

젖산 생성능이 우수한 김치 유래 젖산균의 분리 및 두유 발효 특성

이란숙¹ · 정경희¹ · 최웅규² · 조장원¹ · 김경임³ · 김영찬^{1*}

¹한국식품연구원

²한국교통대학교 식품공학과

³해전대학교 호텔조리외식계열

Isolation and Identification of Lactic acid Producing Bacteria from Kimchi and Their Fermentation Properties of Soymilk

Lan-Sook Lee¹, Kyung Hee Jung¹, Ung-Kyu Choi², Chang-Won Cho¹,
Kyung-Im Kim³, and Young-Chan Kim^{1*}

¹Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

²Dept. of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

³Division of Hotel Culinary Arts & Foodservice, Hyejeon College, Chungnam 350-702, Korea

ABSTRACT Lactic acid bacteria were selected on the basis of lactic acid producing ability from kimchi, a traditional Korean fermented food. Among the initial screening of over 150 strains selected from the sample, 27 strains were selected as lactic acid producing bacteria, and 4 strains were finally selected based on their ability to produce relatively high levels of lactic acid. The four strains were identified as *Lactobacillus (L.) plantarum* Gk04, *Pediococcus pentosaceus* Gk07, *L. brevis* Gk35 and *L. curvatus* Gk36 by the conventional morphological, cultural, physiological and biochemical characteristics, as well as by 16S rRNA sequence analysis. Among the identified lactic acid bacteria, *L. curvatus* Gk36 was used for soymilk fermentation. The viable cell counts and acidity values measured for the *L. curvatus* Gk36 were comparable to the commercial *L. acidophilus*. Thus, the *L. curvatus* Gk36 is a potential probiotic strain to prepare fermented soy products, such as kephir, yogurt, tempeh and soy sauce.

Key words: lactic acid, kimchi, lactic acid bacteria, soymilk, *Lactobacillus curvatus*

서 론

두유의 주원료인 콩(Soybean, *Glycine max.* L)은 iso-flavone, saponin, oligosaccharides 등의 기능성 성분이 많이 함유되어 있고 양질의 단백질과 지방질을 함유하고 있는 영양학적으로 우수한 식품이다. 두유는 유당을 포함하고 있지 않아 우유에 의한 유당불내증과 알레르기를 일으키는 유아를 위한 고단백 우유 대체식품으로서의 가치를 인정받고 있으며 성인병 예방에 좋은 식물성 영양음료로서 인식이 더욱 확대되고 있다(1). 최근에는 두유를 젖산균 등 GRAS (generally regarded as safe) 미생물로 발효시켜 iso-flavone, 유리아미노산, 펩타이드 등의 체내 흡수율 증가, 콩 비린내 저감 및 항산화 효과 증진 등 기능성을 높일 수 있는 발효 두유에 대한 관심이 증대되고 있다(2-5).

젖산균은 오랫동안 산업적으로 이용되어 온 중요한 균주 중 하나로 자연계에 널리 분포하고 있으며 인간의 장내에서

정상균총을 형성하는 그람양성의 구균 또는 간균으로 catalase 음성을 나타낸다. 이러한 젖산균은 유가공품과 발효식품인 김치, 된장, 간장 등에서 풍미를 향상시키고, bacteriocin과 같은 미생물 생육억제물질과 다량의 젖산을 생성하여 식품 내의 부패균 성장을 억제하는 등 식품의 보존성과 안전성 향상에 기여하고 있다(6-8). 특히 김치는 배추나 무를 주원료로 마늘, 생강, 고춧가루 등 다양한 향신료를 첨가하여 발효시킨 한국 전통의 발효식품으로(9,10), 김치 발효에 관여하는 주발효균인 젖산균은 발효초기에는 *Leuconostoc* 속이 우세하게 증식하며 발효후기에는 *Lactobacillus* 속이 왕성하게 증식하는 것으로 알려져 있다(11). 시중에 판매중인 발효두유는 *Lactobacillus(L.)*, *L. bulgaricus* 등 젖산균을 이용하여 제조한 예는 있으나, 우리나라 전통식품인 김치 유래 젖산균을 이용하여 유음료에 적용시킨 사례는 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 두유의 영양학적 가치를 높이기 위한 기초연구로서 한국의 전통 발효식품인 김치로부터 젖산 발효도와 성장력이 우수한 균주를 분리 및 동정하였으며, 분리균주 및 시판균주를 이용하여 두유의 발효 특성에 대한 연구를 수행하였다.

Received 12 July 2013; Accepted 9 August 2013

*Corresponding author.

E-mail: yckim@kfri.re.kr, Phone: 82-31-780-9145

재료 및 방법

김치로부터 젖산균의 분리 및 배양

경기도 일대의 각 가정에서 수집한 배추김치 전체를 마쇄한 후 멸균 거즈로 여과한 액을 유효 균주 분리를 위한 시료로 사용하였다. 시료를 희석한 후 0.1 mL를 취하여 0.01% bromocresol green이 첨가된 MRS(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA) 한천배지에 도말하여 30°C에 48시간 배양하였다. 균주의 생육과정에서 산을 생성하여 노란색을 띠는 균주를 선별하였으며 MRS 평판배지에 3회에 걸쳐 순수배양하여 형성된 colony 중에서 투명환(clear zone)이 가장 큰 4개의 균주를 선별하였고 -70°C에 보존하면서 실험에 사용하였다.

분리 균주의 형태 및 생화학적 특성

분리세균의 특성조사는 그람염색 후 광학현미경(BX60, Olympus, Tokyo, Japan)을 통한 형태학적 관찰, catalase 활성여부 및 API 50 CHL kit(BioMérieux sa, Marcy l'Etoile, Lyon, France)에 의한 50여종의 탄수화물 이용성을 확인하였다. API 50 CHL 실험에 의한 strip의 판독은 각 tube의 색 변화로 negative(-), positive(+) 등으로 판정하였으며 API 50 CHL database를 이용하여 동정하였다.

분리 균주의 16S rRNA 유전자 염기서열 분석

선발균주의 동정은 16S rRNA의 염기서열 결정 및 상동성 검색을 통하여 실시하였다. 선발균주는 MRS 액체배지에서 24시간 배양하여 genomic DNA를 추출(SolGent™ Genomic DNA Prep kit, Solgent Co., Ltd., Daejeon, Korea) 후 ribosomal RNA gene 증폭을 위하여 universal primer 27F(5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3')와 1492R(5'-GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3')를 사용하였으며 염기서열은 ABI Prism™ BigDye™ Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction kit v3.1(Applied Biosystems, Foster, CA, USA)와 ABI 3730XL capillary DNA Sequencer(Applied Biosystems)를 사용하여 (주) Solgent에서 염기서열을 분석하였다. 염기서열 결정은 NCBI(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)와 EzTaxon server 2.1(<http://147.47.212.35:8080/>)에 등록된 염기서열 정보를 대상으로 가장 높은 상동성을 나타내는 분류군을 해당 염기서열에 해당하는 bacteria로 결정하였으며, PHYLIP package(12)의 Dnast와 Neighbor program에 기초해서 계통도를 나타내었다.

분리균주의 생육특성

분리 균주를 37°C에서 정치배양하면서 3시간 간격으로 시료를 채취하여 600 nm에서 흡광도를 측정(UV-1601 UV-Vis Spectrophotometer, Shimadzu Co. Ltd., Tokyo, Japan)하여 생육곡선을 작성하였으며, 생육에 따른 산도는

AACC method 02-31(13)에 따라 적정 산도를 측정하였다. 즉 배양액 10 mL를 동량의 증류수를 넣고 균질화한 후 1.0% phenolphthalein 지시약을 가하여 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 소비된 NaOH 용액의 부피를 산도로 환산하여 계산하였다.

분리균주를 이용한 두유 발효특성

콩은 5°C에서 24시간 불려 겹질을 제거하고 물기를 제거한 대두의 15배(v/w)가 되도록 증류수를 가한 후 분쇄하였으며 여과한 두유를 80°C에서 30분간 저온살균하여 사용하였다. 두유의 발효는 살균한 두유를 냉각시킨 후 전배양한 젖산균을 1% 접종하여 30°C에서 24시간 동안 정치배양하면서 3시간 간격으로 시료를 채취하여 분석하였다.

통계처리

모든 분석결과는 SPSS program(SPSS, version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계처리 하였으며 5% 수준에서 분산분석(ANOVA)을 이용한 Duncan의 다중범위검정 또는 Student's *t*-test를 실시하여 유의적 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

젖산균의 분리

김치시료로부터 약 150여종의 균주를 1차 선별한 후 0.01% bromocresol green이 첨가된 MRS 한천 배지에 천자배양 하여 젖산 생성균이 생성한 산에 의해 노란색의 clear zone을 형성하는 총 36 colony의 젖산 생성균을 분리하여 이들을 각각 Gk01에서 Gk36으로 명명하고, 각 colony에 대하여 젖산생성 선별배지에 toothpick 기법으로 접종하여 24시간 및 48시간 배양(Fig. 1) 후의 활성도를 clear zone의 크기로 측정한 결과 Table 1에 나타낸 바와 같이

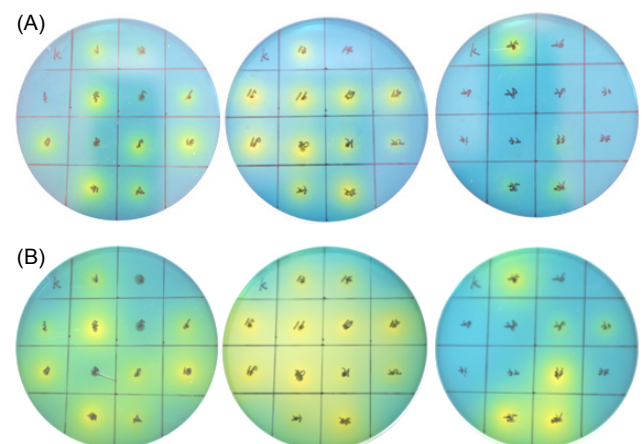


Fig. 1. Image for clear zone formation by lactic acid bacteria isolated from kimchi on MRS agar plate with 0.01% bromocresol green. (A) fermentation for 24 h, (B) fermentation for 48 h.

Table 1. Clear zone size as a activity of lactic acid producing lactic acid bacteria

Strains	Clear zone size (mm)	
	24 h fermentation	48 h fermentation
Gk01	4.2±0.10	6.8±0.06
Gk03	—	4.9±0.20
Gk04	5.3±0.12	9.3±0.12
Gk06	4.2±0.10	6.9±0.12
Gk07	7.3±0.15	9.2±0.10
Gk09	6.1±0.10	6.7±0.21
Gk10	7.3±0.06	8.2±0.21
Gk11	6.1±0.15	7.2±0.06
Gk12	4.2±0.12	6.3±0.12
Gk13	4.1±0.10	7.0±0.06
Gk14	—	4.9±0.17
Gk15	6.2±0.06	7.9±0.12
Gk16	7.3±0.06	7.9±0.21
Gk17	6.3±0.10	8.0±0.25
Gk18	5.8±0.12	7.0±0.15
Gk19	5.9±0.12	7.0±0.06
Gk20	5.8±0.10	7.1±0.17
Gk21	4.0±0.06	5.2±0.06
Gk22	2.6±0.15	6.2±0.17
Gk23	4.8±0.06	6.1±0.06
Gk24	7.1±0.10	7.9±0.21
Gk25	5.8±0.15	8.0±0.15
Gk29	—	3.2±0.06
Gk30	—	4.0±0.15
Gk33	2.9±0.14	8.8±0.29
Gk35	4.3±0.07	9.9±0.15
Gk36	5.3±0.21	10.3±0.10

총 27종의 젖산생성 균주를 얻었다. 이중 상대적으로 성장 속도가 빠르고 clear zone의 크기가 9 mm 이상인 Gk04, Gk07, Gk35 및 Gk36을 젖산생성 능력이 우수한 균주로 선발하였다.

젖산균의 동정

김치시료로부터 분리한 균주의 동정을 위해 그람염색에 의한 형태, catalase 생성여부 및 49개의 탄소원에 대한 이용성 차이로 동정하는 생화학적 방법인 API test 결과는 Table 2에 나타내었으며 동정용 프로그램을 이용하여 해석한 결과, Gk04는 *L. plantarum*과 93.8%, Gk07은 *Pediococcus(Ped.) pentosaceus*와 99.8%, Gk35는 *L. brevis*와 98.5%, Gk36은 *L. curvatus*와 98.5% 유사한 것으로 판정되었다.

종 수준까지의 정확한 동정을 위하여 분자생물학적 기술을 이용한 각 균주의 16S rRNA 염기서열 분석을 통하여 상동성을 비교하였다. 일반 분류학상으로 97% 이상의 염기서열 상동성을 나타내는 균주들의 경우 하나의 종으로 정의할 수 있는데 분석결과 Table 3에 나타낸 바와 같이 97~99%의 상동성을 나타내었으며 각각 *L. plantarum* Gk04, *Ped. pentosaceus* Gk07, *L. brevis* Gk35 및 *L. curvatus* Gk36으로 명명하였다. *Lactobacillus* 및 *Pediococcus* 속

Table 2. Morphological and biochemical characteristics of the strains isolated from kimchi

Characteristics	Reaction			
	Gk04	Gk07	Gk35	Gk36
Morphology shape	rod	coccus	rod	rod
Gram stain	+	+	+	+
Catalase	—	—	—	—
Glycerol	—	—	—	—
Erythritol	—	—	—	—
D-Arabinose	—	—	—	—
L-Arabinose	+	+	+	—
Ribose	+	+	+	+
D-Xylose	—	+	+	—
L-Xylose	—	—	—	—
Adonitol	—	—	—	—
Methyl-βD-xylopyranoside	—	—	—	—
D-Galactose	+	+	+	+
D-Glucose	+	+	+	+
D-Fructose	+	+	+	+
D-Mannose	+	+	—	+
L-Sorbose	—	—	—	—
Rhamnose	—	—	—	—
Dulcitol	—	—	—	—
Inositol	—	—	—	—
Mannitol	+	—	w	—
Sorbitol	+	—	—	—
α-Methyl-D-mannoside	—	—	—	—
α-Methyl-D-glucoside	—	—	—	—
N-Acetyl-glucosamine	+	+	w	+
Amygdalin	+	+	—	—
Arbutin	+	+	—	—
Esculin	+	+	—	—
Salicin	+	+	—	—
Cellobiose	+	+	—	+
Maltose	+	+	+	+
Lactose	w	—	—	—
Melibiose	+	—	+	—
Sucrose	+	—	—	—
Trehalose	—	—	—	—
Inulin	—	—	—	—
Melezitose	+	—	—	—
Raffinose	—	—	—	—
Starch	—	—	—	—
Glycogen	—	—	—	—
Xylitol	—	—	—	—
Gentiobiose	+	+	—	—
D-Turanose	—	—	—	—
D-Lyxose	—	—	—	—
D-Tagatose	+	+	—	—
D-Fucose	—	—	—	—
L-Fucose	—	—	—	—
D-Arabitol	—	—	—	—
L-Arabitol	—	—	—	—
Gluconate	—	—	w	—
2-keto-gluconate	—	—	—	—
5-keto-gluconate	—	—	—	—

+: positive reaction, -: negative reaction, w: weak positive.

은 김치와 같은 발효된 야채나 과일에 존재하는 젖산균으로 일반적으로 *Lactobacillus* 속의 젖산균은 발효 유제품에서

Table 3. Identification and identity percentage of isolated strains by API 50 CHL and 16S rRNA analysis

Strain No.	Identification	API 50 CHL	16S rRNA	
			27F	1492R
Gk04	<i>Lactobacillus plantarum</i>	93.8%	97%	97%
Gk07	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	99.8%	97%	97%
Gk35	<i>Lactobacillus brevis</i>	98.5%	97%	98%
Gk36	<i>Lactobacillus curvatus</i>	98.5%	99%	99%

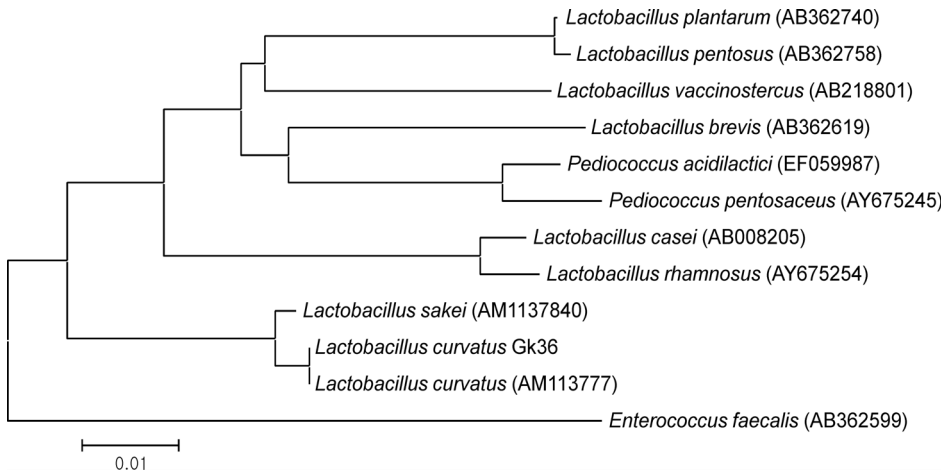


Fig. 2. Phylogenetic relationship between *L. curvatus* Gk36 and other related bacteria based on 16S rRNA sequence.

도 확인되는 반면, *Pediococcus* 속 젖산균은 유제품에는 잘 이용되지 않으며 된장이나 간장 양조에 중요한 젖산균으로 알려져 있다. 본 연구에서는 유제품 제조에 주로 이용되는 *Lactobacillus* 속 중 젖산 생성능이 상대적으로 우수한 *L. curvatus* Gk36을 두유 발효를 위한 최종균주로 사용하였으며 이 균주의 유전학적 계통수(phylogenetic tree)는 Fig. 2에 나타내었다.

***L. curvatus* Gk36의 생육특성**

*L. curvatus*의 배양시간에 따른 생육, pH 및 산 생성정도를 경시적으로 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다. 균체의 생육은 배양 6~15시간에 증가폭이 가장 크게 나타났으나 배양 15시간 이후부터는 증가폭이 둔화되었고, 24시간 이후에는 균의 생장에 변화가 거의 없음을 알 수 있었다(Fig. 3A). 배양액의 pH는 초기 6.34에서 배양 15시간 후 3.84 수준까지 도달했으나 그 이후는 거의 변함이 없음을 보여주었다(Fig. 3A). 배양액의 산도는 초기 0.27에서 배양 6시간에 0.32, 18시간에 1.57로 배양 6~18시간에 증가율이 높았다. 이는 균의 생장을 나타내는 흡광도 값의 변화와 일치하는 경향을 보였다(Fig. 3B). *L. curvatus*는 다양한 박테리오킨을 생산하는 대표적인 젖산균으로서 특히 식품 단백질로부터 내인성 향균 펩타이드를 생산하여 식품의 안전성과 안정성을 높이는 것으로 알려져 있다(14-16). Ahmadova 등(17)의 보고에 의하면 Azerbaijani cheese에서 분리한 *L. curvatus*는 배양 2시간부터 급격히 성장하여 8시간 이후부터는 정지기에 들어갔으며 발효시간에 따른 배양액의 pH는 초기 7.2에서 배양 12시간까지 급격히 감소하여 25시간 배양 후 3.8

까지 감소하였음을 보고한 바 있다.

배양온도에 따른 균체의 생육, pH 및 산 생성정도를 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 각 온도에서 24시간 배양 후 균체의 생육정도를 측정된 결과 25°C 및 30°C에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며 배양액의 pH를 측정된 결과는 45°C에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며 25, 30 및 37°C에서는 유의적으로 차이를 보이지 않았다. 산도 측정 결과는 pH

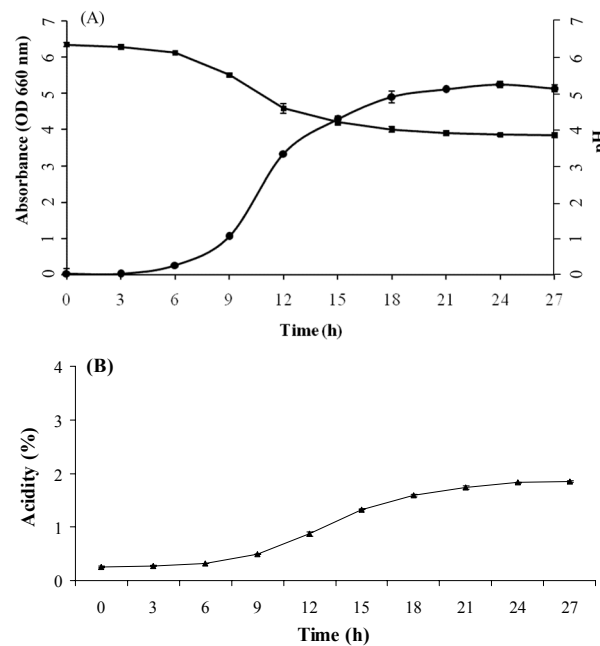


Fig. 3. Kinetics of growth, pH (A) and acidity (B) during the cultivation of *L. curvatus* Gk36 in MRS media at 30°C.

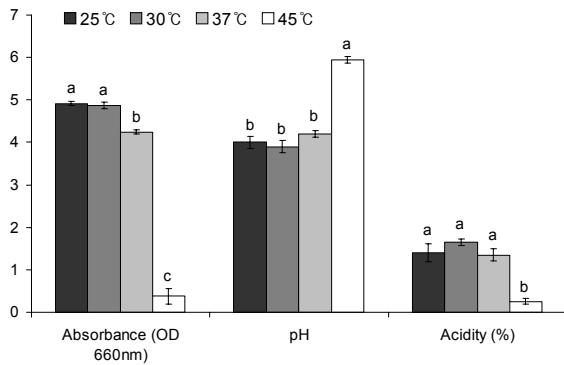


Fig. 4. Effect of temperature on growth, pH and acidity during the cultivation of *L. curvatus* Gk36 in MRS media for 24 h. Bars with different letters for each treatment represent significant difference among the sample (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$).

값과 반대 경향을 보였으며 45°C에서 가장 낮게 나타나 균 성장 및 산 생성정도를 고려한다면 *L. curvatus*의 최적 배양 온도는 25~30°C임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Kask 등(18)과 Mataragas 등(19)이 각각 Estonian semi-hard cheese 및 Greek dry fermented salami에서 분리한 *L. curvatus*의 최적 배양온도는 각각 30~37°C 및 30°C에서 균체의 생장률이 가장 높았다는 보고와 유사하였다.

L. curvatus Gk36의 두유에서 발효 특성

두유발효를 위해 본 연구에서 분리한 김치유래 *L. curvatus* Gk36과 젖산균 발효음료, 정장제 등 식품 및 의약품 제조에 주로 사용되며 두유에서 산 생성능이 우수하다고 알려진(20) 시판 균주 *L. acidophilus* KCTC 3168을 이용하여 발효시간에 따른 생균수, pH 및 산도를 경시적으로 관찰한 결과는 Table 4와 같다. *L. curvatus* Gk36 균주의 생균수는 접종 초기 6.29 log CFU/mL에서 발효 24시간 후 8.41 log CFU/mL까지 증가하였으며, *L. acidophilus* KCTC 3168의 생균수는 접종 초기 6.46 log CFU/mL에서 발효 24시간 후 8.15 log CFU/mL로 나타났으나 두 균주간에 유의적 차이는 없었다. pH는 *L. curvatus* Gk36의 경우 초

기 6.37에서 발효 24시간 후 5.21로 감소하였고, *L. acidophilus* KCTC 3168은 초기 6.25에서 발효 24시간 후 4.42까지 감소하여 *L. curvatus* Gk36보다 유의적으로 더 낮게 나타났다. 산도는 *L. curvatus* Gk36의 경우 초기 0.08에서 발효 24시간 후 0.21로 증가하였고, *L. acidophilus* KCTC 3168은 초기 0.08에서 발효 24시간 후 0.21까지 증가하는 것으로 나타났으나 두 균주간에 유의적 차이는 없었다. 두 균주 모두 커드를 형성하였으며 이액 없이 부드러운 상태를 유지하였다. 일반적으로 젖산균을 이용한 발효음료 제조 시 젖산균이 생성한 산에 의해 커드가 생성되는데 산 생성능은 두유에서의 미생물의 생장 정도 및 carbohydrates 발효 정도에 의해 결정된다. 젖산균은 일반적으로 두유에서도 잘 자라지만 우유에 비해 산 생성능은 낮은 것으로 알려져 있으며 젖산균이 생성한 산에 의해 우유에서는 pH 5.2~5.3에서 커드가 생성되기 시작하여 pH 4.6~4.7에서 커드 형성이 완료되는 것으로 알려져 있다(21-23).

요 약

본 연구는 경기도 일대의 배추김치로부터 젖산 생성능이 우수한 젖산균주 분리 및 두유 발효 특성에 대해 조사하였다. 먼저 0.01% bromocresol green이 첨가된 MRS 한천 배지에서 clear zone의 size 측정을 통하여 우수한 젖산 생성능을 갖는 균주를 선발 후 탄수화물 이용성 조사 및 16S rRNA 염기서열 분석으로 *L. plantarum* Gk04, *Ped. pentosaceus* Gk07, *L. brevis* Gk35 및 *L. curvatus* Gk36이 동정되었으며 특히 99%의 상동성을 갖는 *L. curvatus* Gk36을 두유발효를 위한 최종균주로 사용하였다. *L. curvatus* Gk36과 시판 균주 *L. actobacillus*에 의한 두유 발효 결과 pH는 *L. actobacillus*에서 유의적으로 더 낮은 것으로 나타났으나 생균수 및 산도 측정 결과 두 균주간에 유의적 차이가 없는 것으로 나타나 *L. curvatus* Gk36 균주는 두유발효 등 발효 제품 제조를 위한 젖산균 균주로 이용이 가능할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 수출전략기술개발사업에 의해 이루어진 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Chou CC, Hou JW. 2000. Growth of bifidobacteria in soy-milk and their survival in the fermented soymilk drink during storage. *Int J Food Microbiol* 56: 113-121.
2. Kano M, Takayanagi T, Harada K, Sawada S, Ishikawa F. 2006. Bioavailability of isoflavones after ingestion of soy beverages in healthy adults. *J Nutr* 136: 2291-2296.
3. Jang JK, Yoon SH. 1997. Preparation of soy yogurt using isolated soybean protein and whey powder. *J Korean Soc*

Table 4. Changes in pH, acidity and viable cell counts of soy-milk fermented with *L. curvatus* Gk36 and *L. acidophilus* KCTC 3168 at 30°C for 24 h

	Fermentation time (h)	
	0	24
Viable cell counts (log CFU/mL)		
<i>L. curvatus</i> Gk36	6.29±0.25	8.41±0.25
<i>L. acidophilus</i> KCTC 3168	6.46±0.30	8.15±0.14
pH		
<i>L. curvatus</i> Gk36	6.37±0.16	5.21±0.05*
<i>L. acidophilus</i> KCTC 3168	6.25±0.08	4.42±0.11
Acidity (%)		
<i>L. curvatus</i> Gk36	0.08±0.01	0.21±0.02
<i>L. acidophilus</i> KCTC 3168	0.08±0.03	0.21±0.01

*Significant differences between *L. curvatus* Gk36 and *L. acidophilus* KCTC 3168 measured by Student's *t*-test ($P < 0.05$).

- Food Sci Nutr* 26: 1128-1134.
4. Wang YC, Yu RC, Chou CC. 2002. Growth and survival of bifidobacteria and lactic acid bacteria during the fermentation and storage of cultured soymilk drinks. *Food Microbiol* 19: 501-508.
 5. Wang YC, Yu RC, Chou CC. 2006. Antioxidative activities of soymilk fermented with lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food Microbiol* 23: 128-135.
 6. Kim MJ, Kim GR. 2006. *In vitro* evaluation of cholesterol reduction by lactic acid bacteria extracted from Kimchi. *Korea J Culinary Res* 12: 259-268.
 7. Klaenhammer TR. 1988. Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie* 70: 337-349.
 8. Matsumura H, Takeuchi A, Kano Y. 1997. Construction of *Escherichia coli*-*Bifidobacterium logum* shuttle vector transforming *B. longum* 105-A and 108-A. *Biosci Biotech Biochem* 61: 1211-1212.
 9. Cheigh HS, Hwang JH. 2000. Antioxidative characteristic of Kimchi. *Food Industry and Nutrition* 5(3): 52-56.
 10. Park KY, Cheigh HS. 2000. Antimutagenic and anticancer effects of lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *Bioindustry News* 13: 11-17.
 11. Stamer JR, Stoyla BO, Dunckel BA. 1971. Growth rates and fermentation patterns of lactic acid bacteria associated with sauerkraut fermentation. *Milk Food Technol* 34: 521-525.
 12. Felsenstein J. 2002. *PHYMLIP (phylogeny inference package)*. version 3.6a. Department of Genetics, University of Washington, Seattle, WA, USA.
 13. AACC. 2000. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Method 02-31.
 14. Sudirman I, Mathieu F, Michel M, Lefebvre G. 1993. Detection and properties of curvaticin 13, a bacteriocin-like substance produced by *Lactobacillus curvatus* SB13. *Curr Microbiol* 27: 35-40.
 15. Garver KI, Muriana PM. 1994. Purification and partial amino acid sequence of curvaticin FS47, a heat-stable bacteriocin produced by *Lactobacillus curvatus* FS47. *Appl Environ Microb* 60: 2191-2195.
 16. Tichaczek PS, Meyer JN, Nes IF, Vogel RF, Hammes WP. 1992. Characterization of the bacteriocins curvacin A from *Lactobacillus curvatus* LTH 1174 and sakacin P from *Lactobacillus sake* LTH673. *Syst Appl Microbiol* 15: 460-468.
 17. Ahmadova A, Todorov SD, Hadji-Sfaxi I, Choiset Y, Rabe-sona H, Messaoudi S, Kuliyevev A, de Melo Francoc BDG, Chobert JM, Haertlé T. 2013. Antimicrobial and antifungal activities of *Lactobacillus curvatus* strain isolated from homemade Azerbaijani cheese. *Anaerobe* 20: 42-49.
 18. Kask S, Adamberg K, Orłowski A, Vogensen FK, Møller PL, Ardö Y, Paalme T. 2003. Physiological properties of *Lactobacillus paracasei*, *L. danicus* and *L. curvatus* strains isolated from Estonian semi-hard cheese. *Food Res Int* 36: 1037-1046.
 19. Mataragas M, Metaxopoulos J, Galiotou M, Drosinos EH. 2003. Influence of pH and temperature on growth and bacteriocin production by *Leuconostoc mesenteroides* L124 and *Lactobacillus curvatus* L442. *Meat Sci* 64: 265-271.
 20. Mital BK, Steinkraus KH, Naylor HB. 1974. Growth of lactic acid bacteria in soymilks. *J Food Sci* 39: 1018-1022.
 21. Liu K. 1997. *Soybeans: chemistry technology and utilization*. Chapman and Hall, New York, NY, USA. p 415-418.
 22. Donkor ON, Henriksson A, Vasiljevic T, Shah NP. 2005. Probiotic strains as starter cultures improve angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in soy yogurt. *J Food Sci* 70: M375-M381.
 23. Walstra P, Jenness R. 1984. *Dairy chemistry and physics*. John Wiley and Sons, New York, NY, USA. p 264.