

유산균 배양액 추출액의 항병원성균 효과 및 냉장저장 육제품의 품질에 미치는 효과

이윤지 · 고광석

이화여자대학교 신산업융합대학 식품영양학과

Effects of Extract of Lactic Acid Bacteria Culture Media on Quality Characteristics of Pork Loin and Antimicrobial Activity against Pathogenic Bacteria during Cold Storage

Yun Ji Lee and Kwang Suk Ko

Department of Nutritional Science and Food Management, College of Science and Industry Convergence, Ewha Womans University

ABSTRACT Anti-microbial effects of the medium extracts from three different lactic acid bacteria (LB1, *Lactobacillus acidophilus*; LB2, *Lactobacillus casei*; LB3, *Lactobacillus sicerae*) were investigated. Three different extracts of lactic acid bacteria media (ELAM) did not show significant changes in pork loin quality after 3 and 14 days of cold storage such as general contents, colors, pH, and TBARS. To determine anti-bacterial activity of three ELAM, three pathogenic bacteria (*Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, and *Staphylococcus aureus*) were obtained and incubated with ELAM-absorbed paper discs. ELAM of LB2 and LB3 showed significantly larger bacterial growth inhibitory zones compared with that of LB1 ($P<0.05$). When the pathogenic bacteria inoculated in pork loin with three ELAM, total microbial contents of pork loin treated with ELAM of LB3 after 14 days of cold storage showed significantly lower microbial contents compared to those of control, LB1 and LB2 ($P<0.05$). In conclusion, ELAM of LB3 derived from *L. sicerae* had the most effective pathogenic bacteria inhibitory activity on agar and pork loin. This is the first result to report the antibacterial effect of *L. sicerae*. If the safety and toxicity characteristics of *L. sicerae* are further investigated, this new lactic acid bacterium would have potential as an effective and nature-friendly food preserving agent.

Key words: lactic acid bacteria, pathogenic bacteria, cultured media, pork meat, safe storage

서 론

최근 한국의 동물성식품 소비 증가 및 식육의 유통 증가로 인해 육제품을 위생적이고 안전하게 보존 및 유통하는 것이 중요한 사회적 문제로 대두되고 있다. 이를 극복하기 위해 냉수나 온수로 수세하는 등의 물리적인 방법도 고려되어 왔으며(1,2) 육류 표면의 산도를 조절하기 위한 유기산 처리 등의 화학적 방법도 보고되어 있다(3,4). 이 중 젖산은 젖산균으로부터 생산되는 유기산으로 식품의 pH를 부패미생물의 생육 조건 이하로 감소시켜 자연 유래 보존제의 역할을 해왔다. 고대로부터 미생물은 상온에서 부패하기 쉬운 식품의 보존성 및 풍미 증진 등의 경험을 바탕으로 그 이용성이 전달되어 왔다. 실제로 젖산균은 자연계에 광범위하게 분포하고 있으며 다양한 부분에서 식품의 보존 및 발효식품 제조

에 이용되어 오고 있다. 발효식품에서 얻을 수 있는 젖산균은 probiotics로써 소화를 돕고 장내 부패를 억제하며, 설사 및 변비의 치료 효과, 장내 유해균 억제 등 다양한 효능이 있는 것으로 보고되고 있다(5). 그러나 최근 식생활의 변화, 생활온도의 상승과 같은 환경의 변화로 인해 다양한 유해 미생물의 노출 확률이 높아졌고 이로 야기되는 식중독 사고는 규모와 빈도 면에서 증가하고 있는 실정이다(6). 따라서 식품의 안전성 확보를 위한 항균물질의 탐색이 식품재료나 생약제들에 초점이 맞춰지고 실용화시키는 연구가 진행되고 있다(7). 본 연구에서는 식중독 유발균에 대한 항균효능이 아직 검증되지 않은 *Lactobacillus sicerae* 외 2종의 젖산균을 이용하여 식중독 유발균에 대한 항균력 및 식품의 품질 변화를 조사하였다. 항균효능 검증을 위하여 식중독 유발균인 *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*의 3종을 사용하였다. 본 연구를 통하여 자연 친화적인 새로운 젖산균주의 항균능을 확인하고 이를 식품에 직접 이용할 수 있는 가능성을 모색할 수 있을 것으로 생각되며 보다 환경친화적인 동물보존제의 생산에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

Received 13 July 2016; Accepted 27 July 2016

Corresponding author: Kwang Suk Ko, Department of Nutritional Science and Food Management, College of Science and Industry Convergence, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea
E-mail: kko@ewha.ac.kr, Phone: +82-2-3277-6859

재료 및 방법

사용균주 및 배양

본 연구에 사용된 병원성 미생물은 *Bacillus cereus*(KCTC 1012), *Bacillus subtilis*(KCTC1024), *Staphylococcus aureus*(KCTC1928)이며, 젖산균은 *Lactobacillus acidophilus*(KCTC3140), *Lactobacillus casei*(KCTC2180), *Lactobacillus sicerae*(KCTC21012)이다. 모든 미생물은 생물자원센터(Korean Collections for Type Cultures, KCTC, Jeongeup, Korea)에서 분양받아 사용하였다. 젖산균은 MRS 배지(Difco™, Le Pont de Claix, France)에서 3차에 걸쳐 계대배양 하여 활성화시켰으며, 병원성 미생물은 LB 배지(Georgia Chem, Atlanta, GA, USA)에서 37°C 조건에서 정치배양 하였다.

젖산균 배양상등액 제조

병원성 미생물에 대한 항균능력 및 육류의 저장성 조사를 위한 젖산균의 배양상등액(extracts of lactic acid bacteria media, ELAM)은 활성화한 3종의 젖산균을 최초 젖산균 활성화에 사용하였던 동일 MRS 배지에 동일 세포수(3×10^6 /mL)를 접종한 후 37°C에서 24시간 배양하였다. 배양액의 상등액은 원심분리기(Labocene, Seoul, Korea)를 이용해 3,000 rcf의 속도로 10분간 원심분리 한 후 상등액만을 채취하여 사용하였다.

젖산균 배양상등액의 항균력 측정

ELAM의 항균력은 plate diffusion assay 방법(8)을 응용하여 측정하였다. *Bacillus cereus*(KCTC1012), *Bacillus subtilis*(KCTC1024), *Staphylococcus aureus*(KCTC1928) 등 동일 세포수(3×10^6 /mL)를 함유한 3종의 병원성 미생물 배양액을 고체배지에 monolayer로 분주한 후 병원성 미생물이 분주된 고체배지 표면에 ELAM이 흡수된 paper disc를 배치하고 37°C에서 18시간 동안 배양하였다. 배양 종료 후 paper disc 주위에 형성된 투명대의 직경을 측정하였다.

육류시료의 처리 및 저장

육류시료는 일반 정육상점에서 돼지고기 등심을 구입하여 6시간 이내에 실험을 진행하였다. 구입한 육류시료는 약 50 g 정방형 모양으로 절단한 후 ELAM에 15초간 침지하고 진공 포장하여 14일간 4°C에서 보관하였다.

일반성분 분석

ELAM 처리 육류시료의 일반성분 분석은 수분, 조회분, 조지방, 조단백질을 분석하였으며 약 1 g의 시료를 AOAC 방법에 따라 dry-oven법, micro-Kjeldahk법, soxhlet법을 각각 이용해 측정하였다.

pH 및 육색 측정

ELAM 처리 육류시료는 0, 3, 14일에 진공포장을 개봉하여 측정하였다. pH는 육류시료를 분쇄한 후 pH 미터(Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 이용해 3반복 측정하였으며, 육색은 색차계를 이용하여 등심의 명도(brightness, *L* value), 적색도(redness, *a* value), 황색도(yellowness, *b* value)에 대한 색도를 측정하였다. 표준화를 위한 표준판으로는 $Y=92.40$, $x=0.3136$, $y=0.3196$ 의 표준 백색타일을 이용하였다.

지방산패도

ELAM 처리 육류시료의 품질 변화를 확인하기 위해 thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)를 사용하였다(9). 시료는 14일간 4°C에서 저온 보관한 ELAM 처리 등심 5 g을 이용하였으며 trichloroacetic acid 처리 시료를 thiobarbituric acid 용액과 15시간 반응시킨 후 흡광계(Biochrom, Cambridge, UK)를 이용하여 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. 최종 결과는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{TBARS (mg of malonaldehyde/kg sample)} = \text{absorbance (530 nm)} \times 5.2$$

총균수 측정

ELAM의 실제 육류에서의 병원성 미생물 억제 효과를 확인하고 육류시료의 저온보관 중 미생물 수의 변화를 확인하고자 시료의 총균수를 측정하였다. 돼지등심을 구입 직후 병원성 미생물이 포함된 MRS 배지에 5분간 침지시켜 육류에 병원성 미생물을 접종한 후 ELAM에 15초간 재침지하여 ELAM을 처리하였다. 병원성 미생물과 ELAM이 처리된 시료는 진공포장 후 3일 및 14일 동안 4°C에 보관한 다음 총균수를 측정하였다. 각 보관기간 후 시료 2 g을 취하여 10^4 , 10^6 , 10^8 배 희석하여 MRS 고체배지에서 24시간 동안 37°C로 배양한 후 생성된 콜로니 수를 이용하여 총균수를 측정하였다.

통계분석

실험 결과는 SAS software(ver. 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 one-way analysis of variance(ANOVA)를 이용하여 유의성 5% 이내에서 검증하였으며, 평균 간의 검정은 Duncan's multiple range test로 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

젖산균 배양상등액의 항균력

젖산균 3종(LB1, *L. acidophilus*; LB2, *L. casei*; LB3, *L. sicerae*)의 항균력을 실험하기 위해 3종의 병원성 미생물(*B. cereus*, *B. subtilis*, *S. aureus*)을 접종한 고체배지에

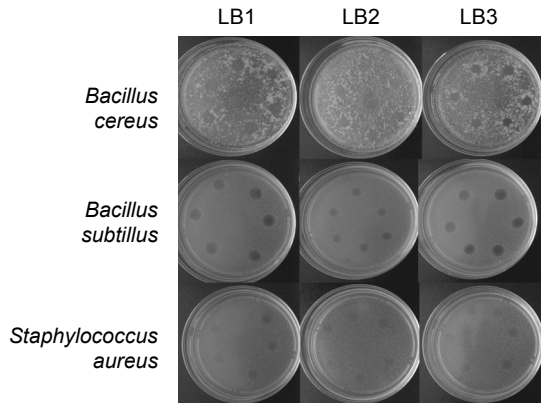


Fig. 1. Representing pictures of basic inhibiting activity of the extracts of lactic acid bacteria media (ELAM). Bacterial killing activities are shown as transparent area around ELAM absorbed paper discs (removed). Five discs were used for one experiment and done triplicated. LB1: *Lactobacillus acidophilus*, LB2: *Lactobacillus casei*, LB3: *Lactobacillus sicerae*.

Table 1. Bacteria inhibiting capabilities of various ELAM (mm of inhibiting zone diameters)

	LB1	LB2	LB3
<i>Bacillus cereus</i>	7.9±1.3	9.9±0.3	9.0±0.9
<i>Bacillus subtilis</i>	7.4±0.5 ^a	9.1±0.5 ^b	9.4±0.6 ^b
<i>Staphylococcus aureus</i>	7.8±0.4	8.3±0.4	8.4±0.1

Data are expressed as mean±standard deviation (n=3). Different letters (a,b) within a row mean statistically significantly different between groups ($P<0.05$). ELAM: extract of lactic acid bacteria media. LB1: *L. acidophilus*, LB2: *L. casei*, LB3: *L. sicerae*.

ELAM을 흡수시킨 paper disc와 함께 배양하였다. ELAM을 흡수한 paper disc가 위치했던 주변에는 병원성 미생물 콜로니 형성이 억제됨을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 이렇게 성장이 억제된 부분의 직경을 측정하였다(Table 1). LB1보다 LB2와 LB3의 병원성 미생물 성장 억제력이 큰 경향을 나타내었으며, 특히 *B. subtilis*에 대해서는 LB2와 LB3이 LB1보다 유의적($P<0.05$)으로 성장을 억제하는 것으로 관찰되었다. 이는 여러 젓산이 미생물 성장을 억제한다는 기존 연구들(4,10)과 일치하며 Song 등(8)의 보고에서와 같이 본 연구에서도 paper disc 주변의 투명대 크기에 따라 젓산균의 항균능력에 차이를 나타내었으며, 이는 LB2와 LB3가 LB1에 비해 사용된 3종의 병원성 미생물에 대해 성장 억제 효과가 더 클 것으로 판단된다.

젓산균 배양상등액을 처리한 저온저장 등심의 일반성분

ELAM 처리 후 저온보관 과정 중 돼지등심의 성분 변화를 관찰하기 위해 ELAM을 처리한 육류시료를 6일간 4°C에서 저온저장 후 수분, 조회분, 조지방, 조단백의 일반성분을 분석하였다(Table 2). 네 가지의 일반성분 모두 3가지의 ELAM 처리군과 대조군의 유의적 차이는 발견되지 않았다. 일반적으로 유기산을 처리한 돈육의 저장기간이 길어질수록 단백질

Table 2. Proximate analysis of ELAM treated cold-stored pork 6 days after treatments (%)

	Control	LB1	LB2	LB3
Moisture	74.0±0.7	74.0±0.8	74.0±0.7	73.0±0.7
Crude ash	4.0±0.3	4.5±0.4	4.1±0.4	3.8±0.1
Crude lipid	10.7±1.8	8.5±0.9	9.6±0.5	9.1±0.7
Crude protein	20.2±4.1	19.6±3.8	21.4±4.6	21.2±4.1

Data are expressed as mean±standard deviation (n=3). ELAM: extract of lactic acid bacteria media. LB1: *L. acidophilus*, LB2: *L. casei*, LB3: *L. sicerae*.

Table 3. Relative color changes of pork meat during cold storage treated with various ELAM

Color analysis	Control	LB1	LB2	LB3	
Day 0	L^*	43.0±1.3	50.5±3.7	49.0±0.8	51.0±1.4
	a^*	6.5±0.9	5.4±1.3	4.9±0.1	5.8±0.7
	b^*	2.0±0.5	2.8±1.1	2.1±0.5	2.8±1.0
Day 3	L^*	45.7±2.3	48.7±0.3	47.8±1.9	49.2±1.4
	a^*	7.2±1.0	5.1±0.2	7.2±0.2	6.7±0.6
	b^*	1.9±0.6	2.8±0.2	2.4±0.7	3.4±1.0
Day 14	L^*	47.6±0.7 ^a	54.8±0.2 ^b	52.8±0.3 ^c	54.2±1.5 ^{bc}
	a^*	6.8±0.5 ^a	5.2±0.4 ^a	5.8±0.3 ^a	7.6±1.0 ^b
	b^*	3.3±2.3	4.4±0.4	4.0±0.6	6.4±0.8

Data are expressed as mean±standard deviation (n=3). Different letters within a row mean statistically significantly different between groups ($P<0.05$). ELAM: extract of lactic acid bacteria media. LB1: *L. acidophilus*, LB2: *L. casei*, LB3: *L. sicerae*. L^* , a^* , and b^* meant brightness, redness, and yellowness, respectively.

질의 변화가 보존 후 7일부터 나타난다는 보고(11)와는 달리 ELAM의 처리 시에는 산에 의한 단백질 변성을 최소화할 수 있었다. 이는 육질의 변화에 큰 영향을 주지 않고 보존할 수 있는 효과적인 보조제로서의 가치를 부여할 수 있는 근거 자료로써 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

젓산균 배양상등액을 처리한 저온저장 등심의 일반성분 육색

ELAM 처리에 따른 저온저장 중 육색의 변화를 관찰하기 위해 ELAM 처리 후 4°C 저온저장 0, 3, 14일에 시료의 육색을 색차계를 이용하여 측정하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 0, 3일 시료에서는 3종의 ELAM 처리에도 육색은 유의적으로 변화하지 않았다. 그러나 14일 저온저장 시료의 경우 명도를 나타내는 L 값은 3종의 ELAM 처리군 모두 대조군보다 유의적($P<0.05$)으로 증가하였으며, 적색을 나타내는 a 값은 LB3 처리군이 대조군과 다른 ELAM 처리군에 비해 유의적($P<0.05$)으로 증가함을 보였다. 그러나 황색을 나타내는 b 값은 통계적으로 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 일반적으로 돈육은 PSE(pale, soft, exudative)일수록 선호도가 떨어지며, 붉은색의 육색일수록 소비자들이 선호하는 것으로 보고되었다(12). 본 연구에서 저온저장 후 14

Table 4. pH of pork meat during cold storage treated with various ELAM

	Control	LB1	LB2	LB3
Day 0	5.67±0.01 ^a	5.67±0.01 ^a	5.72±0.02 ^b	5.63±0.04 ^c
Day 3	5.45±0.13 ^a	5.44±0.01 ^a	5.37±0.02 ^b	5.27±0.01 ^c
Day 14	5.50±0.01 ^a	5.33±0.03 ^b	5.32±0.04 ^b	5.02±0.01 ^c

Data are expressed as mean±standard deviation (n=3). Different superscribed letters within a row mean statistically significantly different between groups (P<0.05). ELAM: extract of lactic acid bacteria media. LB1: *L. acidophilus*, LB2: *L. casei*, LB3: *L. sicerae*.

일이 경과한 후에 적색의 증가를 보인 것은 저장에 의한 명도 변화와 더불어 육색을 더욱 선명하고 붉은 색으로 변화시켜 소비자 구매 기호도에 긍정적인 효과가 있을 것으로 생각한다.

젖산균 배양상등액을 처리한 저온저장 등심의 pH 변화

ELAM 처리에 따른 pH 변화를 관찰하였다(Table 4). ELAM 처리에 따라 돼지등심육의 pH는 보존기간이 지남에 따라 감소하는 것으로 관찰되었다(P<0.05). 특히 LB3은 대조군은 물론 다른 두 처리군인 LB1과 LB2에 비해 보존 0, 3, 14일 차 모두에서 유의적(P<0.05)으로 pH의 감소를 보였다. 일반적으로 산도조절에 의한 육표면의 미생물 억제를 위해 최소한 pH는 5.5 이하가 되어야 한다고 보고되어 있고(13), pH 8 이상에서 부패가 발생한다고 보고되었다(14). 이러한 보고들은 저장육의 pH가 미생물의 성장에 결정적인 요인이며 pH 조절로 미생물의 성장 억제 및 돈육의 안전한 저장기간을 장기화할 수 있는 요소라고 판단할 수 있다. 본 연구에서 LB3의 경우 대조군을 비롯해 다른 ELAM에 비해 최초 처리시점부터 유의적으로 낮은 pH를 보였을 뿐만 아니라 이에 따른 일반성분과 육색 또한 품질에 영향을 주지 않는 범위의 변화이기 때문에 육류의 저장에 따른 품질의 변화를 최소화하고 저장 안전성을 늘릴 수 있는 효과적인 보존제로써 사용 가능할 것으로 판단된다.

젖산균 배양상등액을 처리한 저온저장 등심의 지방산패도

ELAM 처리에 따른 돼지등심육의 지방산패도를 측정하기 위하여 ELAM 처리 후 14일간 4°C 저온저장 한 돼지등심육의 TBARS를 측정하였다(Fig. 2). 본 연구에서는 대조군을 포함한 모든 실험군에서 TBARS의 유의적 차이는 발견되지 않았다. 일반적으로 저온저장이 진행될수록 TBARS 값이 증가하는 것으로 알려졌다(11), 본 연구 결과에서는 그 차이를 발견할 수 없었다. 이는 미생물 배양 추출물인 ELAM의 처리에 의한 품질 보존 효과로 기인한다고 판단된다.

젖산균 배양상등액을 처리한 저온저장 등심의 총미생물 측정

ELAM 처리의 저온 보존 상태에서의 항균 효과를 관찰하기 위해 3종의 병원성 미생물(*B. cereus*, *B. subtilis*, *S. aureus*)을 접종한 돼지등심육에 3종의 ELAM을 처리하고

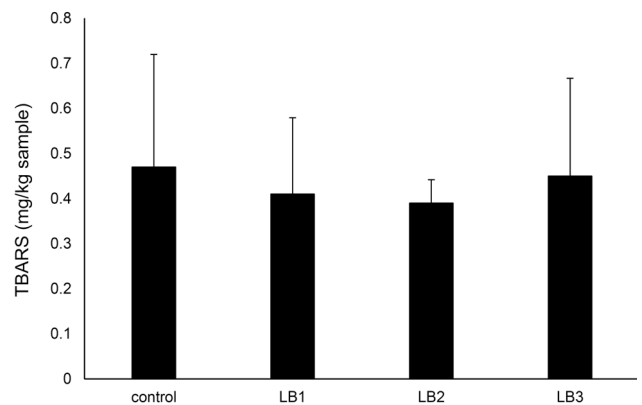


Fig. 2. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS, mg of malonadehyde/kg) of pork meat during cold storage treated with various ELAM. Experiments were done triplicate.

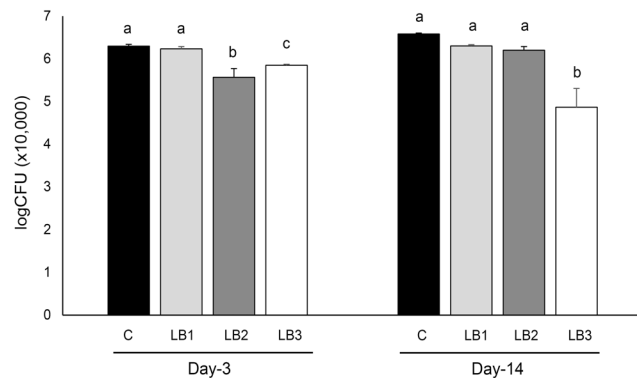


Fig. 3. Pathogenic microbe-inhibiting activities of various ELAM on pork meat during cold storage. The numbers of pathogenic microbes were measured on day 3 and day 14 after ELAM treatments. Data on the graphs are expressed as mean±standard deviation. Different letters on the graphs mean significantly different between groups (P<0.05). Experiments were done triplicate.

3, 14일간 4°C에서 저온저장 후 시료육의 총미생물수를 측정하였다(Fig. 3). 저장 3일 후에는 LB2와 LB3 처리군에서 유의적(P<0.05)으로 적은 미생물수가 측정되었으며 장기간 보관 후인 저장 후 14일에는 LB3 처리군만이 대조군과 다른 처리군에 비해 유의적(P<0.05)으로 미생물수를 억제하는 것으로 관찰되었다. 이는 본 연구의 pH 측정 결과와 일치하는 것으로 pH 수준이 미생물의 성장을 억제하는 가장 중요한 요소라는 기존의 연구(13,14)와 일치하는 결과이다. 특히 본 연구에서 사용된 3종의 젖산균 중에 LB3 처리군인 *L. sicerae*의 경우 육류 저장을 위한 용도로 연구되어 있지 않으며 본 연구에서 최초로 다른 두 종의 젖산균인 *L. acidophilus*와 *L. casei*에 비해 병원성 미생물에 대한 항균력은 우수하며 육질의 품질은 저해시키지 않는다고 판단된다.

요 약

본 연구는 젖산균 배양상등액(ELAM)의 항균 효과 및 저온

저장 돈육의 보존성과 품질 변화를 확인하기 위해 시행되었다. 현재까지 그 항균능력이 연구되지 않은 *Lactobacillus sicerae*를 비롯해 두 종의 젖산균인 *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*의 비교를 통해 그 항균력과 보존제로서의 가능성을 확인하였다. 본 연구에 사용된 3종의 ELAM은 모두 돈육등심의 14일간 저온저장 후의 품질에 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다. 돈육의 일반성분, pH, TBARS, 육색에 중대한 변화를 초래하지 않았으며 이와 대조적으로 *L. sicerae*는 다른 두 종의 젖산균 ELAM 처리군에 비해 3종의 병원성 미생물(*Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*)에 대한 성장 억제 능력과 돈육접종 후 14일간의 저온저장 후의 미생물 수에서 유의적($P < 0.05$)으로 우수한 효과를 나타내는 것으로 관찰되었다. 본 연구의 예비연구에서 ELAM 처리 돈육의 보수력과 가열감량에도 유의적인 변화가 없는 것으로 관찰되어 앞으로 *L. sicerae*의 사용 안전성 및 독성에 대한 추가 연구가 있을 시 안전하고 효율적인 자연친화적 육류보존제로서의 사용 가능성의 전망이 매우 밝다고 판단된다.

REFERENCES

1. Anderson ME, Marshall RT, Stringer WC, Naumann HD. 1979. Microbial growth on plate beef during extended storage after washing and sanitizing. *J Food Prot* 42: 389-392.
2. Smith MG, Graham A. 1978. Destruction of *Escherichia coli* and salmonellae on mutton carcasses by treatment with hot water. *Meat Sci* 2: 119-128.
3. Anderson ME, Marshall RT. 1989. Interaction of concentration and temperature of acetic acid solution on reduction of various species of microorganisms on beef surfaces. *J Food Prot* 52: 312-315.
4. Smulders FJM, Woolthuis CHJ. 1985. Immediate and delayed microbiological effects of lactic acid decontamination of calf carcasses-influence on conventionally boned versus hot-boned and vacuum-packaged cuts. *J Food Prot* 48: 838-847.
5. Bae MO, Kim HJ, Cha YS, Lee MK, Oh SH. 2009. Effects of kimchi lactic acid bacteria *Lactobacillus* sp. OPK2-59 with high GABA producing capacity on liver function improvement. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1499-1505.
6. Choi MY, Rhim TJ. 2011. Antimicrobial effects against food-borne pathogens and antioxidant activity of *Rhododendron brachycarpum* extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1353-1360.
7. Lee YS, Sohn HS, Rho JO. 2011. The antibacterial effects of Backryeoncho (*Opuntia ficus-indica* var. saboten) extracts as applied to Kimchi fermentation with lactic acid bacteria and food poisoning bacteria. *Korean J Hum Ecol* 20: 1213-1222.
8. Song YJ, Park SH, You JY, Cho YS, Oh KH. 2009. Antibacterial activity against food-poisoning causing bacteria and characterization of *Lactobacillus plantarum* YK-9 isolated from Kimchi. *KSBB J* 24: 273-278.
9. Witte VC, Krause GF, Bailey ME. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci* 35: 582-585.
10. Prasai RK, Acuff GR, Lucia LM, Morgan JB, May SG, Savell JW. 1992. Microbiological effects of acid decontamination of pork carcasses at various locations in processing. *Meat Sci* 32: 413-423.
11. Kang SN, Jang A, Lee SO, Min JS, Lee M. 2002. Effect of organic acid on value of VBN, TBARS, color and sensory property of pork meat. *J Anim Sci Technol* 44: 443-452.
12. Kim IS, Min JS, Lee SO, Shin DK, Lee JI, Byun JS, Lee M. 1998. Physicochemical and sensory characteristics of domestic vacuum packaged pork hams. *Korean J Food Sci Ani Resour* 18: 132-141.
13. Jung HM, Lee KH. 1991. Effects of organic acids on storability of chilled beef. *Korean J Food Sci Technol* 23: 379-387.
14. Jay JM. 1972. Mechanism and detection of microbial spoilage in meats at low temperature: A status report. *J Milk Food Technol* 35: 467-471.