

## Pediococci 선택배지를 이용한 김치 유래 Pediococci 검출

이명재 · 이종훈\*  
경기대학교 식품생물공학과

**Detection of Pediococci in Kimchi Using Pediococci Selective Medium.** Lee, Myeongjae and Jong-Hoon Lee\*. Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University, Suwon 443-760, Korea – Pediococci selective medium (PSM) supplemented with ampicillin (A) reported as valid for the detection and enumeration of pediococci included in foods and animal feed was evaluated for the selective detection of the genus *Pediococcus* in kimchi. PSM is based on the complex basal medium MRS supplemented with cysteine hydrochloride, vancomycin, novobiocin, and nystatin. In the medium evaluation with known species, the growth inhibition of leuconostocs, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus curvatus*, *Oenococcus oeni*, and *Streptococcus thermophilus* was not confirmed. In the application of kimchi samples on the selective medium, leuconostocs, *P. pentosaceus*, *Weissella koreensis*, *Lb. curvatus*, *Lactobacillus brevis*, and *Lactobacillus sakei* were detected. PSM+A was proved to be not applicable for the detection of pediococci in kimchi.

**Key words:** Pediococci selective medium, kimchi, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Weissella*

### 서 론

우리나라 고유의 전통식품인 김치는 주원료 배추, 무 등에 고춧가루, 마늘, 젓갈 등 다양한 향신료를 첨가하여 발효시킨 채소발효식품으로, 이들 원료와 미생물에 의한 적당한 발효가 어우러져 고유한 풍미가 만들어 진다.

계속적으로 증가하고 있는 여성의 사회진출 및 핵가족화로 김치산업이 급속히 발전하고 있고, 김치의 Codex 등록 이후 세계로 널리 알려짐에 따라 다양한 측면에서 김치 관련 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 원료에서 유래한 미생물의 자연발효에 의해서 풍미가 만들어지는 김치의 특성으로 인하여 김치발효 관련 미생물 연구도 지속적으로 진행되고 있다.

지금까지 *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* 속에 속하는 다양한 유산균들이 김치발효에 관여한다는 사실이 밝혀졌고, 숙성과정에서 발견되는 유산균 중, *Leuconostoc* 속은 발효 초기에 주로 검출되고 적숙기 이후에는 *Lactobacillus* 속이 검출되는 것으로 보고되었다[11, 17, 18, 23]. 특히 발효 후기에 검출되는 *Lactobacillus* 속 중에서 많은 수가 *Lactobacillus plantarum* 으로 동정되어, *Leuconostoc* 속은 김치에 풍미를 부여하는 유익균으로 *Lb. plantarum*은 산패균으로 인식되었다[11, 18].

2000년 이후에는 계통발생학적 분류체계 및 분자생물학적 방법론이 김치유산균의 검출 및 동정에 도입되면서, 형태 및

생리학적 특성에 근거한 고전적 동정법에 의해서 진행된 연구와는 다른 결과들이 도출되고 있다. *Lactobacillus kimchii* [24], *Leuconostoc kimchii*[8], *Weissella kimchii*[3], *Weissella koreensis*[13], *Leuconostoc inhae*[7], *Tetragenococcus koreensis*[14]와 같은 신종 유산균의 발굴 외에도 이미 환경 미생물 분야에서 미생물생태계 분석에 사용하였던 배양 비의존적 16S ribosomal RNA 유전자(16S rDNA) clone 분석을 비롯하여, DGGE(denaturing gradient gel electrophoresis), T-RFLP(terminal restriction fragment length polymorphism)와 같은 genetic fingerprinting 기술뿐만 아니라 microarray 분석이 김치유산균 연구에 적용되어 김치발효 과정 중, 미생물 천이에 대한 해석이 진행되었고, 우점종에 대한 해석에도 변화가 생겼다[1, 2, 9, 12, 19, 20]. 이들 연구에서 공통적으로 언급되고 있는 주요 내용은 기존의 주발효균과 산패균으로 인식되었던 *Leuconostoc mesenteroides* 와 *Lb. plantarum*보다는 *W. koreensis*를 비롯한 *Weissella* 속 및 *Lactobacillus sakei*가 발효온도에 관계 없이 김치발효에 크게 관여하는 우점종이라는 사실, 초기 및 중기의 발효를 주도하는 것으로 알려진 *Lc. mesenteroides* 외에도 *Lc. kimchii* 및 *Lc. inhae*와 같은 신규 균주와 *Lc. carnosum*, *Lc. citreum*, *Lc. gasicomitatum*, *Lc. gelidum*, *Lc. lactis*와 같은 다양한 *Leuconostoc* 속 유산균이 김치발효에 관여하는 점, 이미 초기의 김치미생물연구[17, 23]에서 *Lb. plantarum* 이 저온발효에서 검출되지 않는다고 제시된 바 있지만, *Lb. plantarum*의 생장이 온도에 크게 영향을 받아 저온발효 김치에서는 발효 후기의 우점종으로 발전하지 못한다는 점을 들 수 있다.

\*Corresponding author

Tel: 82-31-249-9656, Fax: 82-31-253-1165

E-mail: jhl@kyonggi.ac.kr

분자생물학적 방법에 의한 꾸준한 김치유산균 연구의 결과로 *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Weissella* 속 유산균의 김치발효 과정 중 생육에 대한 새로운 결과들이 도출되었지만, microarray를 이용하여 김치유산균을 검출한 보고[1]를 제외하면 *Pediococcus* 속 유산균의 김치발효 관련성을 언급한 보고는 찾을 수 없다. 따라서 본 연구에서는 pediococci 선발배지 및 선발배지에서 생육한 균주의 16S rDNA 염기서열 분석에 의한 동정을 통하여 *Pediococcus* 속 유산균의 김치발효 관련성을 재검토해 보았다.

### Pediococci 선발배지의 유효성 검증

Comité Européen de Normalisation(CEN)과 International Organization for Standardization(ISO) 표준 시험법의 채택을 위하여 2003년 Leuschner 등[15]이 수행한 probiotic pediococci 계수법의 검증실험에 따르면, 0.05%(w/v) cysteine hydrochloride를 첨가한 MRS 한천배지에 항생물질 vancomycin과 novobiocin, nystatin을 각각 10 µg/mL, 0.1 µg/mL, 50 U/mL가 되도록 첨가한 pediococci selective medium (PSM)은 첨가되는 novobiocin과 vancomycin에 의하여 다수의 bacilli, enterococci, lactobacilli, streptococci를 저해할 뿐만 아니라 lactococci, propionibacteria, bifidobacteria와 yeast 생장을 저해하지만 pediococci는 저해하지 않아 동물 사료나 사일리지 첨가제의 제조에 첨가된 pediococci의 선택적 계수에 적합하고, pediococci의 수가 10% 이하로 존재하는 경우에도 적용 가능한 것으로 보고되었다. 그러나 novobiocin과 vancomycin은 *Lb. plantarum*을 저해하지 못한다는 보고[5]에 따라 Simpson 등[21]이 몇몇의 lactobacilli를 대상으로 PSM의 선택성을 검증해 본 결과 *Lb. plantarum* 뿐만 아니라 *Lb. casei*도 저해하지 못하는 것으로 판명되었다. 따라서 1 µg/mL의 ampicillin(A)을 첨가한 PSM+A를 제조하여 pediococci에 대한 선택배지의 효용성이 증가한 것을 확인하였다.

한편, 본 연구는 김치로부터의 pediococci 검출을 목표로 하고 있어, 김치에 다수로 존재하는 lactococci, lactobacilli, enterococci, streptococci 외에도 leuconostocs의 존재를 간과할 수 없다. *Leuconostoc* 속에 대한 PSM의 선택성 검토를 위하여 leuconostocs의 항생물질 저항성을 조사한 결과, vancomycin 및 novobiocin에 대한 MIC(minimal inhibition concentration)가 각각 500 µg/mL 및 10 µg/mL 이상으로 보고되어 PSM에 첨가하는 두 항생물질의 양으로는 leuconostocs의 생육을 저해할 수 없는 것으로 추정되었다[4, 22]. 그러나 본 연구자들의 조사에 따르면 PSM+A가 발표된 이후 새로운 pediococci 선발배지에 대해 보고된 예가 없어, 현 시점에서 PSM+A의 사용만으로는 pediococci의 선발이 불가능한 것으로 나타났다.

PSM+A에서 생육한 균주를 대상으로 2차 선발을 거쳐

leuconostocs를 제외하기 위하여 leuconostocs 선발배지를 조사한 결과, PES(phenylethanol sucrose) 배지, LUSM (leuconostocs selective medium), NLS(novobiocin leuconostocs selective) 배지가 유용한 것으로 보고되었다[4]. Vancomycin을 30 µg/mL 첨가하는 LUSM을 2차 선발에 사용하면 pediococci는 leuconostocs와 거의 동일한 vancomycin 내성을 가지고 있어 두 균의 구분이 쉽지 않을 것으로 예상된다. 2,000 µg/mL 이상의 vancomycin MIC를 나타내는 *Lb. plantarum*과 *Lb. brevis*를 5 µg/mL의 novobiocin의 첨가로 억제할 수 있는 NLS 배지는 발효침채류 유래 leuconostocs의 선발에 유용한 것으로 보고되었지만, PSM+A에 비해 50 배 높은 농도의 novobiocin을 첨가하기 때문에 pediococci의 생육저해를 초래할 가능성을 가지고 있다. 한편 leuconostocs는 sucrose 존재 시 dextransucrase를 분비하여 점질의 dextran을 생성하는 특징을 지니고 있어 sucrose가 첨가된 PES 배지를 이용한다면 점질물질을 생성하는 leuconostocs를 쉽게 제외할 수 있을 것으로 추정하여, leuconostocs의 제거를 위한 2차 선별배지로 phenylethanol 한천배지(Difco, USA)에 2% sucrose를 첨가한 PES 한천배지를 선정하였다[6].

PSM+A와 PES 한천배지를 이용하여 김치에 존재하는 pediococci의 존재를 확인하기로 하고, 두 배지의 유효성을 공시 균주를 이용하여 검토해 보았다(Table 1). 본 실험에 사용한 공시 유산균은 Korean Collections for Type Cultures (KCTC), Korean Culture Center for Microorganisms (KCCM), 한국식품연구원(KFRI), ATCC the global bio-resource center로부터 구입하였고, Lactobacilli MRS 액체배지(Difco, USA) 또는 1.5%(w/v) 한천을 첨가한 고체배지를 사용하여 30°C, 미호기성 조건에서 배양한 다음, 선발배지에서의 생육을 검토하였다.

본 연구에서 실시한 배지평가에 따르면 기존에 보고된 PSM+A 한천배지의 유효성 결과[21]와는 달리 *Pediococcus pentosaceus*와 leuconostocs 외에도 *Lb. casei*, *Lb. curvatus*, *Oenococcus oeni*, *Streptococcus thermophilus*에 대한 생육 저해가 발생하지 않았다. PES 한천배지에서는 leuconostocs와 *S. thermophilus*가 생육하였지만, leuconostocs만이 다당을 형성하여 PES 배지의 leuconostocs 선발에 대한 유용성은 확인되었다. 따라서 PSM+A는 김치와 같은 발효침채류에 존재하는 *Pediococcus* 속을 선택적으로 검출하기에는 부적합한 것으로 나타났고, PES 배지와 함께 사용하여 leuconostocs를 선별하더라도 PSM+A 한천배지에서 성장한 *Lb. curvatus*와 같은 일부 *Lactobacillus* 속의 혼입이 예상된다.

### PSM+A 및 PES 한천배지를 이용한 김치 유래 pediococci 검출

두 배지를 사용하여 김치에 존재하는 pediococci의 검출을 시도한다면 유제품 발효에 관여하는 *Lb. casei*나 *S.*

**Table 1. Growth of reference strains on selective media.**

No.	Reference strain	Strain designation	Selective media	
			PSM+A agar	PES agar
1	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	ATCC 29521	X	X
2	<i>Enterococcus faecalis</i>	KCTC 2011	X	X
3	<i>Enterococcus faecium</i>	KCCM 12118 <sup>T</sup>	X	X
4	<i>Lactobacillus brevis</i>	ATCC 14869 <sup>T</sup>	X	X
5	<i>Lactobacillus casei</i>	KCTC 12452	O	X
6	<i>Lactibacillus curvatus</i>	KCTC 3767 <sup>T</sup>	O	X
7	<i>Lactobacillus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	ATCC 7962	X	X
8	<i>Lactobacillus paraplantarum</i>	ATCC 700211 <sup>T</sup>	X	X
9	<i>Lactobacillus pentosus</i>	KCCM 40997 <sup>T</sup>	X	X
10	<i>Lactobacillus plantarum</i>	KCTC 3108 <sup>T</sup>	X	X
11	<i>Lactobacillus sakei</i> ssp. <i>sakei</i>	KCCM 3603 <sup>T</sup>	X	X
12	<i>Oenococcus oeni</i>	KCTC 3072	O	X
13	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	KFRI 833	O	X
14	<i>Streptococcus mutans</i>	KCTC 3065	X	X
15	<i>Streptococcus thermophilus</i>	ATCC 14485	O	O
16	<i>Weissella kimchii</i>	KCCM 41287	X	X
17	<i>Leuconostoc carnosum</i>	KCTC 3525 <sup>T</sup>	O	O
18	<i>Leuconostoc citreum</i>	KCTC 3526 <sup>T</sup>	O	O
19	<i>Leuconostoc citreum</i>	KCTC 3524	O	O
20	<i>Leuconostoc fallax</i>	KCTC 3537 <sup>T</sup>	O	O
21	<i>Leuconostoc fruticosum</i>	KCTC 3544 <sup>T</sup>	O	O
22	<i>Leuconostoc gelidum</i>	KCTC 3527	O	O
23	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>dextranicum</i>	KCTC 3530 <sup>T</sup>	O	O
24	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>mesenteroides</i>	KCTC 3100	O	O

<sup>T</sup>, type strain; KCTC, Korean Collections for Type Cultures; KCCM, Korean Culture Center for Microorganisms; ATCC, American Type Culture Collection; KFRI, Korea Food Research Institute.

Symbols: O, growth; X, non-growth.

PSM+A agar contains 10 µg/mL vancomycin, 0.1 µg/mL novobiocin, 50 U/mL nystatin, and 1 µg/mL ampicillin. PES agar is made by adding 2% sucrose to phenylethanol agar (Difco).

*thermophilus*와 포도주의 malolactic fermentation[16]에 관여하는 *O. oeni*의 검출은 거의 없을 것으로 예상되지만, PSM+A 한천배지에서 생육한 균주들 중, PES 한천배지를 이용하여 *leuconostocs*를 제외시키더라도 김치발효에 관여하는 *Lb. curvatus*의 혼입이 발생할 것으로 예상된다. *Lb. curvatus*의 혼입을 저지하기 위하여 *lactobacilli*의 생육저해에 대한 효과가 보고된 ampicillin을 Simpson 등[21]이 사용한 양보다 2배 높여 2 µg/mL로 첨가한 PSM+A 한천배지를 사용한 결과, *Lb. casei*는 저해되었지만 *Lb. curvatus*는 저해되지 않은 반면 *P. pentosaceus*의 생육이 저해되어 ampicillin의 증량으로 *Lb. curvatus*의 혼입에 대한 문제점이 해결되지 않는 것으로 나타났다. 그러나 김치유산균 연구에서 PSM+A의 적용 가능성 검토를 위하여 *P. pentosaceus*의 생육을 저해하지 않는 범위에서 ampicillin(1.5 µg/mL)을 첨가한 PSM+A 한천배지를 이용하여 1차 선별을 수행하였다.

배추김치는 실험실에서 제조한 다음, 15°C에서 보존하면서 발효실험에 따라 초기, 적숙기, 후숙기 시점으로 예상되는 2일, 7일, 15일에 *Pediococcus* 속 유산균 검출을 위한 시료로 사용하였다. 시료는 멸균된 거즈로 여과한 후, 생리식염수로

적당히 희석하여 약 200 colony가 형성되도록 1차 선별배지인 PSM+A 한천배지에 도말하였다. 발효 초기, 적숙기, 후숙기 김치로부터 각각 110, 87, 77 균주를 선별하였고, 이들 균주 중 *leuconostocs*의 선별을 위해 2차 선별배지인 PES 한천배지에서 선별 균주의 생장 및 다당 생성을 확인하였다 (Table 2). 발효 초기의 김치에서 110균주 중 10균주, 적숙기의 김치 87균주 중 7균주가 다당을 생성하여 *leuconostocs*로 추정되었지만 후숙기의 김치에서는 다당 생성균이 검출되지 않았다. 이는 기존의 김치미생물 연구에서 보고된 *leuconostocs*가 초기 김치발효 관련 주요 유산균이라는 보고와 일치한다[11, 17, 18, 23]. 각 발효단계에서 *leuconostocs*를 제외하고 선별된 균주는 colony 형상에 따라 8개 그룹으로 나누고, 각 그룹별로 2개씩 총 16개 균주의 16S rDNA 염기서열을 결정하여 동정하였다.

선별 균주의 16S rDNA의 PCR 증폭을 위한 primer는 본 연구자들이 기존에 사용한 universal primer(16F: 5'-GAA CGC TGG CGG CGN GCY T-3'; 16R: 5'-TGA CGG GCG GTG TGT ACA AG-3')를 사용하였다[10]. 선별 균주의 total DNA는 MRS 액체배지에서 30°C, 24시간 배양한 균

체로부터 DNeasy® tissue kit(Qiagen, Germany)을 사용하여 추출하였다. PCR 반응에는 UNO II thermal cycler(Biometra, Germany)를 사용하였으며, 100 µL 반응계에는 20 ng DNA, 0.25 mM dNTP, 1 U Taq polymerase(Roche, Germany) 및 20 pmol의 primer를 첨가하였다. 반응조건은 95°C에서 5분 예비가열 후, 95°C 1분간 변성, 69°C 1분 annealing, 72°C 1분 합성의 과정을 30회 반복하여 수행하였다. PCR에 의하여 증폭된 단편은 전기영동한 다음, 0.8% agarose gel로부터 Solutions gel extraction kit(SolGent, Korea)을 사용하여 회수하였고, pGEM-T Easy vector(Promega, USA)에 cloning하였다. 재조합 plasmid에 삽입된 단편의 염기서열은 수탁업체(SolGent)에 의뢰하여 결정하였다. 결정된 염기서열은 nucleotide blast search(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)를 이용하여 기존에 보고된 미생물과의 상동성 비교를 통하여 동정하였다.

발효 초기 김치에서 선발된 16 균주는 모두 *W. koreensis* 로 동정되었고, 적숙기 김치에서는 12종의 *Lb. brevis*, 2종의 *Lb. sakei*, 2종의 *P. pentosaceus*의 존재가 확인되었으며, 후숙기 김치에서는 15종의 *Lb. sakei*, 1종의 *Lb. curvatus* 존재가 확인되었다(Table 2).

공시 균주를 이용한 배지평가 결과에 따른 예상과는 달리 *Lb. curvatus* 외에도 *W. koreensis*, *Lb. brevis*, *Lb. sakei*의 생육이 PSM+A 한천배지에서 나타남에 따라, 김치를 비롯한 발효침채류의 발효에 관여하는 pediococci의 선택적 선발에는 PSM+A가 사용될 수 없음이 재확인되었다. 배지평가에서 *Lb. brevis*와 *Lb. sakei*가 생육하지 않았음에도 불구하고 PSM+A 한천배지에서 성장하는 이들 균주가 분리되는 것으로 보아 같은 종의 미생물에서도 균주에 따라 항생물질 저항성에 차이가 있음이 시사되었고, 김치로부터 분리된 lactobacilli 균주 중의 많은 수가 novobiocin, vancomycin, ampicillin에 대해 기존에 보고된 lactobacilli들보다 높은 저항성을 가지고 있는 것으로 추측된다.

발효단계 별로 동정된 소수의 균주들의 결과를 기준으로, 김치 숙성과정 중의 유산균 천이를 논하기에는 다소 무리가 있지만, 본 실험의 결과는 2000년 이후에 진행된 분자생물학적 방법으로 도출된 결과들과 크게 다르지 않다. 이들 결과에 따르면 *W. koreensis*는 발효 초기에서 중기에 걸쳐, *Lb.*

*sakei*와 *Lb. brevis*, *Lb. curvatus*는 발효 후기에 우점하고, *Lb. brevis*와 *Lb. curvatus*는 *Lb. sakei*에 비해 소수로 존재하는 것으로 보고되었다[20]. 본 연구에서는 적숙기에 *Lb. brevis*가 *Lb. sakei*에 비해 우점적으로 검출되기는 하였지만, 이러한 결과는 김치의 발효온도가 다소 높은 15°C에서 진행되어 *Lb. sakei*에 비해 *Lb. brevis*가 선택적으로 성장했을 가능성이 있으며, 항생물질 내성이 강한 균주들의 선택적 증식으로 추정된다. 선택배지와 고전적 동정법에 의해서 진행된 2000년 이전의 김치미생물 연구에 따르면 김치 유래 pediococci는 발효 적숙기에 증가했다가 후기에 급속히 감소하는 것으로 보고되었고[11, 18], Bae 등[1]이 microarray를 이용하여 김치유산균을 검출한 연구에서도 *P. pentosaceus*가 적숙기 이후에 많이 검출되는 것으로 보고되었다. 본 연구에서도 *P. pentosaceus*의 검출시점이 김치발효 적숙기인 것으로 확인되어, pediococci가 김치미생물 군집 내에서 차지하는 비중은 lactobacilli에 비해 크지 않지만 적숙기에 최고점에 달하는 것으로 추정된다.

본 연구는 leuconostocs가 크게 관여하는 발효침채류에 존재하는 pediococci의 선택적 검출에 PSM+A가 유용하지 않음을 규명하였고, pediococci의 김치발효 관련성 및 발효과정 중의 증식 단계 예측에 도움을 주었다는 측면에서 그 의의를 찾을 수 있다.

요 약

분자생물학적 방법에 의한 김치유산균 연구의 진행으로 *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Weissella* 속 유산균의 김치발효 과정 중 생육에 대한 새로운 결과들이 도출되었지만, *Pediococcus* 속의 생육에 대한 새로운 결과는 거의 보고되지 않았다. 본 연구에서는 김치에 존재하는 *Pediococcus* 속 유산균의 존재에 대한 재조명을 위하여 ampicillin(A)의 첨가로 pediococci의 선발 유효성이 향상된 것으로 보고된 pediococci selective medium(PSM)+A를 이용하여 pediococci 선택적 검출의 유효성을 검토한 결과, 기존에 보고된 결과와는 달리 *Pediococcus pentosaceus* 외에도 leuconostocs, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus curvatus*, *Oenococcus oeni*, *Streptococcus thermophilus*에 대한 생육저해가 발생하

Table 2. Numbers of selected bacteria on PSM+A and PES agars and their identification results.

Kimchi sample <sup>1)</sup>	Selective media		Identification result <sup>2)</sup>
	PSM+A agar	PES agar	
Initial stage	110	10	<i>W. koreensis</i> (16)
Optimally-ripened	87	7	<i>Lb. brevis</i> (12), <i>Lb. sakei</i> (2), <i>P. pentosaceus</i> (2)
Over-ripened	77	0	<i>Lb. sakei</i> (15), <i>Lb. curvatus</i> (1)

<sup>1)</sup> Baechu-kimchi, the most common type of kimchi, was prepared at laboratory and incubated at 15°C. Samples at initial stage, optimally-ripened, and over-ripened were collected at days 2, 7, and 15, respectively.

<sup>2)</sup> Sixteen isolates were identified by 16S rDNA sequence determination and the number in the parenthesis indicates the numbers of identified isolates.

지 않았다. PSM+A 한천배지를 이용하여 김치에 생육하는 미생물을 검출한 경우, *Leuconostocs*, *P. pentosaceus*, *Weissella koreensis*, *Lb. curvatus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus sakei*가 생육하여 김치와 같은 발효침채류의 발효에 관여하는 *pediococci*의 선택적 선발에는 PSM+A가 유효하지 않은 것으로 확인되었다.

### 감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2008년 산학협력 기업부설연구소 설치 지원사업의 지원을 받아 수행되었음.

### REFERENCES

- Bae, J.-W., S.-K. Rhee, J. R. Park, W.-H. Chung, Y.-D. Nam, I. Lee, H. Kim, and Y.-H. Park. 2005. Development and evaluation of genome-probing microarrays for monitoring lactic acid bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* **71**: 8825-8835.
- Chang, H.-W., K.-H. Kim, Y.-D. Nam, S. W. Roh, M.-S. Kim, C. O. Jeon, H.-M. Oh, J.-W. Bae. 2008. Analysis of yeast and archaeal population dynamics in kimchi using denaturing gradient gel electrophoresis. *Int. J. Food Microbiol.* **126**: 159-166.
- Choi, H.-J., C.-I. Cheigh, S.-B. Kim, J.-C. Lee, D.-W. Lee, S.-W. Choi, J.-M. Park, and Y.-R. Pyun. 2002. *Weissella kimchii* sp. nov., a novel lactic acid bacterium from kimchi. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **52**: 507-511.
- Choi, H.-J., Y.-J. Shin, J.-H. Yu, and S.-S. Yoon. 1996. A new selective medium for the isolation and the detection of *Leuconostocs* in foodstuffs. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **28**: 279-284.
- Danielson, M. and A. Wind. 2003. Susceptibility of *Lactobacillus* spp. to antimicrobial agents. *Int. J. Food Microbiol.* **82**: 1-11.
- Eom, H.-J., D. M. Seo, H. S. Yoon, H. B. Lee, and N. S. Han. 2002. Strain selection of psychrotrophic *Leuconostoc mesenteroides* producing a highly active dextransucrase from kimchi. 2002. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **34**: 1085-1090.
- Kim, B., J. Lee, J. Jang, J. Kim, and H. Han. 2003. *Leuconostoc inhae* sp. nov., a lactic acid bacterium isolated from kimchi. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **53**: 1123-1126.
- Kim, J., J. Chun, and H.-U. Han. 2000. *Leuconostoc kimchii* sp. nov., a new species from kimchi. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **50**: 1915-1919.
- Kim, M. and J. Chun. 2005. Bacterial community structure in kimchi, a Korean fermented vegetable food, as revealed by 16S rRNA gene analysis. *Int. J. Food Microbiol.* **103**: 91-96.
- Kwon, T., S. Shim, M. Heo, D. Ahn, K.-S. Shin, and J.-H. Lee. 2007. Isolation and characterization of exopolysaccharide-producing bacteria from Korean fermented vegetables. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **35**: 191-195.
- Lee, C.-W., C.-Y. Ko, and D.-M. Ha. 1992. Microfloral changes of the lactic acid bacteria during Kimchi fermentation and identification of the isolates. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **20**: 102-109.
- Lee, J.-S., G.-Y. Heo, J. W. Lee, Y.-J. Oh, J. A. Park, Y.-H. Park, Y.-R. Pyun, and J. S. Ahn. 2005. Analysis of kimchi microflora using denaturing gradient gel electrophoresis. *Int. J. Food Microbiol.* **102**: 143-150.
- Lee, J.-S., K. C. Lee, J.-S. Ahn, T.-I. Mheen, Y.-R. Pyun, and Y.-H. Park. 2002. *Weissella koreensis* sp. nov., isolated from kimchi. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **52**: 1257-1261.
- Lee, M., M. K. Kim, M. Vancanney, J. Swings, S.-H. Kim, M. S. Kang, and S.-T. Lee. 2005. *Tetragenococcus koreensis* sp. nov., a novel rhamnolipid-producing bacterium. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **55**: 1409-1413.
- Leuschner, R. G., J. Bew, P. J. Simpson, P. R. Ross, and C. Stanton. 2003. Enumeration of probiotic *pediococci* in animal feed: interlaboratory study. *J. AOAC Int.* **86**: 791-801.
- Louvaud-Funel, A. 1999. Lactic acid bacteria in the quality improvement and depreciation of wine. *Antonie van Leeuwenhoek* **76**: 317-331.
- Lim C.-R., H.-K. Park, and H.-U. Han. 1989. Reevaluation of isolation and identification of Gram-positive bacteria in Kimchi. *Kor. J. Microbiol.* **27**: 404-414.
- Mheen, T.-I. and T.-W. Kwon. 1984. Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **16**: 443-450.
- Park, J. A., G.-Y. Heo, J. S. Lee, Y. J. Oh, B. Y. Kim, T. I. Mheen, C. K. Kim, and J. S. Ahn. 2003. Change of microbial communities in kimchi fermentation at low temperature. *Kor. J. Microbiol.* **39**: 45-50.
- Shim, S. and J.-H. Lee. 2008. Evaluation of lactic acid bacterial community in kimchi using terminal-restriction fragment length polymorphism analysis. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **36**: 247-259.
- Simpson, P. J., G. F. Fitzgerald, C. Stanton, and R. P. Ross. 2006. Enumeration and identification of *pediococci* in powder-based products using selective media and rapid PFGE. *J. Microbiol. Methods* **64**: 120-125.
- Simpson, W. J., J. R. M. Hammond, and R. B. Miller. 1988. Avoparcin and vancomycin: useful antibiotics for the isolation of brewery lactic acid bacteria. *J. Appl. Bacteriol.* **64**: 299-309.
- So, M.-H. and Y.-B. Kim. 1995. Identification of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**: 495-505.
- Yoon, J.-H., S.-S. Kang, T.-I. Mheen, J.-S. Ahn, H.-J. Lee, T.-K. Kim, C.-S. Park, Y. H. Ko, K. H. Kang, and Y.-H. Park. 2000. *Lactobacillus kimchii* sp. nov., a new species from kimchi. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **50**: 1789-1795.

(Received Aug. 2, 2009/Accepted Aug. 28, 2009)