

발효소시지 제조에 적합한 스타터 선발

유선아 · 서승호 · 박성은 · 손홍석

동신대학교 식품영양학과

Screening of Lactic Acid Bacteria as a Starter Culture in Fermented Sausage

Seon-A Yoo, Seung-Ho Seo, Seong-Eun Park, and Hong-Seok Son

Department of Food and Nutrition, Dongshin University

ABSTRACT The aim of this study was to select the most suitable starter cultures for production of fermented sausages. A total of 27 strains isolated from Korean fermented foods and natural substances were characterized with respect to their physicochemical properties in a fluid (submerged) model system modified according to the special conditions of fermented sausages. Three of these strains were pre-selected for testing as potential cultures based on their ability to grow fast and initiate rapid acidification. The selected strains were identified by API and partial sequence analysis of 16S rRNA. The results exhibited sequence similarity to known sequences of *Staphylococcus warneri*, *Staphylococcus epidermidis* and *Lactobacillus plantarum*. Among them, relatively good growth properties and nitrite reduction activities were detected for *S. epidermidis* and *L. plantarum* and low pH values and high total acidities were observed in the model system fermented with these isolates compared with reference strains.

Key words: fermented sausage, starter, isolation, screening, lactic acid bacteria

서 론

발효소시지는 세절된 육, 등 지방, 식염, 발색제, 당류 및 향신료 등을 혼합하여 casing에 충전시킨 후 발효 및 건조에 의하여 장기간의 보존성을 부여한 육제품이다(1). 발효소시지의 주재료는 고기와 지방이며, 이외에 미생물을 위한 탄소원으로 사용될 당분, 염지제, 향신료 그리고 스타터 등을 첨가하여 만든다(2). 발효소시지는 본래 재료나 자연 상태에서 존재하는 미생물에 의해 자연 발효되는 방식으로 제조되었지만 소시지의 생산이 산업화됨에 따라 공정과정 시간을 줄이고 소시지의 품질을 표준화할 필요성이 증대되어 현재에는 주로 스타터를 이용한 발효소시지를 생산하고 있다(3).

스타터로 일부 곰팡이(*Penicillium nalgiovense*, *Pen. chrysogenum*)이나 효모(*Debaryomyces hansenii*)가 사용되고 있기도 하지만, 주로 *Lactobacillus plantarum*, *Lac. pentosus*, *Lac. sakei*, *Lac. curvatus*, *Pediococcus pentosaceus*, *Ped. acidilactici* 등의 lactic acid bacteria와 *Staphylococcus carnosus*, *Sta. xylosus*, *Micrococcus varians* 등의 catalase-positive cocci가 발효소시지 제조를 위한 스타터로 사용되고 있다(4). 발효소시지 스타터는 소시지의 환경(염 농도, 온도)에 잘 적응하고, 다른 미생물들

과 경쟁하여 빠른 성장 능력과 pH 저하 능력을 가져 각종 유해 미생물들의 성장을 억제하여 안전성을 증진시킬 수 있어야 한다(5). 또한 발효소시지의 보존성을 위해 첨가하는 아질산염에 대해 저항력이 있고 아질산염을 소거시키는 능력이 있는 것이 좋으며(6), 짧은 숙성기간 중 독특한 맛과 풍미, 물성 및 색상을 형성하여 관능적인 특성에 긍정적으로 기여하여야 한다(3).

국외에서는 발효소시지 제조를 위하여 bacteriocin 생성(7), 안전성 증진(8), probiotics로서의 기능(8,9) 등 발효 스타터의 기능성에 초점을 두고 있는 연구들이 활발하게 이루어지고 있는 반면 국내에서는 발효소시지 스타터에 관한 연구는 미흡한 실정이다. Lee 등(5)은 김치에서 발효소시지 제조에 적합한 미생물을 분리, 동정하여 스타터로서의 사용 가능성을 제시한 바 있지만 대부분 발효소시지 제조에 적합한 균주를 발굴하기보다는 기존 균주에 관한 비교 연구(10)들이 주를 이루고 있다.

김치, 젓갈, 식혜 및 장류 등의 한국 전통발효식품들은 주로 젖산발효를 기본으로 하고 있기 때문에(3) 발효소시지 제조를 위한 스타터를 발굴할 수 있는 좋은 재료이다. 현재 전통발효식품에서 분리된 균주로는 *Lactobacillus* 속(*Lac. bulgaricus*, *Lac. acidophilus*, *Lac. plantarum*, *Lac. brevis*, *Lac. sakei*, *Lac. casei*, *Lac. coryniformis*), *Leuconostoc* 속(*Leu. mesenteroides*, *Leu. lactis*, *Leu. paramesenteroides*), *Pediococcus* 속(*Ped. pentosaceus*, *Ped. halophilus*) 등이 보고되고 있다(11-13). 발효식품에서 분

Received 8 April 2014; Accepted 30 June 2014

Corresponding author: Hong-Seok Son, Department of Food and Nutrition, Dongshin University, Naju, Jeonnam 520-714, Korea
E-mail: hsson@dshu.ac.kr, Phone: +82-61-330-3225

리된 이들 젖산균들의 생육환경은 발효소시지의 환경과 다르지만 일반적으로 높은 염 농도의 환경에서 생육이 가능하기 때문에 발효소시지 제조를 위한 스타터로의 적용 가능성이 있다.

본 연구에서는 전통발효식품과 천연물에 존재하는 젖산균 27종을 분리하고 발효소시지와 유사한 환경(model-system)에서 배양하며 생육 능력, pH 저하 능력, 산 생성 능력 및 아질산염 소거 능력 등을 분석하여 발효소시지 제조에 적합한 균주를 선발하고 동정하여 향후 발효소시지 제조에 실제 적용하기 위한 스타터를 개발하고자 한다.

재료 및 방법

스타터 균주

발효소시지 제조를 위한 스타터를 발굴하기 위해 김치류 10종류, 젓갈류 및 장아찌류 3종류, 기타 천연물 4종류(fermented blueberry juice, black garlic vinegar, mozzarella cheese, neonate faces)를 수집하여 멸균한 생리식염수(0.9%)에 희석, 현탁하여 그 상등액을 Lactobacilli MRS agar(Difco, Detroit, Sparks, MD, USA) plate에 도말한 후 37°C에서 48시간 배양하였다. 배양 후 집락을 관찰하면서 single colony를 2회 계대 배양하여 총 27종을 분리하였고 4°C에서 보관하며 사용하였다. 상대적인 비교를 위한 대조구로는 실제로 상용되고 있는 발효소시지 starter culture인 LS-25(LS-25, BITEC, Ontario, Canada), RPS(Roh Pokel Star, VAN HEES®, Walluf, Germany)와 실제 발효소시지 제조에 주로 이용되는 젖산균 5종류를 KCTC(Daejeon, Korea)로부터 분양받아 사용하였다(*Lac. plantarum* KCTC 3104, *Lac. curvatus* KCTC 3767, *Lac. sakei* KCTC 3598, *Ped. acidilactici* KCTC 1624, *Ped. pentosaceus* KCTC 3116).

Model-system의 제조

Lee 등(5)의 연구를 참고하여 발효소시지 제조와 유사한 model-system을 제조하였다. Model-system은 beef extract(12.0 g/L), glucose(10.0 g/L), NaCl(20.0 g/L), dipotassium hydrophosphate(2.0 g/L), MgSO₄·7H₂O(0.15 g/L), nitrite(0.15 g/L)로 구성하였으며, 초기 pH는 0.5 N HCl을 이용하여 5.8로 조정하였다. 각 젖산균은 Lactobacilli MRS broth를 이용하여 37°C에서 48시간 전 배양 후 model-system에 접종하였으며, 접종 시 초기 균수는 10⁶~10⁷ CFU/mL였고 20°C에서 168시간 동안 배양하며 시간 대별로 샘플(50 mL)을 채취하여 분석하였다.

젖산균 생육곡선, pH 및 총산도

Model-system에서 젖산균을 배양한 후 배양 0, 4, 8, 12, 24시간에 샘플을 채취하였고 이후 168시간까지는 매 24시간마다 샘플을 채취하였다. 흡광도 값이 0~1.2 사이가 되도록

증류수로 희석한 뒤 spectrophotometer(UV-1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하여 미생물 생육곡선을 작성하였다. pH는 pH meter(pH-250L, ISTEK, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였고, 총산도는 시료 1 mL를 증류수 4 mL에 가하여 희석한 후 0.1 N NaOH를 이용하여 적정하였으며, 이때 소요된 NaOH 소비량을 lactic acid(%)로 환산하여 계산하였다.

잔존 아질산염

아질산염의 정량은 Kato 등(14)의 방법을 변형하여 다음과 같이 실시하였다. 시료 1 mL를 취하여 2% acetic acid 용액 5 mL, Griess 시약(30% acetic acid로 각각 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1비로 혼합) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 spectrophotometer를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정한 후 미리 작성한 검량선으로부터 아질산염 농도를 산출하였다. 아질산염 소거율은 배양 전의 아질산염 농도에 대한 배양 후의 농도를 백분율로 산출하였다.

선발 젖산균의 동정

Model-system에서 생육속도와 pH 저하 능력, 산 생성 능력, 아질산염 소거 능력이 우수한 균주 3종을 선발하였고, API 50CHL kit(API bioMerieux, Marcy-l'Etoile, France)와 16S rRNA sequencing은 KCCM(Seoul, Korea)에 의뢰하여 분석하였다.

결과 및 고찰

pH 및 총산도 변화

발효식품 등으로부터 분리한 27종의 균주를 model-system에서 배양하며 흡광도, pH 및 총산도를 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다. 발효소시지 제조를 위한 스타터를 선발하기 위해서는 빠른 생육속도와 pH 저하 능력을 갖는 것이 무엇보다 중요하다(3). Model-system에서의 결과를 바탕으로 생육속도가 빠르고 pH 저하 효과가 우수하며, 총산도가 높은 균주 3종을 선발하고 KI 7-3, DO 10-1, MLK 14-2로 명명하였다. 분리한 3종의 균주가 발효소시지 제조를 위한 스타터로서 적합하지 알아보기 위해 상업용 균주 2종과 발효소시지 제조에 주로 사용하는 균주 5종과 비교하여 model-system에서의 발효패턴을 분석하였다.

Model-system에서의 pH 변화를 살펴보면 *Lac. plantarum*과 *Lac. sakei*를 배양한 실험구에서 배양 초기부터 서서히 pH가 저하되기 시작하여 배양 24시간 이후에는 pH가 급격하게 낮아졌으며, *Ped. pentosaceus*, *Lac. curvatus*와 *Ped. acidilactici*를 접종한 실험구는 배양 72시간 이후 급격한 pH 저하를 보였다(Fig. 1A). 배양 168시간 후 최종 pH는 3.64~4.32 사이였으며 *Ped. acidilactici*를 접종한 실험구가 3.64로 가장 낮은 값을 보였다. 한편 상업용

Table 1. Changes of absorbance (OD), pH, and total acidity (TA) during fermentation in sausage model-system¹⁾

Isolate	Stain number	48 hr			96 hr			168 hr		
		OD	pH	TA (g/L)	OD	pH	TA (g/L)	OD	pH	TA (g/L)
Baechu kimchi	2-1	0.115	5.11	1.611	0.210	4.78	1.881	0.295	4.50	1.683
Chonggak kimchi	3-1	0.090	5.11	1.647	0.290	4.73	1.728	0.300	4.46	1.818
	3-2	0.140	5.31	1.449	0.105	4.83	1.764	0.220	4.54	1.890
	3-3	0.160	5.42	1.368	0.255	5.05	1.575	0.555	4.24	2.664
Kakdoogi 1	4-1	0.160	5.44	1.386	0.255	5.03	1.692	0.305	4.58	2.205
	4-2	0.190	4.73	1.890	0.250	4.78	1.845	0.250	4.56	2.088
Kakdoogi 2	5-1	0.165	5.01	1.683	0.250	4.70	1.899	0.345	4.40	2.403
	5-2	0.160	5.09	1.539	0.220	4.78	1.809	0.330	4.50	2.295
Mustard leaf kimchi	6-1	0.110	5.62	1.359	0.215	4.82	1.719	0.330	4.45	2.196
	6-2	0.110	5.63	1.249	0.220	4.85	1.764	0.360	4.52	2.151
Kimchi	7-2	0.075	5.75	1.233	0.175	5.45	1.440	0.240	4.82	1.827
	7-3	0.410	4.44	2.097	0.500	4.20	2.466	0.485	4.19	2.565
Green onion kimchi	8-2	0.070	5.79	1.278	0.240	4.92	1.724	0.460	4.22	2.376
Perilla leaf kimchi	9-1	0.035	5.97	1.125	0.250	4.98	1.638	0.335	4.33	2.250
Dongchimi	10-1	0.340	4.35	2.250	1.050	3.73	3.699	1.100	3.64	4.095
	10-2	0.455	4.36	2.304	1.015	3.83	3.366	0.765	3.78	3.420
Pickles	12-1	0.130	5.22	1.476	0.145	4.84	1.746	0.805	3.90	3.096
Mustard leaf kimchi	14-2	0.585	4.40	2.248	1.020	3.85	3.150	0.885	3.82	3.303
Salted-fermented shrimp	15-1	0.165	5.03	1.728	0.210	4.71	1.800	0.250	4.52	2.106
Salt squid jeot-gal	17-1	0.220	4.95	1.674	0.425	4.32	2.178	0.475	4.20	2.367
Doenjang	24-2	0.305	4.48	2.061	0.425	4.50	2.007	0.355	4.32	2.178
Fermented blueberry juice	27-1	0.120	5.23	1.431	0.130	4.79	1.701	0.380	4.22	2.511
Black garlic vinegar	29-1	0.145	5.01	1.566	0.350	4.31	2.250	0.855	3.86	2.988
	29-2	0.130	5.25	1.557	0.220	4.62	1.890	0.415	4.13	2.313
Mozzarella cheese	30-1	0.140	5.01	1.692	0.195	4.70	1.924	0.305	4.37	2.367
Neonate feces	40-2	0.140	5.22	1.503	0.175	4.58	1.989	0.240	4.39	2.151
	40-3	0.055	5.81	1.197	0.165	5.04	1.620	0.375	4.22	2.457

¹⁾Model-system: beef extract 1.2%, glucose 1.0%, NaCl 2.0%, dipotassium hydrophosphate 0.2%, MgSO₄·7H₂O 0.015%, nitrite 0.015%, pH 5.8.

균주인 LS-25와 RPS를 접종한 실험구는 다른 균주들과 다르게 배양 0시간부터 지속적으로 pH가 저하되었으며, 분리한 3균주를 접종한 실험구들은 발효 24시간 이후 pH가 급격하게 저하되는 것이 관찰되었다(Fig. 1B). Model-system에서의 pH는 상업용 균주인 LS-25와 RPS를 배양한 실험구가 가장 빠른 속도로 낮아졌지만, 최종 pH는 분리 균주인 DO 10-1과 MLK 14-2를 배양한 실험구가 4.0 이하로 더 낮았다.

총산도 값은 pH 결과와 대조적인 결과를 나타내었다(Fig. 2). 분양받은 5종의 균주 모두 발효 24시간까지는 총산도의 증가가 미미했으나, 그 이후 급격하게 총산도가 증가하는 경향을 나타내었다. pH 측정 결과에서 나타난 것처럼 상업용 두 균주는 배양 0시간부터 총산도가 지속적으로 증가되었으며, 분리한 3균주는 배양 24시간 이후 총산도가 급격히 증가하는 것이 관찰되었다. 특히 DO 10-1과 MLK 14-2는 배양 72시간 이후에는 상업용 균주들보다 더 높은 총산도

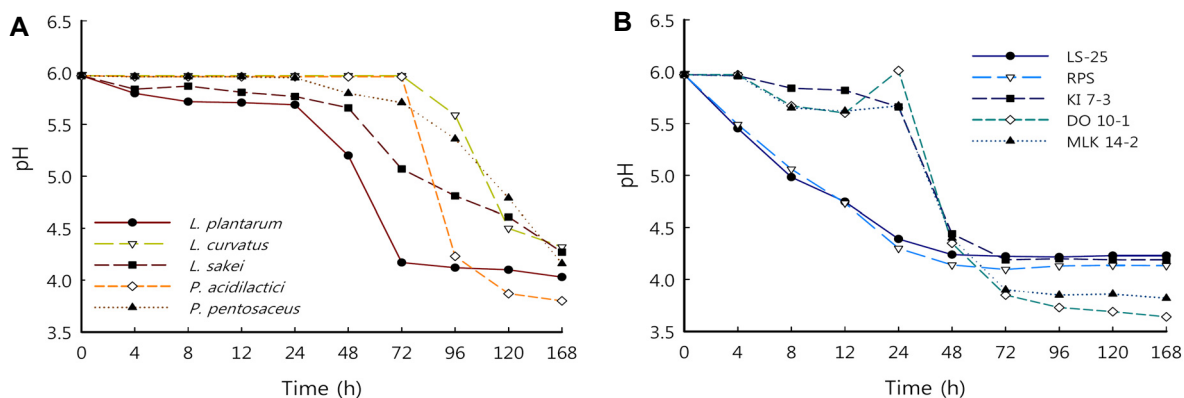


Fig. 1. Changes of pH during fermentation of model-system at 20°C.

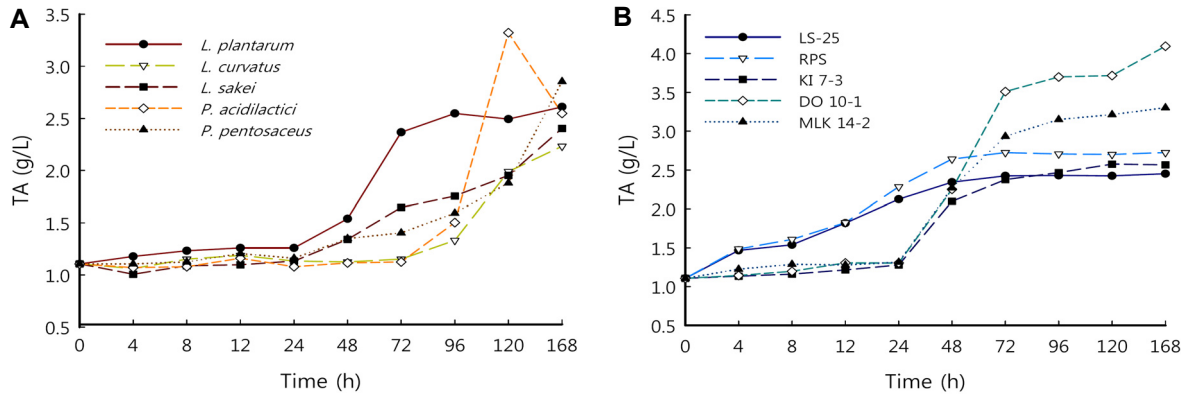


Fig. 2. Changes of total acidity during fermentation of model-system at 20°C.

값을 보였다. Kunz와 Lee(3)는 발효소시지 제조에 있어서 발효 후 2~3일째까지 pH를 5.1 정도로 낮추는 것이 바람직하다고 제시한 바 있는데, 본 실험의 발효소시지 model-system에서 상업용 두 균주는 발효 8시간 이후, 분양받은 5종의 균주는 72시간 이후, 분리한 균주는 48시간 이후 pH가 5.0 이하로 저하되는 결과를 나타내었다. 발효소시지의 낮은 pH는 소시지의 발색을 돕고 풍미를 증진시키며(15), 조직 발달 및 건조를 촉진하는 효과를 가져와 숙성에 걸리는 시간을 줄여줌과 동시에 *E. coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus*와 같은 부패미생물의 성장을 억제시키고 제품의 저장 안정성을 증가(16)시키는 역할을 한다. Model-system의 환경은 실제 발효소시지를 제조하는 환경과는 다르지만 pH 결과만을 본다면 분리한 3종의 균주는 발효소시지 스타터로서 적합할 것으로 사료된다.

생육곡선

Model-system에서 젖산균의 생육곡선을 흡광도를 이용하여 측정하였으며 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 대부분의 균이 배양 168시간에 최대 흡광도에 도달하였으나, 도달하는 시간 및 도달 후 유지되는 양상은 균주에 따라 달랐다. *Lac. plantarum* 균주를 배양한 실험구는 배양 48시간째, *Ped. acidilactici*를 배양한 실험구는 배양 72시간째 흡광도

가 급증하였으며, 최종 흡광도는 *Ped. acidilactici*를 배양한 실험구가 0.96, *Lac. plantarum*을 배양한 실험구가 0.72의 값을 보여 다른 세 균주에 비해 높았다. 한편 LS-25와 RPS를 접종한 실험구들은 pH와 총산도의 결과처럼 배양 초기부터 지속적으로 흡광도가 증가하였지만 최종 흡광도 값은 0.6 이하의 값을 보였다. DO 10-1과 MLK 14-2는 배양 24시간 이후부터 흡광도가 증가하기 시작하여 168시간째는 DO 10-1을 배양한 실험구가 1.1, MLK 14-2를 배양한 실험구가 0.89로 상업용 균주보다 높은 값을 나타내었다.

일반적으로 생육속도가 빠른 균주는 급속한 pH 저하와 산도 증가를 나타낸다. Model-system에서 배양기간 동안 측정된 흡광도, pH, 총산도의 결과를 바탕으로 상관관계를 Fig. 4에 나타내었다. 흡광도가 증가할수록 pH는 저하되는 반비례적 상관관계를 보이지만 총산도는 증가하는 비례적 상관관계를 나타내며 총산도가 증가할수록 pH는 감소하는 반비례적 상관관계를 보여준다. Kunz와 Lee(3)는 20~24°C에서 발효할 경우 발효 2~3일 후 젖산균의 수가 10^8 CFU/g에 이르게 되고 산의 생성 또한 왕성해지면서 빠른 pH 저하가 일어난다고 하였는데 이는 본 실험 결과와 일치한다. 발효소시지 스타터가 증식함에 따라 젖산 등의 유기산이 생성되므로 pH 저하와 밀접한 관련이 있다. 특히 흡광도와 pH 사이의 상관관계($r^2: 0.6378$)보다는 흡광도와 총산도의 관

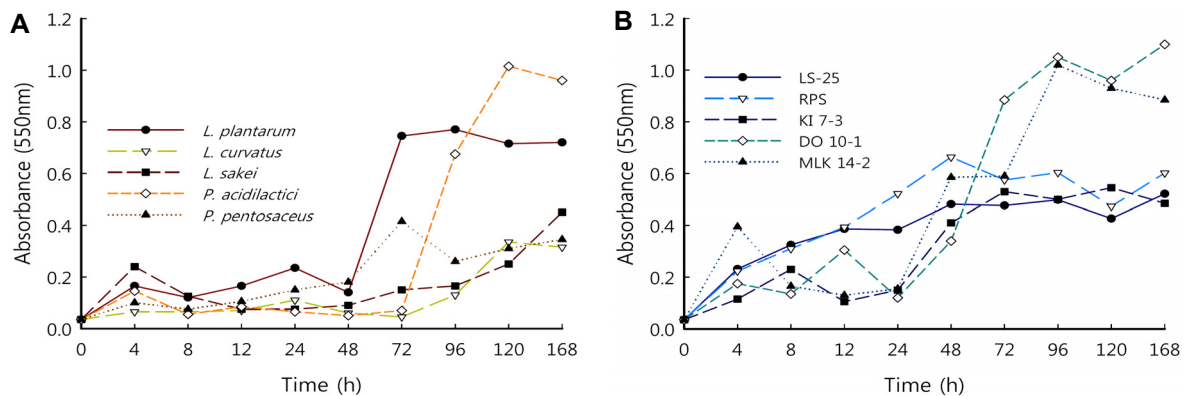


Fig. 3. Changes of absorbance during fermentation of model-system at 20°C.

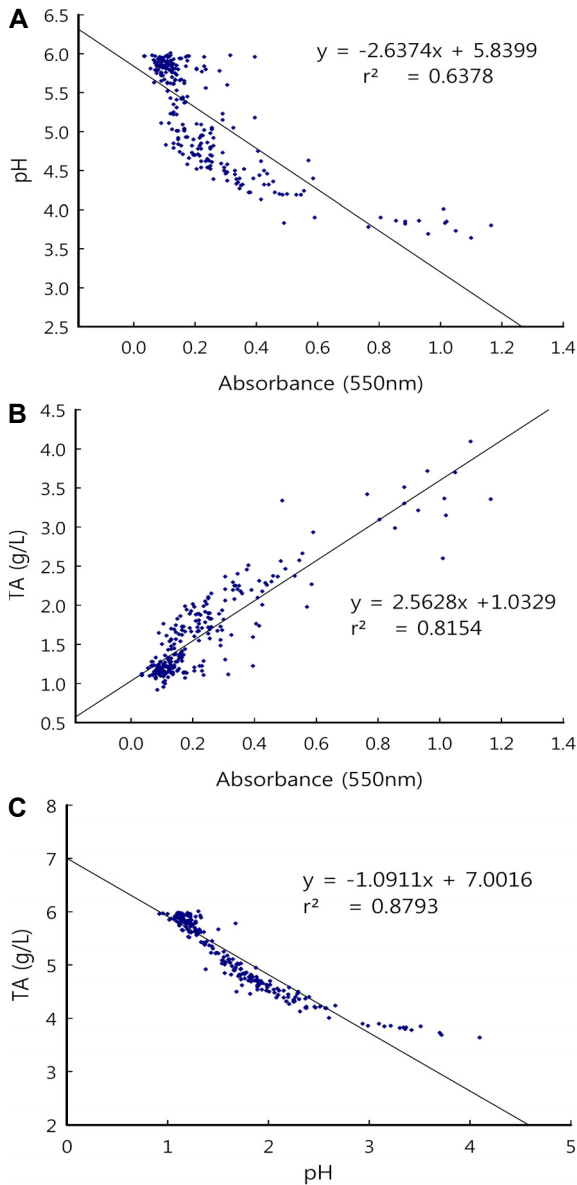


Fig. 4. Relations on the pH, total acidity, and absorbance of model-system according to fermentation period.

련성(r^2 : 0.8154)이 높았으며 총산도와 pH 결과가 가장 높은 상관관계(r^2 : 0.8793)를 나타내었다.

잔존 아질산염 측정

Model-system에서 잔존 아질산염 측정 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 배양 168시간까지 아질산염 함량이 지속적으로 낮아지는 모습을 보였으며, 최종적으로 *Lac. curvatus*를 배양한 실험구가 잔존 아질산염 함량이 15.23%로 가장 낮은 함량을 보였다. *Lac. sakei*를 배양한 실험구는 23.01%, *Ped. acidilactici*를 배양한 실험구는 23.42%의 함량을 나타내었고, *Ped. pentosaceus*, *Lac. plantarum*, LS-25, RPS, KI 7-3은 최종 168시간째 아질산염 함량이 28.9~40.8%로 배양 중 소거 능력이 상대적으로 낮았다. 한편 상

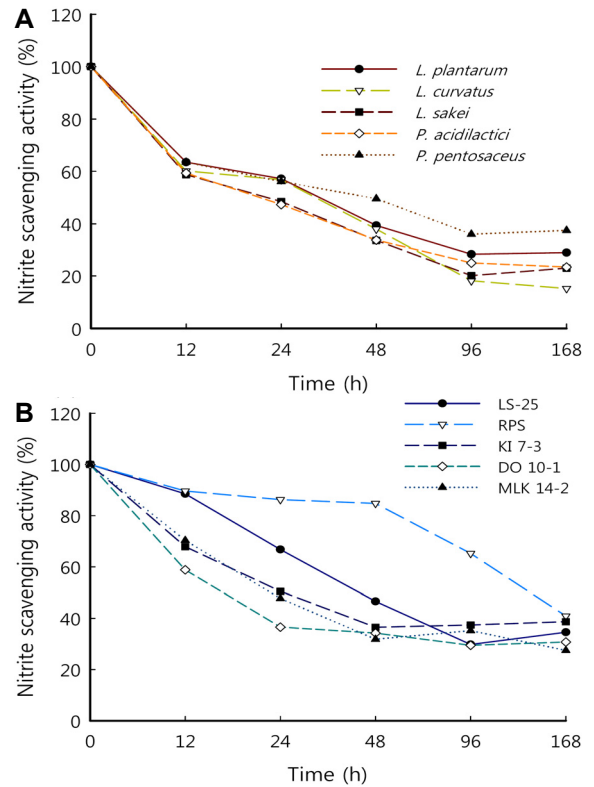


Fig. 5. Changes of nitrite scavenging activity during fermentation of model-system at 20°C.

업용 균주에 비해 분리한 균주를 첨가한 실험구들이 아질산염을 소거하는 속도가 빨랐으며, 최종 아질산염 함량은 MLK 14-2가 27.4%, DO 10-1이 30.7%로 상업용 균주에 비해 아질산염 소거 능력이 우수하였다. 아질산염은 발효소시지 제조과정에서 미생물의 오염을 방지하고 발색을 위해 첨가하지만, 아질산염을 일정 농도 이상으로 섭취할 경우 혈중에서 아질산염이 hemoglobin의 산화를 일으켜 중독증상을 발생시키고 2급, 3급 amine과 결합하여 발암물질인 nitroso-amine을 생성하므로 아질산염 소거능 평가는 발효소시지 스타터를 선발함에 있어 중요한 요소로 작용할 수 있다(17). 아질산염 소거능은 pH 의존성이 매우 커 pH가 낮을수록 그 소거능이 증가하고 중성에 가까울수록 낮아진다고 하였는데(18), 본 연구에서도 model-system에 접종한 젖산균이 증식함으로써 산을 생성하고 pH를 낮추어 발효소시지의 아질산염 소거능이 증가된 것으로 사료되었다. Jin 등(19)은 아질산염 잔존량이 미생물의 균총에 영향을 받는다고 보고하였으며, 아질산염의 소거능은 목적에 따라 스타터 선발의 기준이 될 수 있다.

분리 스타터의 동정

분리한 3종의 균주를 동정하기 위하여 API 50CHL kit를 사용하여 49개 탄소원에 대한 이용성을 분석한 결과 KI 7-3은 *Sta. xylosus*, DO 10-1은 *Sta. epidermidis*, MLK 14-2는 *Lac. plantarum*과 유사한 것으로 판정되었다. 균의 상대

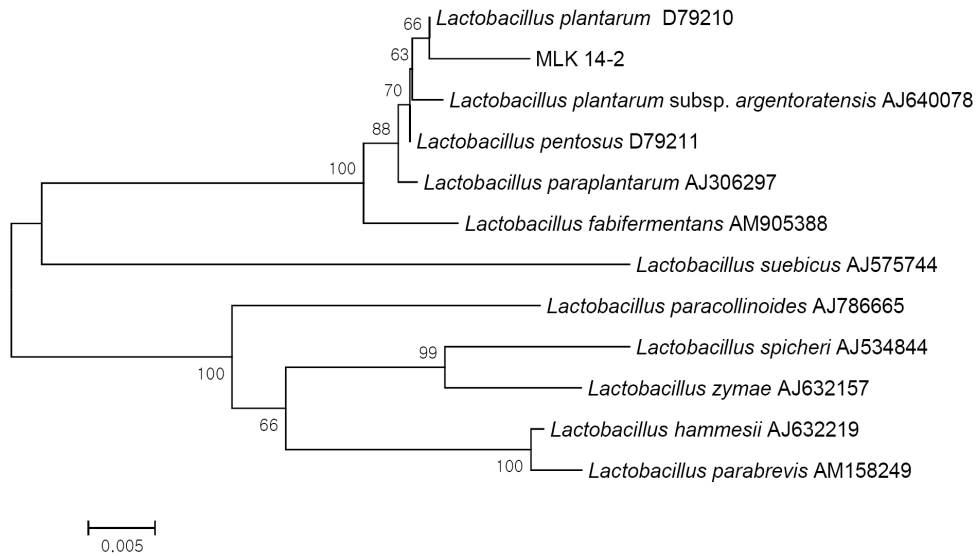


Fig. 6. Phylogenetic analysis of the isolate based on 16S rRNA gene sequences of other LAB. The tree was constructed by using the neighbor-joining method based on partial 16S rRNA sequences. The scale bar indicates the 0.005% nucleotide difference.

에 따라 탄소원을 기질로 발효가 일어나는 조건이 조금씩 다를 수 있으므로 보다 정확한 결과를 확인하기 위해 16S rRNA sequence를 분석하고 이를 Gene Bank에 등록된 여러 젖산균들과 상동성을 비교하였다. 분리균주의 16S rRNA sequencing 결과 KI 7-3은 *Sta. warneri*, DO 10-1은 *Sta. epidermidis*, MLK 14-2는 *Lac. plantarum*과 99%의 상동성을 보였다(Fig. 6). KI 7-3의 경우 API 50 CHL kit 결과로는 *Sta. xylosus*로 동정되었지만, 16S rRNA sequence를 이용한 분자생물학적 동정 결과는 *Sta. warneri*로 동정되어 일치하지 않은 결과를 보였다. 분리한 균주는 16S rRNA sequence 결과를 바탕으로 최종적으로 *Sta. warneri* KI 7-3, *Sta. epidermidis* DO 10-1, *Lac. plantarum* MLK 14-2로 명명하였다. *Sta. warneri*와 *Sta. epidermidis* 균주는 스타터 집종 없이 자연 발효하는 발효소시지에서 빈번하게 분리되는 균주이다(20). 하지만 *Sta. warneri*는 소와 인간의 자연 유산(21), 요로감염(21), 수막염(22) 등의 질병과 관련되어 있으며, *Sta. epidermidis*는 피부 세균총의 일부로 실험실 내 빈번한 오염물질(23)로 기회감염균(24)의 가능성이 있기 때문에 발효소시지의 starter culture로 사용하기에는 부적합할 것으로 사료된다. 반면 *Lactobacillus* 균주는 산도를 증가시키고 pH를 감소시켜 발효식품의 풍미를 향상시키며, 유해세균을 비롯한 다른 장내균들의 증식을 억제하는 것으로 알려져 있다(25). 특히 *Lac. plantarum*은 ACE 저해활성, 콜레스테롤 저하 효과가 우수하며(10), probiotics로서의 효과(26,27) 등 발효소시지 제조에 있어서 기능성을 향상시키는 starter culture로 활발한 연구가 이루어지고 있다. 하지만 분리한 균주를 산업적으로 이용하기 위해서는 용혈현상, 암모니아나 인돌 생성여부, 젤라틴 용해여부와 phenylalanine deaminase, β -glucuronidase, β -glucosidase, 7 α -dehydroxylase, nitroreduc-

tase 등의 효소활성에 대한 추가 연구를 통해 안전성을 검사하여야 한다(28).

요 약

본 연구에서는 전통발효식품 13종과 천연물 4종에서 27균주를 분리한 후 생육속도가 빠르고 pH 저하 능력이 우수한 3종의 균주를 1차 선발하였으며, 분자생물학적 방법을 이용하여 동정한 결과 *Staphylococcus warneri*, *Sta. epidermidis*, *Lactobacillus plantarum*과 99% 상동성을 보였다. 선발된 3균주의 발효소시지 스타터로서 이용가능성을 알아보기 위해 발효소시지의 환경과 유사한 model-system에서 배양하며 pH 저하 능력, 총산 생성 능력, 생육 능력, 아질산염 소거 능력을 발효소시지의 스타터로 많이 사용되고 있는 5균주 및 상업용 2균주와 비교하였다. Model-system에서 pH 저하능과 총산 생성능, 생육능은 관련성이 있었으며, 상업용 균주보다 분리한 *Sta. epidermidis* DO 10-1, *Lac. plantarum* MLK 14-2가 우수한 결과를 나타내었다. 아질산염 소거능의 경우에도 분리한 3균주가 상업용 균주보다 상대적으로 빠른 속도를 보였다. 분리한 3균주는 발효소시지 스타터로서의 발효 소거 능력은 우수할 것으로 보이지만 *Staphylococcus*는 잠재적인 위험성이 제기되는 균주이므로 *Lac. plantarum*이 발효소시지 제조에 가장 적합할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 제주광역경제권 선도 산업의 연구비 지원 하에 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Campbell-Platt G. 1995. *Fermented meats – a world perspective fermented meats*. Springer, New York, NY, USA. p 39-52.
- Lücke FK. 1997. *Fermented sausages*. Springer, New York, NY, USA p 441-483.
- Kunz B, Lee JY. 2003. Production and microbiological characteristics of fermented sausages. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 361-375.
- Leroy F, Verluyten J, De Vuyst L. 2006. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *Int J Food Microbiol* 106: 270-285.
- Lee JY, Kim CJ, Kunz B. 2006. Identification of lactic acid bacteria isolated from Kimchi and studies on their suitability for application as starter culture in the production of fermented sausages. *Meat Sci* 72: 437-445.
- Leistner L. 1995. *Stable and safe fermented sausages worldwide fermented meats*. Springer, New York, NY, USA. p 160-175.
- Gao Y, Li D, Liu X. 2014. Bacteriocin-producing *Lactobacillus sakei* C2 as starter culture in fermented sausages. *Food Control* 35: 1-6.
- Trzaskowska M, Kołożyn-Krajewska D, Wójciak K, Dolatowski Z. 2014. Microbiological quality of raw-fermented sausages with *Lactobacillus casei* LOCK 0900 probiotic strain. *Food Control* 35: 184-191.
- Klingberg TD, Axelsson L, Naterstad K, Elsser D, Budde BB. 2005. Identification of potential probiotic starter cultures for Scandinavian-type fermented sausages. *Int J Food Microbiol* 105: 419-431.
- Han SM, Kim YJ, Lee HC, Chin KB, Oh SJ. 2006. Screening of lactic acid bacteria as starter culture for making fermented sausage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26: 511-516.
- Kim RU, Ahn SC, Yu SN, Kim KY, Seong JH, Lee YG, Kim HS, Kim DS. 2011. Screening and identification of soy curd-producing lactic acid bacteria. *J Life Sci* 21: 235-241.
- Lee JY, Pack YS, Kim YS, Shin DH. 2002. Antimicrobial characteristics of metabolites of lactic acid bacteria isolated from feces of newborn baby and from *Dongchimi*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 472-479.
- So MH, Kim YB. 1997. Isolation and identification of major microbial groups during Baikkimchi fermentation. *Korean J Food & Nutr* 10: 350-359.
- Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem Tokyo* 51: 1333-1338.
- Lücke FK. 1994. Fermented meat products. *Food Res Int* 27: 299-307.
- Schillinger U, Lücke FK. 1989. Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Appl Environ Microbiol* 55: 1901-1906.
- Massey RC, Crews C, Davies R, McWeeny DJ. 1978. A study of the competitive nitrosations of pyrrolidine, ascorbic acid, cysteine and *p*-cresol in a protein-based model system. *J Sci Food Agric* 29: 815-821.
- Buchanan RL, Phillips JG. 1990. Response surface model for predicting the effects of temperature, pH, sodium chloride content, sodium nitrite concentration and atmosphere on the growth of *Listeria monocytogenes*. *J Food Prot* 53: 370-376.
- Jin SK, Song DJ, Lee HG, Kim YG, Park TS, Park GB. 1995. Animal products and processing: Effects of sodium lactate addition and lactic acid dipping on the cooking loss, salt, nitrite content, pH, WHC, water activity of sausage. *Korean J Ani Sci* 37: 379-386.
- Zdolec N, Račić I, Vujnović A, Zdelar-Tuk M, Matanović K, Filipović I, Dobranić V, Cvetnić Ž, Špičić S. 2013. Antimicrobial resistance of coagulase-negative *Staphylococci* isolated from spontaneously fermented sausages. *Food Technol Biotechnol* 51: 240-246.
- Barigye R, Schaan L, Gibbs PS, Chamber E, Dyer NW. 2007. Diagnostic evidence of *Staphylococcus warneri* as a possible cause of bovine abortion. *J Vet Diagn Invest* 19: 694-696.
- Inceni RN, Hernández M, Cortez J, González ME, Salazar YD. 2010. *Staphylococcus warneri* meningitis in a patient with strongyloides stercoralis hyperinfection and lymphoma: first report of a case. *Rev Inst Med Trop São Paulo* 52: 169-170.
- Queck SY, Otto M. 2008. *Staphylococcus: Molecular Genetics*. Caister Academic Press, Norfolk, UK. p 227-255.
- Resch M, Nagel V, Hertel C. 2008. Antibiotic resistance of coagulase-negative *staphylococci* associated with food and used in starter cultures. *Int J Food Microbiol* 127: 99-104.
- Lee SK, Son HS, Ji GE. 1993. Comparison of cultured soy-milk by *Bifidobacterium* and various human intestinal bacteria. *Korean J Food Sci Technol* 25: 694-697.
- Essid I, Hassouna M. 2013. Effect of inoculation of selected *Staphylococcus xylosum* and *Lactobacillus plantarum* strains on biochemical, microbiological and textural characteristics of a Tunisian dry fermented sausage. *Food Control* 32: 707-714.
- Rubio R, Aymerich T, Bover-Cid S, Guàrdia MD, Arnau J, Garriga M. 2013. Probiotic strains *Lactobacillus plantarum* 299V and *Lactobacillus rhamnosus* GG as starter cultures for fermented sausages. *LWT – Food Sci Technol* 54: 51-56.
- Jin HS, Kim JB, Yun YJ, Lee KJ. 2008. Selection of *kimchi* starters based on the microbial composition of *kimchi* and their effects. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 671-675.