

## 유기산에 의한 냉장우육의 저장효과

정해만 · 이규한\*

조선대학교 치과대학 동물학교실, \*단국대학교 식품영양학과

### Effects of Organic Acids on the Storability of Chilled Beef

Hae-Man Jung and Kyu-Han Lee\*

Department of Zoology, College of Dentistry, Chosun University

\*Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

#### Abstract

The effects of organic acids (acetic, citric and lactic acids) treatment on microbial spoilage of chilled beef were studied during aerobic storage at 4°C for 11 days. The organic acids had definite effects on the delay of the development of off-odor and slime of chilled beef. When chilled beef slices were treated with 1, 2, 3 and 4% of organic acids, off-odor was developed 1, 2, 3 and 5 days later than control, respectively, regardless of the kinds of organic acid. The slime was produced two days after the day of off-odor development in 1~3% organic acid-treated chilled beef, but no slime was produced on chilled beef treated with 4% organic acid. The off-odor was detected organoleptically when pH and number of microorganisms of chilled beef were 5.6~5.8 and  $0.8 \times 10^7 \sim 1.8 \times 10^7$  cell/cm<sup>2</sup>, respectively, and slime was observed when pH and number of microorganisms of chilled beef were 5.9~6.2 and  $2.0 \times 10^7 \sim 6.0 \times 10^7$  cells/cm<sup>2</sup>, respectively, in control and treated groups.

Key words: chilled beef, organic acid, microbial spoilage, off-odor, slime

#### 서 론

식육은 부패성이 높은 식품이므로 도축과정에서부터 유통단계에 이르기까지 품질보존에 유의하여 저장기간과 식품으로서의 안정성을 높여야 한다. 근래 육류의 미생물에 의한 부패와 물리화학적 작용에 의한 품질저하를 방지하기 위하여 냉동, 냉장, 건조, 염지, 훈제, 조사, 가열처리 등의 방법을 이용하고 있다<sup>1)</sup>. 이들 방법 중 냉동 또는 냉장저장은 식품의 화학반응 속도 및 효소의 활성을 지연시키고 식품에 존재하는 미생물의 증식을 억제하거나 정지시키고, 아울러 식품고유의 성분과 신선도를 유지시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 미생물 중에서 저온성세균(psychropiles 또는 psychrotropic bacteria)은 냉장온도에서 잘 성장하는 세균으로써 이들 세균이 육류표면에 번식하면 부패취(off odor)와 점질물(slime)을 형성하여 육류를 변질시킬 수 있다. 또한 저온성세균은 자연계의 토양, 하수, 오수 등 다른 서식지에서도 널리 발견되고 있어 식품을 쉽게 오염시킬 수 있다<sup>2-7)</sup>.

우리나라는 식생활문화의 선진화에 따라 육류의 소비 증가와 함께 냉동 냉장육의 시판이 날로 확대되어가고

있으며, 가정에서도 육류를 냉동, 냉장하여 상식하는 가구가 증가추세에 있다. 이에 따라 육질의 변성에 관계되는 조직학적, 이화학적 연구는 비교적 활발하게 진행되고 있으나 육류의 부패에 따른 미생물학적 연구는 주로 외국에서 이루어지고 있으며, 국내에서는 극히 미미한 실정이다.

본 연구에서는 저온저장 우육을 유기산(아세트산, 시트르산, 락트산)으로 처리하여 저온저장에 따른 미생물의 증식 및 관능적 품질변화에 미치는 영향을 연구하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

광주직할시 도축장에서 도살 해체하여 예냉실에 옮겨져 0°C에서 24시간 예냉시킨 후 수퍼마켓으로 운반되어 -5°C에서 24시간 냉동시킨 냉동우육 중 안심부위를 1990년 5월, 6월, 7월 세계 토요일에 광주직할시 소재 수퍼마켓으로부터 3kg(육의 표면에서 약 3cm 두께의 육)씩 구입하여 가스살균된 비닐용기에 넣어 0°C 내외의 얼음 상자로 30분 이내에 실험실로 운반하였다.

##### 시료의 처리 및 저장

구입한 시료는 clean bench 내에서 살균된 해부칼로 표면으로부터 약 1cm 두께로 절개한 다음 4등분하여 대조군, 유기산 처리군(아세트산, 시트르산, 락트산)으로

Corresponding author: Hae-man Jung, Department of Zoology, College of Dentistry, Chosun University, Kwangju, 501-759, Korea

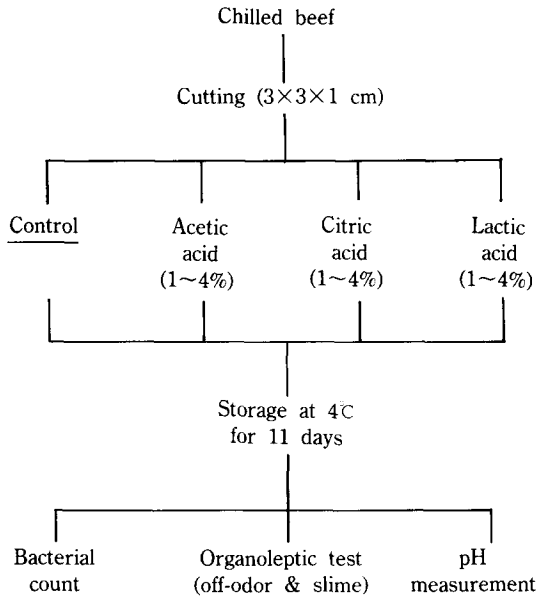


Fig. 1. Procedure of treatment and experiment of chilled beef

나누었다. 유기산 처리군은 각각 1, 2, 3, 4%로 농도를 달리하여 우육(3×3×1 cm)을 각각의 용액에 5초간 담갔다가 꺼내어 용액이 완전히 흘러 떨어지게 한 후 20 절편씩을 한 조로 하여 초기시료를 제외하고 모든 시료는 살균용기에 넣어 4°C 냉장고에 보관하였다. 보관된 시료는 처리 후 1일째부터 11일까지 매일 2절편씩 실험에 사용하였다(Fig. 1).

세균수의 산정

실험절편의 표면에서 1 cm<sup>2</sup>를 scraping과 swabbing 법으로 균을 채취하였다. 즉 절편의 중앙에 1 cm<sup>2</sup> 공간 크기의 살균된 stainless steel 제품의 templet를 놓고 loop로 육의 표면을 긁어 모은 후 다시 면봉으로 닦아 내어 0.1% peptone수 10 ml의 시험관에 넣은 후 솜마개를 하여 vortex mixer(Dong Yang Co.)로 1분간 균질화한 후 10<sup>-1</sup>부터 10<sup>-8</sup>까지 단계 희석하여 brain heart infusion(BHI) agar와 plate count agar를 이용하여 미생물 수를 측정하되 평판 2매는 중온성 세균을 분리하기 위하여 37°C에서 24시간 배양하였고 다른 2매는 저온성 세균수를 산정하기 위하여 4°C에서 7일간 배양하여 나타난 집락수를 계측하여 colony-forming unit(CFU)로 하였다<sup>(89)</sup>.

부패취 및 점질물의 측정

저장 중 우육의 부패취와 점질물의 생성여부는 관능 검사로 판단하였다. 부패취와 점질물은 실험인원 5명 중 4명 이상이 인정하였을 때를 각각 부패취와 점질물의

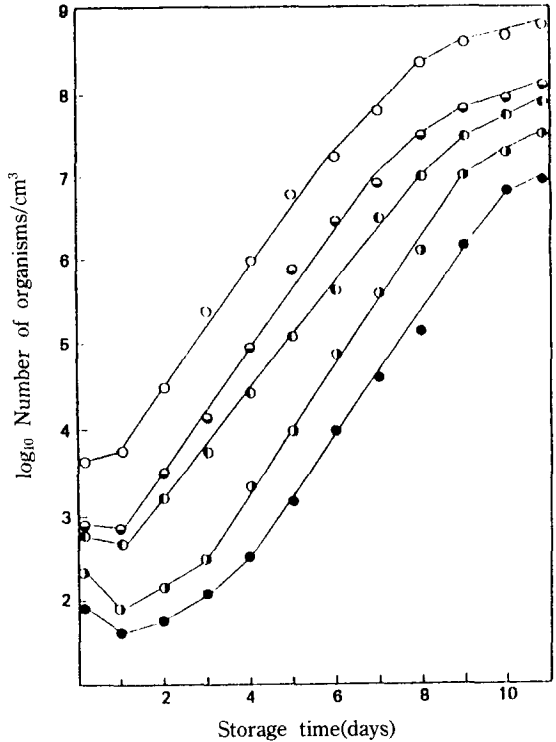


Fig. 2. Effect of acetic on the growth of bacteria on beef during storage at 4°C

○, Control; □, 1%; △, 2%; ◇, 3%; ●, 4%.

생성일로 판단하였다.

pH 측정

시료 1 gm당 증류수 10 ml(pH 7.0)를 가하고 meat grinder(Sears 400. 8260)로 갈아서 균질화시킨 다음 이들 용액의 pH를 digital portable pH meter(Nova Scientific Co., USA)를 이용하여 20°C에서 측정하였다<sup>(10)</sup>.

결과 및 고찰

아세트산의 효과

세균수 : 아세트산(1~4%) 처리에 의한 우육의 각 처리구별 세균수는 Fig.2와 같다. 대조군에서의 초기 세균수는 4.4×10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>이었으며 1일부터 6일까지는 10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>로 거의 대수증식을 보인 반면 7일부터 증식속도가 감소되어 8일째에 2.6×10<sup>8</sup>/cm<sup>2</sup>에서 11일 최종일째까지 6.5×10<sup>8</sup>/cm<sup>2</sup>를 유지하였다. 이러한 결과는 Ayres<sup>(11)</sup>와 Shaw<sup>(12)</sup>이 beef carcasses를 5°C에서 보존하였을 때 세균수는 초기 10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>에서 12일에 10<sup>8</sup>/cm<sup>2</sup>를 보였다고한 보고와 비슷한 것이었다. 또한 Nottingham 등<sup>(13,14)</sup>은 beef carcasses의 표면세균수는 10<sup>2</sup>~10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>으로 보고

**Table 1. The development of off-odor (+ or ++) and slime(+++) on beef treated with acetic acid during storage at 4°C**

Storage time (days)	Control	Acetic acid			
		1%	2%	3%	4%
0	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	+	-	-	-	-
7	+++	+	-	-	-
8	+++	++	+	-	-
9	+++	+++	++	+	-
10	+++	+++	+++	++	-
11	+++	+++	+++	+++	+

**Table 2. The changes of pH on beef treated with acetic acid during storage at 4°C**

Storage time (days)	Control	Acetic acid			
		1%	2%	3%	4%
0	5.5	5.4	5.2	5.2	4.9
1	5.5	5.4	5.3	5.2	4.9
2	5.6	5.4	5.3	5.2	5.0
3	5.6	5.4	5.4	5.2	5.1
4	5.7	5.5	5.4	5.3	5.1
5	5.7	5.5	5.4	5.3	5.2
6	5.8	5.5	5.5	5.4	5.2
7	5.9	5.6	5.5	5.4	5.2
8	6.0	5.7	5.6	5.5	5.3
9	6.2	5.9	5.7	5.6	5.5
10	6.5	6.1	5.9	5.8	5.6
11	6.9	6.4	6.1	6.0	5.7

하여 본 실험결과와 비슷하였다.

아세트산 처리군에서는 산의 처리에 따라 초기 세균수가 대조군에 비하여 현저하게 낮은 세균수를 보였으며 1~2% 처리구에서는 1일째 되는 날까지 증식이 거의 없다가 2일 이후 8일까지는 대수적인 증식을 나타내었고 그 이후는 서서히 증식속도가 감소하였으며 실험 최종일인 11일에 1%에서  $1.3 \times 10^8/\text{cm}^2$ , 2%에서  $8 \times 10^7/\text{cm}^2$  까지 지속적인 세균수의 증식을 보였다. 그러나 3% 처리구에서는 초기보다 1~2일째에  $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ 로 오히려 세균수가 감소하였으며 3일까지 느린 증식속도를 나타내다가 3일째 이후 9일째까지 대수적인 증식을 나타냈고 그 이후에는 증식속도가 감소하였으며 11일째의 세균수는  $3.4 \times 10^7/\text{cm}^2$ 이었다. 4% 처리구에서도 3% 처리구와 비슷하게 2일까지  $10^1/\text{cm}^2$ 를 유지하다가 4일째까지 느린속도로 증식하였으며 4일 이후 10일째까지는 대수적으로 빠른 증식을 보였고 그 이후 증식속도가 감소하여 11일째의 세균수는  $9.6 \times 10^6/\text{cm}^2$ 이었다.

부패취 및 점질물의 생성 : 육류의 미생물에 의한 관능적인 변화로는 육의 표면에서의 부패취와 점질물의 생성 등이 있는데 점질물의 생성은 육의 표면에 미생물이 많이 증식하여 쌓이기 때문이며 점질물이 생성되기까지의 시간은 최초 오염도, 보존온도, 습도에 따라 달라지게 된다<sup>(1-3)</sup>.

*Pseudomonas*와 같은 호기성 저온성 세균은 중온성 세균보다 더 많은 다당류를 합성하는데 저온에서 부패된 육류의 특성인 점질물 특성은 이들 다당류의 합성에 기인한다<sup>(15,16)</sup>. 따라서 부패 측정은 부패취와 점질물 생성시기를 기준으로 한다. Ayres<sup>(11)</sup>를 비롯한 많은 연구자들<sup>(12,17-19)</sup>은 육류에 있어서 세균수가  $10^7 \sim 10^8/\text{cm}^2$ 일 때 부패취 및 점질물을 생성한다고 보고하였다. 아세트산 처리에 의한 우육의 저장기간에 따른 부패취와 점질물의 생성시기는 Table 1과 같다. 대조군에서는 세균수  $1.8 \times$

$10^7/\text{cm}^2$ 인 6일째에 부패취가 발생되었으며 아세트산을 1~3% 처리하였을 때 부패취 발생일은 처리농도의 증가에 따라 1일씩 늦어졌으며 4% 처리구에서는 3% 보다 2일 늦게 부패취가 발생되었다. 즉 1% 아세트산 처리구에서는 세균수  $8.0 \times 10^6/\text{cm}^2$ 인 7일째에, 2% 처리구에서는 세균수  $1.1 \times 10^7/\text{cm}^2$ 인 8일째에, 3% 처리구에서는 세균수  $9.8 \times 10^6/\text{cm}^2$ 인 9일째에 그리고 4% 처리구에서는 세균수  $9.6 \times 10^6/\text{cm}^2$ 인 11일째에 부패취가 발생되었다. 한편 점질물은 대조군의 경우 세균수  $6.1 \times 10^7/\text{cm}^2$ 인 7일째에 생성되었으나 1% 아세트산 처리구에서는 9일째(세균수  $6.7 \times 10^7/\text{cm}^2$ ), 2% 처리구에서는 10일째(세균수  $5.8 \times 10^7/\text{cm}^2$ ), 3% 처리구에서는 제 11일째(세균수  $3.4 \times 10^7/\text{cm}^2$ )에 점질물이 생성되었고 4% 처리구에서는 저장 11일째(세균수  $9.6 \times 10^6/\text{cm}^2$ )까지 점질물이 생성되지 않았다.

pH 변화 : 대부분의 세균은 pH가 중성인 pH 7.0 내외에서, 곰팡이는 pH 4.5~5.5, 효모는 4.0~4.5에서 성장한다<sup>(1,2)</sup>. 육류의 도살직후 최종 pH는 5.5 내외이므로 곰팡이 효모, 호산성 세균이 잘 증식할 수 있는 조건이 된다<sup>(20)</sup>.

본 실험에서의 아세트산 처리구별 우육의 pH 변화는 Table 2와 같다. 즉 대조군에서는 초기에 pH 5.5로 Gill과 Newton<sup>(24)</sup>의 보고와 비슷하였으며 부패취를 내고 점질물을 생성하던 7일째(세균수  $6.5 \times 10^7/\text{cm}^2$ )까지 지속적인 상승을 보여 5.9에 이르렀으며 8일부터 보다 더 상승폭이 커졌으며 11일째(세균수  $6.5 \times 10^6/\text{cm}^2$ )에는 pH 6.9까지 상승하였다. 우육의 pH는 아세트산의 처리에 의하여 감소되었으며 그 효과는 농도가 증가할수록 현저하였다. 1% 처리구는 초기 pH가 5.4로서 대조군보다 0.1이 낮았고 3일까지 pH 5.4를 유지하였으며 2% 처리구는 초기 pH 5.2에서 5일 후, 3% 처리구는 초기 5.2에서 7일 후에, 4% 처리구는 초기 pH 4.9에서 8일 후에 pH 5.4

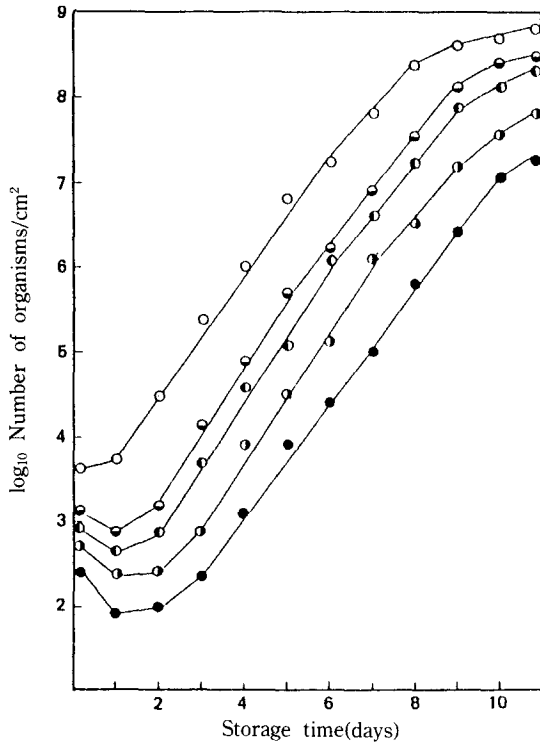


Fig. 3. Effect of citric acid on the growth of bacteria on beef during storage of 4°C  
○, Control; ◐, 1%; ◑, 2%; ◒, 3%; ●, 4%.

에 도달하였다. 대조군의 경우 6일 후 즉 pH 5.8에서 부패취가 발생되었으므로(Table 1) 이에 대응하는 처리구는 1~3%에서는 pH 5.6, 4%에서는 pH 5.7로서 아세트산 처리시료의 부패취 발생은 pH 5.6 이상에서 일어났다. 한편 점질물의 생성은 대조군의 경우 저장 7일 후(Table 1)로서 이 때 pH는 5.9이었다(Table 2). 아세트산을 처리한 경우 1%에서는 9일 후(pH 5.9), 3%에서는 11일 후(pH 5.8~6.1)로서 점질물의 생성 pH는 5.9 이상이었다.

시트르산의 효과

세균수 : 시트르산 (1~4%) 처리에 따른 각 처리구별 세균수는 Fig. 3과 같다. 1% 시트르산 처리구에서는 초기  $1.3 \times 10^3/cm^2$ 으로 대조군( $4.4 \times 10^3/cm^2$ )보다 약간 낮았으나 2~4%에서는  $10^2/cm^2$ 로 더 낮게 나타났다. 1일째에는 1~4% 처리군 모두가 당일보다 낮은 세균수를 보이다가 1%에서 2일째부터 증식을 개시하였으며 2~3%에서 3일부터 세균수가 증가하였고 4%에서는 4일째부터 대수적인 증식을 보였다. 1~2% 처리군에서는 3일부터 8일까지 비교적 증식폭이 컸으며 최종일인 11일에 각각  $2.5 \times 10^8/cm^2$ 와  $1.3 \times 10^8/cm^2$ 의 세균수를 보였다. 3~3% 처리군에서는 4일째에 비로소 대조군 초

Table 3. The development of off-odor (+ or ++) and slime(+++) on beef treated with acetic acid during storage at 4°C

Storage time (days)	Control	Citric acid			
		1%	2%	3%	4%
0	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	++	-	-	-	-
7	+++	+	-	-	-
8	+++	++	+	-	-
9	+++	+++	+++	+	-
10	+++	+++	+++	++	+
11	+++	+++	+++	+++	++

Table 4. The changes of pH on beef treated with citric acid during storage at 4°C

Storage time (days)	Control	Citric acid			
		1%	2%	3%	4%
0	5.5	5.3	5.2	5.2	5.0
1	5.5	5.3	5.2	5.2	5.0
2	5.6	5.4	5.2	5.2	5.1
3	5.6	5.4	5.3	5.2	5.1
4	5.7	5.5	5.4	5.3	5.2
5	5.7	5.5	5.4	5.3	5.2
6	5.8	5.5	5.5	5.3	5.3
7	5.9	5.6	5.5	5.4	5.3
8	6.0	5.8	5.7	5.5	5.4
9	6.2	6.0	5.9	5.6	5.5
10	6.5	6.3	6.2	5.8	5.6
11	6.9	6.7	6.5	6.0	5.8

기와 비슷한  $8.2 \times 10^3/cm^2$ 와  $1.3 \times 10^3/cm^2$  세균수에 이르렀으며 11일째에는 각각  $6.5 \times 10^7/cm^2$ 과  $2.0 \times 10^7/cm^2$ 이었다.

부패취 및 점질물의 생성 : 시트르산처리에 의한 우육의 저장기간에 따른 부패취와 점질물의 생성시기는 Table 3과 같다. 표에서와 같이 대조군에서는 세균수가  $1.8 \times 10^7/cm^2$ 인 6일째에 강한 부패취를 보였으며 1~4% 시트르산을 처리하였을 때 부패취 발생일은 처리농도의 증가에 따라 1일씩 늦어졌다. 즉 1% 시트르산 처리구에서는 세균수  $8.0 \times 10^6/cm^2$ 인 7일째에, 2% 처리구에서는 세균수  $1.7 \times 10^7/cm^2$ 인 8일째에, 3% 처리구에서는 세균수  $1.4 \times 10^7/cm^2$ 인 8일째에, 4% 처리구에서는 세균수  $1.2 \times 10^7/cm^2$ 인 10일째에 부패취가 발생되었다. 한편 점질물은 대조군의 경우 세균수  $6.1 \times 10^7/cm^2$ 인 7일째에 생성되었으나 1% 시트르산 처리구에서는 제 9일째(세균수  $1.2 \times 10^8/cm^2$ ), 2% 처리구는 제 9일째(세균수  $7.5 \times$

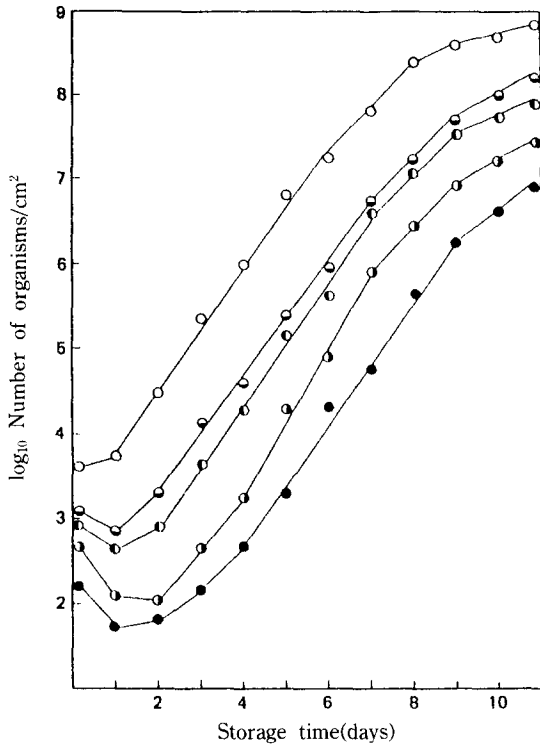


Fig. 4. Effect of lactic acid on the growth of bacteria on beef during storage at 4°C  
○, Control; ◐, 1%; ◑, 2%; ◒, 3%; ◓, 4%.

10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>), 3% 처리구는 제 11일째(세균수 6.5×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>)에 점질물이 생성되었고 4% 처리구는 저장 11일째(세균수 2.0×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>)까지 점질물이 생성되지 않았다.

**pH 변화 :** 시트르산 처리에 따른 우육의 pH 변화는 Table 4와 같다. 우육의 pH는 시트르산의 처리에 의하여 감소되었으며 그 효과는 농도가 증가할수록 현저하였다. 1% 시트르산 처리구는 초기 pH가 5.3으로 대조군보다 0.2 낮았고 저장 1일 동안 pH 5.3을 유지하였다. 그러나 2% 처리구는 초기 pH 5.2에서 3일 후에, 3% 처리구는 초기 pH 5.2에서 4일 후에, 4% 처리구는 초기 pH 5.0에서 6일 후에 pH 5.3에 도달하였다. 대조군의 경우 저장 6일 후 즉 pH 5.8에서 부패취가 발생하였다(Table 3). 이에 대응하는 시트르산 처리구의 pH는 1, 3 및 4%에서는 5.6, 2% 처리구에서는 5.7이었다. 따라서 시트르산을 처리한 육의 경우 부패취 발생은 pH 5.6 이상에서 일어났으며, 이것은 아세트산의 경우(Table 1과 2)와 동일한 결과이었다. 점질물의 경우 대조군은 저장 7일 후(Table 3)에 생성되었으며 이 때 pH는 5.9이었다(Table 4). 시트르산을 처리한 경우 1%와 2% 처리구에서는 저장 9일 후(pH 5.9~6.0), 3% 처리구에서는 저장 11일 후(pH 6.0)에 점질물이 생성되었으나 4% 처리구는 저장 11일(pH 5.8)까지 점질물이 생성되지 않았다. 따라서

Table 5. The development of off-odor (+ or ++) and slime(+++) on beef treated with lactic acid during storage at 4°C

Storage time (days)	Control	Lactic acid			
		1%	2%	3%	4%
0	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	+	-	-	-	-
7	+++	-	-	-	-
8	+++	++	+	-	-
9	+++	+++	++	+	-
10	+++	+++	+++	++	-
11	+++	+++	+++	+++	+

이상의 결과는 육의 점질물 생성은 pH 5.9 이상에서 일어난다고 볼 수 있으며 앞에서 설명한 아세트산의 결과(Table 1과 2)와 같은 것이었다.

락트산의 효과

**세균수 :** 락트산(1~4%) 처리에 따른 우육의 세균수는 Fig. 4와 같다. 초기 세균수는 1% 처리구에서 1.2×10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>, 2% 처리구에서 7.1×10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>, 3~4%에서 각각 4.7×10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>와 1.6×10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>이었으며, 1% 처리구는 1일째 7.4×10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>로 세균수가 저하되었으며, 2일째부터 증식을 재개하여 11일에는 1.6×10<sup>8</sup>/cm<sup>2</sup>로 증가하였다. 또한 2% 처리구에서는 1~2일째가 초기보다 낮은 세균수는 보였으며 3일째에 4.2×10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>로 회복하였으며 11일째에 8.2×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>에 이르렀다. 3% 처리구는 초기부터 4일까지 10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>를 유지하다가 4일 이후 비로소 대조군 초기와 비슷한 1.7×10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>의 세균수를 보였으며 11일째에 3.0×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>의 세균수를 보였다. 4% 처리구에서는 2% 처리군과 비슷한 세균수의 증가 양상을 보여 초기보다 1~2일째에 10<sup>1</sup>/cm<sup>2</sup> 감소하였으며 3일째에 초기의 10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>의 세균수로 회복하였으며 4일까지 4.9×10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>를 유지하다가 4일 이후 9일까지 비교적 높은 세균수의 증가를 보여 11일에는 8.4×10<sup>6</sup>/cm<sup>2</sup>에 도달하였다.

**부패취 및 점질물의 생성 :** 락트산 처리에 의한 우육의 저장기간에 따른 부패취 및 점질물의 생성시기는 Table 5와 같다. 대조군에서는 세균수가 1.8×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>인 6일째에 부패취가 발생되었으나 1~2% 락트산을 처리한 경우에는 세균수가 1.7 또는 1.2×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>인 8일째에, 3% 처리구에서는 세균수가 8.6×10<sup>6</sup>/cm<sup>2</sup>인 9일째에, 4% 처리구에서는 세균수가 8.4×10<sup>6</sup>/cm<sup>2</sup>인 11일째에 부패취가 발생되었다. 한편 점질물은 대조군에서는 7일째(세균수 6.1×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>)에 생성되었으나 1% 락트산 처리구에서는 2일 후인 9일째(세균수 5.1×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>)에 점질물이 생성

**Table 6. The changes of pH on beef treated with lactic acid during storage at 4°C**

Storage time (days)	Control	Lactic acid			
		1%	2%	3%	4%
0	5.5	5.4	5.2	5.2	5.0
1	5.5	5.4	5.2	5.2	5.0
2	5.6	5.4	5.3	5.2	5.1
3	5.6	5.4	5.3	5.3	5.1
4	5.7	5.5	5.4	5.3	5.1
5	5.7	5.5	5.4	5.3	5.2
6	5.8	5.6	5.4	5.4	5.2
7	5.9	5.6	5.5	5.4	5.3
8	6.0	5.8	5.7	5.5	5.4
9	6.2	6.0	5.8	5.7	5.5
10	6.5	6.3	6.0	5.8	5.6
11	6.9	6.6	6.2	6.2	5.8

되었고 락트산의 농도증가에 따라 점질물의 생성시기는 1일씩 늦어졌으나 4%의 경우에는 저장 11일째까지 점질물이 생성되지 않았다. 점질물의 경우 대조군은 저장 7일 후(Table 3)에 생성되었으며 이 때 pH는 5.9이었다(Table 4). 락트산을 처리한 경우 1%에서는 저장 9일 후(pH 6.0), 2%에서는 저장 10일 후(pH 6.0), 3%에서는 저장 11일 후(pH 6.0)에 점질물이 생성되었으며, 4% 처리구에서는 저장 11일(pH 5.8)까지 점질물이 생성되지 않았다. 따라서 락트산을 처리한 육의 점질물 생성은 pH 6.0 이상에서 일어남을 알 수 있다. 이러한 결과는 아세트산(Table 1과 2) 및 시트르산(Table 3과 4)의 경우 pH 5.9 이상에서 점질물이 생성되는 것과 비슷한 결과이었다.

**pH 변화:** 락트산 처리에 따른 우육의 저장 중 pH의 변화는 Table 6과 같다. 우육의 pH는 락트산의 처리에 의하여 감소되었으며 그 효과는 농도의 증가에 따라 현저하였다. 1% 락트산 처리구는 초기 pH가 5.4로서 대조군보다 0.1 낮았고 저장 3일 동안 pH 5.4를 유지하였다. 그러나 2%와 3% 처리구는 초기 pH 5.2에서 각각 4일과 6일 후에, 4% 처리구는 초기 pH 5.0에서 8일 후에 pH 5.4에 도달하였다. 대조군의 경우 저장 6일 후 즉 pH 5.8에서 부패취가 발생하였다(Table 3). 이에 대응하는 락트산 처리구의 pH는 락트산의 농도에 관계없이 5.7~5.8이었다. 이러한 결과는 아세트산(Table 1과 2) 및 시트르산(Table 3과 4)의 부패취 발생 pH와 비슷한 결과였다.

#### 유기산의 효과 비교

유기산의 미생물 생육억제 효과는 다음 세 가지 인자에 의하여 일어나게 된다. 즉 pH, 산의 해리도와 산분자 자체의 독성효과이다<sup>(21)</sup>. 그러나 그 효과는 산의 종류, 농도, 온도, 미생물의 종류, 저장조건 등에 따라 달라지게 된다<sup>(22)</sup>. 아세트산은 주로 해리되지 않은 분자의 독성에

**Table 7. Effects of organic acids on reduction in CFU/cm<sup>2</sup> of bacteria on beef at zero and one day of storage at 4°C**

Treatment		Reduction in CFU/cm <sup>2</sup> (log <sub>10</sub> )		pH <sup>a)</sup>
		0day	1day	
Acetic acid	1%	0.71	0.77	5.4
	2%	0.89	0.99	5.2
	3%	1.34	1.75	5.2
	4%	1.72	2.04	4.9
Citric acid	1%	0.53	0.76	5.3
	2%	0.66	1.01	5.2
	3%	0.92	1.23	5.2
	4%	1.16	1.71	5.0
Lactic acid	1%	0.56	0.77	5.4
	2%	0.68	1.02	5.2
	3%	0.97	1.56	5.2
	4%	1.44	1.90	5.0

<sup>a)</sup>pH at zero and one day of storage were the same.

의하여 락트산은 낮은 pH에 의하여 세균의 생육을 억제한다<sup>(23)</sup>. 시트르산은 주로 식품의 pH 조절과 향산화제의 상승제로 이용된다. 유기산이 육의 표면 미생물에 대한 저해효과를 나타내기 위하여는 pH가 5.5 이하가 되어야 하는 것으로 알려져 있다<sup>(24)</sup>.

유기산 처리에 의하여 우육의 초기 세균수는 감소하였고 그 효과는 유기산의 농도가 증가할수록 뚜렷하였다(Fig. 2, 3과 4). 대조군의 경우 세균수는 저장 1일 후에 약간 증가하였으나(Fig. 2) 유기산을 처리한 경우에는 저장 1일까지 세균수가 감소하였다(Fig. 2~4). 그러나 유기산 처리군은 저장 1일 이후부터 세균수는 증가하기 시작하였으며 생육속도는 대조군과 비슷하였다(Fig. 2, 3). 유기산의 우육에서의 세균수 감소효과를 보면 Table 7과 같다. 표에서와 같이 유기산의 처리에 의하여 우육의 초기 세균수와 저장 1일 후의 세균수는 모두 대조군보다 각각 0.5~1.7 log<sub>10</sub>와 0.8~2.0 log<sub>10</sub>이 감소되었다. 같은 농도에서 세균수의 감소효과는 아세트산이 가장 컸으며 시트르산과 락트산의 경우 1~2% 처리구에서는 비슷한 효과를 보였으나 3~4% 처리구에서는 락트산이 높은 효과를 보였다. 이러한 결과는 유기산은 저장 1일째까지 우육의 세균의 살균효과가 있음을 가리킨다. 우육의 pH는 유기산 처리에 의하여 저장 1일 후에는 pH 5.5 이하를 유지하였고 유기산의 종류에 따른 차이는 없었다. 아세트산에 의한 초기 세균수의 감소는 아세트산의 처리에 따라 1~2 log<sub>10</sub>의 세균수의 감소를 보고한 Anderson 등<sup>(25-27)</sup>, Ockerman 등<sup>(28)</sup> 및 Thomson 등<sup>(29)</sup>의 보고와 비슷한 결과이었다. Eustace 등<sup>(30)</sup>도 lamb carcasses에 1.5 및 3.0% 아세트산을 분무한 경우 세균수는 각각 96%와 99%가 감소되었다고 하였다. Roth 및 Keenan<sup>(31)</sup>은 *E. coli*를 Tryptic soy broth에 분산시키고 시트르산으로 pH 3.7로 조절하였을 때 90%의 세포를 파

**Table 8. Off-odor development and slime formation of beef stored at 4°C**

Treatment	Off-odor development			Slime formation		
	Storage day	pH	CFU/cm <sup>2</sup>	Storage day	pH	CFU/cm <sup>2</sup>
Control	6	5.8	1.8×10 <sup>7</sup>	7	5.9	6.1×10 <sup>7</sup>
Acetic acid						
1%	7	5.6	8.0×10 <sup>7</sup>	9	5.9	6.7×10 <sup>7</sup>
2%	8	5.6	1.1×10 <sup>7</sup>	10	5.9	5.8×10 <sup>7</sup>
3%	9	5.6	9.8×10 <sup>6</sup>	11	6.0	3.4×10 <sup>7</sup>
4%	11	5.7	9.6×10 <sup>6</sup>	—	—	—
Citric acid						
1%	7	5.6	8.0×10 <sup>6</sup>	9	6.0	1.2×10 <sup>8</sup>
2%	8	5.7	1.7×10 <sup>7</sup>	9	5.9	7.5×10 <sup>7</sup>
3%	9	5.6	1.4×10 <sup>7</sup>	11	6.0	2.0×10 <sup>7</sup>
4%	11	5.8	1.2×10 <sup>7</sup>	—	—	—
Lactic acid						
1%	8	5.8	1.7×10 <sup>7</sup>	9	6.0	5.1×10 <sup>7</sup>
2%	8	5.8	1.2×10 <sup>7</sup>	10	6.0	5.4×10 <sup>7</sup>
3%	9	5.8	8.6×10 <sup>6</sup>	11	6.2	3.0×10 <sup>7</sup>
4%	11	5.8	8.4×10 <sup>6</sup>	—	—	—

괴하는데 3.5시간이 소요되었으나 90%의 세포를 손상시키는 데는 21분이 소요되었다고 보고하였다. 락트산에 의한 우육의 살균효과에 대하여는 많은 보고<sup>(23,29,32-34)</sup>가 있다. Osthold 등<sup>(35)</sup>은 우육 및 mutton carcasses를 2% 아세트산, 1% 락트산, 0.25% 시트르산 및 0.1% 아스코르브산의 혼합용액으로 분무했을 때 세균의 최적 살균 효과를 얻을 수 있다고 주장하였으나 Acuff 등<sup>(36)</sup>은 Osthold 등의 산혼합용액은 1% 아세트산 또는 1% 락트산과 비교하여 세균의 살균효과에 차이가 없다고 하였다. 최근 Anderson과 Marshall<sup>(24)</sup>은 우육에 세균을 접종시킨 다음 2% 아세트산, 1% 락트산, 0.25% 시트르산과 0.1% 아스코르브산 혼합용액으로 15초간 침지했을 때 *Salmonella typhimurium*, *E. coli*, Enterobacteriaceae와 호기성 세균은 감소되었으나 그 정도는 세균에 따라 다르다고 하였다. 즉 산 혼합용액(0~3%)을 여러 온도(25~70°C)에서 처리하였을 때 *Salmonella typhimurium*을 약 1 log<sub>10</sub>, 기타 세균은 약 0.5 log<sub>10</sub> 감소되었으며, *E. coli*에 대하여는 그 효과가 가장 작았다. 이러한 결과는 아세트산<sup>(37)</sup> 또는 락트산<sup>(38)</sup>을 단독으로 여러 온도에서 처리한 결과와 유사하였다. 유기산 처리에 의한 우육의 부패취와 점질물 생성시기와 그 때의 pH 및 세균수를 보면 Table 8과 같다. 유기산의 경우 유기산의 종류에 관계없이 부패취의 발생은 농도 1%에서는 대조군보다 1일, 2%에서는 2일, 3%에서는 3일, 4%에서는 5일이 늦어졌으며 이 때의 pH는 모두 5.6~5.8이었다. 또한 부패취가 발생되었을 때의 세균수는 모든 처리구에서 0.8~10<sup>7</sup>~1.8×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup> 범위였다.

한편 점질물의 생성시기는 1~3% 처리구에서 부패취 발생시기보다 2일 늦게 나타났으며 이 때 pH는 5.9~6.2이었다. 점질물이 생성된 때의 세균수는 유기산 1~2% 처리구에서는 6.0×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup> 이상, 3% 처리구에서는 2.0×

10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup> 이상이었다. 대조군의 경우 부패취는 저장 6일 후에 발생하였으며 이 때 pH는 5.8, 세균수는 1.8×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>이었다. 점질물은 저장 7일 후에 형성되었고 이 때 pH는 5.9, 세균수는 6.1×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>이었다. Ayres<sup>(11)</sup>은 우육의 표면 세균수가 10<sup>7</sup>~10<sup>7.5</sup>/cm<sup>2</sup>일 때 부패취가 발생되며 10<sup>7.5</sup>~10<sup>8</sup>/cm<sup>2</sup>일 때 점질물이 생성된다고 하였다. 한편 McMeekin<sup>(19)</sup>은 저온 저장육(-1~5°C)의 경우 세균수 10<sup>8</sup>/cm<sup>2</sup>일 때 점질물이 생성된다고 보고하였다. Shaw<sup>(12)</sup>는 5°C에서 육을 저장하는 경우 부패취는 8일 후에 발생되었으며 이 때 세균수는 10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>이었다고 하였다.

우육의 저장성을 부패취를 기준으로 할 때 대조군은 4°C에서 5일, 유기산 처리구는 1%에서 6일, 2%에서 7일, 3%에서 8일, 4%에서 10일이었다. 부패취가 발생되었을 때 육의 pH는 대조군과 유기산 처리군 모두 5.6~5.8이었다. 이러한 결과는 저장중 육의 pH변화로부터 저장성을 예측할 수 있음을 가리킨다.

## 요 약

저온 유통과정에 있는 우육에 유기산(아세트산, 시트르산, 락트산)을 처리하여 저온 보존기간에 따른 일반 세균수, 부패취와 점질물의 생성, pH변화 등의 물리적, 세균학적인 실험을 대조군과 비교하여 실시하였으며 유기산 처리에 따른 냉장우육의 저장성을 파악하였다. 우육의 저온 보존기간에 따른 시료 처리군별 부패취 및 점질물 생성시기는 대조군에서 6일째에 세균수 1.8×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>일 때 부패취를 발생하였고 7일째에 세균수 6.1×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>일 때 점질물을 생성하였다. 유기산 처리군의 경우 1~4% 모든 처리구에서 세균수 0.8×10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>일 때 부패취를 발생하였으며 1% 처리구에서는 대조군보다 1일,

2%에서는 2일, 3%에서는 3일, 4%에서는 5일이 늦어졌다. 또한 점질물 생성시기는 1~3% 처리구에서 부패취 발생시기보다 2일 늦게 생성되었으며 이 때의 세균수는 1~2% 처리구에서  $6.0 \times 10^7/\text{cm}^2$  이상, 3% 처리구에서는  $2.0 \times 10^7/\text{cm}^2$  이상이였다. 우육의 저장성을 부패취를 기준을 할 때 대조군은 4°C에서 5일, 유기산 처리구는 1%에서 6일, 2%에서 7일, 3%에서 8일, 4%에서 10일이였다. 저온 보존우육의 pH변화는 시료처리 초기에 대조군에서 pH 5.5를, 유기산 처리군은 1% 처리구에서 pH 5.3~5.4를, 2~3% 처리구에서 각각 pH 5.2를, 4% 처리구에서는 아세트산이 pH 4.9, 시트르산과 락트산이 각각 5.0을 보임으로써 대조군에 비해 pH가 0.2~0.6이나 더 낮았다.

## 문 헌

1. 송계원 : 식육과 육제품의 과학, 선진문화사, p.261(1982)
2. 김영교, 김영주, 김형욱, 성삼경, 송계영, 이유방 : 축산식품학, 선진문화사, p.238(1981)
3. Nottingham, P.M.: Microbiology of carcass meat. In *Meat Microbiology*, Brown, M.H.(ed.), Applied Science Publishers, Ltd., London, p.13(1982)
4. Jay, J.M.: Spoilage of fresh and processed meat. In *Modern Food Microbiology*, Van Nostrand Reinhold Co., New York, p.205(1986)
5. Kraft, A.A. and Rey, C.R.: Psychrotrophic bacteria in foods: An update. *Food Technol.*, **33**, 66(1979)
6. Gordon, G. and Jeremiah, L.E.: Effect of retail sanitation on the bacterial load and shelf life of beef. *J. Food Prot.*, **43**, 277(1980)
7. Maracch and Jeremiah, L.E.: Storage stability and bacteriological profile of refrigerated ground beef from electrically stimulated hot boned carcasses. *J. Food Prot.*, **41**, 957(1978)
8. Kitchell, A.G., Ingram, G.C. and Hudson, W.R.: Microbiological sampling in abattoirs. In *Sampling-Microbiological Monitoring of Environments*, Board, R.G. and Lovelock D.W.(eds.), Society of Applied Bacteriology Technical Series No.7., Academic Press, London(1973)
9. Miller, A.R.: *Meat Hygiene*. p.389(1963)
10. 김천제, 최병규 : 저장온도 20°C가 적색 돈근육의 생화학·물리적변화에 미치는 영향. 한국축산학회지, **29**, 581(1987)
11. Ayres, J.C.: Temperature relationships and some other characteristics of the microbial flora developing on refrigerated beef. *Food Res.*, **25**, 1(1960)
12. Shaw, B.G.: The effect of temperature and relative humidity on the microbiological quality of carcass meat. In *Meat Chilling. Why and How?* Meat Research Institute, Langford, Bristol, **7**, 1(1972)
13. Nottingham, P.M., Penney, N. and Harrison, J.C.L.: Microbiology of beef processing. *New Zeland J. Agric. Res.*, **17**, 79(1974)
14. Nottingham, P.M.: *Microbiological Monitoring of Carcass Meats for Quality and Safety*. Publication No, 681, Meat Industry Research Institute of New Zealand (1979)
15. Neely, W.B.: Dextran; Structure and synthesis. *Adv. Carbohydr. Chem.*, **15**, 341(1960)
16. Dunican, L.K. and Seeley, H.W.: Temperature-sensitive dextransucrase synthesis by a lactobacillus. *J. Bacteriol.*, **86**, 1079(1963)
17. Gill, C.O. and Newton, K.H.: The development of aerobic spoilage flora on meat tored at chill temperatures. *J. Appl. Bacteriol.*, **43**, 189(1977)
18. Jay, J.M.: Characteristics and growth of psychrotrophic microorganisms. In *Modern Food Microbiology*, Jay, G.M.(ed.), Van Nostrand Reinhold Co., New York, p.272(1970)
19. McMeekin, T.A.: Spoilage association of chicken breast muscle. *Appl. Microbiol.*, **29**, 44(1975)
20. Bendall, J.R.: Postmortem changes in muscle. In *Structure and Function of Muscle*, 2nd ed., Bourne, G.H. (ed.), Academic Press, New York & London, (1973)
21. Ingram, M., Ottoway, F.J.H. and Coppock, J.B.M.: The preservation action of acid substances in food. *Chem. Ind.*, **42**, 1154(1950)
22. Ray, B.: Impact of bacterial injury and repair in food microbiology: Its past, present and future. *J. Food Prot.*, **49**, 651(1986)
23. Gill, C.O. and Newton, K.G.: Effect of lactic acid concentration on growth on meat of gram-negative psychrotrophs from a meatworks. *Appl. Environ. Microbiol.*, **43**, 284(1982)
24. Anderson, M.E. and Marshall, R.T.: Reducing microbial populations on beef tissues: Concentration and temperature of an acid mixture. *J. Food Sci.*, **55**, 903(1990)
25. Anderson, M.E., Marshall, R.T., Stringer, W.C., and Naumann, H.D.: Combined and individual effects of washing and sanitizing on bacterial counts of meat-a model system. *J. Food Prot.*, **40**, 688(1980)
26. Anderson, M.E., Marshall, R.T., Strigner, W.C., and Naumann, H.D.: Implant evaluation of prototype carcass cleaning and sanitizing unit. *J. Food Prot.*, **43**, 568(1980)
27. Anderson, M.E., Huff, H.E., Naumann, H.D., Marshall, R.T. and Cook, N.H.: *Design Specification of a Red Meat Carcass Washing and Sanitizing Unit*. Paper No. 84-656. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. (1984)
28. Ockerman, H.W., Borton, R.J., Cahill, V.R., Parrett, N. A. and Hoffman, H.D.: Use of acetic and lactic acid to control the quantity of microorganisms on lamb carcasses. *J. Milk Food Technol.*, **37**, 203(1974)
29. Thomson, J.E., Banwart, G.J., Sanders, D.H., and Mercuri, A.J.: Effect of chlorinem antibiotics, B-propiolactone, acids and washing on Salmonella typhimurium on eviscerated fryer chickens. *Poultry Sci.*, **46**, 146(1967)
30. Eustace, J.J., Powell, V.H. and Bill, B.A.: *Vacuum Packaging of Lamb Carcasses: Use of acetic Acid to Extend Chilled Storage Life. A preliminary investigation*. Meat research report No.3179. Division of Food Research, Commonwealth Scientific Industrial Research Organizations, Australia. (1979)



31. Roth, L.A. and Keenan, D.: Acid injury of *Escherichia coli*. *Can. J. Microbiol.*, **17**, 1005(1971)
32. Dezeure-Wallays, B. and van Hoff, J.: Effect of lactic acid sprays on beef carcass contamination. Proc. 26 Eur. Meeting Meat Res. Work., Colorado Springs, Co., **11**, 316(1980)
33. Visser, I.J.R., Koolmees, P.A. and Bijker, P.G.H.: Microbiological conditions and keeping quality of veal tongues as affected by lactic acid decontamination and vaccum packaging. *J. Food Prot.*, **51**, 208(1988)
34. Woolthuis, C.H.J. and Smulders, F.J.M.: Microbial decontamination of calf carcasses by lactic acid sprays. *J. Food Prot.*, **48**, 832(1985)
35. Osthold, W., Shin, H.K., Dresel, J., and Leistner, L.: Improving the storage life of carcasses by treating their surfaces with an acid spray. *Fleischwirtschaft*, **64**, 828(1984)
36. Acuff, G.F., Vanderzant, C., Savell, J.W., Jones, D.K., Griffin, D.B. and Ehler, J.G.: Effect of acid decontamination of beef subprimal cuts on the microbiological and sensory characteristics of steaks. *Meat Sci.*, **19**, 217(1987)
37. Anderson, M.E. and Marshall, R.T.: Interaction of concentration and temperature of acetic acid solution on reduction of various species of microorganisms on beef surfaces. *J. Food Prot.*, **52**, 312(1989)
38. Anderson, M.E. and Marshall, R.T.: Reducing microbial populations on beef tissue: Concentration and temperature of lactic acid. *J. Food Safety*, **10**, 181(1990)

---

(1991년 5월 9일 접수)