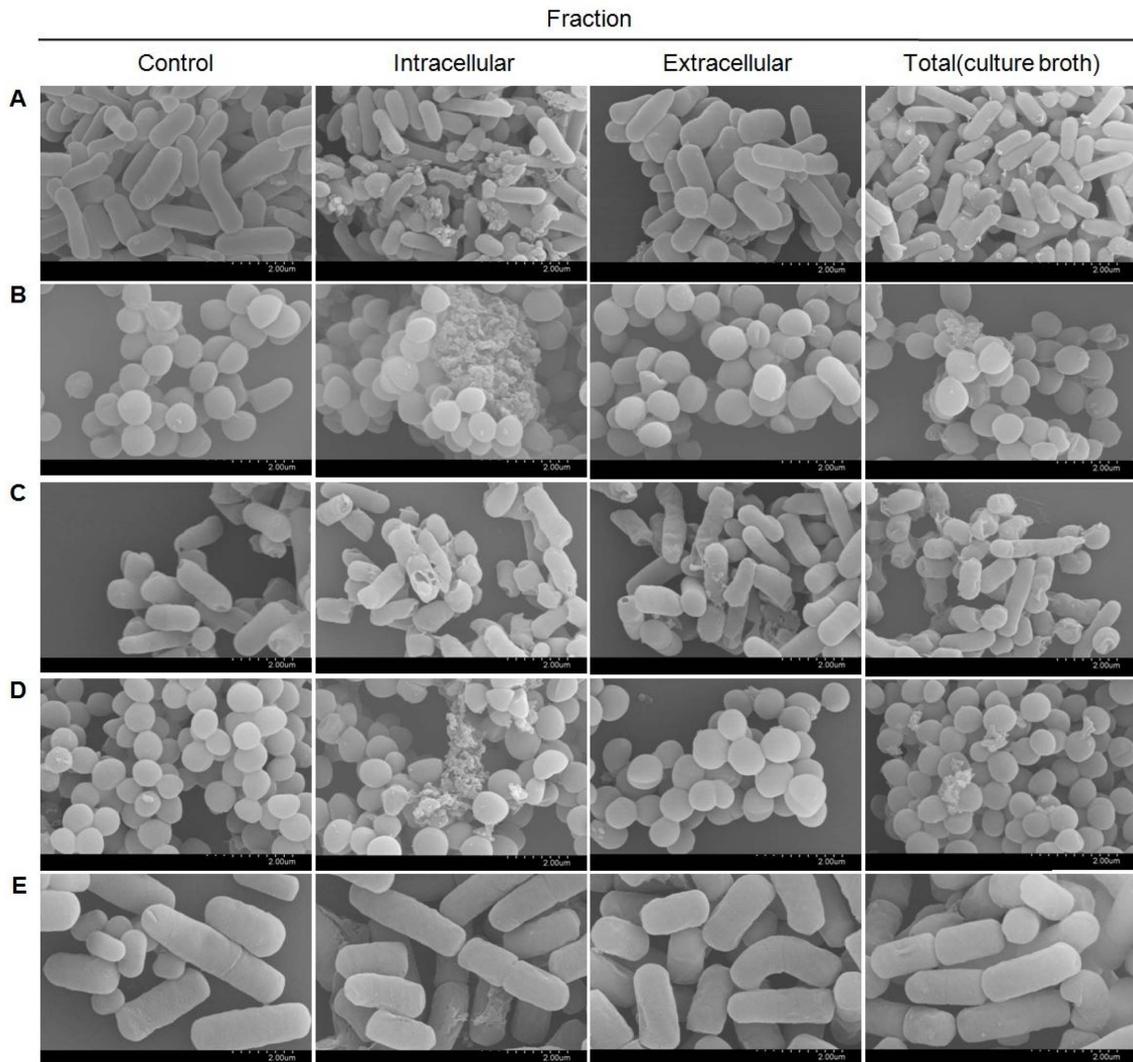


Fig. 3. Scanning electron microscope images of *Listeria monocytogenes* (A), *S. epidermidis* (B), *S. Typhimurium* (C), *S. aureus* (D), and *B. cereus* (E) treated with protein fraction obtained from intracellular, extracellular, and total (culture broth) of *L. plantarum* L2167. Protein fraction prepared from MRS medium was used as control.

을 미친다는 결과를 확보하였으며(Fig. 3D), *L. plantarum* L2167 균주가 *S. aureus* 이외의 4종의 유해균에 대해서도 세포막에 손상을 미친다는 것을 확인할 수 있었다. 치즈로부터 분리된 *L. plantarum* TF711 균주는 *E. coli*, *B. cereus* 및 *S. aureus*에 대하여 생육 억제활성이 있는 것으로 보고된 바 있고[6], 발효소시지에서 분리한 *L. plantarum* FS31 균주가 식중독 관련 유해균인 *L. monocytogenes*, *E. coli*, *S. Enteritidis*에 대한 생육 억제활성[8]을 보유하고 있는 것은 보고된 바 있다.

젖산균이 생산하는 박테리옌은 식품보존제나 항균제로 사용되고 있으며[3], *L. lactis* subsp. *lactis* 균주가 생산하는 nisin은 식중독 미생물의 증식을 억제하여 식품의 천연 보존

제로 사용되고 있고[4], *Pediococcus* 속 균주 중 일부가 생산하는 pediocin은 *Listeria* 속에 대하여 높은 항균활성을 나타내는 것으로 보고되었다[25]. 따라서, 본 연구를 통해 확보한 *L. plantarum* L2167 균주가 생산하는 항균물질에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

빵잎 장아찌로부터 분리된 *L. plantarum* L2167 균주는 식중독 유발균 4점과 각막염 유발균 1점 등 총 5점의 유해균에 대하여 동시에 생육 억제활성을 나타내어 기존에 보고된 *L. plantarum* 균주보다는 유해균 억제 범위가 보다 광범위하였다. 또한, 유해균에 대한 생육 억제를 유발하는 물질은 *L. plantarum* L2167 균체 내부에 존재할 것으로 추정되며 이와 관련하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

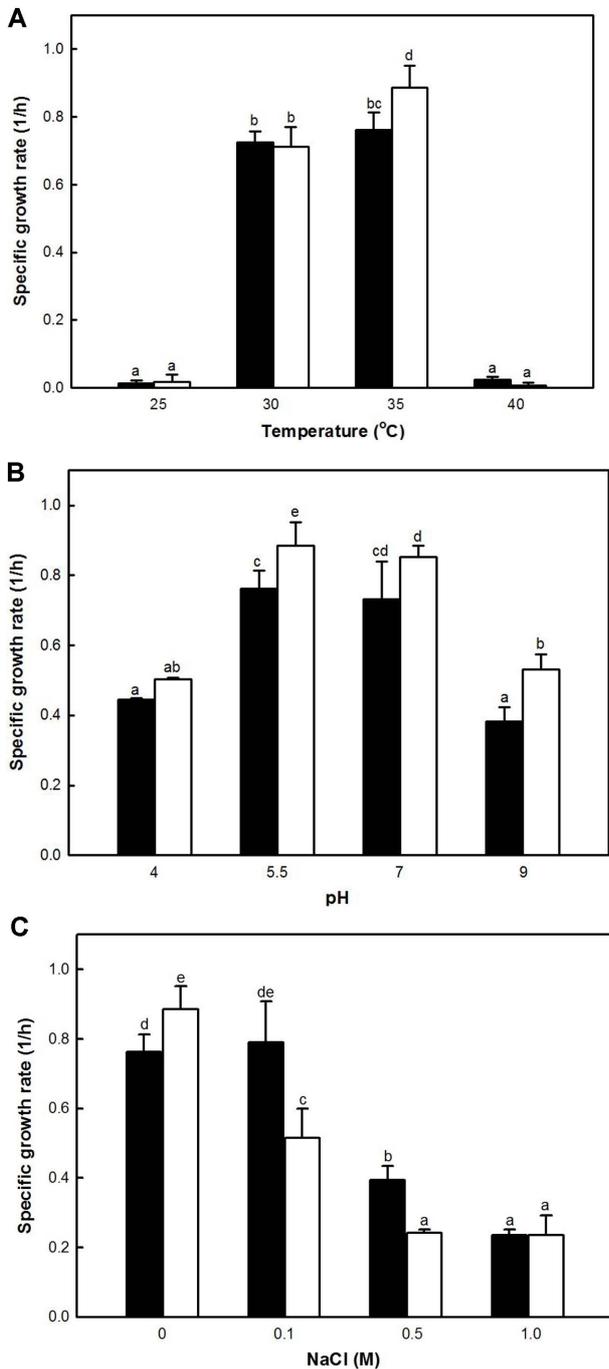


Fig. 4. Influences of temperature (A), pH (B) and NaCl (C) on specific growth rates of *L. plantarum* KCTC21004 (■) and L2167 (□). Averages and standard errors from three independent cultures were shown. Different letters mean significant difference between means.

배양조건에 따른 L2167 균주의 비성장속도

L. plantarum L2167 균주의 생육 특성을 조사하기 위하

여 배양 온도, 배지의 초기 pH 및 NaCl 첨가 농도에 따른 비성장속도를 측정하였다(Fig. 4). 대조구로 사용한 *L. plantarum* KCTC21004 균주와 실험구인 *L. plantarum* L2167 균주는 25°C와 40°C에서 성장하지 못하였으며, 30°C에서는 두 균주의 비성장속도의 유의적인 차이를 관찰할 수 없었다. 그러나 35°C에서 *L. plantarum* L2167 균주의 비성장속도가 (0.87 ± 0.07 1/h)로 대조구 균주의 비성장속도(0.76 ± 0.05 1/h)보다 상대적으로 빠르게 나타났다(Fig. 4A).

배지의 초기 pH를 4, 5.5, 7, 9로 조정하고 *L. plantarum* 균주의 비성장속도를 측정하였다. *L. plantarum* L2167 균주는 초기 pH 5.5에서 가장 빠른 비성장속도를 나타냈다(Fig. 4B). 대조구 균주는 pH 5.5와 pH 7의 배지에서 유사한 수준의 비성장속도를 나타냈지만, 모든 초기 pH 조건에서 *L. plantarum* L2167 균주가 대조구 균주보다 빠른 비성장속도를 나타냈다. 결론적으로 *L. plantarum* L2167 균주는 pH 5.5로 조절된 배지에서 35°C 조건으로 배양하였을 때 가장 빠른 비성장속도를 나타냈다.

MRS 배지에 NaCl을 농도별로 첨가하여 *L. plantarum* L2167 균주와 대조구 균주의 비성장속도를 비교하였다. NaCl 첨가량이 증가할수록 대조구와 실험구 균주의 비성장속도는 느려졌으며(Fig. 4C), 대조구와 실험구 균주는 1M의 NaCl을 첨가하였을 때, NaCl을 함유하지 않은 배지에서의 비성장속도와 비교하여 각각 70%, 74% 감소하였다. *L. plantarum* L2167 균주는 대조구 균주보다 NaCl에 대하여 상대적으로 민감한 것으로 나타나, 현재로서는 염도가 높은 식품의 스타터 균주로 적용하기는 어려운 것으로 판단되었다.

최근 실험실적 진화 등[2]의 기법을 이용하여 *L. delbrueckii* 균주의 lactose operon의 발현을 조절하는 프로모터의 개량에 대한 연구가 보고되었으며[18], Teusink 등[30]은 glycerol을 대사하는 *L. plantarum* 균주의 개량에 대하여 보고하였다. 따라서 실험실적 진화 기법을 이용하여 L2167 균주의 염에 대한 내성을 증진시킨다면 스타터 균주로서 활용 가능성이 있을 것으로 기대된다.

뽕잎 장아찌로부터 분리된 *L. plantarum* L2167 균주는 기존에 보고된 *L. plantarum* 균주와 동일한 균주로 동정 되었지만 유해균에 대한 생육 억제활성 및 배양조건에 따른 생육 특성을 조사한 결과 서로 상이한 특성을 보유하고 있는 것으로 판단되었다. *L. plantarum* L2167 균주는 *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* 및 *S. epidermidis* 등의 유해균에 대한 생육 억제 활성을 동시에 나타냈으며, 균체 내부에 존재하는 단백질이 유해균의 세포막을 손상시키는 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 선발된 균주는 향후 추가연구를 통하여 유해균의 생육을 효율적으로 억제하는 유망한 스타터 균주로 개발될 수 있을 것으로 기대된다.

요약

전국 각지에서 수집된 발효식품으로부터 젖산균을 분리하고 유해균인 *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* 및 *S. epidermidis* 균주에 대하여 생육 억제효능이 강한 L2167 균주를 선발하고, 16S rDNA 분석법을 이용하여 *L. plantarum*로 동정하였다. L2167 균주의 단백질 분획물을 제작하여 *S. aureus* 등 5종의 유해균 배양액에 첨가한 후, 전자현미경으로 관찰하였다. *L. plantarum* L2167 균주의 균체 단백질 분획물은 유해균의 생육을 억제하였으며, 생육 억제활성은 균체 내부에 함유된 단백질이 유해균의 세포막을 파괴하는 것에서 기인하는 것으로 추정되었다. *L. plantarum* L2167은 pH 5.5로 조절된 MRS 배지에서 35°C로 배양하였을 때, 가장 우수한 비성장속도를 나타냈으며, 대조구로 사용된 *L. plantarum* KCTC21004보다 NaCl에 대하여 민감한 특징을 나타내었다. 본 연구를 통하여 선발한 *L. plantarum* L2167 균주는 추가연구를 통하여 유해균의 생육을 효율적으로 억제할 수 있는 스타터 균주로서 개발될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgments

This study was supported by 2014 Research Grant from Kangwon National University (No.120140350).

References

- Baek SY, Tun HJ, Choi HS, Koo BS, Yeo SH. 2010. Isolation and physiological characteristics of microorganisms producing extracellular enzymes from Korean traditional soybean sauce and soybean paste. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* **38**: 379–384.
- Caspeta L, Chen Y, Ghiaci P, Feizi A, Buskov S, Hallstrom BM, et al. 2014. Biofuels. Altered sterol composition renders yeast thermotolerant. *Science* **346**: 75–78.
- De Vuyst L, Leroy F. 2007. Bacteriocins from lactic acid bacteria: production, purification, and food applications. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* **13**: 194–199.
- Delves-Broughton J, Blackburn P, Evans RJ, Hugenholtz J. 1996. Applications of the bacteriocin, nisin. *Antonie van Leeuwenhoek* **69**: 193–202.
- Fullera R. 1989. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* **66**: 365–378.
- Hernandez D, Cardell E, Zarate V. 2005. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from Tenerife cheese: initial characterization of plantaricin TF711, a bacteriocin-like substance produced by *Lactobacillus plantarum* TF711. *J. Appl. Microbiol.* **99**: 77–84.
- Hold GL, Pryde SE, Russell VJ, Furrer E, Flint HJ. 2002. Assessment of microbial diversity in human colonic samples by 16S rDNA sequence analysis. *FEMS Microbiol. Ecol.* **39**: 33–39.
- Hong SW, Bae HJ, Chang JH, Kim SY, Choi EY, Park BY, et al. 2013. Isolation and identification of bacteriocin-producing lactic acid bacteria. *Korean J. Dairy Sci. Technol.* **31**: 153–159.
- Jung SY, Seo HS. 2006. The experimental study on anti-bacterial potency of various herb-medicine used for eye disease on *Staphylococcus epidermidis keratitis*. *J. Korean Ori. Med. Ophthalmol. Otolaryngo. Demeto.* **19**: 123–134.
- Kang HK, Seo OS, Choi HC, Chae HS, Na JC, Bang HT, et al. 2010. Effect of dietary supplementation of fermented by-products of garlic and onion on production performance, blood components and cecal microflora in broiler chicks. *Korean J. Poult. Sci.* **37**: 433–438.
- Kao CT, Frazier WC. 1966. Effect of lactic acid bacteria on growth of *Staphylococcus aureus*. *Appl. Microbiol.* **14**: 251–255.
- Kim DH, Song HP, Sohn JS, Cha BS, Shin MG, Byun MW. 2002. Effects of fermentation to improve hygienic quality of powdered raw grains and vegetables raw grains and vegetables using *Lactobacillus sp.* isolated from kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**: 765–769.
- Kim JR, Kim YK, Kim DH. 2013. Effects of anti-microbial materials on storages of low salted *doenjang*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **42**: 1864–1871.
- Kim MS, Kim SS, Ha BS, Park HY, Beak SY, Yeo SH, et al. 2014. Diversity, saccharification capacity, and toxigenicity analyses of fungal isolates in *nuruk*. *Korean J. Mycology* **42**: 191–200.
- Klaenhammer TR. 1988. Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie.* **70**: 337–349.
- Kook MC, Cho SC, Park H, Kim SS, Pyun YR, Choi WY, et al. 2011. Protease activity of lactic acid bacteria isolated from Korean traditional fermented food. *Food Eng. Prog.* **15**: 182–187.
- Kubota H, Senda S, Tokuda H, Uchiyama H, Nomura N. 2009. Stress resistance of biofilm and planktonic *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum* JCM 1149. *Food Microbiol.* **26**: 592–597.
- Lapierre L, Mollet B, Germond JE. 2002. Regulation and adaptive evolution of lactose operon expression in *Lactobacillus delbrueckii*. *J. Bacteriol.* **184**: 928–935.
- Lee CH. 1997. Lactic acid fermented foods and their benefits in Asia. *Food Control* **8**: 259–269.
- Lee HY, Lee JS, Kim DH, Lee SG, Lee YJ, Kim MD. 2012. Extraction methods influence inhibitory effects of *Agrimonia pilosa* on the growths of meat-poisoning lactic acid bacteria. *Food Eng. Prog.* **16**: 180–184.
- Lee NK, Kim SY, Chang HI, Park EJ, Paik HD. 2013. Immunomodulatory and antigenotoxin properties of *Bacillus amyloliquefaciens* KU801. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* **41**: 249–252.
- Lee YS, Sohn HS, Rho JO. 2011. The antibacterial effects of *Backryeoncho*(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*) extracts applied to kimchi fermentation with lactic acid bacteria and food poisoning bacteria. *Korean J. Human Ecology* **20**: 1213–1222.
- Liu H, Gao Y, Yu LR, Jones RC, Elkins CA, Hart ME. 2011. Inhibition of *Staphylococcus aureus* by lysostaphin-expressing *Lactobacillus*

- plantarum* WCFS1 in a modified genital tract secretion medium. *Appl. Environ. Microbiol.* **77**: 8500–8508.
24. Makarova K, Slesarev A, Wolf Y, Sorokin A, Mirkin B, Koonin E, et al. 2006. Comparative genomics of the lactic acid bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* **103**: 15611–15616.
 25. Nes IF, Diep DB, Havarstein LS, Brurberg MB, Eijsink V, Holo H. 1996. Biosynthesis of bacteriocins in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* **70**: 113–128.
 26. Ryu BH, Cho SH, Ha SW, Park KM, Kang KH. 1998. Changes of the intestinal microflora and fecal properties by intake of yoghurt added capsulated or uncapsulated bifidobacteria. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **26**: 221–225.
 27. Sallami L, Marcotte M, Naim F, Ouattara B, Leblanc C, Saucier L. 2006. Heat inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* serovar Typhi in a typical bologna matrix during an industrial cooking-cooling cycle. *J. Food Prot.* **69**: 3025–3030.
 28. Shin DH. 2010. Globalization trends and prospect of Korean traditional fermented foods. *Food Sci. Ind.* **43**: 69–82.
 29. Sim SH, Kim MD. 2015. Characteristics of lactic acid production by *Lactobacillus buchneri* isolated from *Kimchi*. *Microbiol. Biotechnol. Lett.* **43**: 286–290.
 30. Teusink B, Wiersma A, Jacobs L, Notebaart RA, Smid EJ. 2009. Understanding the adaptive growth strategy of *Lactobacillus plantarum* by *in silico* optimisation. *PLoS Comput. Biol.* **5**: 1–8.
 31. Varga C, Pearl DL, McEwen SA, Sargeant JM, Pollari F, Guerin MT. 2015. Area-level global and local clustering of human *Salmonella* Enteritidis infection rates in the city of Toronto, Canada, 2007–2009. *BMC Infect Dis.* **15**: 359.
 32. Vuong C, Otto M. 2002. *Staphylococcus epidermidis* infections. *Microbes Infect.* **4**: 481–489.
 33. Wang Q, Hu C, Ke F, Huang S, Li Q. 2010. Characterization of a bacterial biocontrol strain 1404 and its efficacy in controlling postharvest citrus anthracnose. *Wei. Sheng. Wu. Xue. Bao.* **50**: 1208–1217.
 34. Wong CB, Khoo BY, Sasidharan S, Piyawattanametha W, Kim SH, Khemthongcharoen N, et al. 2015. Inhibition of *Staphylococcus aureus* by crude and fractionated extract from lactic acid bacteria. *Benef. Microbes.* **6**: 129–139.
 35. Wu G, Nie L, Freeland SJ. 2007. The effects of differential gene expression on coding sequence features: analysis by one-way ANOVA. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **358**: 1108–1113.