

감귤 유산균 발효물의 항균 활성과 ACE 저해능

- 연구노트 -

최소연¹ · 김시경¹ · 윤은영¹ · 강대욱² · 최낙식² · 문미선³ · 이승철¹

¹경남대학교 식품생명학과

²창원대학교 생명보건학부

³제주담아

Antimicrobial and ACE Inhibitory Activities of *Citrus unshiu* Fermented with Lactic Acid Bacteria

So-Yeon Choi¹, Si-Kyung Kim¹, Un-Young Youn¹, Dae-Ook Kang²,
Nack-Shick Choi², Mi-Sun Mun³, and Seung-Cheol Lee¹

¹Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University

²Department of Bio Health Science, Changwon National University

³Jeju Dama Co., Ltd.

ABSTRACT To develop high quality citrus products, seven lactic acid bacteria were inoculated onto ground citrus (*Citrus unshiu*) and cultured for 10 days. On culture days 0, 3, 5, 7, and 10, citrus ferments were withdrawn, and their antimicrobial and angiotensin- I converting enzyme (ACE) inhibitory activities were evaluated. Citrus ferments inoculated with CL-1 and CL-2, which were isolated from kimchi, showed relatively higher antimicrobial activities against food poisoning bacteria. Citrus ferments inoculated with CL-1 and CL-2 also showed stronger ACE inhibitory activities than other ferments. CL-1 and CL-2 showed more than 99% homogeneity with *Pediococcus acidilactici* and *Lactobacillus sakei*, respectively, by 16S rRNA gene analysis. These results indicate that fermentation with *P. acidilactici* and *L. sakei* might contribute to the increased antimicrobial and anti-hypertensive activities of citrus.

Key words: citrus, ferment, lactic acid bacteria, antimicrobial, ACE inhibitory activity

서 론

감귤은 운향과(Rutaceae)에 속하는 과실을 총칭한 명칭이며, 식용으로 이용되는 종류는 감귤속(*Citrus*)에 딸고 오렌지류, 레몬류, 유자류 등의 많은 종류가 있지만 우리나라에서는 온주밀감(*Citrus unshiu*)에 주로 한정하여 부르고 있다. 온주밀감은 주요 감귤 중 가장 낮은 온도에 견디는 품종으로 제주도에 널리 재배되고 있다(1). 감귤에는 carotenoid, flavonoid, cellulose, pectin, limonoid, 비타민류 등의 다양한 생리활성물질들이 다량 함유되어 있어 항산화, 항염, 항암 등 다양한 생리적 작용을 나타낸다고 보고되어 있다(2). 감귤은 생과 형태로 주로 소비가 되고 일부는 착즙하여 주스 가공으로 이용되어 왔다. 국가통계포털에 의하면 우리나라의 감귤은 2011년 21,424 ha에서 경작되어 약 68만 톤이 생산되었으며, 그중 약 10만 톤이 가공되었다(3). 감귤은 우리나라에서 가장 많이 생산되는 과실이지만 1인당

연간 소비량은 계속 감소할 것으로 예상되고 있다(4). 이에 초콜릿, 크런치, 말랭이 등의 다양한 감귤 가공 제품이 개발되어 판매되고 있으며, 머핀(5), 식초(6), 양갱(7), 식빵(8) 등의 다양한 제품 개발이 연구되고 있다.

한편 유산균(lactic acid bacteria)은 당류를 발효하여 젖산 및 다양한 대사산물을 생산하는 미생물로 최근에는 건강 증진과 질병을 예방하고자 하는 probiotics로서의 연구가 폭넓게 진행되고 있으며, 각종 발효식품, 사료첨가제 등의 제조에 널리 이용되고 있다(9). 또한 발효식품을 통하여 인체 내로 섭취한 유산균은 장내로 유입되어 유익 균주의 생육을 부양하고 유해 세균을 억제하여 장내 유용 미생물의 균형을 유지시킨다. 그리고 항산화 작용, 항암 작용, 면역 활성화 작용, 혈중 콜레스테롤 저하 등의 작용이 있어 질병을 예방하는 데 도움이 된다고 보고되어 있다(10). 유산균의 이러한 기능성을 바탕으로 근래 오미자 유산균 발효물(11), 유산균 발효 마늘 추출물(12), 유산균 발효 밤송이 추출물(13) 등이 연구되었다.

본 연구의 목적은 고품질 감귤 가공 제품 개발에 활용된 목적으로 감귤을 유산균으로 발효시켜 생리활성을 향상시키고자 하였다. 이를 위해 미생물자원센터(Korean Collection for Type Cultures(KCTC), Daejeon, Korea)로부터

Received 10 March 2015; Accepted 26 May 2015

Corresponding author: Seung-Cheol Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Changwon, Gyeongnam 631-701, Korea

E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr, Phone: +82-55-249-2684

분양한 유산균 5종과 김치에서 분리한 2종의 유산균을 이용하여 감귤을 발효시켰고, 발효 과정 중의 항균 활성과 angiotensin converting enzyme(ACE) 저해능을 분석하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용된 감귤은 2014년 7월에 제주도에서 시판되는 온주밀감(*Citrus unshiu*)을 구입하여 사용하였다. 항균 활성을 위한 미생물 배지는 모두 Becton, Dickinson and Company(Sparks, MD, USA)의 제품을 사용하였다. ACE 저해능 분석을 위한 시약인 captopril, hippuryl histidine leucine(HHL), rabbit lung acetone powder는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 그 외의 시약은 모두 1급 이상을 사용하였다.

사용균주 및 배양 조건

감귤 발효를 위해 미생물자원센터에서 5종의 균주 [*Enterococcus faecalis* KCTC 2011(EF), *Enterococcus lactis* KCTC 21015(EL), *Lactobacillus acidophilus* KCTC 3140(LA), *Lactobacillus plantarum* KCTC 3104(LP), *Leuconostoc mesenteroides* KCTC 3505(LM)]를 분양받아 이용하였다. 또한 김치에서 유산균 분리를 위하여 시료에 0.85% 생리 식염수를 이용하여 적정 농도로 희석하고 선택 배지에 도말하여 1차 선별을 하였다. 분리원으로부터 항균 활성을 갖는 미생물 균주를 1차 선별하기 위하여 MRS 혹은 LB 평판배지에 각각 10^{-4} ~ 10^{-3} 으로 희석한 시료를 도말하고 30°C 항온 배양기에서 20시간 이상 배양하여 CL-1과 CL-2를 분리하여 이용하였다. 감귤 발효를 위한 실험에서 모든 균주의 전배양은 MRS 액체배지(Difco, Detroit, MI, USA)에서 30°C, 100 rpm, 2일간 진탕 배양하여 활성화시키고 감귤 마쇄물에 접종하였다.

감귤 발효물 제조

감귤을 수돗물로 깨끗이 세척한 후 증류수로 다시 세척하였다. 발효 과정 중 오염을 방지하기 위하여 세척한 감귤 표면에 자외선(G30T8 germicidal lamps, Sankyo Denki Co., Ltd., Kanagawa, Japan)을 15분간 조사하였다. 그리고 마쇄기(HBL-3500S, 삼양전자, 김포, 한국)를 이용하여 감귤을 고르게 분쇄한 후 미리 멸균한 1,000 mL 플라스크에 270 g의 감귤 마쇄물을 준비하였다. MRS 액체배지에서 전 배양된 7종의 유산균을 각각 30 mL씩 감귤 마쇄물에 접종한 후, 30°C, 100 rpm의 진탕 배양기(DS-250SW, 대원과학, 부천, 한국)에서 3, 5, 7, 10일간 발효시킨 후 발효물을 회수하였다. 각 발효물을 원심분리(4°C, 10분, 5,000×g)하여 상정액을 Whatman No.1 여과지(Advantec, Tokyo, Japan)로 통과시킨 여과액을 각 분석의 시료로 사용하였다. 대조구로는 유산균 대신 멸균 증류수를 첨가하여 이용하였다.

항균 활성

0.5% yeast extract agar plate 위에 항균시험균주 배양액 1%와 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)를 포함한 0.8% NB soft agar 10 mL를 중층하여 test plate를 제조하였다. 감귤 발효물 시료 50 µL를 test plate에 spotting 하고 건조한 후, 37°C 항온 배양기에서 12시간 이상 배양하여 항균시험균주에 대한 투명환 형성 유무를 조사하고 항균 활성을 측정하였다. 항균 활성에 이용한 균주는 다음과 같다. *Bacillus cereus* KCTC 1013, *Enterococcus faecium* KCTC 3095, *Escherichia coli* AB 1041, *Micrococcus luteus* IAM 1056, *Salmonella* Typhimurium KCTC 1926, 그리고 *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* KCTC 1916.

ACE 저해능

ACE 저해능은 Cushman과 Cheung(14)의 방법에 따라 측정하였다. 50 mM sodium borate buffer(pH 8.3) 20 mL에 1 g의 rabbit lung acetone powder를 4°C에서 24시간 동안 교반한 후, 10분간 원심분리(4°C, 5,000×g)하여 ACE 조효소액을 얻었다. 증류수를 가하여 20배로 희석한 시료 50 µL에 ACE 조효소액 50 µL를 가하여 37°C에서 10분간 방치한 후, 25 mM HHL 100 µL를 첨가하여 37°C에서 60분간 반응시켰다. 1 M HCl 250 µL를 가하여 30초간 교반하고 원심분리(4°C, 10분, 5,000×g)하여 상정액 200 µL를 얻었다. 이 상정액을 80°C에서 30분간 완전히 건조시켜 증류수 1 mL를 넣은 후에 228 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 추출물 대신 증류수를 가해 실험하였으며, 양성대조군으로 captopril을 사용하였다. ACE 저해능은 다음 계산식을 이용하여 구하였다.

$$\text{ACE 저해능(\%)} = 1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}$$

균주 동정

김치에서 분리하여 본 연구에 사용된 유산균 CL-1과 CL-2를 16S rRNA 유전자 분석으로 동정하였다. Colony 형태로 균주를 솔벤트사(대전, 한국)에 송부하여 유전자 분석을 의뢰하였다. 16S rRNA sequencing에 사용되는 universal primer인 27F primer(5'-AGAGTTTGTATCTGCTCAG-3')와 1492R primer(5'-GGTTACCTTGTTACGACTT-3')를 이용하여 polymerase chain reaction(PCR)을 실시하였다. Capillary DNA Sequencer(3730XL, Applied Biosystems, Grand Island, NY, USA)를 이용하여 염기서열을 분석하였고, 분석된 염기서열을 이용하여 NCBI(National Center for Biotechnology Information, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)의 blast search를 통해 상동성을 조사하여 동정하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복으로 이루어졌으며, 그 결과 SPSS

software(Ver. 12.0K, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 처리하였다. 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 Duncan의 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검정하였다. 모든 처리값의 차이는 신뢰 수준 95%($P < 0.05$)로 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

항균 활성

7종의 유산균을 접종하여 배양한 감귤 발효물 시료의 항균 활성을 6종의 병원성 미생물(*B. cereus*, *Ent. faecium*, *E. coli*, *M. luteus*, *Sal. Typhimurium*, *S. aureus*)을 대상으로 조사하여 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 유산균을 별도로 첨가하지 않고 감귤만을 배양한 발효물(CO)의 경우 실험에 사용된 모든 균주에 대해 항균 활성을 나타내지 않았으며, EL(*Ent. lactis*), EF(*Ent. faecalis*), LA(*Lac. acidophilus*) 균주로 발효시킨 감귤 발효물들도 항균 활성을 보이지 않았다. LM(*Leu. mesenteroides*)균 감귤 발효물은 *B. cereus*, *E. coli*, *Sal. Typhimurium*에 대해 약한 항균

활성을 보였다. LP(*Lac. plantarum*)균 감귤 발효물은 모든 대상 균주에 대하여 약한 항균 활성을 보였다.

김치에서 분리한 유산균 CL-1과 CL-2균 감귤 발효물은 비교적 항균 활성이 강하였다. 특히 CL-2균 감귤 발효물은 발효 기간이 증가할수록 항균 활성이 가장 증가하여 발효 10일째에는 *Ent. faecium* 균주를 제외하고 모든 대상균주에 대해 강한 항균 활성을 나타내었다. 이는 감귤에서 유산균이 발효하는 과정에서 생성된 대사산물에 기인하는 것으로 생각된다. Cho 등(15)은 자연 발효한 오미자 발효액에서 원래 항균 활성이 없었으나 발효에 의해 오미자액이 *E. coli* 균주에 대해 항균 활성을 나타낸 바 있다. 한편 본 연구에서 항균 활성의 대상으로 이용한 *B. cereus*는 식품 부패의 원인균으로 대부분 비병원성균이지만 일부는 식중독의 원인으로 독소형과 설사형으로 분류되며, *Ent. faecium*은 병원성으로 수막염을 유발하며, *E. coli*는 대부분 비병원성균이지만 일부는 장염성의 병원성이 있고, *M. luteus*는 일상 환경에 널리 존재하는 미생물이며 호염성이 있고 환자에게 감염되기도 하며, *Sal. Typhimurium*과 *S. aureus*는 대표적인 식중독균이다.

Table 1. Antibacterial effect of extracts from fermented *Citrus unshiu*

Microorganism	Sample ¹⁾	Fermentation day					Microorganism	Sample ¹⁾	Fermentation day				
		0	3	5	7	10			0	3	5	7	10
<i>Bacillus cereus</i>	UC	-	-	-	-	-	<i>Enterococcus faecium</i>	UC	-	-	-	-	-
	CO	-	-	-	-	-		CO	-	-	-	-	-
	EL	-	-	-	-	-		EL	-	-	-	-	-
	EF	-	-	-	-	-		EF	-	-	-	-	-
	LM	-	-	-	+	+		LM	-	-	-	-	-
	LA	-	-	-	-	-		LA	-	-	-	-	-
	LP	-	-	-	-	+		LP	-	-	-	-	+
	CL-1	-	-	+	+	+		CL-1	-	-	+	+	+
CL-2	-	-	+	+++	+++	CL-2	-	-	-	+	+		
<i>Escherichia coli</i>	UC	-	-	-	-	-	<i>Micrococcus luteus</i>	UC	-	-	-	-	-
	CO	-	-	-	-	-		CO	-	-	-	-	-
	EL	-	-	-	-	-		EL	-	-	-	-	-
	EF	-	-	-	-	-		EF	-	-	-	-	-
	LM	-	-	+	+	+		LM	-	-	-	-	-
	LA	-	-	-	-	-		LA	-	-	-	-	-
	LP	-	-	-	-	++		LP	-	-	-	-	+
	CL-1	-	-	+	++	++		CL-1	-	-	-	-	-
CL-2	-	-	+	++	+++	CL-2	-	-	-	++	++		
<i>Salmonella Typhimurium</i>	UC	-	-	-	-	-	<i>Staphylococcus aureus</i>	UC	-	-	-	-	-
	CO	-	-	-	-	-		CO	-	-	-	-	-
	EL	-	-	-	-	-		EL	-	-	-	-	-
	EF	-	-	-	-	-		EF	-	-	-	-	-
	LM	-	+	+	+	+		LM	-	-	-	-	-
	LA	-	-	-	-	-		LA	-	-	-	-	-
	LP	-	-	-	+	++		LP	-	-	-	-	+
	CL-1	-	-	++	++	++		CL-1	-	-	+	+	++
CL-2	-	-	+	+++	+++	CL-2	-	-	+	++	++		

¹⁾UC, unfermented citrus; CO, fermented citrus without starter. Fermented citrus with EL, *Enterococcus lactis*; EF, *Enterococcus faecalis*; LM, *Leuconostoc mesenteroides*; LA, *Lactobacillus acidophilus*; LP, *Lactobacillus plantarum*; CL-1, a lactic acid bacteria isolated from kimchi; and CL-2, another lactic acid bacteria isolated from kimchi.

²⁾Antibacterial activity: -, non-detected; +, <1.0 mm; ++, 1.0~1.5 mm; and +++, >1.5 mm of hallow size.

ACE 저해능

인체 내에 존재하는 renin은 angiotensinogen을 angiotensin I로 분해하고, 비활성의 angiotensin I은 ACE에 의해 혈관 수축 작용이 있는 angiotensin II가 된다. 이 angiotensin II는 동맥 혈관을 수축하여 혈압을 상승시키고, 부신에서 aldosterone의 분비를 촉진하여 신장의 나트륨 및 수분의 재흡수를 증가시킴으로써 고혈압 발병에 관여한다(16). 감귤 발효물 시료를 20배 희석하여 ACE 저해 활성을 측정된 결과를 Fig. 1에 나타내었다. ACE 저해능은 4.62±2.71~86.22±1.57%의 범위를 보이는데, 20배 희석한 추출물임에도 7일과 10일 발효한 CL-1, CL-2 감귤 발효물 시료는 80%가 넘는 높은 ACE 저해능을 보였다. 한편 양성대조군인 captopril은 2 µg/mL 농도에서 91%의 ACE 저해능을 유발하였다. 그러나 LA 발효 추출물은 오히려 발효 기간이 길어질수록 38.17%에서 14.19%로 감소하였다. 부추 당침액의 유산균 발효에 따른 ACE 저해능 경우에는 유산균 종류에 따라 50.4~67%의 ACE 저해능을 보이며(17), 이것은 사용된 유산균의 종류는 다르지만 본 연구가 더 높은 저해능을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 또한 ACE 저해능은 주로 단백질이나 펩티드에 의해 유발되는데(18) 유산균을 이용하여 발효한 감귤 추출물에서 생성된 산물이 단백질, 펩티드로 이루어졌을 가능성이 커 보이며 이로 인해 ACE 저해능이 우수하게 나타난 것으로 사료된다.

균주 동정

김치에서 분리되어 감귤의 발효과정에서 높은 항균 활성을 보인 유산균 균주 CL-1과 CL-2를 동정하기 위해서 PCR로 16S rRNA 유전자를 증폭시킨 후 염기서열을 결정하고, 이를 NCBI의 GenBank에 등록된 유전자들과 상동성을 비교한 결과 CL-1은 *Pediococcus acidilactici*와, CL-2는 *Lactobacillus sakei*와 99% 이상의 상동성을 보였다(Fig. 2).

*P. acidilactici*는 김치(19)와 막걸리(20)에서 분리되어 보고된 바 있으며, *Pediococcus* 속에서 생성된 박테리옌은 총칭하여 pediocin이라 명명되고 있다(21,22). *P. acidilactici*의 pediocin은 특히 *Listeria monocytogenes*에 강한 항균력을 보였다(23). *Lac. sakei*는 당으로부터 알코올

또는 유산균을 생성하는 젖산균으로 sakacin이라는 박테리옌을 생성한다(24). 박테리옌은 펩타이드, 단백질로 구성된 항균성 물질로 같은 환경에서 자라는 다른 미생물에 대한 경쟁적인 저해제로 다양한 미생물에서 분리된다(25). 특히 유산균은 김치 발효에 중요한 역할을 하고 다양한 항균 물질을 생산하는 것으로 알려졌으며, 박테리옌의 항균 범위는 매우 광범위하여 부패균, 식중독균, 전염병균이나 포자형성균 등의 증식을 억제하거나 사멸시키는 데 효과적이다(26). 박테리옌은 항생제와 달리 단백질로 구성되어 인체에 들어오면 소화기관 내에서 단백질 가수분해효소에 의해 쉽게 분해되어 인체에 무독성이고 잔류성이 없다. 항생제는 2차 대사산물인데 비해 박테리옌은 자신의 유전자로부터 직접 생합성 된다(27). *Lac. sakei*가 생산하는 sakacin은 A, G, K, P, Q형이 보고되어 있는데, 그중에서 A형과 P형이 잘 알려져 있다(28). 본 연구에서 확인된 *Lac. sakei*가 생산하는 sakacin은 저해 범위가 좁은 박테리옌이 아니라 *Streptococcus lactis*가 생성하는 박테리옌인 nisin(29)과 같이 저해 범위가 매우 넓은 것을 알 수 있었다.

한편 *P. acidilactici*로 생선풀(surimi)을 발효시켰을 때 생성된 아미노 화합물에 의해 ACE 저해능을 보인다고 보고되었다(30). 또한 육류 유래 *Lac. sakei*로 돼지 골격근을 분해하였을 때 생성되는 펩티드가 ACE 저해능을 보이는 것도 확인되었다(31). 이상으로 볼 때 본 연구에서 이용된 *P. acidilactici*와 *Lac. sakei* 균주도 감귤의 발효 과정에서 생성한 대사물질이 ACE 저해능을 유발한 것으로 유추할 수 있었다.

요 약

고품질 감귤 가공품 개발을 위하여 감귤에 7종의 유산균 각각 접종하여 10일간 배양하면서 0, 3, 5, 7, 10일째의 발효물의 생리활성을 분석하였다. 병원성 미생물에 대한 감귤 발효물의 항균 활성을 측정된 결과 김치에서 분리한 유산균인 CL-1과 CL-2의 발효물이 발효기간이 길어질수록 강한 항균 활성이 나타났다. 또한 각 감귤 발효물의 항고혈압 활성을 ACE 저해능으로 분석하였을 때 CL-1과 CL-2의 발효

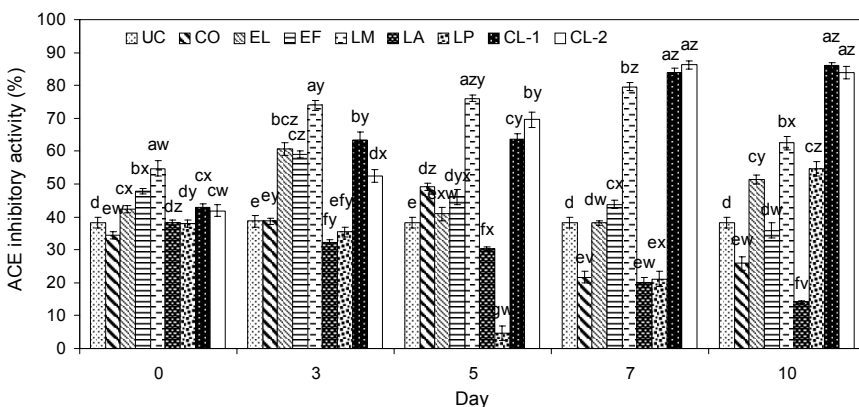


Fig. 1. Angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory activity of fermented *Citrus unshiu* (×20 dilution). Values are means±SD of triplicate experiments. Different letters (a-g and v-z) above the bars are significantly different ($P<0.05$) within same days and same lactic acid bacteria fermentation, respectively. Groups are the same as in Table 1.

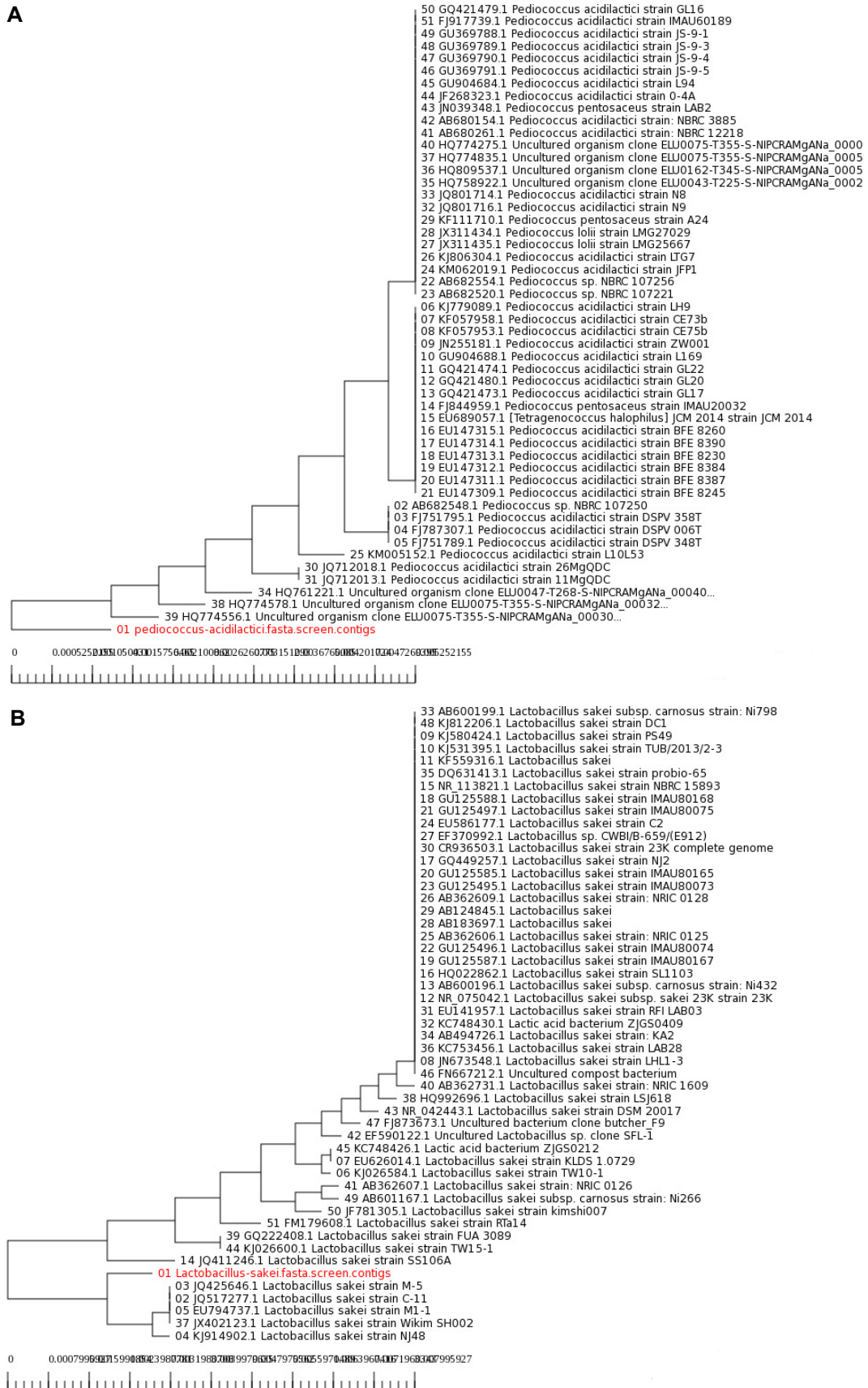


Fig. 2. Phylogenetic trees of CL-1 related to *Pediococcus acidilactici* (A) and CL-2 related *Lactobacillus sakei* (B).

물이 발효기간이 길수록 높은 활성을 나타내었다. CL-1과 CL-2 균주를 16S rRNA gene의 구조로 분자계통학적 유연 관계를 파악한 결과 각각 *Pediococcus acidilactici* 및 *Lactobacillus sakei*와 99% 이상의 상동성을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과는 감귤을 *P. acidilactici*와 *Lac. sakei*로 발효하여 항균력과 항고혈압능이 증진된 가공품의 제조에 활용이 가능함을 시사한다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연공동 기술개발(No. C0150887)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

1. The Korean Society of Food and Nutrition. 1998. *Food nutrition dictionary*. Korea Dictionary Research Publishing, Seoul, Korea. p 39.
2. Silalahi J. 2002. Anticancer and health protective properties of citrus fruit components. *Asia Pac J Clin Nutr* 11: 79-84.
3. Korean Statistical Information Service. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0292&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=F1H&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=E1 (accessed Feb 2015).
4. Jejuilbo. <http://www.jejunews.com/news/articleView.html?idxno=1868308> (accessed Feb 2015).
5. Oh SW, Chung KH. 2014. Physicochemical and sensory properties of muffins with added powdered tangerine peel. *Food Eng Prog* 18: 177-185.
6. Yi MR, Hwang JH, Oh YS, Oh HJ, Lim SB. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of immature *Citrus unshiu* vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 250-257.
7. Cha MA, Chung HJ. 2013. Quality characteristics of Yanggaeng supplemented with freeze-dried *Citrus mandarin* powder. *Korean J Food Culture* 28: 488-494.
8. Lee EJ, Ju HW, Lee KS. 2012. Quality characteristics of pan bread added with citrus mandarin peel powder. *Korean J Culinary Res* 18: 27-39.
9. Kanmani P, Satish Kumar R, Yuvaraj N, Paari KA, Pattukumar V, Arul V. 2013. Probiotics and its functionally valuable products – a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 53: 641-658.
10. Masood MI, Qadir MI, Shirazi JH, Khan IU. 2011. Beneficial effects of lactic acid bacteria on human beings. *Crit Rev Microbiol* 37: 91-98.
11. Lee JH, Kim JI, Choi HJ, Lee JH. 2014. Anti-wrinkle effect of *Schizandra chinensis* baillon fermented with *Lactobacillus plantarum*. *J Soc Cosmet Sci Korea* 40: 365-371.
12. Lee HS, Lim WC, Choi JH, Yu HJ, Kim KH, Lee SH, Cho HY. 2014. Ameliorating effects of lactic acid-fermented garlic extracts on oleic acid-induced hepatic steatosis. *Korean J Food Sci Technol* 46: 762-768.
13. Jun DH, Cho WA, Lee JB, Jang MJ, You MS, Park JY, Kim SH, Lee JT. 2014. Antioxidant activity of chestnut (*Castanea crenata* S.et Z.) bur fermented by *Lactobacillus casei*. *J Life Sci* 24: 1193-1199.
14. Cushman DW, Cheung HS. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rab-

- bit lung. *Biochem Pharmacol* 20: 1637-1648.
15. Cho EK, Cho HE, Choi YJ. 2010. Antioxidant and antibacterial activities, and tyrosinase and elastase inhibitory effect of fermented Omija (*Schizandra chinensis* Baillon.) beverage. *J Appl Biol Chem* 53: 212-218.
16. Sun TS, Zhao SP, Wang HK, Cai CK, Chen YF, Zhang HP. 2009. ACE-inhibitory activity and gamma-aminobutyric acid content of fermented skim milk by *Lactobacillus helveticus* isolated from Xinjiang koumiss in China. *Eur Food Res Technol* 228: 607-612.
17. Lee JB, Bae JS, Son IK, Jeon CP, Lee EH, Joo WH, Kwon GS. 2014. Antioxidant and ACE inhibiting activities of sugared-buchu (*Allium ampeloprasum* L. var. *porum* J. Gay) fermented with lactic acid bacteria. *J Life Sci* 24: 671-676.
18. Fujita H, Yokoyama K, Yoshikawa M. 2000. Classification and antihypertensive activity of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins. *J Food Sci* 65: 564-569.
19. Choi SY, Jung BM, Kim HJ, Seong SH, Kim WJ, Park WS. 2000. Extracellular enzyme activities of the lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 28: 59-61.
20. Kwon SJ, Ahn TY, Shon JH. 2012. Analysis of microbial diversity in makgeolli fermentation using PCR-DGGE. *J Life Sci* 22: 232-238.
21. Kwon DY, Koo MS, Ryoo CR, Kang CH, Min KH, Kim WJ. 2002. Bacteriocin produced by *Pediococcus* sp. in kimchi and its characteristics. *J Microbiol Biotechnol* 12: 96-105.
22. Elegado FB, Kim WJ, Kwon DY. 1997. Rapid purification, partial characterization, and antimicrobial spectrum of the bacteriocin, Pediocin AcM, from *Pediococcus acidilactici* M. *Int J Food Microbiol* 37: 1-11.
23. Anastasiadou S, Papagianni M, Filiouis G, Ambrosiadis I, Koidis P. 2008. Pediocin SA-1, an antimicrobial peptide from *Pediococcus acidilactici* NRRL B5627: production conditions, purification and characterization. *Bioresour Technol* 99: 5384-5390.
24. Moretto T, Aasen IM, Storro I, Axelsson L. 2000. Production of sakacin P by *Lactobacillus sakei* in a completely defined medium. *J Appl Microbiol* 88: 536-545.
25. Kim HK, Lee KH, Kim JH. 2004. Bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *J Agric Life Sci* 38: 15-24.
26. Drider D, Fimland G, Héchard Y, McMullen LM, Prévost H. 2006. The continuing story of class II a bacteriocins. *Microbiol Mol Biol Rev* 70: 564-582.
27. Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, Chikindas ML. 2001. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *Int J Food Microbiol* 71: 1-20.
28. Sablon E, Contreras B, Vandamme E. 2000. Antimicrobial peptides of lactic acid bacteria: mode of action, genetics and biosynthesis. *Adv Biochem Eng Biotechnol* 68: 21-60.
29. Oh SJ, Lee JH, Kim GT, Shin JG, Baek YJ. 2003. Anticarcinogenic activity of a bacteriocin produced by *Lactococcus* sp. HY 449. *Food Sci Biotechnol* 12: 9-12.
30. Shan J, Ogawa Y, Watanabe T, Morimoto R, Oota S, Seiki M, Miyamoto T. 2007. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of fermented surimi by lactic acid bacteria. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 54: 160-166.
31. Castellano P, Aristoy MC, Sentandreu MA, Vignolo G, Toldrá F. 2013. Peptides with angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activity generated from porcine skeletal muscle proteins by the action of meat-borne *Lactobacillus*. *J Proteomics* 89: 183-190.