

664.42

22931

1997

최 종  
연구보고서

쇠고기 유통과정중에서의 고급한우육의  
품질보존 방안에 관한 연구  
Studies on Keeping High Quality of Hanwoo  
Beef During Distribution

영 남 대 학 교

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “쇠고기 유통과정에서의 고급한우육의 품질보존방안에 관한 연구”과제의 최종보고서를 제출합니다.

1997. 11. .

주관연구기관명 : 영 남 대 학 교

총괄연구책임자 : 성 삼 경

연 구 원 : 이 신 호

(대구 효성가톨릭대학교)

연 구 원 : 김 수 민

(경산대학교)

연 구 원 : 김 대 곤

(대구산업전문대학)

# 요 약 문

## I. 제 목

쇠고기 유통과정에서의 고급한우육의 품질보존방안에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

농림부는 쇠고기의 전면 수입개방에 대비하여 한우육을 차별화 고급화 하는 방향으로 정책을 수립, 축협을 통하여 생산을 유도하고 있고, 어느정도 성과를 얻고 있다고 생각된다. 그러나 효율적인 고급육 생산 비육기술이 확립되고 있지 않을 뿐만 아니라, 그나마 고급육 생산을 위해 비육된 한우가 도축단계에서 부터 신선육의 처리, 유통과정에 이르기 까지 고급육질의 취급, 처리기술 및 보존기술이 전혀 적용되고 있지 않기 때문에 장기간의 사육기간과 농후사료의 다량급여등의 많은 투자로 어렵게 사육된 고급한우가 그 품질을 유지하지 못하고 저급육으로 전락하는 실정이다. 따라서 진정한 의미에서의 한우육의 고급화 차별화는 비육기술 개발에 대한 연구는 물론이고, 신선육의 생산과정과 유통과정에서의 위생적처리 및 품질보존에 관한 기술 확립이 매우 중요하다고 판단된다. 왜냐하면 쇠고기의 품질은 유전적 요인도 중요하지만, 이 과정에서 결정적으로 좌우되기 때문이다.

앞서 지적한 바와 마찬가지로 고급육을 생산하기 위하여 계획된 비육방식에 따라 다량의 농후사료 급여와 2년여의 장기간이 소요된다. 이러한 많은 투자를 하여 생산된 한우는 도축단계에서의 비위생적인 처리와 그후의 취급방법의 미숙으로, 예를들면 도축후 사후변화 과정의 온도처리, 부적절한 신선육의 취급, 유통과정에서의 관리소홀 등으로 고급품질의 한우육이 저급품질로 유통되어 그 손실이 막대하다고 판단된다. 더우기 머지않은 장래에 냉

장상태의 수입쇠고기가 도입될 전망이어서 고급육으로서의 한우육의 위치는 유지되기 어려울 것이다. 따라서 우리의 고유 입맛에 맞는 한우육, 특히 고급한우육의 고품질을 개선, 유지하고 위생적으로 유통되게 함으로써 수입쇠고기에 대항함과 동시에 농가소득 증대에 기여하는 의미는 크다고 생각된다.

한우의 유지보전은 매우 큰 의의가 있다. 한우는 장구한 세월동안 한민족과 더불어 농경사회를 살아온 가축이다. 산업사회의 발전으로 농업이 뒷전으로 밀려남과 함께 한우의 존재 의미도 예전과 같지 않다. 산업사회가 더욱 고도화한다 하더라도 농업의 의미가 쇠퇴할 수 없는 것 처럼 한우는 우리의 환경, 농업, 식생활과 밀접한 관계를 가지고 있는 만큼 반드시 지켜져야 할 대상이기도 하다. 따라서 본 사업은 한우육의 고급화, 차별화를 통한 수입쇠고기에 대응하는 방법의 일환으로 진행함으로써 간접적으로 사회적인 측면에서 그 의미가 크다고 생각된다.

### III. 연차별 개발 내용 및 범위

한우육의 생산 및 유통과정에서 고품질을 유지하는 것은 중요하다. 쇠고기의 품질평가에 대한 척도중에서 연도지표가 가장 중요하므로, 연도증진을 위한 도체처리방안을 검토하고, 지연냉각에 따른 쇠고기의 이화학적 특성을 구명한다. 또한 위생적인 고급육 생산을 위하여 한우육의 위생실태와 오염현황을 파악하고, 위생적 처리방을 검토하며, 한우육의 저장중 육색변화와 지방산화에 미치는 요인을 검토한다.

쇠고기의 연도증진을 위한 방안으로 도체에 대하여 전기자극처리 방안을 검토하고, 전기자극에 따른 쇠고기의 연도와 이화학적 특성변화를 구명한다. 또한 도체 오염미생물 및 유통과정에서 사용되는 각종 도구의 위생상태를 개선하기 위한 방안을 알아보고, 신선육의 저장성 증진을 위한 전처리 방법 및 지방산화를 억제하기 위한 방안을 검토한다.

한우육의 생산에 있어서 연도개선을 위한 복합적인 요인을 종합적으로 검토하고, 위생적 유통방안을 확립하며, 지방산화억제를 위한 기법 등을 검토하여 한우육의 종합적인 저장성 증진방안을 구명한다.

구 분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
1차 년도 ( 1994 ~1995 )	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우육의 연도개선 방안 구명</li> <li>○ 한우육의 처리 유통 과정 중의 미생물 오염실태 조사</li> <li>○ 한우육의 지방산화억제 방안 확립을 위한 관련 요인 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연도증진을 위한 도체처리 방안 검토</li> <li>○ 지연냉각에 따른 육의 이화학적 특성 구명</li> <li>○ 한우육의 위생실태와 오염현황 파악</li> <li>○ 위생적 처리방안 검토</li> <li>○ 한우육의 저장중 변색 및 지방산화에 미치는 요인검토</li> </ul>
2차 년도 ( 1995 ~1996 )	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한우육의 연도개선을 위한 도체 처리 방안검토</li> <li>○ 한우육의 유통과정중 오염방지 및 억제방안 구명</li> <li>○ 한우육의 유통중 지방산화 억제 방안 구명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도체의 효과적인 전기자극 처리방안 검토</li> <li>○ 전기자극에 따른 육의 연도와 이화학적 특성 구명</li> <li>○ 도체 오염미생물 및 유통단계 에서 각종 도구의 위생상태 개선 방안 구명</li> <li>○ 신선육의 저장성 증진을 위한 전처 방법 검토</li> <li>○ 지방산화 억제를 위한 신선육 전처리 방안 구명</li> </ul>

구 분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
3차 년도 ( 1996 ~1997 )	○ 한우육의 처리 유통과정중 육질의 개선과 품질보존을 위한 이화학적, 미생물학적 방안 확립	○ 한우육의 연도개선을 위한 복합요인 검토  ○ 한우육의 위생적 유통방안 확립  ○ 한우육의 지방산화억제 기법 구명  ○ 한우육의 종합적인 저장 증진 방안 구명

#### IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

##### 1. 연구개발결과

거세와 숙성이 한우육의 연도요소에 어떠한 영향을 미치는가를 검토하기 위하여 수행하였다. 24개월령 거세 및 비거세한우를 도축, 냉각하여 시료를 채취하여 4℃에 저장하면서 경시적으로 경도, 액틴마이오신 해리도, 근원섬유소편화도, 콜라겐함량과 콜라겐의 가열용해도 및 염용해도를 측정 한 결과 한우육의 actomyosin 연도요소는 거세와 숙성에 의해 크게 영향을 받으며, background 연도요소는 부분적으로 영향을 받아서 그 정도에 따라서 연도개선에 기여한다고 판단되었다. 암소 1등급, 거세 1등급 및 3등급의 비거세우로 판정된 한우육을 2 ± 2℃에 일정기간 숙성하여 이화학적 및 형태학적 특성을 측정한 결과 거세우의 형태적 변화는 15일째에 근원섬유의 소편화가 현저하였고, 비거세 3등급은 전반적으로 거세 1등급보다 소편화의 진행정도가 완만하였다. 이상의 결과로 보아 1등급이 3등급에 비해 숙성에 의한 품질개선의 효과가 좋았다. 한우 1등급 거세우와 3등급 비거세우의 도축후 지연냉각처리에 따른 숙성중 품질변화를 비교한 결과 MFI는 35℃구와 16℃구가 5℃구에 비해 유의하게 높았다. 등급간에는 1등급 거세우육이 3등급 비거세우육에 비해 높은 경향이였다. 경도는 등급에 관계없이 경시적으로 낮았고, 특히 35℃구와 16℃구는 유의하게 낮았으며, 전반적으로 3등급 비거세우육이 1등급 거세우육보다 경도가 높았다. 16℃구는 1일째에도

어느 정도 소편화가 진행되었고, 5일째는 근원섭유 사이의 균열이 더욱 심해졌으며, 소편화가 많이 진행되었고, 근섬유의 통합성이 없었다. 도살직후부터 소비자의 손에 이르기까지 모든 단계에서 식육은 미생물오염에 노출되어 있다. 위생적인 유통방안은 확립하기 위하여 시판 한우육과 한우육 전문판매장의 위생실태를 조사 검토한 결과 일반적으로 유통되는 한우육의 미생물오염도는 총균수  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 를 보이고 있으며 매장의 종류보다 각각 개별 판매점의 위생상태에 따라 시판 한우육의 미생물 오염도는 뚜렷한 차이를 나타내었다. 한우육의 위생적인 유통방안을 모색코자 부분육 처리장의 위생실태와 도체 및 신선육의 유기산 처리 효과를 검토한 결과 부분육 처리 공정에서 작업대의 경우 골발작업전 표면 미생물수는 총균수  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$ , 대장균수  $<10 \sim 10^2/\text{cm}^2$ , 그리고 Yeast & Mold수  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 로 비교적 많은 수의 미생물이 검출되었으며 골발 작업 중의 작업대 표면 미생물수는 증가하였다. 본 연구는 외국산 냉장쇠고기의 국내 수입에 따른 한우 쇠고기의 경쟁력 제고와 고급 한우육의 유통중 품질변화 억제를 강구하고, 유통기간을 연장하기 위하여 포장방법에 따른 냉장 저장기간별 고급 한우 쇠고기의 품질변화를 살펴본 결과 포장방법에 따른 고급육 품질유지 방안에 관한 연구에서는 일반 PVC 포장보다는 진공포장이 우수하므로써, 한우 고급육의 유통에는 진공포장이 고급육의 소비단계까지 고품질 유지와 외국산 냉장 쇠고기의 국내수입에 따른 한우쇠고기의 경쟁력 제고에 필수적인 것으로 나타났다. Oil emulsion에서 iron source에 따른 지방산화에 미치는 ascorbate의 영향으로 ascorbate를 첨가한  $\text{Fe}^{2+}$ 이온(2.26 MDA ppm)보다 TBARS값이 더 높았다.  $\text{Fe}^{3+}$ 이온(0.01 MDA ppm)은 거의 지방산화를 일으키지 않았는데, ascorbate를 첨가한  $\text{Fe}^{3+}$ 이온(1.57 MDA ppm)은 매우 높은 TBARS값을 나타내었다 ( $P < 0.05$ ). 신선육의 지방산화에 관련되는 여러 가지 요인들을 검토하였는데 그 중에서 지방산화에 미치는 ascorbate의 영향은 ascorbate를 첨가하지 않은  $\text{Fe}^{2+}$ 이온(1.21 MDA ppm)과  $\text{Fe}^{3+}$ 이온(1.02 MDA ppm) 모두가 높은 TBARS값을 나타내었지만 Hb는 0.54 MDA ppm으로 매우 낮은 TBARS값을 나타내었다. 한우 도체를 전기자극처리(550V, 90초)하여 등심근육을 채취하고, 저온저장하면서 이 화학적 성질, 연도 및 형태학적 특성의 변화를 관찰한 결과 도살직후의 소도체에 전기자극처리하는 것은 연도개선 효과가 좋았다. 한우육을 처리하는 작업대 표면의 오염도 조사와 작업대 표면의 위생적 처리방안을 모색코저 paper

towel, 멸균cotton cloth와 1% lactic acid를 적신 cotton cloth를 이용 작업대 표면의 위생처리결과 미생물의 변화는 작업대가 plastic의 경우 총균수는 평균  $10^5$  CFU/cm<sup>2</sup>이었으나 paper towel과 cotton cloth로 닦아낸 결과 약 1 log<sub>10</sub> cycle, 1% lactic acid를 적신 cotton cloth를 사용한 경우 약 2 log<sub>10</sub> cycle정도 감소하였다. 유기산을 이용한 육의 위생처리와 이를 이용한 육의 저장방법을 확립하고자 한우육의 표면미생물에 대한 유기산의 효과와 유기산처리 후 진공포장이 육의 저장성에 미치는 효과를 검토한 결과 유기산 분무처리에 의한 진공포장 한우육의 저장성을 지방산화 억제, 미생물성장의 억제로 인해 뚜렷하게 증진되는 효과를 나타내었으며 propionic acid 처리효과가 가장 뚜렷하였으며 fumaric acid 처리효과도 다소 안정되었다. 5℃ 저장 중 지방산화 정도는 전기자극 처리육이 저장 10일까지는 유의적인 차이는 없으나 (P<0.05), 저장 15일째에는 무처리 육보다 지방산화가 약간 높은 수치를 나타내었다. 저장조건(형광등저장, 암실저장)에 따른 지방산화에 미치는 vitamin C 농도와 vitamin E의 영향을 조사한 결과 암실저장이 저장기간 중 낮은 TBARS값을 나타내었고, 저장조건에 관계없이 vitamin 처리는 지방산화를 억제하는 효과가 있었다. 본 연구는 한우반도체에 전기자극(550V, 90초)을 실시하고, 이 도체를 16℃에서 24시간 지체시킨 후 등심을 발골하여, 2±2℃의 저온으로 저장하면서 이화학적 성질의 변화를 관찰한 결과 무처리구(NES)의 pH는 사후 2시간째에 6.51이었는데 반하여 전기자극과 지연냉각을 병행처리한 실험구(ESDC)는 5.54로 낮은 값을 나타내었다. 작업대 재질로 사용되는 나무, 플라스틱, stainless steel에 *L. monocytogenes*와 *E. coli*의 adherent microcolony를 형성시켜 이에 대한 시판세제와 소독제 처리효과를 검토한 결과 작업대 재질이 plastic이나 stainless steel인 경우 wood보다 세제의 처리효과 좋았으며 5분 처리후 wood의 경우 *L. monocytogenes*의 log reduction은 1.22, plastic 2.23, stainless steel이 2.86을 나타내었다. 신선육의 유통과정 중 지방산화 방지를 위한 천연항산화제를 탐색하기 위하여 지방산화 촉진인자인 iron을 binding시키는 능력을 조사하여 항산화 능력을 평가한 결과 그 중에서 기능성 물질로 많이 사용되고 있는 식물체 추출물을 사용하여 iron binding 효과를 검토하였는데 솔잎추출물이 가장 Fe<sup>2+</sup>ion binding 효과가 우수하였고, 대나무 추출물, 고추잎 추출물, 감잎 추출물의 순으로 나타났다. 지방산화 억제능이 우수한 솔잎추출물, 솔잎추출물과 자초추출물을 혼합시킨 복합처리구를 신선육에 분



무처리하여 진공포장시킨 후 0℃에서 90일간 저장하면서 10일 간격으로 지방산화 정도를 측정한 결과 전반적으로, 천연항산화제 처리를 하지 않은 전기자극 처리구는 60일까지 무처리구와 별 차이가 없었으나, 70일째부터는 지방산화가 약간 높은 경향을 나타내었다.

## 2. 활용에 대한 건의

한우육의 처리 및 유통단계에서 한우육의 육질을 보존 또는 개선에 관한 이화학적 연구가 체계적으로 수행되었고, 미생물학적인 안정성을 확보하기 위한 방안도 다각적으로 검토되었다. 한우육의 저장유통중 지방산화 및 육색변화를 방지할 수 있는 기법도 어느 정도 성과를 거두었기 때문에 고급 한우육의 생산, 처리 및 유통중 품질보존 방안으로 현장에 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서, 고급 한우육의 위생적인 도체처리 방안을 실용화시킨다면 유통중의 품질변화를 최소화시킬 수 있어 유통구조 개선을 유도하는데도 기여할 것으로 판단된다. 이러한 품질유지 방안은 수입육에 대한 한우육의 고급화, 차별화 정책을 수립하는데도 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## S U M M A R Y

This study was carried out to investigate the effect of castration and aging on the tenderness of Hanwoo beef. The tenderness degrees were measured by actomyosin toughness and background toughness using Hanwoo steer and bull beef. In conclusion, actomyosin tenderness was affected highly by castration and aging, in contrast to background tenderness was partially affected, by degree of which was contributed to tenderness in Hanwoo beef. It was conducted to investigate the effects of aging and carcass grade on the physico-chemical and morphological properties in rib loin and top round obtained from cow(1st carcass grade), steer(1st carcass grade) and bull(3rd carcass grade) under aged at  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Volatile basic nitrogen (VBN), water holding capacity(WHC), cooking loss, myofibrillar fragmentation index(MFI), hardness and morphological change were observed. These results suggested that 1st carcass grade beef was more effective quality improvement than that of 3rd carcass grade beef by aging. It was conducted to investigate effects of delayed chilling and aging on the quality characteristics of beef in Hanwoo bulls and steers. Rib loin and top round obtained from steer(1st grade) and bull(3rd grade) were subjected to different chilling temperatures of  $5^{\circ}\text{C}$  and  $16^{\circ}\text{C}$  for 24hr and  $35^{\circ}\text{C}$  for 10hr, respectively and then stored at  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$  for 15 days. The results suggest that the delayed chilling have great improving effect on quality of Hanwoo beef, compared to conventional chilling and conditioning, regardless of carcass grades. The Bacteriological quality of retailed Hanwoo beef and retail stores was studied to investigate hygienic status in marketing system of Hanwoo beef. Chopper showed the highest contamination level among various materials used in retail Hanwoo beef store such as knife, cutting board, slicing machine and chppor. Sanitation of fresh meat processing plant and effects of organic acids on bacteriological quality of fresh meat were investigated to determine the hygienic marketing system of Hanwoo beef. Total bacterial count of Hanwoo

beef treated with organic acids was 1 to 3  $\log_{10}$  cycle lower than control after storage for 12 days at 4 °C. The purpose of our study were to investigate the changes of physicochemical properties according to packaging method (vaccum packaged with polyamide/polyethylene, air packaged with poly-vinylchloride) and illumination on the properties of high quality Hanwoo beef. In conclusion, the results indicate the vaccum packaging treatment were essential to shelf life elongation of beef. The effects of prooxidants on lipid oxidation in oil emulsion prepares with 0.1M maleic acid buffer (pH 6.5) were determined. It could be concluded that the iron source that is important in the catalysis of lipid oxidation is the  $\text{Fe}^{2+}$  ion; neither the iron bound to transferrin or ferritin nor the central iron component in heme pigments had significant effects on the oxidation of lipids in the oil emulsion system. The effects of prooxidants on lipid oxidation were determined in meat homogenate. It was concluded that the iron sources that is important in the catalyst of lipid oxidation is  $\text{Fe}^{2+}$  ion and  $\text{Fe}^{3+}$  ion in the meat homogenate. But, Hb was a very weak catalyst of lipid oxidation in meat homogenate. These experiments were carried out to investigate the effects of electrical stimulation on changes of physico-chemical properties in Hanwoo steer and bull beef. These results suggest that electrical stimulation may also improve tenderness of meat. Bacteriological quality of working surface and decontamination method of cutting board were investigated to improve the hygienic quality of Hanwoo beef during distribution. Decontamination effect of organic acids on wood was lower than that of plastic or stainless steel cutting board. Effect of organic acids and vacuum packaging on storage of hanwoo beef was investigated to improve the hygienic quality and storage life of Hanwoo beef. Fumaric acid and propionic acid showed inhibition effect of spoilage in vacuum packaged Hanwoo beef for 50 days at 4°C. The effects of electrical stimulation on lipid peroxidation and meat color were determined in korean beef stored at 5°C. The a value (Redness) of ES meat also had the same tendancy as L value of ES meat. Overall, ES meat color was kept more bright red than NES

meat color, but there were not significantly different( $P < 0.05$ ). The effects of vitamin C concentration and vitamin E on lipid peroxidation and meat color were determined according to storage conditions(fluorescent light and dark room) in korean beef stored at 5°C. Meat with vitamin C 3% was the most effective to keep meat color during storage for 10 days. And also, meat flavour tended to be decreased during storage at 5°C, but there were not distinct different according to vitamin C concentration. These experiments were carried out to investigate the effects of electrical stimulation(ES) and delayed chilling(DC) on the quality characteristics of Hanwoo beef. SDS-PAGE band patterns of myofibrils showed the rapid breakdown of troponin T and troponin I band in ESDC, compared with NES, and revealed the specific band below myosin light chain-2 pattern in ESDC. Effects of commercial detergents and sanitizer on survival of surface adherent microcolony of *Listeria monocytogenes* and *Escherchia coli* fromed on the various cutting board such as wood, plastic and stainless steel were investigated to improve hygienic quality of meat processing plant and retail stores. Propionic acid and fumaric acid were more effective than other organic acids in nactivvation of surface adherent microcolony. Surface adherent microcolony of *L. monocytogenes* and *E coli* showed similar tendency in inactivation against organic acids. The purpose for study was carried out to investigate the effects of plant extracts on lipid oxidation and free radical reaction in iron sources reacted with active oxygen species. In conculsion, the PD and LE extracts will use as natural antioxidant sources to reduce lipid oxidation in raw meat. The effects of plant extracts(Pinus Densiflora, Lithospermum Erythrorhizon) and electrical stimulation on lipid peroxidation and meat color were determined in Hanwoo beef during vacuum packaging storage at 0°C for 90 days. ES meat color was kept more bright red than NES meat color in view of sensory evaluation, but the color and flavour of ES meat treated with plant extracts were not improved, compared to those of ES meat treated without plant extracts. Effects of electrical stimulation and medicinal

herbs on self life of vacuum packaged Hanwoo beef at 0℃ were examined. Self life of vacuum packaged Hanwoo beef with electrical stimulation was improved by spary of PD and LE on surface of Hanwoo beef.

# C O N T E N T S

## **Chapter 1. Introduction**

Section 1. The reserch purpose and scope.....	<b>19</b>
---	-----------

## **Chapter 2. (1st year)**

Section 1. A study on castration and aging of the tenderness factors in Hanwoo beef.....	<b>23</b>
--	-----------

Section 2. Effects of aging on the physico-chemical and morphological properties in the Hanwoo beef by the grade.....	<b>38</b>
---	-----------

Section 3. Effects of Delayed Chilling on the Quality Characteristics of Hanwoo Beef According to the Carcass Grade.....	<b>51</b>
--	-----------

Section 4. Studies on the Bacteriological quality of retailed Hanwoo beef and retail stores.....	<b>64</b>
--	-----------

Section 5. Effects of packaging method on physico-chemical properties of Korean beef.....	<b>76</b>
---	-----------

Section 6. A Study on the Prevention Method of Lipid Peroxidation and Meat Color During Marketing in Hanwoo Beef.....	<b>90</b>
---	-----------

## **Chapter 3. (2nd year)**

Section 1. Effect of Electrical Stimulation on the Quality Characteristics of Hanwoo Beef.....	<b>115</b>
Section 2. Improvement of hygienic quality of working surfaces contaminated with hanwoo beef during cutting and distribution.....	<b>131</b>
Section 3. Effect of organic acids on storage life of Hanwoo beef.....	<b>143</b>
Section 4. Sanitation of Fresh Meat Processing Plant and Effect of Organic Acids on Quality of Hanwoo Beef.....	<b>157</b>
Section 5. Effect of Electrical Stimulation on Meat Color and Lipid Peroxidation in Korean Beef.....	<b>168</b>
Section 6. Effect of Vitamin C and Vitamin E on Meat Color and Lipid Peroxidation in Korean Beef.....	<b>182</b>

#### **Chapter 4. (3rd year)**

Section 1. Effect of Electrical Stimulation and Delayed Chilling on the Quality Characteristics of Hanwoo Beef.....	<b>199</b>
Section 2. The Development of Sanitary Treatment Method or Surface-adherent Microcolony for Hygienic Distribution in Hanwoo Beef..	<b>214</b>
Section 3. Screening of Natural Antioxidants for Prevention of Lipid Oxidation During Distribution of fresh Meat.....	<b>228</b>
Section 4. Effect of Natural Antioxidants and Electrical Stimulation on the Storage of Hanwoo Beef.....	<b>242</b>
Section 5. Effect of electrical stimulation and spray of medicinal herbs on physico-chemical and microbiological characteristics of vacuum packaged Hanwoo beef during storage.....	<b>256</b>

# 목 차

## 제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위.....	19
-------------------------	----

## 제 2 장 (1차년도)

제 1 절 한우육 연도요소의 특성변화에 미치는 거세 및 숙성방법에 관한 연구.....	23
--	----

제 2 절 등급에 따른 한우육의 숙성중 이화학 및 형태학적 특성변화에 관한 연구.....	38
--	----

제 3 절 지연냉각이 도체등급별 한우육의 이화학적 특성에 미치는 영향.....	51
---	----

제 4 절 도체의 위생적 처리방안 및 고급 한우육의 위생적 유통방안에 관한 연구.....	64
--	----

제 5 절 포장방법이 냉장 쇠고기의 이화학적 성질 변화에 미치는 영향.....	76
---	----

제 6 절 쇠고기 유통과정에 있어서 고급 한우육의 변색 및 지방산화 억제방안 연구.....	90
---	----

## 제 3 장 (2차년도)



제 1 절	전기자극 처리에 의한 한우육의 품질특성 변화 연구.....	115
제 2 절	한우육의 유통단계에서의 위생상태 개선 방안에 관한 연구.....	131
제 3 절	유기산 처리가 한우육의 저장성에 미치는 영향.....	143
제 4 절	한우 부분육 처리단계의 미생물의 변화와 신선육의 유기산처리 효과....	157
제 5 절	전기자극 처리가 고급 한우육의 육색 및 지방산화에 미치는 영향.....	168
제 6 절	Vitamin C와 Vitamin E 처리가 고급 한우육의 육색 및 지방산에 미치는 영향.....	182

#### **제 4 장 (3차년도)**

제 1 절	한우 도체에 대한 전기자극과 지연냉각 병행처리가 쇠고기의 이화학적 특성에 미치는 영향.....	199
제 2 절	한우육의 위생적 유통을 위한 작업대 표면의 위생처리 방안 연구.....	214
제 3 절	신선육의 유통과정중 지방산화 방지를 위한 천연항산화제 탐색.....	228
제 4 절	전기자극처리와 천연항산화제의 육표면처리가 한우육의 저장성에 미치는 효과.....	242
제 5 절	전기자극처리와 천연항균성 물질의 육표면 처리가 한우육의 저장성에 미치는 효과.....	256

# 제 1 장

# 여 백

## 제 1 장 서 론

우리나라의 쇠고기 자급율은 45%에 지나지 않는다. UR타결로 쇠고기 수입개방이 현실적으로 다가왔고, 이러한 위기감을 타개하기 위하여 농림부는 한우육의 차별화, 고급화 방향으로 정책을 수립하여 축협을 통하여 생산을 유도하고 있는 실정이다. 그러나 효율적인 고급육 생산 비육기술이 확립되어 있지 않을 뿐만 아니라, 그나마 고급육 생산을 위해 비육된 한우가 도축단계에서 부터, 신선육의 처리, 유통과정에 이르기 까지 고급육질의 취급, 처리기술이 전혀 적용되고 있지 않기 때문에 어렵게 사육된 고급한우가 그 품질을 유지하지 못하고 저급육으로 전락하고 있는 실정이다. 예를 들면 도축후 사후변화과정의 온도처리, 부적절한 신선육의 취급, 유통과정에서의 관리소홀 등으로 고급육질의 한우육이 저급품질로 유통되어 손실을 초래하고 있다.

한우육의 고급화 차별화는 비육기술개발에 대한 연구는 물론이고 신선육의 생산과정과 유통과정에서의 처리 및 취급에 관한 기술확립이 매우 중요한 실정이다. 왜냐하면 쇠고기의 품질은 유전적 요인도 중요하지만 이 과정에서 결정적으로 좌우되기 때문이다. 머지않은 장래에 냉장상태의 수입 쇠고기가 도입될 전망이다. 이어서 고급육으로서의 한우육의 지위는 유지하기 어려울 것이다. 이러한 실정에서 우리 고유의 입맛에 맞는 한우육, 특히 고급한우육의 고품질을 개선, 유지하여 유통할 수 있는 방안을 조속히 확립하여 수입쇠고기에 대항함과 동시에 농가소득 증대에 기여할 수 있어야 할 것이다. 따라서 본 사업은 고급한우육 생산 계획에 따라 사육된 한우를 도살 처리 유통에 이르기까지 고품질을 유지할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다.

### 제 1 절 연구개발의 목적과 범위

쇠고기 수입개방에 대비하여 한우육의 고급화, 차별화를 달성하기 위하여 고

급 한우육의 생산과 도살처리, 유통과정에서 고품질을 유지할 수 있는 방안을 확립하기 위하여 고급육질을 가진 한우의 도살에서 처리 유통에 이르기 까지 한우육의 연도개선과 고품질을 유지시킬 수 있는 방안을 확립하고, 유통단계별 신선육의 위생상태 현황파악과 위생적인 유통방안을 확립하여 한우육의 생산처리 시 이화학적 육질개선 및 보존방법을 확립하고자 한다.

## 제 2 장

# 여 백

## 제 2 장 (1차년도)

### 제 1 절 한우육 연도요소의 특성변화에 미치는 거세 및 숙성방법에 관한 연구

#### A study on castration and aging of the tenderness factors in Hanwoo beef

##### Abstract

This study was carried out to investigate the effect of castration and aging on the tenderness of Hanwoo beef. The tenderness degrees were measured by actomyosin toughness and background toughness using Hanwoo steer and bull beef. Steer was significantly lower than bull in hardness, which was decreased during aging. Amount of separated actomyosin filaments and myofibrillar fragment index were significantly increased, which was clearly high in steer, compared to bull. The most important tenderness factor was degree of separated actomyosin filaments, which was affected by castration and aging. Hanwoo bull was tended to be high in collagen contents, compared to Hanwoo steer, which was tended to be decreased during aging, irrespective of castration.. However, collagen contents were not different between steer and bull. Crude perimysium and endomysium contents seems to be not different according to castration and aging. Heat soluble collagen and salt soluble collagen contents were tended to be high in Hanwoo steer, compared to Hanwoo bull. These factors also were increased during aging, irrespective of castration. The background tenderness was partially affected by castration and aging, which was contributed to improve tenderness within limited scope. In conclusion, actomyosin tenderness was affected highly by castration and aging, in contrast to background tenderness



was partially affected, by degree of which was contributed to tenderness in Hanwoo beef.

## 1. 서 론

근육의 사후변화는 근육세포내의 여러가지 생화학적 변화의 반영으로서 식육의 물성과 풍미개선 등의 변화에 밀접한 관계가 있으므로 고기이용에 있어서 매우 중요한 과정이다. 식육의 물성중에서 연도는 기호도에 가장 큰 영향을 미치는 요소이며, 연도는 적어도 두가지의 다른 요소, 즉 근원섬유단백질에 의한 actomyosin toughness와 근육의 결합조직과 결합조직단백질에 의한 background toughness에 의해 결정된다(Goll 등 1974). 이 두가지 연도요소는 가축의 도살전후의 요인에 따라 크게 영향을 받는다고 이해되고 있으나, 연도의 요인은 매우 복잡하므로 연도에 관한 결정적 요인을 체계화하여 파악하는 것은 매우 어렵다.

숙성은 사후강직으로 질겨진 고기가 자연적으로 연화되는 과정이며, 동시에 풍미도 개선된다(Lawrie, 1985). 숙성중 고기의 연화는 근원섬유 구조의 약화와 Z- 선의 붕괴로 인한 근원섬유단백질간의 결합력 감소에 기인(Takahashi 등, 1967; Hattori와 Takahashi, 1979)하며, 그 결과로 숙성중 근절길이가 길어지고 근원섬유소편화가 진행되며, 이것이 연도와 밀접한 관계가 있는 것(Olson 등, 1976)으로 이해되고 있다. 콜라겐은 고기의 주요한 결합조직 성분이며 연도와 밀접한 관계가 있다. 그러나 콜라겐의 함량과 고기연도와는 상관은 찬반 견해가 제기되고 있으며(Hunsley 등, 1971; Dransfield, 1977; Light, 1987), 콜라겐의 용해도와 조직적 품질과의 관계도 정의 상관(Herring 등, 1967; Willams와 Harrison, 1978)이라는 주장과 상관이 없다(Smith와 Carpenter, 1970; Stewart 등, 1974)는 상반된 주장도 있다. 또한, 결합조직의 양적 및 질적변화는 숙성에 의해서도 영향을 받는듯 하다. McClain 등(1970)은 숙성중 결합조직의 양은 현저하게 감소하고 이것이 연도와 밀접한 관계가 있다고 하였으며, Etherington (1987)은 숙성중 근육내 결합조직의 약화에 의해 연화가 진행된다고 보고하였다. 그러나 Pierson과 Fox(1976)는 숙성에 의해 콜라겐 용해성의 변화가 없으므로 연도와 용해성 콜라겐의 양과는 관계가 없다고 하였다. 이와같이 결합조직 함량

및 성질과 고기의 연도와와의 관계는 매우 복잡하다. 최근 쇠고기 소비증대와 수급 불균형으로 인하여 수입쇠고기가 급속히 늘어나고 있으며, 소비자들의 고급쇠고기에 대한 요구가 높아지면서 고급한우육의 생산 및 유통과정에서 고품질을 유지하는 것이 매우 중요한 과제로 논의되고 있다. 쇠고기 품질평가의 척도중 연도가 중요한 지표가 되므로 본 연구에서는 거세 한우육의 숙성중 연도요소의 변화를 검토하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험재료

고급한우육 생산을 위하여 사육된 거세 및 비거세 한우육을 사용하였다. 시험우는 24개월령으로 관행에 따라 도축하고 48시간 10 ℃이하에서 냉각(사후강직 완료후)한 다음, 해체처리하여 등심과 우둔부위를 채취하였다. 이때 등심은 제 1 요추와 마지막 흉추사이를 직선으로 절단한 앞쪽의 배최장근을 포함한 부분이었으며, 우둔은 뒷다리 안쪽의 내전근과 반막양근이 포함된 우둔 안쪽부분이었다. 채취한 각 시료는 5 mM의  $\text{NaN}_3$  용액으로 분무한 후, 4 ℃에 저장하면서 실험재료로 하였다.

### 나. 실험방법

Bourne(1978)의 방법에 따라 Instron texturometer(model 1011, USA)로 시료의 경도를 측정하였다. 측정조건은 load range 2.27 kg, cross head speed 50.8 cm/min, transducer 4.54 kg, cross head diameter 6.4 mm, chart speed 200 mm/min, clearance 0.5 cm로 하였다. 액틴과 마이오신의 결합도는 Takahashi 등(1981)의 방법에 의하여 근원섬유에서 가는필라멘트와 굵은필라멘트의 해리량을 구하고, 필라멘트 해리량은 근원섬유 총단백질량에 대한 비율로서 나타내었다. 근원섬유 소편화도(myofibrillar fragmentation index)의 측정은 Olson 등(1976)의 방법에 의하여 행하였다. 즉, 시료 4 g에 10배의 분리액(100 mM KCl, 1 mM EDTA, 1 mM  $\text{NaN}_3$ , 20 mM K<sup>-</sup> phosphate buffer, pH 7.0)으로 균질, 원심분리하는 과정을 3회 반복하여 얻어진 근원섬유단백질을

0.5 mg/ml의 농도로 조정하여 540 nm에서 흡광도를 측정하고, 이 흡광도에 200을 곱해서 근원섬유소편화도로 나타내었다. 총콜라겐 함량은 Woessner(1961)의 방법에 의해 시료에 6 N HCl을 넣고 100 °C에서 가수분해하여 chloramine T로 산화시킨 후, p- dimethylamino-benzaldehyde를 넣어 반응시키고 557 nm에서 흡광도를 측정하였다. 콜라겐의 가열용해성 측정은 Hill(1966)의 방법으로 행하였다. 즉, 근육 4 g에 25% Ringer's solution으로 균질하고 77 °C에서 진탕처리하여 원심분리하는 과정을 반복하여 hydroxyproline를 정량하여 총콜라겐 함량에 대한 %로 나타내었다. 염용성 콜라겐의 측정은 Ruantrakool과 Chen(1986)의 방법으로 근육 1 g에 0.1 M NaCl/0.05 M Tris-buffer(pH 7.0)를 39 ml 넣어 3분간 균질화시키고, 20 °C water bath에서 72시간 동안 놓아둔 다음, 이를 1000 × g에서 10분간 원심분리하여 상정액을 hydroxyproline 정량에 사용하였다. 통계 처리는 SAS-PC package(1985)의 일반선형모델에 의한 분산분석을 하고 유의성은 5 %수준에서 검정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 연도에 미치는 거세와 숙성의 효과

Table 1은 한우거세우와 비거세우육의 등심과 우둔의 숙성중 경도를 Instron texturometer로 측정한 것이다. 거세유무와 부위에 관계없이 경도는 숙성중 낮아졌으며, 거세우육의 경도가 부위에 관계없이 비거세우육의 경우보다 낮았다. 또한 거세유무에 관계없이 등심부위가 우둔부위에 비해 낮았다. 土屋(1963)는 약령 비육화우의 부위별 연도측정치에서 배최장근이 가장 연도가 높다고 하였으며, 성별간 연도의 차이를 조사한 Field 등(1966)은 비거세우에 비하여 거세우의 전단력이 낮다고 하였고, 吉田 등(1968)도 흑모화우 거세우가 비거세우에 비하여 전단력이 낮고 배최장근이 대퇴이두근이나 반건양근에 비하여 전단력이 낮다고 하였는데, 본 실험의 결과는 이들의 결과와 같은 경향이였다. 연도는 거세와 숙성에 의해 현저하게 개선되었다.

#### 나. Actomyosin 연도요소에 미치는 거세와 숙성의 효과

사후강직후 숙성이 진행됨에 따라 근섬유내 미세환경의 변화에 의해 액틴과 마이오신 사이의 상호작용에 변화가 일어난다고 이해되고 있다(Takahashi 등, 1967). 근육에 있어서 액틴과 마이오신간의 취약화 정도를 경시적으로 조제한 근원섬유에서 필라멘트의 해리량으로 Table 2에 나타내었다. 해리도는 거세유무와 부위에 관계없이 저장기간이 길어짐에 따라 증가하였으며, 거세우의 액틴과 마이오신의 해리도는 부위에 관계없이 비거세우보다 높았다. 또한 거세유무에 관계없이 등심의 해리도가 우둔의 경우보다 높았다. Yamanoue(1987)는 필라멘트의 해리량이 증가하기 까지의 시간과 정도는 축종에 따라 다르지만, 사후숙성기간이 경과함에 따라 해리량도 증가한다고 하였고, 본 실험의 결과도 유사하였다. 다만 본 실험의 10일째 해리도가 등심의 경우 14 % 정도로써 돼지가 29 %(10일째), 닭이 65 %(4일째)라는 Yamanoue(1987)의 결과와 성 등(1993)이 닭고기의 저장 5일째 해리도가 가슴고기 65 %, 다리고기 51 %라는 결과에 비해 월등하게 낮았는데, 이것은 축종의 차이에 기인한다고 생각되었다. 액틴과 마이오신의 해리도의 결과는 경도의 결과(Table 1)와 잘 일치하였다. 사후강직시의 수축에서 발생하는 장력이 Z-선에 지속적인 긴장을 주고 높은 농도의  $Ca^{2+}$ 에 의해 Z-선의 구조가 붕괴되어 근원섬유의 소편화가 일어나고(Takahashi 등, 1967; Hattori와 Takahashi, 1979), 이러한 근원섬유의 소편화는 고기의 연화와 밀접한 관계가 있다(Olson과 Parrish, 1977; Parrish 등, 1979)고 이해되고 있다. Table 3은 Z-선이 약화되는 정도를 근원섬유의 소편화도(Myofibrillar Fragmentation Index ; MFI)로 나타낸 것이다. 거세유무와 부위에 관계없이 숙성기간이 길어짐에 따라 MFI는 증가하였다. 또한 부위에 관계없이 거세한 경우가 비거세의 경우보다 높았으며, 거세유무에 관계없이 등심이 우둔에 비하여 높았다. 숙성이 진행함에 따라 거세우가 비거세우에 비해 MFI가 높은 결과는 Calkins와 Davis(1980) 및 Morgan 등(1993)의 결과와 일치하였다. 또한 MFI의 결과는 경도의 결과(Table 1) 및 액틴마이오신 해리도의 결과(Table 2)와 잘 일치하였다.

한우육의 actomyosin 연도요소 즉, 액틴과 마이오신의 해리도 및 MFI는 거세와 숙성에 의해 크게 영향을 받으며, 따라서 연도개선에 크게 기여한다고 판단되었다.

다. Background 연도요소에 미치는 거세와 숙성의 효과

### 1) 콜라겐 함량

콜라겐은 고기의 background toughness를 제공한다. Ramsbotton 등(1945)이 결합조직의 함량과 textural quality 사이에 정의 상관관계가 있다고 한 후, 반론(Kauffman 등, 1964; Hunsley 등, 1971)과 지지(Dransfield, 1977; Light, 1987)의 주장이 제기되어 논란중이다. Table 4는 거세유무에 따른 등심과 우둔의 콜라겐 함량을 경시적으로 나타낸 것이다. 비거세우의 경우는 부위에 관계없이 거세우보다 콜라겐함량이 많은 경향을 보였고, 거세유무에 관계없이 우둔이 등심보다 콜라겐함량이 많은 경향을 나타내었다. 이 결과는 애버딘 앵거스종 거세우의 hydroxyproline 함량이 비거세우보다 유의하게 낮다고 한 결과(西畝 등, 1987)와 비거세한우육이 거세한우육에 비해 등심과 우둔의 콜라겐함량이 많다고 한 김 등(1996)의 보고와 같은 경향을 나타내었다. 또한 이 결과는 연도의 결과(Table 1)와 잘 일치하며, 앵거스 거세우가 비거세우에 비해 전단력이 낮다고 한 Field 등(1966)의 보고, 흑모화우거세우가 비거세우에 비해 전단력이 낮다고 한 吉田(1968)의 연구결과 및 한우거세우가 비거세우의 정도보다 유의하게 낮다고 한 김 등(1996)의 결과와도 일치하였다. 따라서 이 결과는 콜라겐의 함량과 연도와 관계가 상관이 있다는 Dransfield(1977) 및 Light(1987)의 연구결과와 같은 경향이였다. 숙성중 콜라겐함량의 변화는 거세유무나 부위에 관계없이 다소 감소하는 경향을 나타내었으나 유의성은 없었다. 이러한 결과는 숙성초기에 쇠고기 등심의 근육간 콜라겐의 수율이 감소한다는 보고(McClain 등, 1970)와 유사하였다. Robins와 Cohen(1976) 및 Kopp 와 Valin(1981)은 근육편이나 분리 내근주콜라겐섬유를 lysosomal 효소와 함께 배양하면 콜라겐섬유가 분해된다고 하였으며, Nishimura 등(1995)은 쇠고기숙성중에 근육내 결합조직, 즉 근섬유내막과 내근주막의 구조적 약화가 관찰되었다고 하였고, 이것은 콜라겐과 함께 결합조직을 구성하고 있는 proteoglycan이 숙성중 분해됨으로서 결합조직의 약화에 기인된다(Nishimura 등, 1996)고 하였다. 본 실험의 숙성중 콜라겐 함량의 변화는 근육내 결합조직의 구조적 약화와 lysosomal 효소의 작용에 기인한다고 생각되며, 이러한 변화는 연도변화(Table 1)의 결과와도 잘 부합하는 경향이였다.

### 2) 콜라겐의 용해성

고기의 조직적 성질은 콜라겐의 양보다는 질에 크게 의존하는 것으로 이해되

고 있다(Hill, 1966; Shimokomaki 등, 1972; Light, 1987). Table 5는 콜라겐의 가열용해성을 나타낸 것이다. 콜라겐의 가열용해성은 거세유무와 부위에 관계없이 숙성중 경시적으로 증가하는 경향이며, 부위에 관계없이 거세우육이 비거세우육보다 콜라겐의 가열용해성이 높은 경향이였다. Hill(1966)은 콜라겐의 용해도 감소가 콜라겐의 crosslink의 정도와 형태의 반영이라고 하였으며, 가축의 나이가 많아질수록 용해도가 감소하고 고기가 질겨진다고 하였다. 본 실험의 결과로 보아 비거세우육의 경우가 거세우육의 경우에 비해 콜라겐이 안정된 crosslink구조를 하고 있다고 추정되었다. Herring 등(1967) 및 Williams와 Harrison(1978) 등은 콜라겐의 가열용해성이 쇠고기의 textural quality와 정의 상관성이 있고, 연한 고기에서 콜라겐의 용해도가 높다고 하였으며, 본 실험의 결과도 이들의 결과와 같은 경향이였다. 그러나 쇠고기의 연도와 콜라겐의 용해성은 상관성이 낮다고 한 Smith와 Carpenter(1970), Stewart 등(1974)의 주장과 본 실험의 결과와는 상이하였다. Table 6은 염용성 콜라겐의 정도를 나타내었다. 거세유무나 부위에 관계없이 숙성중 경시적으로 염용성 콜라겐의 양이 증가하는 경향을 나타내었으며, 거세우육이 비거세우육에 비해 약간 높은 경향이였으나, 부위에 따른 차이는 없었다. 본 실험의 결과는 염용성 콜라겐의 양이 숙성의 영향을 받지 않는다는 Pierson과 Fox (1976)의 결과와는 다소 상이하였다. 그러나 Etherington(1976)은 콜라겐은 숙성중 단백질분해효소의 작용을 받을 수 있고, 그 경우 쉽게 추출된다고 하였으며, Herring 등(1967) 및 Williams와 Harrison(1978)은 콜라겐의 염용해성이 textural quality와 정의 상관성이 있다고 하여 본 실험의 결과와 같은 경향이였다. 콜라겐의 함량과 용해성의 결과로 보아 한우의 background 연도요소는 거세와 숙성에 의해 부분적으로 영향을 받으며, 한정된 범위에서 연도개선에 기여한다고 판단되었다. 이상의 결과를 종합하여 보면, 한우육의 actomyosin 연도요소는 거세와 숙성에 의해 크게 영향을 받으며, background 연도요소는 부분적으로 영향을 받아서 그 정도에 따라서 연도개선에 기여한다고 판단되었다.

**Table 1. Changes in hardness during the storage of Hanwoo beef**  
(kg)

Storage days	Steer		Bull	
	Rib loin	Top round	Rib loin	Top round
1	0.25 ± 0.03 <sup>Aa</sup>	0.50 ± 0.07 <sup>Ab</sup>	0.33 ± 0.03 <sup>Ac</sup>	0.61 ± 0.11 <sup>Ab</sup>
5	0.19 ± 0.02 <sup>Ba</sup>	0.42 ± 0.05 <sup>Ab</sup>	0.26 ± 0.03 <sup>Ac</sup>	0.50 ± 0.05 <sup>ABb</sup>
10	0.13 ± 0.03 <sup>Ca</sup>	0.32 ± 0.04 <sup>Bb</sup>	0.20 ± 0.02 <sup>Bc</sup>	0.42 ± 0.04 <sup>Bd</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means with different superscripts within the same row are significantly (P<0.05), <sup>A,B,C</sup> Means with different superscripts within the same column are significantly (P<0.05)

**Table 2. Changes in amount of separated actomyosin filaments during storage of Hanwoo beef**  
(%)

Storage days	Steer		Bull	
	Rib loin	Top round	Rib loin	Top round
1	4.21 ± 0.16 <sup>Aa</sup>	1.47 ± 0.19 <sup>Ac</sup>	3.04 ± 0.20 <sup>Ab</sup>	1.36 ± 0.11 <sup>Ac</sup>
5	6.26 ± 0.07 <sup>Ba</sup>	3.55 ± 0.21 <sup>Bb</sup>	6.00 ± 0.21 <sup>Ba</sup>	3.21 ± 0.47 <sup>Bb</sup>
10	14.08 ± 0.21 <sup>Ca</sup>	7.55 ± 0.21 <sup>Cb</sup>	14.05 ± 0.38 <sup>Ca</sup>	5.54 ± 0.34 <sup>Cc</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means with different superscripts within the same row are significantly (P<0.05) <sup>A,B,C</sup> Means with different superscripts within the same column are significantly (P<0.05)

**Table 3. Changes in myofibril fragmentation index during the storage of Hanwoo beef**

Storage days	Steer		Bull	
	Rib loin	Top round	Rib loin	Top round
1	89.0±4.2 <sup>Aa</sup>	82.5±2.5 <sup>Ab</sup>	79.5±1.0 <sup>Ab</sup>	67.5±3.0 <sup>Ac</sup>
5	130.5±1.9 <sup>Ba</sup>	98.5±1.9 <sup>Bb</sup>	92.0±1.6 <sup>Bc</sup>	84.0±1.6 <sup>Bd</sup>
10	143.5±1.9 <sup>Ca</sup>	130.5±4.4 <sup>Cb</sup>	138.5±2.5 <sup>Ca</sup>	117.5±5.8 <sup>Cc</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means with different superscripts within the same row are significantly (P<0.05) <sup>A,B,C</sup> Means with different superscripts within the same column are significantly (P<0.05)

**Table 4. Changes in total collagen contents during the storage of Hanwoo beef (µg/g)**

Storage days	Steer		Bull	
	Rib loin	Top round	Rib loin	Top round
1	1240.8±200.1	1286.7±385.6	1374.2±542.3	1527.5±604.8
5	1116.7±95.6	1146.7±191.3	1342.5±270.1	1382.4±186.7
10	1103.3±217.9	1126.7±222.5	1161.7±132.8	1208.4±80.9



**Table 5. Changes in heat soluble collagen contents during the storage of Hanwoo beef** (µg/g)

Storage days	Steer		Bull	
	Rib loin	Top round	Rib loin	Top round
1	6.21 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	5.34 ± 0.10 <sup>a</sup>	5.25 ± 0.14 <sup>Aa</sup>	4.27 ± 0.51 <sup>Ab</sup>
5	8.48 ± 0.36 <sup>Ba</sup>	6.37 ± 0.63 <sup>b</sup>	6.69 ± 0.24 <sup>Ba</sup>	5.58 ± 0.19 <sup>Ba</sup>
10	10.07 ± 0.15 <sup>Ca</sup>	8.50 ± 0.49 <sup>b</sup>	8.39 ± 0.19 <sup>Ba</sup>	7.46 ± 0.20 <sup>Ba</sup>

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts within the same row are significantly (P<0.05) <sup>A,B,C</sup> Means with different superscripts within the same column are significantly (P<0.05)

**Table 6. Changes in salt soluble collagen contents during the storage of Hanwoo beef** (%)

Storage days	Steer		Bull	
	Rib loin	Top round	Rib loin	Top round
1	8.44 ± 1.38 <sup>Aa</sup>	8.41 ± 0.77 <sup>Aa</sup>	6.57 ± 1.05 <sup>Ab</sup>	5.31 ± 0.66 <sup>Ab</sup>
5	15.53 ± 1.89 <sup>Bab</sup>	16.71 ± 1.45 <sup>Ba</sup>	13.78 ± 0.63 <sup>Bb</sup>	15.43 ± 1.72 <sup>Bab</sup>
10	19.94 ± 3.86 <sup>C</sup>	21.75 ± 3.29 <sup>C</sup>	19.52 ± 2.05 <sup>C</sup>	20.42 ± 0.45 <sup>C</sup>

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts within the same row are significantly (P<0.05) <sup>A,B,C</sup> Means with different superscripts within the same column are significantly (P<0.05)

#### 4. 요약

거세와 숙성이 한우육의 연도요소에 어떠한 영향을 미치는가를 검토하기 위하여 수행하였다. 24개월령 거세 및 비거세한우를 도축, 냉각하여 시료를 채취하여 4 ℃에 저장하면서 경시적으로 경도, 액틴마이오신 해리도, 근원섬유소편화도, 콜라겐함량과 콜라겐의 가열용해도 및 염용해도를 측정하였다. 경도는 거세우육이 비거세우육에 비해 유의하게 낮았으며 품종에 관계없이 숙성중 유의하게 낮아졌다. 액토마이오신 해리도와 근원섬유소편화도는 숙성중 유의하게 증가하며, 거세우육이 비거세우육에 비해 유의하게 높았다. 한우육의 actomyosin 연도요소는 거세와 숙성에 의해서 많은 영향을 받으며 연도개선에 크게 기여하였다. 콜라겐함량은 비거세우육이 거세우육에 비해 많은 경향을 나타내었고, 숙성중에는 거세유무에 관계없이 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 콜라겐의 가열용해성과 염용해성은 거세우육이 비거세우육에 비해 높은 경향을 보였으며, 거세유무에 관계없이 숙성중 증가하는 경향이였다. 한우육의 background 연도요소는 거세와 숙성에 의해 부분적으로 영향을 받으며, 한정된 범위에서 연도개선에 기여한다고 판단되었다. 결론적으로 한우육의 actomyosin 연도요소는 거세와 숙성에 의해 크게 영향을 받으며, background 연도요소는 부분적으로 영향을 받아서 그 정도에 따라서 연도개선에 기여한다고 판단되었다.

#### 5. 문헌

1. Bourne, M. C. 1978. Texture profile analysis. Food Tech. 30:62.
2. Calkins, C. R. and Davis, G. W. 1980. Fragmentation index of steers from US good and standards steer and bullock carcasses. J. Anim. Sci. 50:1067.
3. Dransfield, D. E. 1977. Intramuscular composition and texture of beef muscles. J. Sci. Fd. Agric. 28:833.
4. Etherington, D. J. 1976. Bovine spleen cathepsin B1 and collagenolytic cathepsin: A comparative study of the properties of the two enzymes in the degradation of native collagen. Biochem. J. 153:199.

5. Etherington, D. J. 1987. Collagen and meat quality; Effects of conditioning and growth rate In "Adv. in Meat Res." Vol. 4. ed. by Pearson, A. M., AVI pub. Co. Westport, Connecticut. p. 351.
6. Field, R. A., Nelms, G. E. and Schoonover, C. O. 1966. Effects of age, marbling and sex on palatability of beef. J. Anim. Sci. 25:360 (supplement).
7. Goll, D. E., Stromer, M. H., Olson, D. G., Dayton, W. R., Suzuki, A. and Robson, R. M. 1974. The role of myofibrillar proteins in meat tenderness. In " Proc. of the Meat Ind. Res. Conf.", Chicago, USA.
8. Hattori, A. and Takahashi, K. 1979. Studies on the postmortem fragmentation of myofibrils. J. Biochem. 85:47.
9. Herring, H. K., Cassens, R. G. and Briskey, E. J. 1967. Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. J. Food. Sci. 32:317.
10. Hill, F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. J. Food. Sci. 31: 161.
11. Hunsley, R. E., Vetter, R. L., Kline, E. A. and Burroughs, W. 1971. Effects of age and sex on quality, tenderness and collagen content of bovine longissimus muscle. J. Anim. Sci. 33:933.
12. Kauffman, R. G., Carpenter, Z. L., Bray, R. W. and Hoekstra, W. G. 1964. Interrelation of tenderness, chronological age and connective tissue fractions of porcine musculature. J. Agr. Fd. Chem. 12:504.
13. Kopp, J. and Valin, C. 1981. Can muscle lysosomal enzymes affected collagen postmortem? Meat Sci. 5:319.
14. Lawrie, R. A. 1985. Meat science. 4th ed. Lawrie, R. A. Pergamon Press. p. 82.
15. Light, N. D. 1987. The role of collagen in determining the texture of meat. In "Adv. in Meat Res." Vol 4. ed. by Pearson, A. M. AVI Pub. Co. Westport, Connecticut. p. 87.
16. McClain, P. E., Creed, G. J., Wiley, E. R. and Hornstein. I. 1970. Effect of

- postmortem aging on isolation of intramuscular connective tissue. *J. Food. Sci.* 35:258.
17. Morgan, J. B., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M., Savell, J. W. and Crouse, J. D. 1993. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 71:1471.
  18. Nishimura, T., A. Hattori and Takahashi. K. 1995. Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef. *Meat Sci.* 39:127.
  19. Nishimura, T., A. Hattori and Takahashi. K. 1996. Relationship between degradation of proteoglycans and weakening of the intramuscular connective during postmortem ageing of beef. *Meat Sci.* 43:251.
  20. Olson, D. G. and Parrish, Jr. F. C. 1977. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beef streak tenderness. *J. Food. Sci.* 42:506.
  21. Olson, D. G., Parrish Jr. F. C. and Stromer, M. H. 1976. Myofibril fragmentation and shear resistances of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food. Sci.* 41:1036.
  22. Parrish, Jr. F. C., Vandell, C. J. and Culler, R. D. 1979. Effect of maturity and marbling on the myofibril fragmentation index of bovine longissimus muscle. *J. Food. Sci.* 44:1968.
  23. Pierson, C. J. and Fox, J. D. 1976. Effect of postmortem aging time and temperature on pH, tenderness and soluble collagen fraction in bovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 43:1206
  24. Ramsbotton, J. M., Strondine, E. J. and Koonz, C. H. 1945. Comparative tenderness of representative beef muscles. *Fd. Res.* 10:497.
  25. Robbins, F. M. and Cohen, S. H. 1976. Effects of catheptic enzymes from spleen on the microstructure of bovine semimembranosus muscle. *J. Texture Stud.* 7:137.
  26. Ruantrakool, B. and Chen, T. C. 1986. Collagen contents of chicken gizzard and breast meat tissues as affected by cooking methods. *J. Food.*

- Sci. 51:301.
27. SAS. 1985. Procedure guide for personal computers. version 6ed. SAS Institute INC.,Cary .NC. USA.
  28. Shimokomaki, M., Elsdon, D. F. and Bailey, A. J. 1972. Meat tenderness: Age related changes in bovine intramuscular collagen. J. Food. Sci. 37: 892.
  29. Smith, G. C. and Carpenter, Z. L. 1970. Lamb carcass quality. 3. Chemical, physical and histological measurements. J. Anim. Sci. 31:697.
  30. Stewart, D. J., Field, R. A. and Brown, G. 1974. Palatability and collagen gelatinization in beef. J. Anim. Sci. 38:1328(abstr).
  31. Takahashi, K., Fukazawa, T. and Yasui, T. 1967. Formation of myofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomeres in chicken pectoral muscle. J. Food Sci., 32:409.
  32. Takahashi, K., Nakamura, F. and Inoue, A. 1981. Postmortem changes in the actinmyosin interaction of rabbit skeletal muscle. J. Biochem. 81:321.
  33. Willams, J. R. and Harrison, D. L. 1978.. Relationship of hydroxyproline solubilized to tenderness of bovine muscle. J. Food. Sci. 43:464.
  34. Woessner, J. F. 1961. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. Arch. Biochem. Biophys. 93:440.
  35. Yamanoue, M. 1987. Comparison of the structural weakenings of myofibrils from chicken, rabbit and pig skeletal muscles during postmortem storage. Final Report Res. Meat & Meat Products. 5:243.
  36. 吉田正三郎,上田敬介,寺田隆慶,田中彰治,小尺忍. 1968. 若齡肥育における雄牛と去勢牛の比較. 中國農試報. 16:73.
  37. 西邑隆徳,佐藤幸信,裏悦次. 1987. アバディーンアンガス雄牛(未去勢)の肉質に関する研究. 食肉に関する助成研究調査成果報告書. (社)伊藤記念財團. 5:141.
  38. 土屋平四郎. 1963. 和牛の屠體に関する研究. 第6報. 去勢牛肉について. 中國農試報B. 9:15.
  39. 김대곤, 정근기, 성삼경, 최창본, 김성겸, 김덕영, 최봉재. 1996. 거세가 한우

및 홉스타인비 육우 도체의 이화학적 특성에 미치는 영향. 한국축산학회지.  
38:239

40. 성삼경, 권연주, 김대곤. 1993. 닭의 성장에 따른 연도요소의 특성변화. 한국  
축산학회지.35:535.

## 제 2 절 등급에 따른 한우육의 숙성중 이화학 및 형태학적 특성변화

### Effects of aging on the physico-chemical and morphological properties in the Hanwoo beef by the grade

#### Abstract

This study was conducted to investigate the effects of aging and carcass grade on the physico-chemical and morphological properties in rib loin and top round obtained from cow(1st carcass grade), steer(1st carcass grade) and bull(3rd carcass grade) under aged at  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Volatile basic nitrogen (VBN), water holding capacity(WHC), cooking loss, myofibrillar fragmentation index(MFI), hardness and morphological change were observed. The obtained results are summarized as follows; VBN values were increased by the aging, however but the differences was not observed by the carcass grade. WHC values of 1st carcass grade beef and rib loin were greater than those of 3rd carcass grade beef and top round, respectively. Cooking loss of 1st carcass grade beef were lower than those of 3rd carcass grade beef. Hardness of 3rd carcass grade beef was higher than those of 1st carcass grade beef but MFI of 3rd carcass grade beef was lower than those of 1st carcass grade beef, regardless of aging and section. From morphological changes of 3rd carcass grade beef, the disappearance of Z-line and fragmentation of myofibril were found remarkably on 15th day of aging, while the disappearance of Z-line of 1st carcass grade beef were faster than those of 3rd carcass grade beef. These results suggested that 1st carcass grade beef was more effective quality improvement than that of 3rd carcass grade beef by aging.

#### 1. 서 론

소득수준의 향상에 따라 쇠고기의 소비가 급격히 늘어나고 있다. 1980년에 1인당 연간 소비량이 2.6kg이던 것이 1990년에는 4.1kg으로 10년간에 57.7%의 증가를 보였고, 1995년에는 6.7kg을 소비하였다(농림수산부, 1995). 이렇게 쇠고기의 소비가 늘어나면서 필연적으로 소비자들은 쇠고기의 품질을 중요시하게 되었다. 우리나라에서는 이러한 소비자들의 품질에 대한 의식수준이 높아감에도 불구하고 공급측면에서의 품질에 대한 대비는 아주 소홀하다. 육류등급제는 소비자가 가장 객관적으로 고기의 품질을 판단할 수 있는 방법으로 선진국에서는 일찍부터 이 제도를 도입하여 등급에 따라 차등판매를 하고 있다(National Livestock and Meat Board, 1988 ; 小堤恭平, 1989). 우리나라도 국제무역환경의 급격한 변화로 한우육의 고급화가 본격적으로 논의되면서 1993년부터 부분적으로 육류등급제가 실시되었으며(윤, 1994), 1996년 7월 부터는 전지역으로 확산, 실시되고 있다. 빙점이상의 온도에서 저장하여 고기를 연화시키는 숙성은 쇠고기 신선육을 생산하는 중요한 방법이며(Davey 와 Gilbert, 1967) 지금은 일반화되었다. 최근에 한우육의 품질개선 및 홀스타인종과의 품질비교에 관한 연구는 많지만(김과 오, 1990; 김 등, 1993a; 류 등, 1994; 김 등 1996), 한우육의 등급에 따른 숙성중의 변화를 검토한 것은 없다. 등급제가 실시되면서 등급에 따라 한우육의 숙성중 품질특성이 다를 수도 있을 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 관행의 사육방식(비거세)과 고급육사육방식(거세)으로 생산된 소를 도축, 냉각, 등급판정을 받은 후, 등급별로 저온숙성을 하여 이화학적 및 형태학적 특성을 비교하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 재 료

대구축협에서 사육된 한우를 고령축협공판장에서 관행방법으로 도축한 후 2분체로 하여  $5 \pm 2$  °C에서 24시간 냉각시킨 다음, 등급판정사에 의해 도체등급심사를 받았다. 본 실험에 사용된 재료중 육질등급 1등급육은 암소와 거세우에서 육질등급 3등급육은 비거세우의 등심과 우둔으로 하였다. 채취한 시료는 표면을



5 mM  $\text{NaN}_3$  용액으로 분무하여 폴리에틸렌 주머니에 넣고,  $2 \pm 2$  °C의 저온실에서 숙성하면서 일정기간 마다 실험에 사용하였다. 모든 작업은 특별한 언급이 없는한 10 °C 이하의 저온실에 행하였고, 시료는 결합조직과 지방을 제거하여 분쇄기로 두번 갈아서 사용하였다.

## 나. 방 법

### 1) 이화학적 특성 측정

pH는 마쇄된 시료 2g에 50 mM sodium iodoacetate 액(pH 7.0)을 5배 가하여, 15,000 rpm에서 3분간 균질기(Seiki ACE, Japan)로 균질한 후 pH meter(TOA, HM-20S, Japan) 로 측정하였고, 휘발성염기태질소(volatile basic nitrogen, VBN)는 高坂和久(1975)의 방법에 준하여 측정하였다. 보수력은 이와 성(1983)의 방법에 의하여 측정하였고, 보수력 계산에 필요한 수분함량 측정은 AOAC(1991) 방법에 의하였다. 가열감량은 30 g정도의 시료를 열탕에서 가열하여 시료의 중심온도가 70 °C에 달하여 30분 지난 후, 실온에서 1 시간 방냉한 다음, 수분손실량을 측정하여 시료 단위중량에 대한 수분손실량의 백분율로 나타내었다.

### 2) 연도지수의 변화

근원섬유소편화지수(myofibrillar fragmentation index, MFI)는 Olson 등(1976)의 방법에 따라 근원섬유 분리액(100mM KCl, 20mM K-phosphate, pH 7.0, 1mM  $\text{NaN}_3$ )으로 분리, 세척하여  $0.5 \pm 0.05$ mg/ml의 농도로 희석한 다음, 540nm에서 흡광도를 측정하고 200을 곱하여 근원섬유소편화지수로 하였다. 경도(hardness)는 시료를 3 cm x 6 cm x 6 cm 크기로 절단하고 75 °C의 열탕에서 시료의 중심온도가 70 °C에 달한 후 30분간 가열하여 샘플채취용 core를 이용하여 1 cm x 1.2 cm x 3 cm 크기로 만든 후 RHEO meter(Model CR-100, SUN SCIENTIFIC CO. Japan)를 이용하여 측정하였다.

### 3) 형태학적 변화

전자현미경 관찰은 Chang 등(1976)의 방법에 의하여 시행하였는데, 시료를 고정(double fixation), 세척, 탈수, 포매한 후 Ultramicrotome(LKB)으로 초박편을 만들어 uranyl acetate와 lead citrate로 2중 염색한 뒤 Hitachi- H 600 투과형

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 이화학적 성질의 변화

Table 1은 숙성중 등심의 pH변화를 나타낸 것이다. 사후 1일째의 pH를 보면 5.53~5.54로서 시험구간에 차이가 없었다. 또한 숙성기간에 따른 pH 변화에서도 모든 시험구에서 점차 상승하는 경향을 보였으나, 시험구간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 비거세 3등급과 거세 1등급은 저장 5일째에, 암소 1등급은 저장 10일째에 약간 증가하였으나 전반적으로 숙성기간에 따른 pH의 변화는 크지 않은 것으로 생각되었다. 이러한 pH변화는 김 등(1996)이 한우육의 등급별, 성별에 따라 pH의 차이가 없었다고 한 결과와 유사하였으며, 또한 숙성중 식육의 pH는 점차 상승한다고 한 최 등(1995)의 결과와도 일치하는 것으로 생각되었다. Table 2는 등급별 등심의 숙성기간중 신선도의 변화를 측정하기 위하여 VBN의 변화를 나타낸 것이다. 등급에 관계없이 VBN함량은 점차 증가하였는데 비거세 3등급과 암소 1등급은 10일째 까지 유의한 차이가 없었으나, 거세 1등급은 저장 10일째 부터 유의하게 증가하였다. 그러나 저장 10일째 VBN함량이 등급간에 유의적인 차이가 없었던 것으로 보아 저장중 등급간에 VBN함량의 변화는 미미하였다. 그러나 저장 15일째의 비거세 3등급의 경우 다른 시험구에 비하여 VBN함량이 유의하게 높은 것으로 나타났는데 이는 저장 1일째에 이미 그 수치가 높았기 때문이라고 생각된다. 숙성중 VBN함량이 모든 시험구에서 점차 증가하는 경향을 보인 것은 박 등(1988), 김 등(1993b) 및 김 등(1993c)의 결과와 일치하였다. 숙성중 등급에 따른 보수력의 변화는 Table 3에 나타내었다. 등심의 경우, 숙성 1일째와 10일째 모두 거세 1등급과 암소 1등급이 비거세 3등급보다 유의하게 높았으며, 암소 1등급과 거세 1등급과는 차이가 없었다. 우둔의 경우도 등심과 같은 경향으로 저장기간에 관계없이 암소 1등급 및 거세 1등급이 비거세 3등급보다 유의하게 높았다. 부위별 비교에서는 비거세 3등급은 저장 1일째와 10일째 모두 등심이 우둔보다 높았으며, 거세우도 저장 1일째에는 등심이 우둔보다 높았다. 그러나 저장 1일째와 10일째의 암소 1등급에서는 등심이 높은 경향이었으나 유의성은 없었다. 저장기간에 따른 보수력의 차이에서는 모든 시험구에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. 보수력에 대한 본 실험결과는 근내지방도가 높을 수록, 또한 등심이 우둔보다 보수력이 우수하다고 한 채 등(1983), 김 등(1993b), 김 등(1996)의 보고와 일치하였으며, 저장기간에 따른 보수력의 유의적인 변화가

없었던 것은 Gregory 등(1991)의 보고와 일치하였다. Table 4에 나타난 가열감량을 보면, 저장일수, 부위에 관계없이 비거세 3등급이 거세 1등급과 암소 1등급보다 가열감량이 높은 경향이었다. 같은 등급인 거세우와 암소간에는 저장기간에 관계없이 우둔의 가열감량은 차이가 없었으나, 등심은 거세우가 낮은 경향이었다. 저장기간별 가열감량의 변화를 보면 암소 1등급과 거세 1등급의 등심이 감소하는 경향이었으나 뚜렷한 차이는 나지 않았다. 이상의 결과는 근내지방도가 높을수록 가열감량이 적다고 한 Breidenstein 등(1968), 三律本 등(1987) 및 김 과 오(1990)의 보고와 유사한 경향이었으며, 등심과 우둔간에는 등급과 저장일수에 관계없이 등심의 가열감량이 적은 경향이었다. 이 결과는 김 과 오(1990)와 김 등(1996)의 결과와 일치하였다. 저장일수에 따른 가열감량은 저장일수가 길수록 높아진다는(Gregory 등,1991) 보고와 낮아진다는(Boakye 와 Mittal, 1993) 상반된 보고가 있으나, 본 실험의 경우 거세 1등급의 우둔을 제외하고는 일정한 경향이 없었다.

#### 나. 연도의 변화

고기의 연도를 예측하는 지표로 근원섬유 소편화지수(myofibrillar fragmentation index, MFI)가 유익하며, 연도와 MFI는 유의한 상관성이 있다고 알려져 있다 (Olson 과 Parrish,1977; Culler 등,1978; Parrish 등,1979). Table 5는 등심의 MFI의 결과를 나타낸 것으로 등급에 관계없이 숙성기간이 경과함에 따라 MFI 값은 유의적으로 증가하였다. 비거세 3등급은 1등급의 암소와 거세우 보다 저장기간에 관계없이 낮았고, 저장 1일째의 암소 1등급과 거세 1등급의 MFI는 거세우가 높은 경향이었으나, 저장기간이 길어질수록 거세우가 암소보다 유의하게 높았다. 거세 1등급이 비거세 3등급에 비해 숙성이 진행됨에 따라 유의하게 MFI가 높았던 결과는 Calkins 와 Davis(1980) 및 Morgan 등(1993)의 보고와 일치하였다. Table 6은 등심과 우둔의 경도를 측정된 것이다. 등심의 경우, 비거세 3등급이 1등급의 암소와 거세우에 비하여 저장 1일째를 제외하고 유의적으로 높은 경향이었다. 암소 1등급과 거세 1등급은 비슷한 수준이었다. 우둔의 경우도 등심과 같은 경향이었으나 전반적으로 등심에 비해 경도가 높았다. 이상의 결과는 거세우와 비거세우의 연도를 비교한 Martin 등(1971), Field 등(1976) 및 Albaugh 등(1975)의 결과와 잘 일치하였다. 또한 근내지방도가 높을수록 전단력이 낮아진다고 한 Berry(1993)의 보고와도 일치하는 것으로 생각되며, 한우의 등급간, 부위별, 저장일수별 연도를 비교한 채 등(1983), 김 등(1993b) 및 류 등

(1994)의 결과와도 잘 일치하였다. 또한 등급에 관계없이 숙성이 진행될수록 경도가 낮아져서 연도가 개선되었다. 이러한 결과는 Field 등(1971), Jennings 등(1978) 및 Huff와 Parrish 등(1993)의 보고와 유사한 경향이었다. 도표로 나타내지는 않았지만 등급별로 MFI와 경도와의 상관계수를 보면 비거세 3등급은  $r = -0.928$ , 암소 1등급은  $r = -0.989$  그리고 거세우 1등급은  $r = -0.987$  로 매우 높은 부의 상관관계를 나타내었다. 이러한 결과는 성숙도에 따른 MFI와 경도와의 상관관계를 보고한 Olson 과 Parrish(1977)의 결과와 같은 경향이었다.

#### 다. 형태학적 변화

Fig. 1은 거세우의 전자현미경 사진이다. 1일째는 근섬유의 미세구조가 완전하게 나타나고 있으며, 5일째에는 근원섬유간의 간격이 약간 넓어져 있었으며, 소편화가 간혹 관찰되었다. 15 일째는 소편화가 두드러졌으며, Z-선의 소실이 심하며 근원섬유의 소편화도 더욱 진행되었다. 비거세우의 경우도 전반적으로 거세우의 경우와 비슷한 변화를 보였으나, 경시적으로 진행속도가 약간 느렸다(그림 제시하지 않음). 이러한 근섬유의 형태적 변화는 MFI 및 경도의 결과와도 잘 일치하는 것이었다.

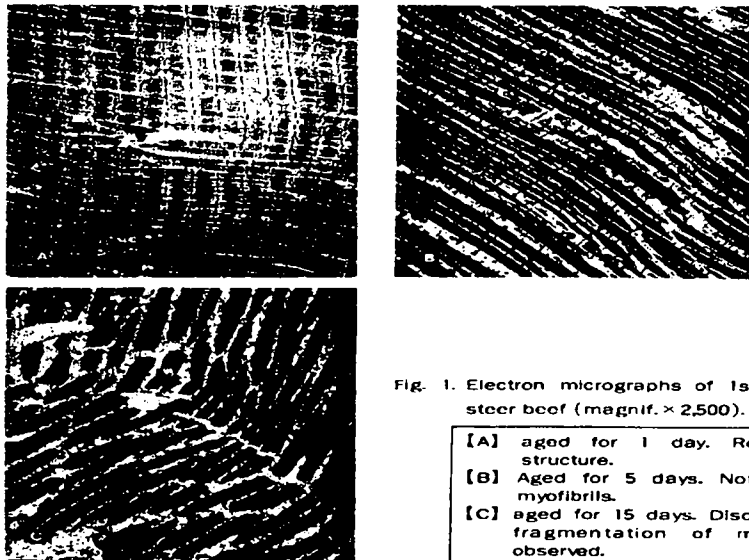


Fig. 1. Electron micrographs of 1st carcass grade steer beef (magnif.  $\times 2,500$ ).

- |   |
|---|
| <p>[A] aged for 1 day. Relatively normal structure.</p> <p>[B] Aged for 5 days. Note gaps among myofibrils.</p> <p>[C] aged for 15 days. Disorganization and fragmentation of myofibrils were observed.</p> |
|---|

**Table 1. Effect of aging on pH of rib loin in Hanwoo bull, cow and steer**

	Aged Days			
	1	5	10	15
Bull <sup>1)</sup>	5.53±0.02 <sup>a</sup>	5.56±0.03 <sup>ab</sup>	5.57±0.02 <sup>ab</sup>	5.63±0.01 <sup>ba</sup>
Cow <sup>2)</sup>	5.54±0.02 <sup>a</sup>	5.55±0.02 <sup>a</sup>	5.56±0.02 <sup>ab</sup>	5.59±0.03 <sup>bb</sup>
Steer <sup>3)</sup>	5.54±0.01 <sup>a</sup>	5.56±0.01 <sup>a</sup>	5.59±0.01 <sup>ab</sup>	5.59±0.01 <sup>bb</sup>

<sup>1)</sup>3rd carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>2)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>3)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>a,b</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05). <sup>A,B</sup>Means in the same column bearing different superscripts are different(p<0.05).

**Table 2. Effect of aging on volatile basic nitrogen of rib loin in Hanwoo bull, cow and steer**

	Aged Days			
	1	5	10	15
Bull <sup>1)</sup>	13.44±0.48 <sup>aa</sup>	14.93±1.62 <sup>aa</sup>	14.65±1.13 <sup>a</sup>	17.00±0.35 <sup>ba</sup>
Cow <sup>2)</sup>	11.20±0.00 <sup>ab</sup>	12.60±0.81 <sup>ab</sup>	12.79±1.44 <sup>a</sup>	14.93±0.81 <sup>bb</sup>
Steer <sup>3)</sup>	11.20±0.00 <sup>ab</sup>	11.67±0.81 <sup>ab</sup>	14.47±0.81 <sup>b</sup>	15.59±0.32 <sup>cb</sup>

<sup>1)</sup>3rd carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>2)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>3)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>a,b,c</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05). <sup>A,B</sup>Means in the same column bearing different superscripts are different(p<0.05).

**Table 3. Effect of aging on water holding capacity of rib loin and top round of Hanwoo bull, cow and steer**

	Aged 1 day		Aged 10 days	
	Rib loin	Top round	Rib loin	Top round
Bull <sup>1)</sup>	67.53±0.63 <sup>aA</sup>	65.10±0.96 <sup>bA</sup>	67.73±0.79 <sup>aA</sup>	65.89±1.09 <sup>bA</sup>
Cow <sup>2)</sup>	68.29±1.39 <sup>b</sup>	68.21±0.79 <sup>b</sup>	68.52±1.25 <sup>b</sup>	67.32±0.47 <sup>b</sup>
Steer <sup>3)</sup>	70.64±0.99 <sup>ab</sup>	68.41±1.23 <sup>bb</sup>	70.12±1.24 <sup>ab</sup>	68.64±1.64 <sup>bb</sup>

<sup>1)</sup>3rd carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>2)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>3)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>a,b,c</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05). <sup>A,B</sup>Means in the same column bearing different superscripts are different(p<0.05).

**Table 4. Effect of aging on cooking loss of rib loin and top round of Hanwoo bull, cow and steer**

	Aged 1 day		Aged 10 days	
	Rib loin	Top round	Rib loin	Top round
Bull <sup>1)</sup>	39.39±2.21 <sup>aA</sup>	36.19±1.82 <sup>bA</sup>	33.04±1.29 <sup>aA</sup>	36.57±1.63 <sup>bA</sup>
Cow <sup>2)</sup>	29.40±1.64 <sup>ab</sup>	32.79±0.82 <sup>bcB</sup>	27.74±2.93 <sup>abB</sup>	31.52±0.82 <sup>cB</sup>
Steer <sup>3)</sup>	27.52±2.27 <sup>ab</sup>	33.59±0.95 <sup>bb</sup>	25.52±2.42 <sup>aC</sup>	31.33±1.77 <sup>cB</sup>

<sup>1)</sup>3rd carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>2)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>3)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>a,b,c</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05). <sup>A,B,C</sup>Means in the same column bearing different superscripts are different(p<0.05).

**Table 5. Effect of aging on myofibril fragmentation index of rib loin in Hanwoo bull, cow and steer**

	Aged Days			
	1	5	10	15
Bull <sup>1)</sup>	47.86±3.44 <sup>AA</sup>	64.40±2.00 <sup>BA</sup>	68.43±3.49 <sup>CA</sup>	75.00±2.88 <sup>DA</sup>
Cow <sup>2)</sup>	63.40±1.85 <sup>AB</sup>	69.37±2.77 <sup>BB</sup>	74.69±1.21 <sup>CB</sup>	81.39±1.16 <sup>DB</sup>
Steer <sup>3)</sup>	66.23±3.93 <sup>AB</sup>	77.23±3.20 <sup>BA</sup>	82.26±2.57 <sup>CA</sup>	85.37±2.61 <sup>CA</sup>

<sup>1)</sup>3rd carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>2)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>3)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>a,b,c,d</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05). <sup>A,B,C</sup>Means in the same column bearing different superscripts are different(p<0.05).

**Table 6. Effect of aging on hardness of rib loin and top round in Hanwoo bull, cow and steer**

Aged Days	Rib loin			
	1	5	10	15
Bull <sup>1)</sup>	144.00±31.00 <sup>a</sup>	139.53±21.94 <sup>AA</sup>	129.20±14.39 <sup>AAA</sup>	116.93±10.69 <sup>BA</sup>
Cow <sup>2)</sup>	125.47±38.55 <sup>a</sup>	114.40±18.18 <sup>AB</sup>	99.94±16.83 <sup>BB</sup>	82.50±11.92 <sup>CB</sup>
Steer <sup>3)</sup>	132.64±30.51 <sup>a</sup>	107.71±21.64 <sup>BB</sup>	99.60±13.92 <sup>BB</sup>	80.64±12.41 <sup>CB</sup>

Top round				
Bull <sup>1)</sup>	171.43±41.91 <sup>a</sup>	174.00±41.60 <sup>a</sup>	149.31±27.95 <sup>AAA</sup>	135.29±22.98 <sup>BA</sup>
Cow <sup>2)</sup>	148.07±40.86 <sup>a</sup>	147.93±40.72 <sup>a</sup>	126.71±22.68 <sup>AB</sup>	109.57±13.33 <sup>BB</sup>
Steer <sup>3)</sup>	163.57±28.83 <sup>a</sup>	165.20±28.49 <sup>a</sup>	131.50±21.32 <sup>BA</sup>	110.79± 9.70 <sup>CB</sup>

<sup>1)</sup>3rd carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>2)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>3)</sup>1st carcass quality grade determined by Korean standard. <sup>a,b,c</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05). <sup>A,B</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05).

#### 4. 요약

암소 1등급, 거세 1등급 및 3등급의 비거세우로 판정된 한우육을  $2 \pm 2$  °C에 일정기간 숙성하여 이화학적 및 형태학적 특성을 측정하였다. 등급 및 숙성기간에 따른 pH의 차이는 인정되지 않았다. VBN함량은 저장기간에 따라 모든 시험구에서 점차 상승하였으나 등급에 따른 차이는 없었다. 보수력은 1등급의 암소와 거세우가 3등급의 비거세우 보다 높았으며, 그리고 등심이 우둔보다 약간 높은 경향이었다. 가열감량은 3등급의 비거세우가 1등급의 암소 및 거세우 보다 높았다. 그러나 보수력과 가열감량은 숙성에 따른 차이가 인정되지 않았다. 근원 섬유소편화지수는 비거세 3등급이 1등급의 암소 및 거세우에 비해 낮았고, 경도는 부위에 관계없이 비거세 3등급이 암소 및 거세우 1등급에 비해 높았으며, 숙성기간이 길어짐에 따라 낮아졌다. 또한, 거세우의 형태적 변화는 15일째에 근원 섬유의 소편화가 현저하였고, 비거세 3등급은 전반적으로 거세 1등급 보다 소편화의 진행정도가 완만하였다. 이상의 결과로 보아 1등급이 3등급에 비해 숙성에 의한 품질개선의 효과가 좋았다.

#### 5. 문헌

1. Albaugh, A., Carrol, F.D., Ellis, K.W. and Albaugh, R. 1975. Comparison of carcasses and meat from steers, short scrotum bulls and intact bulls. J. Anim. Sci. 41:1627.
2. AOAC. 1991. Official method of analysis of the AOAC. 14th ed.
3. Berry, B.W. 1993. Tenderness of beef loin steaks as influenced by marbling level, removal of subcutaneous fat and cooking method. J. Anim. Sci. 71:2412.
4. Boakye, K. and Mittal, G.S. 1993. Changes in pH and water holding properties of longissimus dorsi muscle during beef ageing. Meat Sci. 34:335.
5. Breidenstein, B.B., Cooper, C.C. Evans, R.G. and Bray, R.W. 1968.



- Influence of marbling and maturity on palatability of beef muscle. 1. Chemical and organoleptic considerations. *J. Anim. Sci.* 38:1532.
6. Calkins, C.R. and Davis, G.W. 1980. Fragmentation index of raw muscle as a tenderness predictors of steaks from USDA commercial and utility carcasses. *J. Food Sci.* 45:111.
  7. Chang, M.U., Arai, K., Doi, Y. and Yora, K. 1976. Morphology and intercellular appearance of orchid fleck virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 42:156.
  8. Culler, R.D., Parrish, F.C.Jr., Smith, G.C. and Cross, H.R. 1978. Relationship of myofibril fragmentation to certain chemical, physical and sensory characteristics of porcine longissimus muscle. *J. Food Sci.* 43:1177.
  9. Davey, C.L. and Gilbert, K.V. 1967. Structural changes in meat during ageing. *J. Fd. Technol.* 2:57.
  10. Field, R.A., Riely, M.L., and Chang, Y.O. 1971. Free amino acid changes in different aged bovine muscles and their relationship to shear values. *J. Food Sci.* 36:611.
  11. Fields, P.A., Carpenter, Z.L. and Smith, G.C. 1976. Effects of elevated temperature conditioning on youthful and mature beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 42:72.
  12. Gregory, E.M., Janet, E.G., Sheryle, A.R., Lian, T.T., Ross, S.N. and Drew, M.F. 1991. Tenderizing, aging and thawing effects on sensory, chemical and physical properties of beef steaks. *J. Food Sci.* 56:1125.
  13. Huff, E.J. and Parrish, F.C.Jr. 1993. Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem aging time age and sex. *J. Food Sci.* 58:713.
  14. Jennings, T.G., Berry, B.W. and Joseph, A.L. 1978. Influence of fat thickness, maibling and length of aging of beef palatability and shelf-life characteristics. *J. Anim. Sci.* 46:658.
  15. Martin, A.H. Fredeen, H.T. and Weiss, G.M. 1971. Tenderness of beef

- longissimus dorsi muscle from steers, heifers and bulls as influences by source, postmortem aging and carcass characteristics. *J. Food Sci.* 36:619.
16. Morgan, J.B., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. J., Savell, W. and Crouse, J.D. 1993. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. *J.Anim. Sci.* 71:1471.
  17. National Livestock and Meat board, 1988. Meat evaluation handbook. Chicago. IL.
  18. Olson, D.G., Parrish, F.C.Jr. and Stromer, M.H. 1976. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.* 41:1036.
  19. Olson, D.G. and Parrish, F.C. Jr. 1977. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beef steak tenderness. *J. Food Sci.* 42:506.
  20. Parrish, F.C.Jr., Vandell, C.J. and Culler, R.D. 1979. Effect of maturity and marbling on the myofibril fragmentation index of bovine longissimus muscle. *J. Food Sci.* 44:1968.
  21. SAS. 1985. Procedure guide for personal computers. version 6th ed. SAS Institute INC., Cary. NC. USA.
  22. 小堤恭平. 1989. 牛肉の品質評価に関する研究. 日本食品工業學會誌. 36:857
  23. 高坂和久. 1975. 肉製品の鮮度保持と測定. 食品工業. 18:105.
  24. 三津本 充, 山下 良弘, 三橋忠由, 中西直人. 1987. 黒毛和種去勢牛における胸長筋の 理化學的 特性と格付等級との關係. 中國試報. B, 29:35.
  25. 김대곤, 정근기, 성삼경, 최창본, 김성점, 김덕영, 최봉재. 1996. 거세가 한우 및 홀스타인 비육우 도체의 이화학적 특성에 미치는 영향. 한국축산학회지. 38:239.
  26. 김병철, 오세종. 1990. 한우육과 홀스타인육의 이화학적 성질에 관한 비교연구. 고려대학교 농림논집. 107.
  27. 김병철, 이석, 고경철, 주선태. 1993a. 한우와 홀스타인 품종간의 도체처리 방법에 따른 육질비교. 한국축산학회지. 35:427.
  28. 김용수, 김영웅, 유익중. 1993b. 냉장육의 저장중 품질변화. 한국축산학회지.

35:525

29. 김영직, 이한기, 박범영, 박태선, 박구부. 1993c. 전기자극이 한우육의 이화학적 특성에 미치는 영향, 한국축산학회지. 35:323.
30. 농림수산부. 1995. 농림수산주요통계.
31. 류은선, 이무하, 고경철. 1994. 등급에 따른 한우육과 수입육의 품질비교 연구. 한국축산학회지. 36:340.
32. 박구부, 김영직, 이한기, 김진성, 김영환. 1988. 저장기간에 따른 육의 선도변화. 한국축산학회지. 30:672.
33. 윤영탁, 김대곤, 성삼경. 1994. 한우 및 홀스타인의 도체중 단계별 주요 도체 특성에 관한 연구. 한국축산학회지. 36:175
34. 이유방, 성삼경. 1983. 식육과 육제품의 분석실험. 선진문화사.
35. 채영석, 강창기, 김동학. 1983. 한우 사육형태가 육질에 미치는 영향. 2. 이화학적 특성. 한국축산학회지. 25:629.
36. 최양일, 김영규, 이창립. 1995. 포장방법 및 숙성온도가 한우육의 육색, 연도 및 저장특성에 미치는 영향. 한국축산학회지. 37:639.

### 제 3 절 지연냉각이 도체등급별 한우육의 이화학적 특성에 미치는 영향

## Effects of Delayed Chilling on the Quality Characteristics of Hanwoo Beef According to the Carcass Grade

### Abstract

This study was conducted to investigate effects of delayed chilling and aging on the quality characteristics of beef in Hanwoo bulls and steers. Rib loin and top round obtained from steer(1st grade) and bull(3rd grade) were subjected to different chilling temperatures of 5°C and 16°C for 24hr and 35°C for 10hr, respectively and then stored at  $2\pm 2^\circ\text{C}$  for 15 days. Rib loin held at 35°C revealed a rapid pH fall and had been reached to the final pH at postmortem 12 hr. Water holding capacity(WHC) was tended to be decreased immediately after keeping in high temperature(35°C). Myofibrillar fragmentation index(MFI) value increased and hardness value decreased remarkably with the progressed aging regardless of temperature, quality grade or muscle section. But, MFI value was significantly increased in 1st grade beef at 35°C, 16°C than in 3rd grade beef at 5°C, respectively. The degree of hardness in steers were significantly lower than those in bulls, regardless of temperature. Hardness value was significantly lower in 1st grade beef at 35°C, 16°C than that in 3rd grade beef at 5°C, respectively. No differences in the morphology were found between steer and bull beef, however, distinctive structural changes according to temperature were found, regardless of quality grade. The results suggest that the delayed chilling have great improving effect on quality of Hanwoo beef, compared to conventional chilling and conditioning, regardless of carcass grades.

## 1. 서 론

쇠고기의 품질에 대한 소비자들의 인식이 높아지고, 수입개방이 이루어짐에 따라 쇠고기 품질의 고급화는 매우 중요한 과제이다. 연도는 쇠고기의 품질중 가장 중요한 요인이며, 소비자의 기호도에 가장 큰 결정요인이 된다(Bailey, 1972). 쇠고기의 연도는 도축전, 후의 몇가지 요인에 의해 영향을 받으며, 사후요인중에는 저장온도와 기간에 매우 민감하다(Bratzler, 1971; Judge 등, 1989). 빙점이상의 온도에서 저장하여 고기를 연화시키는 숙성은 바람직한 쇠고기를 생산하는 중요한 방법이며(Davey와 Gilbert, 1967), 지금은 일반화되고 있다. 그러나, 재래적인 숙성방법은 저장시설의 효율적 사용에 문제가 있으며, 이러한 문제는 적절한 연도수준을 보장하는데 필요한 숙성의 최소기간과 온도를 설정함으로써 완화시킬수 있다. 선진국에서는 도체발골전의 냉각처리가 냉장시설과 노동력 그리고 에너지소비에 의한 원가상승의 요인이라고 보아 새로운 처리방식이 실용화되고 있다. 저급우육을 고온처리하여 연도 개선을 시도한 보고(성 등, 1988)는 있으나, 등급에 따른 숙성전 온도처리효과를 검토한 연구는 없다. 쇠고기 수입개방에 대응하기 위해 한우육의 고급화 또는 고급한우육의 품질유지, 개선의 측면에서 등급에 따른 숙성전 온도처리 효과를 검토하는 것은 의미가 있다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 관행 사육방식(비거세)과 고급육사육방식(거세)으로 생산된 한우를 도축후, 고기를 생산, 냉각하는 과정에서 적절한 온도처리를 함으로써 신선육의 품질을 개선하고자 시도하였다.

## 2.. 재료 및 방법

### 가. 재 료

시험우는 대구축협에서 사육된 한우의 거세우 및 비거세우를 사용하였다. 시험우를 일반적인 방법으로 도축한 후 2분도체로 하고, 한쪽 반도체의 등심을 가능한 한 빠른 시간내에 채취하여(기절 후 약 2시간 이내) 처리온도별로 시험구를 나누었다. 고기의 표면을 5mM  $\text{NaNO}_3$  용액으로 분무하여 폴리에틸렌 주머니에 넣고, 각각 35℃에서 10시간(35℃ 구), 16℃에서 24시간(16℃ 구), 5℃에서 24

시간(5℃ 구)처리한 다음,  $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 저온에서 숙성시켰다. 온도처리를 끝낸 시점을 기준으로 1, 5, 10, 15일째 실험에 사용하였다. 나머지 반도체는  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 저온실에서 24시간 냉각한 후, 고기등급판정사에 의해 등급을 확인하였다. 본 실험에 사용된 1등급육은 거세우에서, 3등급육은 비거세우에서 채취하였다.

#### 나. 방 법

pH는 관행방법에 의해 균질기로 균질한 후 pH meter(TOA, Japan)로 측정하였고, 근원섬유소편화지수(myofibrillar fragmentation index ; MFI)는 Olson 등(1976)의 방법에 따라 측정하였다. 분리액(100mM KCl, 20mM K-phosphate, 1mM  $\text{NaN}_3$ , pH 7.0)으로 근원섬유를 분리, 세척하여  $0.5\pm 0.05\text{mg/ml}$ 의 농도로 희석한 다음, 540nm에서 흡광도를 측정하고 200을 곱하여 근원섬유소편화지수로 하였다. 경도(hardness)는 시료를  $70^{\circ}\text{C}$ 의 열탕에서 가열하여 시료중심부의 온도가  $75^{\circ}\text{C}$ 에 도달한 후 30분이 지난 후 방냉하고, 샘플채취용 core를 이용하여  $1\text{cm} \times 1.2\text{cm} \times 3\text{cm}$ 크기로 만든 다음, Rheo meter(Model CR-100, SUN SCI. Co. Japan)를 이용하여 측정하였다. 보수력은 이와 성(1983)의 방법에 의하여 측정하였고, 보수력 계산에 필요한 수분함량 측정은 AOAC(1991)방법에 의하였다. 가열감량은 30g 정도의 덩어리 시료를  $75^{\circ}\text{C}$ 의 열탕에서 가열하여 시료의 중심온도가  $70^{\circ}\text{C}$ 에 도달하여 30분 지난 후, 실온에서 1시간 방냉한 다음, 수분소실량을 측정하여 시료 단위중량에 대한 수분손실량의 백분율로 나타내었다. 전자현미경 관찰은 Chang 등(1976)의 방법에 의하여 시행하였는데, 시료를 고정(double fixation), 세척, 탈수, 포매한 후, Ultramicrotome(LKB)으로 초박편을 만들어 uranyl acetate와 lead citrate로 염색한 뒤 Hitachi-H 600 투과형 전자현미경으로 검경하였다. 통계처리는 SAS-package(1985)의 일반선형모델에 의한 분산분석을 하고 유의성은 5% 수준에서 검정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

가. 지연냉각에 의한 이화학적 특성의 변화

Fig. 1은 1등급 거세우 및 3등급 비거세우의 pH변화를 나타낸 것이다. 1등급

거세우의 경우 35℃구는 사후 pH저하가 빠르게 진행되어 12시간에 5.50~5.55로서 거의 최종 pH에 달하였으며, 16℃구는 다소 완만하게 떨어져서 48시간에 5.55~5.60 정도였고, 5℃구는 아주 완만하게 떨어져 48시간에 5.65~5.66 정도였다. 이러한 환경온도에 영향을 받는 pH의 결과는 Bate-Smith(1949), Bendall(1951), Marsh(1954), Cassens와 Newbold(1967) 및 Whipple(1990)의 결과와 일치하였다. 3등급 비거세우의 경우도 온도와 부위에 관계없이 pH의 저하 속도는 같은 경향이었으며, 35℃구는 24시간만에 5.45~5.55, 16℃구는 48시간만에 5.57~5.58, 5℃구는 48시간만에 5.75~5.78로서 전반적으로 1등급 거세우에 비하여 약간 높은 경향이였다. 지연냉각의 정도나 저온냉각의 경우에 있어서 최종 pH는 거의 차이가 없었는데 이러한 결과는 Newbold와 Harris(1972), Crouse와 Seideman(1984) 및 Whipple 등(1990)의 결과와 같은 경향이였다. 도축후 냉각속도를 지연함으로써 나타나는 pH 저하속도의 차이는 고기의 성질에 영향을 미칠것으로 예상되었다. 보수력은 신선육의 중요한 특징 중의 하나로서, pH에 대단히 민감하여, 사후의 여러 가지 요인에 의하여 영향을 받게 된다(Hamm, 1975). Fig. 2는 사후숙성중 보수력의 변화를 나타낸 것이다. 1등급 거세우의 경우, 35℃구와 5℃구는 1일째 약간 낮아진 후 경시적으로 증가하는 경향을 나타내었고, 16℃구는 1일째 다른 구에 비해 약간 높았으나 5일째 낮아진 후, 경시적으로 증가하는 경향을 보였다. 3등급 비거세우의 경우, 16℃구와 5℃구는 1일째 약간 낮아진 후 거의 변화가 없었으나, 35℃구는 1일째 급격히 낮아진 후 경시적으로 증가하는 경향이였다. 품종에 관계없이 35℃구와 16℃구가 1일째 보수력이 낮은 것은 사후초기의 빠른 해당작용으로 pH가 급속히 낮아졌기 때문으로 생각되었다. Hamm (1959), Wismer-Pederson과 Briskey(1961)는 보수력과 연도가 관계가 있다고 하였으나, McClain과 Mullins(1969)는 보수력에는 다른 요인이 많이 관여하기 때문에 간단히 설명이 어렵다고 하였다. 본 실험의 결과도 보수력과 pH의 관계가 명확하지 않았다. 숙성중 가열감량의 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 1등급 거세우의 경우, 1일째는 5℃구가 다른 처리구에 비해 약간 높으나, 10일째는 5℃구, 16℃구, 35℃구 순으로 감량이 많았다. 3등급 비거세우의 경우, 1일째와 10일째에 35℃구가 16℃구와 5℃구보다 유의하게 많았다. 가열감량의 결과는 등급이나, 온도처리에 따른 뚜렷한 특징을 발견할 수 없었다. 이 결과는 배최장근과 반건양근의 가열감량이 2℃와 16℃ 처리구 사이에 그리고 저장기

간에 따른 유의차가 없었다고 한 Parrish 등(1973)의 결과와 같은 경향이었다. 가열감량의 변화는 품종에 관계없이 보수력의 변화와 비교적 잘 대응하였다.

#### 나. 지연냉각에 의한 연도특성의 변화

연도는 근섬유소편화의 정도(MFI)와 관계가 있으며, 근원섬유 현탁액의 흡광도를 측정하여 정량화 한 MFI는 근원섬유소편화의 좋은 지표인데, 현미경 관찰과 밀접한 관계가 있고 객관적이기 때문이다(Olson 등, 1976; Culler 등, 1978; Koochmarai 등, 1988). Fig. 4는 1등급 거세우와 3등급 비거세우의 온도처리별 MFI를 경시적으로 나타낸 것이다. 1등급 거세우의 경우, 35℃구와 16℃구는 1일째 MFI가 급격히 증가하였으며, 숙성기간이 진행됨에 따라 15일째까지 점증하였다. 5℃구는 도축직후 보다 온도처리가 끝난 후의 MFI가 오히려 낮아졌으나, 그 후는 숙성기간과 함께 증가하였다. 5℃ 처리중 MFI가 낮아지는 것은 빠른 냉각에 의한 저온단축의 효과(Locker와 Hagyard, 1963; Lochner 등, 1980)라고 생각되었다. 35℃구와 16℃구가 숙성 전기간에 걸쳐 5℃구에 비해 유의하게 높았다. 이러한 결과는 고온이 도축직후의 저온단축현상을 방지하고(Lochner 등, 1980) 사후초기의 고온유지가 숙성과정을 촉진하기 때문(Marsh 등, 1981)이라고 생각되었다. 3등급 비거세우의 경우도 1등급 거세우의 경우와 같은 경향이었으나, 전반적으로 MFI의 진행정도가 1등급 거세우에 비해 완만한 경향을 나타내었다. 등급에 관계없이 낮은 온도로 처리한 실험구가 고온으로 처리한 실험구보다 MFI가 완만하게 진행되었는데, 5℃구에 있어 10일째의 MFI가 35℃구나 16℃구의 1일째 MFI와 비슷한 수치에 해당하였다. 이러한 결과는 Moller 등(1973), Olson 등(1976), Olson과 Parrish(1977), Culler 등(1978)의 보고와 일치하였다. 쇠고기의 기호성에는 많은 요소가 관여하지만 그중에서도 연도가 가장 크게 작용한다. 사후 일정기간 냉장하면 신선육의 연도가 개선된다는 것은 잘 알려져 있다. 연도는 숙성기간(Martin 등, 1971), 숙성온도(Henderson 등, 1970; Hostetler 등, 1975)에 의해 영향을 받는다. 1등급 거세우와 3등급 비거세우의 온도처리별 숙성기간중의 경도측정 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 5℃구는 1일째 현저하게 상승한 후 기간이 경과함에 따라 점진적으로 감소하였고, 35℃구와 16℃구는 처리후 경도가 현저히 낮아졌고 경시적으로 낮게 유지되었다. 이러한 결과는 Smith 등(1971), Parrish 등(1973), Field 등(1976)이 쇠고기를 14~19℃에서



처리한 것이 낮은 온도에서 처리된 경우보다 연도가 유의하게 높았다는 결과와, Locker와 Daines(1975, 1976)가 35~37℃ 숙성이 15~16℃ 경우보다 연도에 더 큰 효과가 있다고 한 보고와 일치하였다. Fig. 5에서와 같이 강제전에 35℃ 또는 16℃의 높은 온도에 유지하여 냉각속도를 지연시키는 것은 확실하게 연도를 증가시키는데, 이러한 결과는 Locker와 Daines(1975, 1976), Will 등(1976)의 결과와 일치하였다. 이러한 고온에서 강제전 근육의 연도증진 기작은 충분히 구명되지 않았으나, 냉각단축이 완화되면, 고온으로 인한 근원섬유단백질의 분해속도가 증가되기 때문(Locker와 Hagyard, 1963; Lochner 등, 1980; Koochmarai, 1988)이라고 생각되었다. 3등급 비거세우의 경우도 1등급 거세우의 경우와 같은 경향을 나타내었으나 전반적으로 1등급 거세우에 비하여 경도가 높았다. 이러한 결과로 보아 3등급 비거세우는 1등급 거세우에 비해 지연냉각의 연도개선효과가 떨어짐을 알 수 있었다. 경도측정치의 결과는 MFI의 결과(Fig. 4)와 잘 일치하였다.

#### 다. 지연냉각에 의한 형태학적 특성변화

Fig. 7은 5℃ 1등급 거세우의 전자현미경 사진이다. 5℃구의 1일째는 도축직후의 경우(Fig. 6)에 비해 근원섬유에 약간의 간격이 관찰되었을 뿐, 전형적인 골격근밴드와 미세구조의 변화는 거의 없었고, 5일째에도 근원섬유사이의 간격이 약간 넓어졌을 뿐, 미세구조의 확연한 변화는 없었다. 15일째는 Z-선이 희미해지며 근원섬유사이의 균열이 심하고, 또 근원섬유의 소편화가 심하게 일어나 있음을 알 수 있었다. 16℃구의 1일째에 5℃구와는 달리 이미 근원섬유의 소편화가 심하고 부분적으로 어느정도 소편화가 상당히 진행되었음이 관찰되었다. 5일째에는 근원섬유사이의 균열이 더욱 심해졌고, 소편화가 상당히 진행되었으며, 전체적인 근섬유의 통합성은 없었다. 10일째에는 근원섬유소편화가 많이 이루어져 있고(Fig. 8), 35℃구의 1일째(Fig. 9)는 이미 근원섬유소편화가 심하게 일어나 있으며, 미세구조의 통합성이 거의 상실되어 있었다. 전반적으로 보아 비거세우의 경우도 거세우와 같은 정도의 형태적인 변화를 보였다(사진을 제시하지 않음). 검경을 통한 형태적 변화로 보아 5℃구의 15일째, 16℃구의 5일째, 35℃구의 1일째의 결과와 유사하였다. 이러한 결과는 MFI의 결과(Fig. 4)나 경도의 결과(Fig. 5)와도 잘 일치하였다. 또한 Davey와 Gilbert(1969)가 저온숙성중 Z-선구

조의 완전소실은 10~15일에 나타나며, 이때 연도가 최적으로 상승한다는 연구 결과와도 일치하는 경향이였다.

이상의 결과로 보아 한우는 도축후 고기를 생산, 냉각하는 과정에서 35℃ 또는 16℃에서 일정시간 지체시킨 후 숙성시키는 것이 한우육의 연도개선에 효과가 있는 것으로 판단되였다.

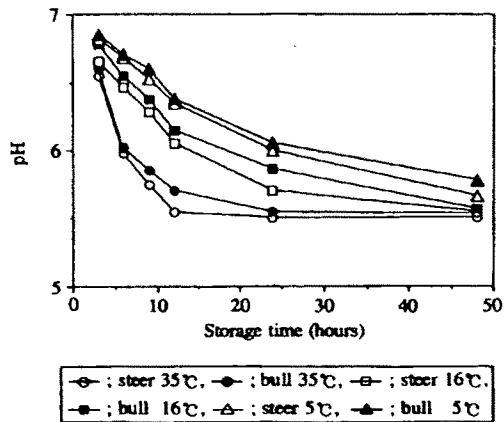


Fig.1. pH changes of Hanwoo beef during storage at various temperature

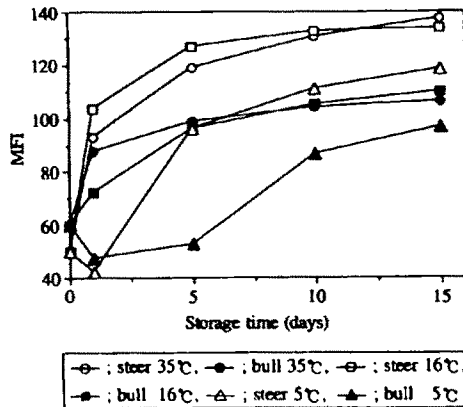
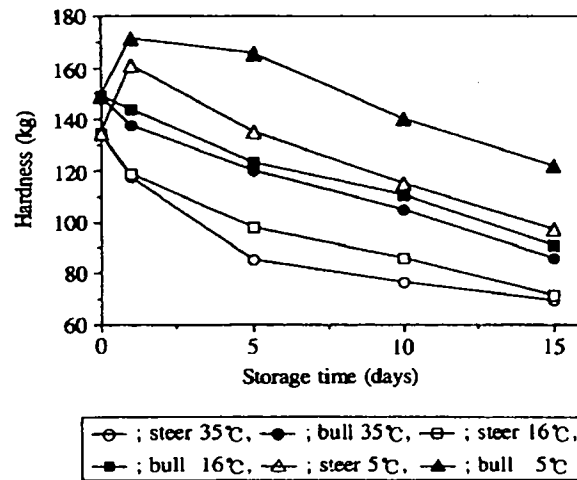
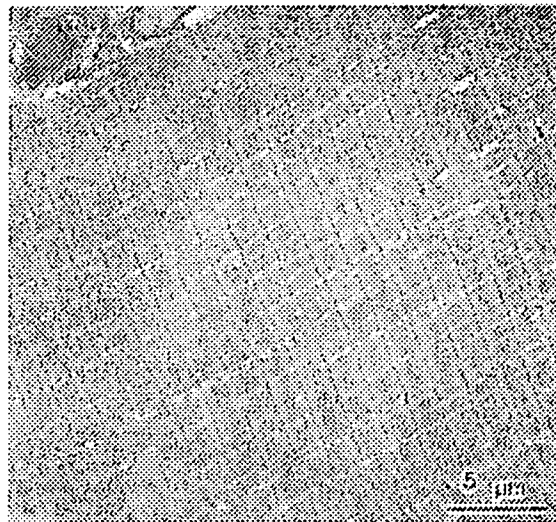


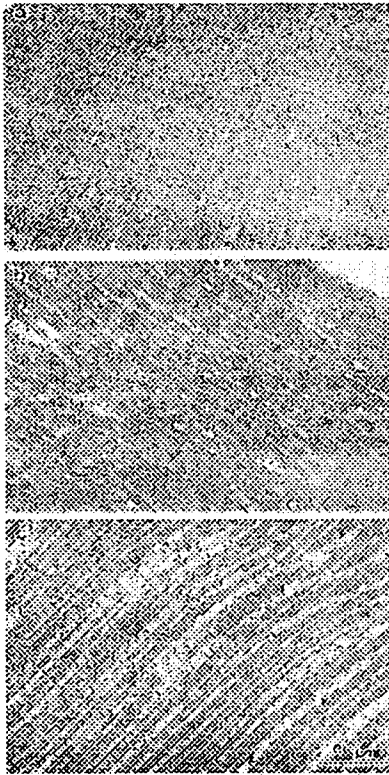
Fig. 2. MFI changes of Hanwoo beef during storage at various temperature.



**Fig. 3. Hardness changes of Hanwoo beef during storage at various temperature.**

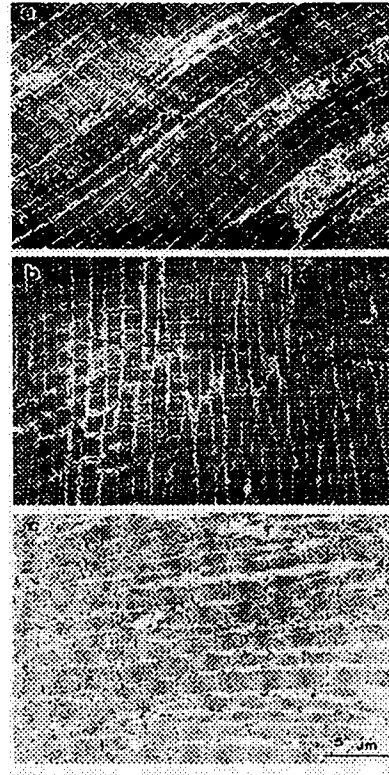


**Fig. 4. Unaged beef**  
All the typical features of skeletal muscle are present.(magni. ×2,500)



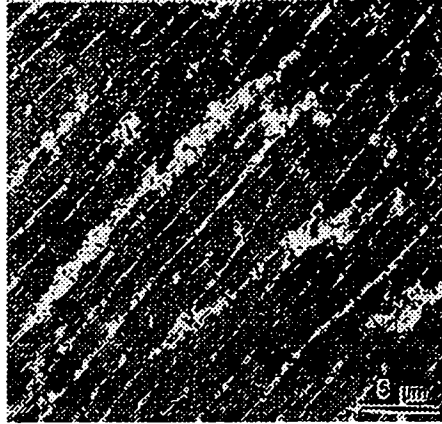
**Fig. 5. Steer beef aged at 5°C**  
(magnif.  $\times 2,500$ )

- [a] for 1 day. Showed a relatively normal
- [b] for 5 days. Note the gap among myofibrils.
- [c] for 15 days. Longitudinal splitting between myofibril were observed.



**Fig. 6. Steer beef aged at 16°C**  
(magnif.  $\times 2,500$ )

- [a] for 1 day. Longitudinal splitting between myofibril were seen.
- [b] for 5 days. Showed disorganized myofibril and breakages of Z-line at many area..
- [c] for 10 days. Fragmentation of myofibril occured thoroughly.



**Fig. 7. Steer beef aged at 35°C for 1 days  
(magnif. ×2,500)**

**Disorganization and fragmentation of  
myofibrils were apparent.**

#### **4. 요 약**

한우 1등급 거세우와 3등급 비거세우의 도축후 지연냉각처리에 따른 숙성중 품질변화를 비교하였다. 등급에 관계없이 유지온도가 높을수록 pH저하속도가 빨랐으며, 35°C구는 12시간에 최종 pH에 도달하였다. 보수력은 등급에 관계없이 35°C구가 낮은 경향이었으나, 경시적으로 차이를 나타내지 않았으며, 가열감량도 등급과 온도처리에 따른 뚜렷한 특징은 없었으나 보수력과 잘 대응하였다. MFI는 온도처리에 관계없이 경시적으로 유의하게 증가하였고, 35°C구와 16°C구가 5°C구에 비해 유의하게 높았다. 등급간에는 1등급 거세우육이 3등급 비거세우육에 비해 높은 경향이였다. 경도는 등급에 관계없이 경시적으로 낮았고, 특히 35°C구와 16°C구는 유의하게 낮았으며, 전반적으로 3등급 비거세우육이 1등급 거세우육 보다 경도가 높았다. 1등급 거세우육과 3등급 비거세우육 사이에 형태적 변화의 두드러진 차이는 없었으나, 온도에 따라 현저한 차이가 있었다. 5°C구는 5일까지도 근원섭유 사이의 간격이 약간 넓어졌을 뿐 미세구조의 뚜렷한 변화는

없었고, 15일째 근원섬유의 균열이 심하고 근원섬유의 소편화가 심하게 진행되었다. 16℃구는 1일째에도 어느정도 소편화가 진행되었고, 5일째는 근원섬유 사이의 균열이 더욱 심해졌으며, 소편화가 많이 진행되었고, 근섬유의 통합성이 없었다. 35℃구는 1일째 이미 근원섬유소편화가 심하게 일어났으며, 미세구조의 통합성이 거의 상실하였음이 관찰되었다.

## 5. 문헌

1. AOAC. 1991. Official method of analysis of the AOAC. 14th ed.
2. Bailey, A. J. 1972. The basis of meat texture. J. Food Sci. Agric., 23:995.
3. Bate-Smith, E. C. 1949. The physiology and chemistry of rigor mortis with special reference to the aging of beef. In "Advances in food research". Mrak, E. M. and Stewart, G. F. eds. 1:1.
4. Bendall, J. R. 1951. The shortening of rabbit muscles during rigor mortis; Its relation to the breakdown of adenosine triphosphate and creatine phosphate to muscular contraction. J. Physiol. 114:71.
5. Bartzler, L. J. 1971. Palatability factors and evaluation. In "The Science of meat and meat products" W. H. Freeman of Co. San Fransisco.
6. Cassens, R. G. and Newbold, R. P. 1967. Temperature dependence of pH changes in ox muscle postmortem. J. Food Sci. 32:13.
7. Chang, M. U., Arai, K. Doi, Y. and Yora, K. 1976. Morphology and intercellular appearance of orchid fleck virus. Ann. Phytopath. Sco. Japan. 42:156.
8. Crouse, J. D. and Seideman, S. C. 1984. Effect of high temperature conditioning on beef from grass or grain fed cattle. J. Food Sci. 49:157.
9. Culler, R. D., Parrish, F. C. Jr., Smith, G. C. and Cross, H. R. 1978. Relationship of myofibril fragmentation to certain chemical, physical and sensory characteristics of porcine longissimus muscle. J. Food Sci. 43:1177.
10. Davey, C. L. and Gilbert, K. V. 1967. Structural changes in meat during aging. J. Fd. Technol. 2:57.
11. Davey, C. L. and Gilbert, K. V. 1969. Studies in meat during aging. J. Food Sci. 34:69.

12. Fields, P. A., Carpenter, Z. L. and Smith, G. C. 1976. Effects of elevated temperature conditioning on youthful and mature beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 42:72
13. Hamm, R. 1959. Biochemistry of meat hydration. Proc. 11th Res. Conf. American Meat Inst. Found. 17.
14. Hamm, R. 1975. Water - holding capacity of meat. In "Meat" eds by Cole, D.J. A and Lawrie, R. A. Butterworth, London, p.321.
15. Henderson, D. W., Goll, D. E. and Stromer, M. H. 1970. A comparison of shortening and Z-line degradation in postmortem bovine, porcine and rabbit muscle. *Am. J. Anat.* 128: 117.
16. Hostetler, R. L., Carpenter, Z. L., Smith, G. C. and Duston, T. R. 1975. comparison of postmortem treatments for improving tenderness of beef. *J. Food Sci.* 40: 223.
17. Judge, M. D., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Hedrick, H. B. and Merkel, R. A. 1989. Principles of meat science. 2nd ed. p.113. Kendall/Hunt Pub. Co.
18. Koohmaraie, M., Babiker, A. S., Schroeder, A. L., Merkel, R. A. and Dutson, T. R. 1988. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through activation of Ca - dependent proteases. *J. Food Sci.* 53: 1639.
19. Lochner, J. V., R. G. Kauffman and Marsh, B. B. 1980. Early postmortem cooling rate and tenderness. *Meat Sci.* 53: 1638.
20. Locker, R. E. and Daines, G. J. 1975. Rigor mortis in beef sterno - mandibularis muscle at 35 °C. *J. Sci. Food Agric.* 25: 1721.
21. Locker, R. E. and Daines, G. J. 1976. Tenderness in relation to the temperature of rigor onset in cold shortened beef. *J. Sci. Food Agric.* 27: 193.
22. Locker, R. H. and C. J. Hagyard. 1963. A cold shortening effect in beef muscle. *J. Sci. Food Agric.* 14: 787.
23. Marsh, B. B. 1954. Rigor mortis in beef. *J. Sci. Food Agr.* 5:70.
24. Marsh, B. B., Lochner, J. V., Takahashi, G. and Kragness, D. D. 1981. Effects of early postmortem pH and temperature on beef tenderness. *Meat Sci.*, 5: 479.
25. Martin, A. H. Fredeen, H. T. and Weiss, G. M. 1971. Tenderness of beef longissimus dorsi muscle from steers, heifers and bulls as influenced by source, postmortem aging and carcass characteristics. *J. Food Sci.* 36:

619.

26. McClain, P. E. and Mullins, A. M. 1969. Relationship of water binding and pH to tenderness of bovine muscle. *J. Anim. Sci.*, 29:268.
27. Moller, A. J., Vestergaard, T. and Wismer - Pedersen, J. 1973. Myofibril fragmentation in bovine longissimus dorsi as an index of tenderness. *J. Food Sci.* 38:824.
28. Newbold, R. P. and Harris, P. V. 1972. The effect of prerigor changes on meat tenderness. A review. *J. Food Sci.* 41:1036.
29. Olson, D. G., Parrish, Jr. F. C. and Stromer, M. H. 1976. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscle during postmortem storage. *J. Food Sci.* 41:1036.
30. Olson, D. G., Parrish, Jr. F. C. 1977. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness. *J. Food Sci.* 42:506.
31. Parrish, F. C. Jr., Young, R. B. Miner, B. E. and Andersen, L. D. 1973. Effect of postmortem conditions on certain chemical, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. *J. Food Sci.* 38:690.
32. SAS. 1985. Procedure guide for personal computers. version 6 ed. SAS Institute IN., Cary. NC. USA.
33. Smith, G. C., Arango, T. C. and Carpenter, Z. L., 1971. Effects of physical and mechanical treatments on the tenderness of the beef longissimus. *J. Food Sci.* 36:445.
34. Will, P. A., Henrickson, L. and Morrison, R. C. 1976. The influence of delay chilling and hot bonning on tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.* 41:1102.
35. Wipple, G., Koochmaraie, M., Dikeman, M. E., Crouse, J. D., Hunt, M. C. and Klemm, R. D. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.* 68:2716.
36. Wismer - Pedersen, J. and E. J. Briskey. 1961. Relationship of postmortem acidity and temperature. *Food Tech.* 15:233.
37. 성삼경, 안동현, 김수민. 1988. 한우육의 물리적 형태적 변화에 미치는 고온 성숙의 효과. *한국축산학회지.* 30:566.
38. 이유방, 성삼경. 1983. 식육과 육제품의 분석실험. 선진문화사.



## 제 4 절 시판 한우육과 한우육 판매점의 미생물 분포

### Studies on the Bacteriological quality of retailed Hanwoo beef and retail stores

#### Abstract

The Bacteriological quality of retailed Hanwoo beef and retail stores was studied to investigate hygienic status in marketing system of Hanwoo beef. Total bacterial counts of retailed Hanwoo beefs showed average  $10^3$ - $10^4$ /cm<sup>2</sup>. Bacteriological quality of retailed Hanwoo beef was different significantly by sanitational conditons of individual retail store, not by kind of retail stores. Total bacterial counts of knives used in retail stores showed from  $10^2$ /cm<sup>2</sup> to  $10^5$ /cm<sup>2</sup> (average  $10^3$ - $10^4$ /cm<sup>2</sup>). The level of contamination was increased as increase using frequency. Total bacterial counts of balance, cutting boards, slicing machine and chopper used in retail Hanwoo beef stores were  $10^1$ - $10^4$ /cm<sup>2</sup>,  $10^4$ - $10^5$ /cm<sup>2</sup>,  $10^3$ - $10^5$ /cm<sup>2</sup> and  $10^3$ - $10^6$ /cm<sup>2</sup>, respectively. Chopper showed the highest contamiantion level among various materials used in retail Hanwoo beef store such as knife, cutting board, slicing machine and chppor.

#### 1. 서 론

식육의 미생물오염은 도살과정중 외부환경과 발굽, 가죽, 혈액, 내장 등으로 부터 오염된 후 소비자의 손에 이르기까지 모든 유통단계에서 미생물에 노출되어 위생적인 처리가 이루어지지 않는 한 쉽게 재오염될 수 있다(Frazier등 1988). 특히 식육의 처리 및 유통과정이 비위생적일 경우 오염 미생물에 의한 신선육의 부패, 경제적 손실, 품질의 악화등의 주 원인이 되어 상품적 가치의 상실 뿐만 아니라 막대한 식자원의 손실을 초래할 수 있다. 특히 병원성 미생물이 오

염되었을 경우 심각한 문제점을 유발시킬 수 있으므로 한우육의 생산에서 최종 소비 단계까지 품질의 보존은 육생산에 못지않게 매우 중요한 과제이다. 최근의 세계적인 쇠고기의 유통경향은 동결저장보다 신선육을 그대로 보존 유통하는 추세에 따라 지육을 부분육으로 소포장화하여 유통하고 있다. 우리나라의 유통되고 있는 한우육은 주로 한우육 전문판매점등 소매점을 중심으로 유통되고 있어 이들 판매점의 위생상태는 시판 한우육의 품질과 직결되므로 위생적인 유통 체계에 관한 연구가 시급히 요구되는 실정이다. 본 연구는 한우육의 위생적 유통방안을 확립하기 위하여 현재 유통중인 한우육의 위생상태와 판매점에서 사용되고 있는 각종 기구의 위생상태를 조사 검토하였다.

## 2.. 재료 및 방법

### 가. 시판 한우육의 위생검사

한우육의 판매점 종류에 따른 한우육의 위생상태를 조사하기 위하여 경북 하양일원과 대구에 위치한 일반시장 정육점, 한우전문판매점, 축협판매장, 그리고 대형백화점의 식육판매장등 종류별로 각각 5곳을 선정하여 계절에 관계없이 일정기간을 두고 3회에 걸쳐 등심부위의 한우육을 직접 구입하여 미생물학적 품질 검사를 실시 하였다.

### 나. 정육점 기계기구의 미생물학적 검사

한우육을 전문으로 판매하는 정육점 5곳을 선정하여 정육점 설비에 관한 미생물학적 검사를 계절에 관계없이 일정기간 간격으로 3회에 걸쳐 칼, 도마, 저울, slicing machine, chopper, 등에 관한 미생물 오염도를 조사하였다.

### 다. 시료채취와 미생물학적 검사

미생물학적검사를 위한 시료 채취는 swab method(Kotula, 1966)로 실시하였다. 내경 2 cm인 stainless ring을 이용하여 calcium alginate swab으로 일정면적(3.14 cm<sup>2</sup>)을 채취, 무균적으로 절단하여 0.1 % peptone 회석액에 넣어 적정 회석한 후 pour plate method (APHA, 1992)로 적정 배지에 접종하여 생균수를

측정하였다. 각 측정 미생물별 배양조건과 사용배지는 table 1 에서 보는 바와 같다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 판매점 종류에 따른 시판 한우육의 위생상태

한우육의 판매장을 백화점, 재래시장 정육점, 한우 전문판매점, 축협판매장(이하 편의상 각 판매장별 순서없이 A, B, C, D 매장으로 표시함)으로 나누어 각각 5곳씩 정하여 일정기간동안 3회에 걸쳐 시료를 직접 구입하여 평상시 유통되고 있는 한우육의 미생물 오염 실태를 조사한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 매장별 한우육의 미생물 오염도는 총균수의 경우는 A매장 판매육의 경우  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$  (평균  $10^4/\text{cm}^2$ ), B매장의 경우  $10^2 \sim 10^4/\text{cm}^2$  (평균  $10^4/\text{cm}^2$ ), C매장의 경우  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$  (평균  $10^5/\text{cm}^2$ ), D매장의 경우  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$  (평균  $10^3/\text{cm}^2$ )를 나타내었다. 대장균군수는 A매장 판매육 ( $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ ), B매장 ( $10^2 \sim 10^3/\text{cm}^2$ ), C매장 ( $10^1 \sim 10^3/\text{cm}^2$ ), D매장 ( $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ )이었으며 Yeast & Mold의 경우 A매장 판매육 ( $10^2/\text{cm}^2$ ), B매장 판매육( $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ ), C매장 판매육 ( $10^1 \sim 10^3/\text{cm}^2$ ), D매장 ( $10^2 \sim 10^3/\text{cm}^2$ )을 나타내었다. 저온 유통식품의 부패의 주요 미생물인 저온성균(psychrotrophic bacteria)은 총균수와 유사한 경향을 나타내어 평균  $10^3/\text{cm}^2$ 이었으며 A매장 판매육의 경우  $10^2 - 10^4/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타낸 반면 D매장의 경우  $10^1 - 10^3/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타내었다. 시판 한우육의 매장별 그람음성균수는 A 매장과 B매장 판매육은  $10^3/\text{cm}^2$ , C 매장 판매육은  $10^4/\text{cm}^2$ , D매장 판매육은  $10^2/\text{cm}^2$ 을 나타내어 매장의 종류에 관계없이 저온성균의 대부분이 그람음성균이 차지하는 경향을 나타내어 냉장육의 부패는 주로 저온성균에 의해 발생하며 그중에서도 대부분 gram negative bacteria가 주종을 이루고 있다는 보고와(Gill and Newton, 1977) 일치하였다. 자연계에 널리 분포되어 있으며 저온성균의 일종인 Lactobacilli수는 매장에 관계없이  $10^2/\text{cm}^2$ 을 나타내었다. 일반적으로 시중에 유통되고있는 한우육의 미생물오염도는 평균  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 의 총균수를, 저온성균(psychretrophs)과 그람음성균은  $10^3/\text{cm}^2$  대장균군수는 약  $10^2/\text{cm}^2$ , Yeast & Mold는  $10^2 \sim 10^3/\text{cm}^2$  이었다.

시판 한우육의 미생물학적 품질은 판매장의 종류에 따라 뚜렷한 차이는 관찰할 수 없었으나 같은 종류의 판매점의 경우도 개별 매장의 위생상태에 따라 미생물학적 품질은 상이한 경향을 나타내었다. 시판 한우육의 시판당시의 미생물 오염도는 매장에 따라 상이하지만 전체적으로 매우 위생적인 상태라고는 할 수 없고, 구매후 소비자들의 취급방법에 따라 짧은 시간내에 품질의 악화를 초래할 수 있을 것으로 사료되었다. 시판 한우육의 미생물 분포가 판매장 종류에 따라 서로 상이한 결과는 한우육 전문판매점, 일반 정육점, 백화점, 축협판매점등의 판매장종류에 기인된 것이아니라 개별 판매점의 위생상태에 기인된 것으로 판단되었다. 미생물 오염원은 주로 도살시 사용되는 칼, 장갑, 손수건 등과 물, 공기, 사람의 손 등이며, 특히 각종 칼에 의해 고기 내부 및 신선육의 표면에 오염된다(Frazier, 1988). 도살후 숙성과정중의 외부환경에 의해서도 신선육의 미생물학적 품질은 좌우된다. 도살장을 떠난 신선육은 운반에서 부터 시작하여 소비자에 이르기까지 여러단계의 취급과정중 다양한 경로의 오염원에 노출되어있다. 그러므로 보다 위생적인 한우육의 유통을 위해 도살에서 부터 판매에 이르기 까지 철저한 위생적 관리가 요구된다.

#### 나. 한우육 판매점의 위생상태

한우육의 유통단계중 미생물 오염은 판매점의 위생상태에 영향이 있을 것으로 판단되어 각종 오염원에 따른 오염경로를 추적하기 위하여 위에서 언급한 매장별 한우 전문판매 정육점 중 5곳을 선정, 정육점내의 기계, 기구의 미생물 오염도를 3회에 걸쳐 조사하였다. 정육점에 사용하는 칼(knife)의 미생물 오염도(Table 3)는 총균수의 경우 정육점의 위생상태에 따라 다소 차이는 있었으나 대부분  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 를 나타내어 판매장의 외관상 위생상태는 사용하는 칼의 미생물 오염도에 주된 영향은 미치지 않을것으로 판단되며 종업원의 위생적인 관리 및 취급이 주요한 요인일 것으로 판단되었다. 저온성균수는 V매장의 경우 ( $10^4/\text{cm}^2$ )를 제외하고  $10^3/\text{cm}^2$ 를 나타내었으며 그람음성균은 대부분의 매장에서  $10^3/\text{cm}^2$ 에서  $10^4/\text{cm}^2$ 의 범위이었다. 대장균균수는  $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ , Yeast & Mold 수는  $10^1 \sim 10^3/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타내어 정육점에 따라 많은 차이를 보였으며 사용중 위생상태에 따라  $10^3/\text{cm}^2 \sim 10^5/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타내어 사용빈도가 증가할수록 오염도는 증가하였으며 비교적 많은 수의 미생물이 오염된 상태로 반복 사

용하고 있는 실정이었다. 깨끗하게 세척된 상태의 칼의 총균수가  $10^2/\text{cm}^2$  인 반면 여러번 반복 사용한 칼의 경우  $10^5/\text{cm}^2$ 을 나타내어 칼의 경우 사용자가 조금만 주의를 기울인다면 오염미생물을 감소시킬수 있을것으로 판단되었다. 미국의 육가공 처리공정에 사용되는 칼  $4 \text{ in}^2$  당 호기성균수는  $10^5$  이며 범위는  $<10$  이하에서  $10^7$  이었다는 결과(Williams 등, 1983)에 비해 현재 국내 정육점에서 사용되고 있는 칼의 미생물오염 정도는 매우 비위생적이라 판단되었으며 신선육을 판매시 판매원의 관리에 따라 오염도는 줄일수 있으나 오염을 줄일 수 있는 칼의 위생적 처리 방안 확립이 시급히 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 도마는 정육점에서 가장 빈번히 사용되는 도구중의 하나이다. 판매장별 위생상태는 (Table 4), 매장에 따라 차이는 있었으나 총균수가  $10^4 \sim 10^5/\text{cm}^2$ , 저온성균수  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ , 그람음성균수는  $10^4/\text{cm}^2$ , 대장균균수는  $10^2 \sim 10^3/\text{cm}^2$ , Lactobacilli 수는  $10^1 \sim 10^3/\text{cm}^2$  그리고 Yeast & Mold의 수는  $10^1 \sim 10^3/\text{cm}^2$ 를 나타내어 칼의 경우보다 미생물 오염 상태가 매우 심하였다. 깨끗이 말려 놓은 도마의 경우 총균수는  $10^2/\text{cm}^2$ , 반복 사용한 도마의 경우 총균수는  $10^5/\text{cm}^2$ 를 나타내었다. William 등의(1988) 도마(cutting table)의 호기성균수는  $10^3 - 10^4/4 \text{ in}^2$  의 범위를 나타내었다는 결과와 본 실험결과를 비교하면 매장에 따라 비슷한 수준을 보인곳도 있었으나 전체적으로 오염이 심한 경향을 나타내었다. 정육점에 따라 도마의 총균수는  $10^2/\text{cm}^2 - 10^5/\text{cm}^2$ 의 범위를 보이고 있어 현재 매장에서 사용되는 도마의 위생상태는 사용자의 관리상태에 따라 개선될 수도 있을 것이다. 도마의 재질에 따라 미생물의 오염은 현저한 차이를 보여 stainless steel이나 플라스틱에 비해 나무로 된 도마의 표면 미생물수가 훨씬 높다는 연구(Ak 등, 1994, Worfel, 1995)결과를 미루아 볼때 현재 사용하고있는 도마의 위생적인 사용, 관리방법에 관한 개선방안이 시급히 확립 되어야 할 것으로 판단되었다. 특히 나무로된 도마의 사용을 줄이고 다른 재질의 도마로 대체하는것이 효과적인 방법일 것으로 판단되었다. 정육점에서 일반적으로 신선육을 slicing machine 을 사용 절단하여 불고기 또는 로스구이용으로 판매하고 있다. Slicing machine 은 사용빈도가 매우높아 철저한 위생상태 유지가 필요한 기종이다. 현재 한우육을 판매하는 매장에서 사용되고 있는 slicing machine 칼날의 미생물 오염도는 (Table 5) 총균수의 경우는  $10^3 \sim 10^5/\text{cm}^2$ 를 나타내었으며, 저온성 균수는  $10^3 \sim 10^5/\text{cm}^2$ , 그람음성균수는  $10^3 \sim 10^5/\text{cm}^2$ , 대장균균수는  $10^2 \sim 10^3/\text{cm}^2$ , Yeast &

Mold수는  $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타내었다. 정육점의 관리상태 따라 미생물 오염도는 뚜렷한 차이가 있었으며 사용빈도가 많을수록 미생물의 오염도는 증가하였다. 비교적 위생처리가 잘된 매장의 경우(III)총균수 및 저온성균수는 평균  $10^3/\text{cm}^2$ 이었으나 비위생적인 상태라고 판단된 매장의 경우(V)의 총균수, 저온성균수는 약  $10^5/\text{cm}^2$ 을 나타내었으며 사용후 간단한 위생처리에 의해 미생물의 오염은 감소시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 정육점에서 쇠고기의 무게측정은 대부분 포장지에 싸서 저울을 사용하고 있어 쇠고기에는 직접 접촉될 우려는 없으나 항상 접촉의 가능성에 노출되어 있어 2차오염의 원인이 될 수 있다. 저울 표면의 미생물 오염도는(Table6) 다른 기구에 비해 미생물의 오염은 적은 경향을 나타내어 총균수의 경우 저울의 관리상태에 따라  $10^2 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타내었고, 저온성 균수는  $10^1 \sim 10^4/\text{cm}^2$ , 그람음성균수는  $10^1 \sim 10^3/\text{cm}^2$ , 대장균균수는  $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ , Yeast & Mold수는  $<10 \sim 10^1/\text{cm}^2$ 이었다. 저울은 가장 빈번하게 사용하는 기구이므로 이를 통한 오염을 방지할 수 있는 위생적인 관리방안이 확립되어야 할 것으로 판단된다. 소비자의 쇠고기 사용용도에 따라 정육점에서 가장 흔히 사용하고 있는 기계는 만육기이다. 실험대상 매장중 2개소가 설치 사용하고 있었으며 나머지 3개소는 사용하지않고 있었다. 사용빈도가 비교적 높은 만육기의 미생물 오염도는(Table 6) 총균수의 경우  $10^3 \sim 10^6/\text{cm}^2$ , 저온성균수  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$ , 그람음성균수  $10^4 \sim 10^5/\text{cm}^2$ , 대장균균수는  $10^2 \sim 10^4/\text{cm}^2$ , lactobacilli 수는  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ , Yeast & Mold는  $<10 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 를 나타내어 기타 다른 도구에 비해 오염이 가장 심하였다. 이는 만육기(chopper)의 사용도중 발생하는 열에 의해 정육의 온도가 상승하고 사용후 기계에 남은 잔유물을 제거하지 않고 그대로 방치하여 재사용하고 있는 결과에 기인된것으로 판단되었다. 대부분의 매장에서 만육기를 사용한 후 위생적인 처리를하여 관리하지 않아 미생물 오염이 증가할 위험이 있으며 특히, 하절기에는 더욱 세심한 주의를 기울여야 할 것이다. 정육점에서 만육기의 사용후 위생적으로 관리할 수 있는 효율적인 방법이 시급히 확립될 필요가 특히 판매담당 종사자의 위생교육이 철저히 이루어져야 미생물의 오염을 최대한 예방할 수 있을것으로 판단되었다. 각 판매장 진열장의 온도는 대부분  $0^\circ\text{C}$ 를 유지하고 있어 보관상태에 따른 미생물의 오염의 위험은 고려하지 않아도 될것이며, 판매장에서 한우육의 미생물 오염은 외부환경에 의해 특히 chopper, slicing machine, 도마, 칼등에 의해 이루어지며 이들의 위생

적인 관리에 따라 한우육의 위생상태가 최우될 것이다. 이러한 관점에서 한우육의 판매장에서 미생물의 오염을 최대한으로 감소시키기 위한 방안이 하루빨리 강구되어야 하고 한우육의 위생적인 유통을 위해 우선 정육점의 위생상태 개선과 정육점내 판매 종사자의 위생의식 고취방안이 시급히 확립되어야 한다고 판단되었다.

**Table 1. Media and conditons of incubation**

Type of count	Medium	Temp	Time	Reference
Total count	Plate count agar (Difco)	32℃	24 h	
Psychrotrophs	Plate count agar (Difco)	7℃	10 d	
Gram negative	CVT agar	32℃	24 h	(Olson, 1963)
Coliform	Violet red bile agar	37℃	24 h	(Richardson, 1985)
Lactobacilli	LBS agar (BBL)	32℃	48 h	
Yeast & Mold	Potato dextrose agar	20℃	5 d	(Richardson, 1985)

(acidified with tartaric acid)

\* CVT : Plate count agar with crystal violet tetrazolium (colonies with the violet color on the medium were count)

**Table 2. Microbial characteristics of Hanwoo beef cut obtained from various retail store** ( log<sub>10</sub> CFU/cm<sup>2</sup> )

	A <sup>a</sup>	B	C	D
Total	4.02±0.54 <sup>b</sup>	4.03±0.79	5.01±0.85	3.64±0.48
bacteria count	(3.20~4.71) <sup>c</sup>	(2.80~4.79)	(4.11~6.03)	(3.11~4.17)
Pschrotrophs	3.80±0.82 (2.68~4.83)	3.30±0.43 (2.50~3.16)	3.59±1.27 (2.11~5.26)	2.49±0.84 (1.50~3.41)
Gram negative	3.64±0.48 (3.11~4.19)	3.34±0.86 (1.92~4.09)	4.04±0.97 (2.80~5.06)	2.86±0.47 (2.11~3.27)
Coliform	1.69±0.53 (1.02~2.16)	1.58±0.43 (2.11~3.16)	2.46±0.65 (1.65~3.23)	1.65±0.70 (0.68~2.40)
Lactobacilli	2.60±0.13 (2.42~2.68)	2.86±0.50 (1.98~3.20)	2.28±0.21 (2.07~2.54)	2.10±0.44 2.68)
Yeast & Mold	2.43±0.19 (2.11~2.62)	2.00±0.87 (0.50~2.78)	2.58±0.62 (1.80~3.35)	2.52±0.55 (2.05~3.46)

a Kind of retail stores, b Mean(log<sub>10</sub>) ± standard deviation, n=15, c Range (Lowest~Highest)

**Table 3. Numbers of viable organisms recovered from the knives of various meat retail stores** ( log<sub>10</sub> CFU/cm<sup>2</sup> )

	I <sup>a</sup>	II	III	IV	V
Total	4.09±0.59 <sup>b</sup> (3.11~4.68) <sup>c</sup>	3.82±0.43 (3.28~4.20)	4.17±0.16 (3.99~4.42)	3.58±0.44 (3.43~4.16)	4.97±0.23 (4.71~5.30)
Aerobic count	3.21±0.43 (2.71~3.86)	3.95±0.31 (3.58~4.35)	3.75±0.20 (3.50~3.99)	3.76±0.38 (3.31~4.16)	4.99±0.26 (4.58~5.25)
Pschrotrophs	3.32±0.57 (2.54~3.98)	3.46±0.65 (2.50~4.11)	4.18±0.16 (3.97~4.35)	3.12±0.44 (2.54~3.58)	3.65±0.42 (3.18~4.20)
Gram negative	2.48±0.64 (1.78~3.49)	1.43±0.68 (0.48~2.03)	2.03±0.62 (1.40~2.97)	1.90±0.31 (1.50~2.35)	2.55±0.20 (2.28~2.83)
Coliform	2.26±1.05 (0.50~3.11)	2.96±0.64 (1.35~2.08)	2.03±0.61 (1.58~2.11)	1.79±0.21 (3.49~4.47)	3.90±0.41
Lactobacilli	2.70±0.37 (2.35~3.20)	2.18±0.19 (1.50~2.49)	0.79±0.35 (0.50~1.35)	1.66±0.26 (1.28~1.92)	3.47±0.27 (3.18~3.88)
Yeast&Mold					

a Kind of retail store  
b Mean(log<sub>10</sub>) ± standard deviation, n=9  
c Range (Lowest~Highest)



**Table 4. Numbers of viable organisms recovered from wooden cutting board of various meat retail stores ( log<sub>10</sub> CFU/cm<sup>2</sup> )**

	I <sup>a</sup>	II	III	IV	V
Total	4.29±0.47 <sup>b</sup> (3.58~4.76) <sup>c</sup>	4.70±0.68 (4.11~5.58)	5.29±0.50 (4.68~6.03)	4.23±1.05 (2.98~5.24)	5.54±0.26 (5.26~5.93)
Pschrotrophs	3.24±0.57 (2.50~3.86)	4.61±0.67 (3.83~5.36)	4.30±0.38 (3.83~4.86)	4.09±0.66 (3.38~4.58)	4.55±0.64 (3.58~5.17)
Gram negative	4.18±0.42 (3.54~4.71)	4.43±0.39 (3.90~4.88)	4.18±0.30 (3.88~4.58)	4.52±0.36 (4.09~4.93)	4.60±0.88 (3.58~5.32)
Coliform	2.72±0.42 (2.33~3.30)	3.03±0.28 (2.73~3.45)	3.48±0.38 (2.99~3.93)	2.88±0.43 (2.25~2.30)	3.60±0.25 (3.38~3.01)
Lactobacilli	2.67±0.71 (1.80~3.58)	4.03±0.34 (3.49~4.40)	3.38±0.28 (3.01~3.71)	2.47±0.24 (2.24~2.78)	3.95±0.60 (3.24~4.68)
Yeast&Mold	2.40±0.28 (2.11~2.83)	2.97±0.24 (2.58~3.18)	2.98±0.26 (2.63~3.34)	1.96±0.31 (1.58~2.42)	2.97±0.24 (2.62~3.18)

a Kind of retail stores, b Mean(log<sub>10</sub>) ± standard deviation, n=6, c Range (Lowest~Highest).

**Table 5. Numbers of viable organisms recovered from slicing machines of various meat retail stores ( log<sub>10</sub> CFU/cm<sup>2</sup> )**

	I	II	III	IV	V
Total	4.95±1.04 (3.48~6.18)	5.01±0.59 (4.50~5.95)	4.40±0.25 (4.13~4.78)	4.69±0.15 (4.54~4.88)	5.86±0.18 (5.71~6.16)
bacterial count					
Pschrotrophs	4.27±0.62 (3.58~5.16)	4.62±0.29 (4.13~4.90)	3.74±0.63 (3.03~4.38)	4.29±0.17 (4.12~4.54)	5.99±0.18 (5.40~5.83)
Gram negative	4.43±0.48 (3.99~5.16)	4.49±0.75 (3.50~5.12)	4.02±0.29 (3.65~4.32)	4.03±0.32 (3.50~4.28)	4.33±0.21 (4.11~4.58)
Coliform	3.12±0.84 (2.58~3.49)	3.26±0.33 (3.17~3.99)	3.44±0.65 (3.85~3.41)	3.73±0.18 (3.62~3.80)	3.25±0.18 (3.01~3.43)
Lactobacilli	2.78±0.76 (2.20~4.07)	4.23±0.16 (4.05~4.40)	1.95±0.49 (1.46~2.65)	2.13±0.35 (1.76~2.58)	3.47±0.36 (3.12~4.04)
Yeast&Mold	2.51±0.15 (2.28~2.65)	2.85±0.24 (2.54~3.12)	1.97±0.23 (1.58~2.17)	1.52±0.29 (1.28~1.80)	2.17±0.42 (1.46~2.47)

a Kind of retail stores, b Mean(log<sub>10</sub>) ± standard deviation, n=6, c Range (Lowest~Highest)

**Table 6. Numbers of viable organisms recovered from balances of various meat retail stores (log<sub>10</sub> CFU/cm<sup>2</sup>)**

	I	II	III	IV	V
Total	3.62±0.36 (3.07~3.97)	3.33±0.61 (3.73~5.13)	3.05±0.40 (2.65~3.50)	2.66±0.69 (1.80~3.44)	4.52±0.40 (3.88~4.86)
bacterial count	3.63±0.45 (3.19~4.18)	3.56±0.41 (2.95~4.03)	2.68±0.24 (2.45~2.99)	2.40±0.63 (1.58~3.18)	4.06±0.33 (3.76~4.54)
Pschrotrophs	3.23±0.38 (2.58~3.54)	3.79±0.18 (3.62~3.98)	2.30±0.23 (1.99~2.58)	2.61±0.54 (2.01~3.28)	3.48±0.78 (2.65~4.58)
Gram negative	2.64±0.27 (2.38~3.08)	3.58±0.82 (2.54~4.44)	1.90±0.44 (1.28~2.40)	2.28±0.43 (1.80~2.83)	3.10±0.92 (2.25~4.54)
Coliform	1.77±0.26 (1.46~2.03)	2.73±0.29 (2.28~3.01)	1.45±0.30 (1.11~1.83)	1.22±0.32 (0.80~1.54)	2.17±0.53 (1.50~2.80)
Lactobacilli	1.91±0.19 (1.58~2.07)	1.73±0.45 (1.20~2.35)	0.63±0.25 (0.41~0.98)	0.88±0.44 (0.46~1.46)	0.61±0.27 (0.41~0.98)
Yeast&Mold					

a Kind of retail stores, b Mean(log<sub>10</sub>) ± standard deviation, n=6,c Range (Lowest~Highest)

**Table 7. Numbers of viable organisms recovered from choppers of meat retail stores (log<sub>10</sub> CFU/cm<sup>2</sup>)**

	A	B
Total	5.08±1.22 (3.50~6.25)	5.33±0.35 (4.86~5.71)
bacterial count	5.13±0.91 (4.03~6.16)	5.00±0.41 (4.54~5.44)
Pschrotrophs	4.94±1.02 (4.13~5.95)	5.19±0.34 (4.76~5.58)
Gram negative	3.41±0.83 (2.65~4.31)	3.57±0.34 (2.58~3.40)
Coliform	3.68±0.34 (3.40~4.25)	4.05±0.43 (3.54~4.42)
Lactobacilli	2.46±0.42 (0.45~2.46)	3.38±0.75 (2.65~4.65)
Yeast&Mold		

a Kind of retail stores, b Mean(log<sub>10</sub>) ± standard deviation, n=6, c Range (Lowest~Highest)

#### 4. 요약

도살직후 부터 소비자의 손에 이르기까지 모든 단계에서 식육은 미생물오염에 노출되어 있다. 위생적인 유통방안을 확립하기 위하여 시판 한우육과 한우육 전문판매장의 위생실태를 조사 검토한 결과 일반적으로 유통되는 한우육의 미생물 오염도는 총균수  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 를 보이고 있으며 매장의 종류보다 각각 개별 판매점의 위생상태에 따라 시판 한우육의 미생물 오염도는 뚜렷한 차이를 나타내었다. 한우 판매 전문점의 위생상태는 칼의 경우 부분  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 를 나타내어 칼의 보관 및 사용실태에 따라 많은 차이를 보였으며 위생상태에 따라  $10^3/\text{cm}^2 \sim 10^5/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타내어 사용빈도가 증가할수록 오염도는 증가하였다. 도마의 총균수는 매장에 따라 차이는 있었으나  $10^4 \sim 10^5/\text{cm}^2$ 를 나타내었다. Slicing machine의 칼날의 미생물 오염도는 총균수의 경우는 매장 평균  $10^4/\text{cm}^2$ , 범위는  $10^3 \sim 10^5/\text{cm}^2$ 를 나타내었다. 만육기(chopper)는 매우 높은 미생물 오염도를 나타내어 총균수의 경우  $10^5/\text{cm}^2(10^3 \sim 10^6/\text{cm}^2)$ 를 나타내었다. 한우육 판매점에서 사용되는 기구중 만육기의 미생물오염도가 가장 심하였다.

#### 5. 문헌

1. Ak, N. O., D. O. Cliver and C. W. Kaspar. 1994. Cutting boards of plastic and wood contaminated experimentally with bacteria. J. Food Prot. 57:16-22.
2. APHA. 1992. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3rd ed. edited by Carl Vanderzant p. 80-87.
3. Frazier, W. C. and D. C. Westhoff. 1988 Food Microbiology 4th ed. McGraw-Hill Book Company p. 218.
4. Gill, C. O., and K.G. Newton. 1977. The development of the aerobic spoilage flora on meat stored at chill temperature. J. Appl. Bacteriol. 43:189-195.
5. Kotula, A.W. 1966. Variability in microbiological samplings of chickens by

- the swab method. Poultry Sci. 45. 233-236
6. Olson, H. C. 1963. Selective plating technique for detecting contamination of pasteurized milk. J. Dairy Sci. 46: 362-366.
  7. Richardson, G. H. 1985. Standard methods for examination of dairy products, 15th ed. American Public Health Association, Washington, D. C.
  8. Williams, R. R., C. W. Farmer, M. I. Park, L. A. Pokorny and H. Michael Wehr. 1983. Baceteriological calculation of meat processor sanitation practices. J. Food Prot. 46:605-609.
  9. Worfel, R. C., J. N. Sofos, G. C. Schmidt. 1995. Microbial contamination of condensates formed on superstructures of wood and other materials in meat plants. Dairiy, Food and Environmental Sanitation 15:430-434.

## 제 5 절 포장방법이 냉장쇠고기의 이화학적 성질변화에 미치는 영향

### Effects of packaging method on physico-chemical properties of Korean beef

#### Abstract

The purpose of our study were to investigate the changes of physico-chemical properties according to packaging method(vacuum packaged with polyamide/ polyethylene, air packaged with polyvynylchloride) and illumination on the properties of high quality Hanwoo beef. As the storage period passed, pH value of vacuum packaged beef were did not changed, but air packaged beef were increased. Contents of volatile basic nitrogen(VBN) and thiobarbituric acid (TBA) values were increased over time regardness of packaging method. However vacuum packaged beef had lower scores than air packaged beef. Red color(CIE a value) decreased over time. This was greater on air packaged beef. Regardness of packaging treatment, as the storage period advanced saturated fatty acid(SFA) were increased, but unsaturated fatty acid(UFA) relatively decreased. And in the ratio of the UFA/SFA, vacuum packaged beef had lower than air packaged beef. In this study the effect of illumination did not appear related to physico-chemical properties. In conclusion, the results indicate the vacuum packaging treatment were essential to shelf life elongation of beef.

#### 1. 서 론

식생활 양식의 고급화로 국내 쇠고기 소비량은 급격히 증가하여 1980년에 국민1인당 연간 2.6kg 소비하던 것이 1994년에는 6.1kg으로 크게 늘어났다. 이에

반하여 쇠고기 자급도는 1994년 현재 54.6%에 불과하다<sup>1)</sup>. 이와같이 늘어나는 쇠고기의 소비량을 충당하기 위하여 외국으로 부터의 쇠고기 수입량은 증가할 것이며, 또한 우루과이 라운드 농산물협상의 타결은 국내 쇠고기 산업에 나쁜 영향을 미칠 것으로 생각된다. 여기에 대응하기 위한 대책으로 최근 국내에서는 한우육의 우수성 입증과 한우 고급육 생산을 위한 연구가 수행되고 있다. 이러한 고급육을 생산에서 부터 최종 소비단계까지 품질을 유지시키는 것은 한우고급육의 생산못지 않게 중요한 과제로 대두되고 있다. 식육의 저장기간을 연장하기 위한 방법으로는 온도의 조절, 포장방법의 선정, 보존료처리등이 있으며, 저장중 식육의 품질은 이화학적, 미생물학적, 관능적 변화등에 좌우된다. 온도조절에 의한 저장성 증진방안으로는 동결처리가 가장 널리 이용되고 있지만, 이는 식육 단백질의 변성을 초래하여 품질저하를 일으킨다고 알려져 있다<sup>2-4)</sup>. 더우기 1997년도 부터 냉장육 수입이 허용되므로 수입육에 대한 한우육의 경쟁력 제고를 위하여 냉장육으로 장기저장 방안을 확립하는 것이 매우 중요하다. 포장방법에 의한 저장성 증진방안으로는 Young 등<sup>5)</sup>, Gill과 Harrison<sup>6)</sup>, Hart 등<sup>7)</sup>이 가스치환포장에 의한 미생물 생육억제효과를 검토하였고, Brewer 등<sup>8-9)</sup>은 식육을 냉동저장할 경우 부패취의 생성은 공기투과성이 높은 PVC포장에서 가장 먼저 발생한다고 하였다. 국내에서의 연구로는 박 등<sup>10-11)</sup>이 저장기간에 따른 우육의 선도변화 및 지방산 조성변화를 보고하였으며, 유 등<sup>12-14)</sup>은 냉장닭고기의 저장성 증진 방안 및 포장방법에 따른 닭고기의 저장성 변화에 대하여 보고하였고, 임 등<sup>15)</sup>은 수입육에 대한 포장재 종류와 미생물생육과의 관계를 조사하였으며, 김 등<sup>16)</sup>도 수입우육을 포장재 및 저장온도별로 구분하여 이화학적 성분 변화를 조사하였다. 이와 같이 외국에서는 포장방법에 의한 쇠고기의 저장성 증진에 관한 연구가 많이 진행되어 실제 현장에서 적용하고 있으나, 국내에서는 아직 한우육을 대상으로 포장방법에 따른 저장성 증진 방안에 관한 연구가 거의 이루어져 있지 않은 상태이다. 따라서 본 연구는 외국산 냉장쇠고기의 국내 수입에 따른 한우 쇠고기의 경쟁력 제고와 고급 한우육의 유통중 품질변화 억제책을 강구하고, 유통기간을 연장하기 위하여 포장방법에 따른 고급 한우 쇠고기의 이화학적 품질변화를 살펴보고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 재 료

본 연구에 사용된 재료는 축협공판장에 출하된 한우가운데, 도축 24시간 경과 후 도체등급심사에서 1등급 판정을 받은 암소의 등심부위를 채취하여 이용하였으며, 채취한 등심은 2.5cm의 두께로 잘라 약 300g씩 포장하였다. 포장은 진공포장(포장재: polyamide/polyethylene,  $50\text{ml/m}^2 \cdot 24\text{h.atm}$ )과 일반포장(포장재 : polyvynylchloride,  $80\sim 320\text{ml/m}^2 \cdot 24\text{h.atm}$ )을 실시하였으며, 포장된 각 군은 다시 형광등 조사군(소매점 진열 simulation)과 암실 보존군(소매점 냉장실내 암실 simulation)으로 나누어  $4\pm 2^\circ\text{C}$  에서 21일간 저장하면서 pH, TBA값, VBN값, 육색변화, 지방산 함량변화등을 일정기간 마다 조사하였다. 이때 육색측정의에는 시료육을 3mm plate가 장착된 grider를 2회 통과시키고, 잘 혼합하여 사용하였다.

### 나. pH

pH 측정은 시료 5g에 증류수 10배액을 가하여 균질기(Nihon seiki, Ace, Japan)로 9,000rpm에서 2분간 균질 시킨 후, pH meter(Corning ion-analyzer 150, USA)로 측정하였다.

### 다. VBN(Volatile Basic Nitrogen)과 TBA(Thiobarbituric acid) 함량측정

휘발성염기태 질소함량(VBN)은 高板<sup>17)</sup>의 방법에 따라 측정하였으며, TBA함량은 Tarlagdis 등<sup>18)</sup>의 방법을 이용하여 측정하였다.

### 라. 육색측정

육색은 색차계(Color difference meter, Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 시료의 포장을 제거하고 30분간 공기중에 노출시켜 발색시킨 후, 육색을 측정하여 Hunter scale에 의한 L, a, b값을 측정하고 a값을 표시하였다. 이때의 표준색은 L값 97.69, a값 +0.37, b값 +1.96의 백색 clibration plate를 사용하였다.

### 마. 지방산 분석

지방산의 분석은 Morrison과 Smith<sup>19)</sup>의 방법에 의하여 분석하였다. 즉 분쇄된 시료 1g당 chloroform과 methanol 2:1 용액 60ml를 가한 후 균질기로 3,000rpm에서 3분간 교반하고 Whatman No.2 filter paper로 여과하여 지질을 추출하는 조작을 3반복 실시하였다. 추출된 여액의 1/3에 해당하는 증류수를 가하여 3,000rpm에서 30분간 원심분리시킨 후 상등액을 제거하고, 하층용액을 30~40℃의 온도에서 감압 농축시켜 용매를 제거하였다. 얻어진 지방 5~10mg에 boronfluoride 25%, benzene 20%, methanol 55%의 혼합용액을 1ml 가하여 30분간 끓인 다음 실온까지 냉각한 후, pentane 2ml와 증류수 1ml를 가하여 1500rpm에서 5분간 원심분리하여 30분간 정치 후, 상등액을 취하여 gas chromatography에 주입하였다. gas chromatography의 운전조건은 Table 1과 같았다.

**Table 1. Gas chromatographic conditions for fatty acids separation**

Instrument	DS 6200, DONAM made in Korea
Column	DB-225, 30m, 0.531Dmm
Detector	FID
Temperature	
oven	120℃
injection port	250℃
detector	270℃
Carrier gas	Hydrogen
N <sub>2</sub> flow rate	30ml/min

#### 바. 통계처리

본 실험의 통계처리는 SAS<sup>20)</sup>를 이용하여 일반선형모델에 의한 분산분석을 하고 유의성은 5% 수준에서 검정하였다.

### 3. 결과 및 고찰



#### 가. pH의 변화

포장방법에 따른 저장기간별 pH값 변화는 Table 2에 나타내었다. 진공포장군의 pH값은 저장초기 pH값 5.61에서 저장 12일째와 15일째에 형광등 조사군은 각각 5.55와 5.49로 낮아졌으며, 암실 보존군은 저장 15일째에 5.51로 낮아졌다. 이에 반하여 일반포장군은 저장 9일째에 5.50으로 낮아졌으나 12일째 이후 부터는 급격히 상승하여 형광등 조사군은 5.87, 암실보존군은 5.86으로서 포장방법에 따른 pH의 차이는 저장 9일째 부터 나타나기 시작하였다. 그러나 진공포장군과 일반포장군 모두 형광등 조사여부에 따른 pH의 차이는 없었던 것으로 생각되었다. 냉장쇠고기의 pH변화에 대하여 김<sup>21)</sup>은 우육을 11일간 저장하였을 때 저장초기 pH값 5.5에서 점차 상승한다고 하여 본 실험의 결과와는 차이가 났는데, 이것은 저장육의 미생물 생육상태와 관련이 있을 것으로 생각되었으나<sup>22)</sup>, 본 실험에서는 미생물검사를 하지 않아 정확히 알 수는 없었다.

#### 나. 휘발성 염기태질소 함량변화

포장방법과 저장기간에 따른 휘발성 염기태질소 함량의 변화는 Table 3에 나타내었다. 진공포장군은 저장초기 5.62mg%에서 저장기간에 따라 점차 증가하여 형광등 조사군과 암실 보존군은 저장 12일째에 각각 9.70과 8.62mg%로서 유의하게 증가하였다. 그러나 형광등 조사군과 암실 보존군간의 유의차는 전 저장기간 동안 인정되지 않았다. 일반포장군은 저장 9일째에 형광등 조사군이 12.13, 암실 보존군이 11.85mg%로서 저장 초기에 비하여 유의하게 증가하기 시작하였으며, 형광등 조사유무에 따른 휘발성 염기태질소함량차이는 15일째와 18일째에 각각 암실보존군이 높은 것으로 나타났다. 휘발성 염기태질소함량과 식육 저장성과의 관계에 대하여 高坂<sup>17)</sup>는 육류의 변패가 진행됨에 따라 육단백질은 아미노산과 암모니아태 질소로 분해된다고 하였다. 변 등<sup>23)</sup>, 김 등<sup>16)</sup>은 육류의 저장기간이 증가함에 따라 휘발성 염기태질소함량이 증가한다고 하였고, 변 등<sup>23)</sup>과 박 등<sup>10)</sup>은 휘발성 염기태질소함량이 15mg% 이상에서 부패취를 느낄수 있으며, 저장 7일째에 16.1~19.1mg%에 도달한다고 하였다. 본 실험에서는 일반포장군의 경우 저장 9일째 부터 부패취와 점질물질이 형성되기 시작하였고, 휘발성 염기태질소함량은 위 연구자들의 결과에 비하여 약간 낮은 것으로 나타났으나, 그 경향은 일치하는 것으로 나타났다. 포장방법별 휘발성 염기태질소함량의 변화를

비교하여 보면, 일반포장군이 진공포장군보다 저장 9일째 부터 유의하게 높아져 진공포장군이 일반포장군에 비하여 단백질 변패방지에 크게 유리한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 수입우육의 변패억제에는 진공포장군이 PVC랩 포장군 보다 더욱 유리하다고 한 김 등<sup>16)</sup>의 결과 및 개스투과성이 없는 진공포장이 일반포장에 비하여 육류의 유통기간 연장에 유리하다고 한 Jaye 등<sup>24)</sup>, Eagan과 Shay<sup>25)</sup> 및 임 등<sup>15)</sup>의 결과와 같은 경향이였다.

#### 다. TBA값의 변화

Table 4는 포장방법 및 형광등조사 여부에 따른 지방산패의 정도를 알아보기 위하여 TBA값의 변화를 나타낸 도표이다. 진공포장군과 일반포장군 모두 저장기간이 길어짐에 따라 TBA값은 점차 상승하였는데, 진공포장군은 저장 6일째와 12일째에 각각 유의하게 증가하여 외관상 부패초기라고 판단되는 저장 21일째의 TBA값은 진공포장군이 1.38, 암실보존군이 1.28이었다. 일반포장군은 저장 3일째와 9일째에 각각 유의하게 증가하여 저장 9일째 형광등 조사군이 1.23, 일반포장군이 1.24였으며, 이때부터 외관상으로 초기부패 현상이 나타나기 시작하였다. 또한 저장 9일째 부터 일반포장군의 TBA값이 진공포장군보다 유의하게 높아지기 시작하여 전 저장기간 동안 계속 높은 상태를 유지하였다. 그러나 형광등 조사유무에 따른 TBA값의 차이는 뚜렷하지 않았으며, 이에 대한 연구는 더욱 상세하게 이루어져야 할 것으로 생각되었다. 저장기간이 증가함에 따라 TBA값이 상승한 것은 Witt 등<sup>26)</sup>, 박 등<sup>10)</sup>, 김 등<sup>16)</sup>의 결과와 일치하였으며, Demyer 등<sup>27)</sup>은 식육이 숙성됨에 따라 지방은 지방분해효소에 의해 가수분해되고, 미생물에 의한 산화가 이루어져 알콜, 케톤, 알데히드등의 카보닐화합물이 생성되어 맛과 냄새에 영향을 미친다고 하였다. 또한 진공포장군이 일반포장군에 비하여 저장기간중 TBA가가 유의하게 낮은 결과는 돈육을 각종 포장재로 포장하여 저장중 TBA값의 변화를 측정된 결과 진공포장의 경우가 가장 변화가 적었으며, 산소투과성이 높은 PVC포장재를 사용하였을 경우 가장 크게 증가하였다는 Brewer와 Harbers<sup>8)</sup>의 보고, 수입우육을 포장할 때 산소투과성이 낮은 포장재를 이용할수록 지방의 산화정도가 낮다고 한 김 등<sup>16)</sup>의 연구결과 및 진공포장이 냉동저장 돈육의 지질산화를 지연시킨다고 한 Bhattacharya 등<sup>28)</sup>의 결과와 같은 경향이였다. 이상의 여러연구자들의 보고와 본 실험의 결과로 보아 진공포장이 일반포장

보다 지방산패를 억제하는데 훨씬 유리한 것으로 판단되었다.

#### 라. 육색의 변화

Table 5에는 적색도의 변화를 나타내었다. 진공포장군의 경우 형광등 조사군과 암실 보존군 모두 15일째의 값이 가장 낮게 나타났으며, 저장기간이 증가함에 따라 적색도는 점차 감소하는 것으로 보였다. 그러나 일반포장군은 저장초기에 비하여 저장 6일째 부터 적색도가 유의하게 낮아지기 시작해서 전저장기간 동안 계속하여 낮은 값을 나타내었다. 또한 형광등 조사여부에 따른 적색도 차이를 비교하여 보면, 진공포장군의 경우 형광등 조사군이 전체적으로 높게 나타났으나 저장 18일째를 제외하고 유의차는 인정되지 않았다. 일반포장군은 저장 3일째와 6일째에 형광등 조사군이 약간 높았고, 그 이후는 암실 보존군이 높았으나 역시 유의성은 인정되지 않았다. 일반포장군은 진공포장군에 비하여 전 저장기간 동안 대체로 적색도가 높게 나타났는데, 특히 저장 9일째 이후 부터는 유의하게 낮아지기 시작하였다. 이러한 육색변화에 대하여 Brewer와 Harbers<sup>8)</sup>가 분쇄돈육을 냉동저장하였을 경우 시간이 지남에 따라 적색도는 약간씩 감소하였다고 한 보고와 일치하는 것으로 생각되었다. 또한 이들은 TBA값과 적색도 사이에 높은 상관관계가 있다고 하면서 지방의 자동산화가 진행됨에 따라 oxymyoglobin에 의한 적색도는 감소한다고 하였다. 한편 진공포장군의 저장기간에 따른 적색도 감소는 metmyoglobin의 환원력 감소<sup>28-29)</sup>에 기인하는 것으로 생각되었다.

#### 마. 지방산 조성의 변화

Table 6은 진공포장군과 일반포장군의 지방산 조성변화를 나타낸 것이다. 저장초기의 지방산 조성을 보면, 포화지방산으로는 myristic acid와 palmitic acid 및 stearic acid가 불포화지방산으로는 palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid가 대부분이었다. 이러한 지방산 조성은 박 등<sup>11)</sup>의 보고와 일치하는 것이었다.

Myristic acid, palmitic acid, stearic acid 및 총포화지방산 함량은 저장기간 동안 계속해서 증가하였던 반면, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid와 총불포화지방산 함량은 점차 감소하였다. 또한 포화지방산에 대한 불포화지방산의 비율도 저장기간이 증가함에 따라 점차 감소하였다. 일반포

장균에 대한 지방산 조성 변화를 보면, 포화지방산과 불포화지방산의 비율 변화 양상은 진공포장에서와 같은 경향으로 myristic acid, palmitic acid, stearic acid 등의 포화지방산은 점차 증가하였으며, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid 및 linolenic acid는 저장기간이 경과함에 따라 감소하였다. 또한 불포화지방산의 포화지방산에 대한 비율은 진공포장균에서와 같이 저장기간이 경과함에 따라 감소하였는데, 진공포장균에 비하여 일반포장균은 그 감소추세가 큰 폭으로 진행되어 이미 저장 6일째에 1.0이하로 낮아졌으나, 진공포장균은 저장 18일째에 비로소 1.0이하로 낮아지기 시작하였다. 박 등<sup>11)</sup>은 한우육의 저장기간에 따른 지방산 조성변화에 관한 연구에서 oleic acid의 비율은 저장기간에 따라 점차 감소하고, palmitic acid 및 stearic acid의 비율은 증가한다고 하였으며, 포화지방산에 대한 불포화지방산의 비율도 점차 감소한다고 하여 본 실험의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 이와같이 불포화지방산의 비율이 저장기간에 따라 감소하는 것은 근육지방의 산화<sup>30)</sup>에 기인하는 것으로 생각된다. Moerck와 Ball<sup>31)</sup>도 저장중 불포화지방산이 감소하면서 지방산화가 일어났다고 하여, 본실험의 결과에서 불포화지방산 비율감소는 TBA값의 증가 형태로 나타난 것이라 할 수 있다.

**Table 1. pH changes of fresh Korean beef stooed at 4°C with different packaging methods**

Treatment	Storage day							
	0	3	6	9	12	15	18	21
VL <sup>1)</sup>	5.61±0.02 <sup>a</sup>	5.59±0.01 <sup>a</sup>	5.56±0.00 <sup>b</sup>	5.65±0.06 <sup>abA</sup>	5.55±0.02 <sup>bA</sup>	5.49±0.06 <sup>cA</sup>	5.50±0.00 <sup>cA</sup>	5.41±0.05 <sup>cA</sup>
VD <sup>2)</sup>	5.61±0.02 <sup>a</sup>	5.57±0.01 <sup>a</sup>	5.62±0.04 <sup>a</sup>	5.57±0.04 <sup>abA</sup>	5.55±0.02 <sup>abA</sup>	5.51±0.03 <sup>ba</sup>	5.54±0.06 <sup>ba</sup>	5.41±0.02 <sup>abA</sup>
AL <sup>3)</sup>	5.61±0.02 <sup>a</sup>	5.53±0.03 <sup>a</sup>	5.55±0.01 <sup>ab</sup>	5.50±0.10 <sup>bc</sup>	5.87±0.11 <sup>bc</sup>	5.88±0.01 <sup>bc</sup>	5.90±0.01 <sup>bc</sup>	6.68±0.02 <sup>bc</sup>
AD <sup>4)</sup>	5.61±0.02 <sup>a</sup>	5.59±0.02 <sup>a</sup>	5.59±0.01 <sup>a</sup>	5.50±0.04 <sup>ab</sup>	5.86±0.03 <sup>bc</sup>	5.93±0.05 <sup>c</sup>	6.03±0.01 <sup>bc</sup>	6.87±0.01 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup>Vaccum pack and light, <sup>2)</sup>Vaccum pack and dark, <sup>3)</sup>Air pack and light, <sup>4)</sup>Air pack and dark, <sup>a,b,c,d</sup>Means in the same row with different superscripts are significantly different(p<0.05).

<sup>A,B,C</sup>Means in the same column with different superscripts are significantly different(p<0.05)

**Table 2. VBN changes of fresh Korean beef stored at 4°C with different packaging methods**

Treatment	Storage day							
	0	3	6	9	12	15	18	21
VL <sup>1)</sup>	5.62±0.02 <sup>cd</sup>	6.62±0.00 <sup>cd</sup>	8.02±0.47 <sup>e</sup>	7.88±0.14 <sup>cdA</sup>	9.70±0.45 <sup>cdA</sup>	10.18±0.49 <sup>cdA</sup>	10.94±0.47 <sup>cdA</sup>	13.02±1.80 <sup>cdA</sup>
VD <sup>2)</sup>	5.62±0.02 <sup>a</sup>	6.56±0.02 <sup>a</sup>	6.61±0.00 <sup>a</sup>	6.60±0.01 <sup>AA</sup>	8.62±0.53 <sup>BA</sup>	9.23±0.32 <sup>BA</sup>	11.72±0.32 <sup>BA</sup>	11.40±0.00 <sup>BA</sup>
AL <sup>3)</sup>	5.62±0.02 <sup>a</sup>	7.51±0.59 <sup>a</sup>	7.90±0.60 <sup>a</sup>	12.13±0.48 <sup>BB</sup>	15.18±0.55 <sup>BB</sup>	17.82±0.62 <sup>BB</sup>	28.95±1.97 <sup>BB</sup>	27.10±3.96 <sup>BB</sup>
AD <sup>4)</sup>	5.62±0.02 <sup>a</sup>	7.07±0.47 <sup>a</sup>	7.53±0.58 <sup>a</sup>	11.85±0.49 <sup>BB</sup>	17.98±3.32 <sup>BB</sup>	19.38±2.02 <sup>BB</sup>	30.92±1.26 <sup>BB</sup>	32.67±5.16 <sup>BB</sup>

<sup>1)</sup>Vaccum pack and light, <sup>2)</sup>Vaccum pack and dark, <sup>3)</sup>Air pack and light, 4)Air pack and dark, <sup>a,b,c,d</sup>Means in the same row with different superscripts are significantly different(p<0.05), <sup>A,B,C</sup>Means in the same column with different superscripts are significantly different(p<0.05)

**Table 3. TBA values changes of fresh Korean beef stored at 4°C with different packaging methods**

Treatment	Storage day							
	0	3	6	9	12	15	18	21
VL <sup>1)</sup>	0.43±0.09 <sup>a</sup>	0.54±0.01 <sup>ab</sup>	0.62±0.06 <sup>b</sup>	0.66±0.02 <sup>ba</sup>	0.83±0.04 <sup>ca</sup>	0.99±0.05 <sup>ca</sup>	1.07±0.02 <sup>ca</sup>	1.38±0.09 <sup>ca</sup>
VD <sup>2)</sup>	0.43±0.09 <sup>a</sup>	0.56±0.01 <sup>ab</sup>	0.61±0.05 <sup>b</sup>	0.67±0.02 <sup>ba</sup>	0.95±0.05 <sup>cb</sup>	0.99±0.08 <sup>ca</sup>	1.03±0.01 <sup>ca</sup>	1.28±0.01 <sup>ca</sup>
AL <sup>3)</sup>	0.43±0.09 <sup>a</sup>	0.59±0.03 <sup>b</sup>	0.67±0.07 <sup>b</sup>	1.23±0.04 <sup>cb</sup>	1.37±0.01 <sup>cb</sup>	1.46±0.01 <sup>cb</sup>	1.87±0.02 <sup>cb</sup>	2.21±0.03 <sup>cb</sup>
AD <sup>4)</sup>	0.43±0.09 <sup>a</sup>	0.57±0.06 <sup>b</sup>	0.69±0.06 <sup>b</sup>	1.24±0.03 <sup>cb</sup>	1.36±0.05 <sup>cb</sup>	1.40±0.11 <sup>cb</sup>	1.85±0.01 <sup>cb</sup>	2.00±0.02 <sup>cb</sup>

<sup>1)</sup>Vaccum pack and light, <sup>2)</sup>Vaccum pack and dark, <sup>3)</sup>Air pack and light, 4)Air pack and dark, <sup>a,b,c,d</sup>Means in the same row with different superscripts are significantly different(p<0.05), <sup>A,B,C</sup>Means in the same column with different superscripts are significantly different(p<0.05)

**Table 4. Fatty acids changes of fresh Korean beef stored at 4°C with different packaging methods**

Fatty acid	Vacuum light					Airpack light				
	Storage day					Storage day				
	0	6	12	18	21	0	6	12	18	21
14 : 0	4.03±0.11 <sup>a</sup>	5.47±0.77 <sup>b</sup>	5.65±0.92 <sup>b</sup>	5.96±0.64 <sup>bc</sup>	6.12±0.23 <sup>c</sup>	4.30±0.11 <sup>a</sup>	6.71±0.35 <sup>b</sup>	6.95±0.76 <sup>b</sup>	7.02±0.38 <sup>c</sup>	7.99±0.78 <sup>c</sup>
15 : 0	0.72±0.21	0.71±0.15	0.70±0.32	0.66±0.10	0.75±0.05	0.72±0.21	0.69±0.33	0.80±0.47	0.75±0.17	0.76±0.47
16 : 0	24.40±0.95 <sup>a</sup>	26.37±1.91 <sup>ab</sup>	27.39±1.36 <sup>ab</sup>	28.41±1.27 <sup>b</sup>	28.99±1.83 <sup>b</sup>	24.40±0.95 <sup>a</sup>	28.37±2.55 <sup>b</sup>	29.61±3.06 <sup>b</sup>	30.08±2.98 <sup>b</sup>	31.57±1.29 <sup>b</sup>
16 : 1	6.30±0.74 <sup>a</sup>	4.01±1.23 <sup>b</sup>	3.97±1.25 <sup>b</sup>	3.17±1.05 <sup>b</sup>	3.33±2.06 <sup>b</sup>	6.30±1.74 <sup>a</sup>	5.08±1.16 <sup>b</sup>	3.82±1.36 <sup>b</sup>	3.00±0.76 <sup>b</sup>	2.54±0.35 <sup>b</sup>
17 : 0	0.42±0.13 <sup>a</sup>	0.52±0.16 <sup>ab</sup>	0.58±0.13 <sup>ab</sup>	0.58±0.15 <sup>ab</sup>	0.64±0.16 <sup>b</sup>	0.42±0.13 <sup>a</sup>	0.63±0.15 <sup>b</sup>	0.62±0.17 <sup>b</sup>	0.59±0.09 <sup>b</sup>	0.71±0.12 <sup>b</sup>
17 : 1	0.52±0.16 <sup>a</sup>	0.59±0.20 <sup>a</sup>	0.49±0.42 <sup>b</sup>	0.53±0.33 <sup>b</sup>	0.44±0.20 <sup>b</sup>	0.52±0.16 <sup>a</sup>	0.42±0.10 <sup>b</sup>	0.46±0.07 <sup>b</sup>	0.32±0.14 <sup>b</sup>	0.37±0.21 <sup>b</sup>
18 : 0	12.61±2.56	13.57±2.30	13.86±1.48	14.11±2.51	15.58±2.15	12.61±2.56 <sup>a</sup>	14.75±2.24 <sup>b</sup>	16.77±1.09 <sup>bc</sup>	18.71±0.78 <sup>cd</sup>	19.25±0.66 <sup>d</sup>
18 : 1	43.72±2.50	41.27±2.96	40.64±2.40	39.94±3.50	39.66±2.04	43.72±2.50 <sup>a</sup>	38.05±4.52 <sup>b</sup>	36.01±2.26 <sup>b</sup>	33.73±1.05 <sup>bc</sup>	32.41±2.52 <sup>c</sup>
18 : 2	5.62±1.24	5.70±1.65	5.16±1.06	4.63±1.83	4.18±1.06	5.62±1.24 <sup>a</sup>	4.01±1.58 <sup>b</sup>	4.00±0.06 <sup>bc</sup>	3.34±0.25 <sup>b</sup>	3.27±0.43 <sup>b</sup>
18 : 3	0.68±0.14 <sup>a</sup>	0.68±0.41 <sup>a</sup>	0.52±0.37 <sup>b</sup>	0.35±0.17 <sup>b</sup>	0.28±0.14 <sup>b</sup>	0.68±0.14 <sup>a</sup>	0.49±0.11 <sup>b</sup>	0.35±0.14 <sup>b</sup>	0.26±0.11 <sup>b</sup>	0.15±0.05 <sup>b</sup>
20 : 0	0.05±0.01	0.00±0.01	0.03±0.04	0.05±0.07	0.03±0.04	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.03 <sup>a</sup>	0.00±0.01 <sup>a</sup>	0.64±0.16 <sup>b</sup>	0.52±0.15 <sup>b</sup>
22 : 0	0.66±0.24 <sup>a</sup>	1.11±0.62 <sup>b</sup>	1.01±0.45 <sup>b</sup>	1.61±0.16 <sup>c</sup>	0.00±0.02 <sup>b</sup>	0.66±0.24 <sup>a</sup>	0.75±0.25 <sup>a</sup>	0.61±0.21 <sup>a</sup>	1.56±0.45 <sup>b</sup>	0.46±0.15 <sup>b</sup>
SFA <sup>1)</sup>	43.16±3.56 <sup>a</sup>	47.75±4.65 <sup>b</sup>	49.22±3.21 <sup>bc</sup>	51.38±1.75 <sup>c</sup>	52.11±1.68 <sup>c</sup>	43.16±3.56 <sup>a</sup>	51.95±2.83 <sup>b</sup>	55.36±3.16 <sup>b</sup>	59.35±2.99 <sup>bc</sup>	61.26±3.01 <sup>c</sup>
UFA <sup>2)</sup>	56.84±3.56 <sup>a</sup>	52.25±4.65 <sup>ab</sup>	50.78±3.21 <sup>ab</sup>	48.62±1.75 <sup>b</sup>	47.89±1.68 <sup>b</sup>	56.84±3.56 <sup>a</sup>	48.05±2.83 <sup>b</sup>	44.64±3.16 <sup>b</sup>	40.65±2.99 <sup>b</sup>	38.74±3.01 <sup>b</sup>
SFA/UFA	1.32±0.10 <sup>a</sup>	1.09±0.27 <sup>a</sup>	1.03±0.11 <sup>a</sup>	0.95±0.24 <sup>b</sup>	0.92±0.37 <sup>b</sup>	1.32±0.10 <sup>a</sup>	0.92±0.11 <sup>b</sup>	0.81±0.20 <sup>b</sup>	0.68±0.23 <sup>b</sup>	0.63±0.17 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Saturated fatty acids

<sup>2)</sup>Unsaturated fatty acids

<sup>a,b,c</sup>Means in the same subclass and the same row with different superscripts are significantly different(p<0.05)

#### 4. 요약

본 연구는 외국산 냉장쇠고기의 국내 수입에 따른 한우 쇠고기의 경쟁력 제고와 고급 한우육의 유통중 품질변화 억제를 강구하고, 유통기간을 연장하기 위하여 포장방법에 따른 냉장 저장기간별 고급 한우 쇠고기의 품질변화를 살펴보고자 하였다. 본 실험에 이용된 재료는 한우 암소 1등급의 등심부위 근육이었고, 사후 24시간이 경과된 도체로 부터 발골하여 진공포장(포장재: polyamide/polyethylene,  $50\text{ml}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h. atm}$ )과 일반포장(포장재: polyvinylchloride,  $80 \sim 320\text{ml}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h. atm}$ )을 실시하였다. 포장된 각 군은 다시 형광등 조사(소매점 진열 simulation)군과 암실 보존군(소매점 냉장실내 암실 simulation)으로 나누어  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 21일간 저장하면서 pH, TBA값, VBN값, 색차계에 의한 육색측정, 지방산 함량변화 등을 조사하였다. pH 변화는 진공포장군의 경우 형광등 조사여부에 관계없이 감소하는 경향이었으나, 저장초기와 큰 차이가 없었고, 일반포장군은 점차 상승하는 경향을 보였다. 진공포장군과 일반포장군 모두 형광등 조사에 따른 pH 값의 차이는 인정되지 않는 것으로 나타났다. VBN 값의 변화는 진공포장군과 일반포장군 모두 저장기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 형광등 조사여부에 따른 차이는 인정되지 않았다. 또한 진공포장군은 일반포장군에 비하여 저장 15일째 이후부터 유의하게 VBN 함량이 낮았다. 지방산패 정도를 나타내는 TBA 값은 저장초기에 비하여 저장 전기간 동안 진공포장군이 일반 포장군에 비하여 낮게 유지되었으나, 형광등 조사군과 비조사군간의 차이는 인정되지 않았다. 적색도에서는 진공포장군과 일반포장군 모두 저장기간에 따라 점차 감소하는 경향이었으며, 진공포장군은 일반포장군에 비하여 전저장기간동안 높은 값을 나타내었다. 지방산 조성변화를 보면, 저장기간에 따라 포화지방산의 함량은 점차 증가하는 반면, 불포화지방산의 함량은 감소하였는데, 진공포장군이 일반포장군에 비하여 그 변화정도가 크게 낮았다. 이상의 포장방법에 따른 고급육 품질유지 방안에 관한 연구에서는 일반 PVC 포장보다는 진공포장이 우수하므로써, 한우 고급육의 유통에는 진공포장이 고급육의 소비단계까지 고품질 유지와 외국산 냉장쇠고기의 국내 수입에 따른 한우쇠고기의 경쟁력 제고에 필수적인 것으로 나타났다.

## 5. 문 헌

1. 축협중앙회. 축산물가격 및 수급자료. p.104~107 (1995)
2. Winger, R.J. and O.Fennema : Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing and subsequent storage at -3 or 15°C, J. Food Sci. 41:1433 (1976)
3. Yamamoto, K. and K.Samejima. : A comparative study of the change in hen pectoral muscle during storage at 4°C and -20°C. J. Food Sci. 42:1642 (1977)
4. Miller, A.J.,S.A.Ackerman,S.A.Palumbo. : Effect of frozen storage on functionality of meat for processing. J. Food Sci. 45:1466 (1980)
5. Young, L.L.,R.D.Reviere and A.B.Cole. : Fresh red meats: A place to apply modified atmosphere. J. Food Tech. 9:65 (1988)
6. Gill, C.O. and J.C.L.Harrison. : The storage life of chilled pork packaged under carbon dioxide. Meat Sci. 26:313 (1989)
7. Hart, C.D.,G.C.Mead. and A.P.Norris. : Effects of gaseous environment and temperature on the storage behavior of *Listeria monocytogenes* on chicken breast meat. J. Appl. Bacteriol. 70:40 (1991)
8. Brewer, M.S. and C.A.Z.Harbers. : Effect of packaging on color and physical characteristics of ground pork in long-term frozen storage. J. Food Sci. 56:362 (1991)
9. Brewer, M.S.,W.G.Ikins, and C.A.Z.Harbers. : TBA values, sensory characteristics, and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: Effect of packaging. J. Food Sci. 57:558 (1992)
10. 박구부,김영직,이한기,김진성,김영환. : 저장기간에 따른 육의 선도변화. II. 우육의 선도변화, 한국축산학회지.30:672 (1988)
11. 박구부,이재숙,이한기,송도준. : 저장기간에 따른 한우육 및 돈육의 지방산 조성변화. 한국축산학회지.31:254 (1989)
12. 유익중. : 냉장닭고기의 저장성 연장에 관한 연구. I. Potassium sorbate와



- Acetic acid 처리가 닭고기의 미생물 및 관능적 품질에 미치는 영향. 가금학회지. 17:115 (1990a)
13. 유익중.: 냉장닭고기의 저장성 연장에 관한 연구. II. Potassium sorbate와 Acetic acid 처리가 닭고기의 이화학적 품질에 미치는 영향. 가금학회지. 17:193 (1990b)
  14. 유익중. : 포장방법이 닭고기의 저장에 미치는 영향. 가금학회지. 3:203 (1990c)
  15. 임상동, 김수민, 박우문, 김영수, 강동삼. : 포장방법별 수입쇠고기의 유통기한 설정에 관한 연구. 한국축산학회지. 32:422. (1990)
  16. 김수민, 임상동, 박우문, 김영수, 김영봉, 강동삼.: 포장방법별 수입쇠고기의 유통기한 설정에 관한 연구. 한국축산학회지. 32:413 (1990)
  17. 高坂和久. : 肉製品の鮮度保持と測定. 食品工業. 18:105 (1975)
  18. Tarladgis, B.G., B.M. Watts and M.T. Younathan and L.R. Dugan.: A distillation Method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid Food. J. Am. Oil Chemist's Society. 37:44 (1960)
  19. Morrison, W.R. and L.M. Smith. : Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. 1964. J. Lipid Res. 5:600(1964)
  20. SAS : Procedure guide for personal computers. version 6 edition. SAS Institute INC., Cary. NC. USA. (1985)
  21. 김천제. : 한우육의 고품질화를 위한 냉장 냉동저장에 관한 연구 I. 냉동냉장에 따른 육색, 근질길이, 연도의 변화. 한국축산식품학회지. 14:151 (1994)
  22. 김창한, 김대곤 : 유산균이 돈육의 저장성에 미치는 영향. 한국식육연구회지. 4:3 (1983)
  23. 변명우, 권중호, 조한옥, 이미경, 김종근.: 감마선조사에 의한 닭고기의 이화학적 특성 변화. 한국식품과학회지. 17:186 (1985)
  24. Jaye, M., R.S. Kittaka and Z.J. Ordal.: The effect of temperature and

- packaging material on the storage life and bacterial flora of ground beef.  
Food Technol.16:95 (1962)
25. Egan, A.F. and B.J.Shay.: Significance of lactobacilli and film permeability in the spoilage of vacuum-packaged beef. J. Food Sci. 47:1119 (1982)
  26. Witte, V.C., G.F. Krause and M.E. Baile.: A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. J. Food Sci. 35:582 (1970)
  27. Demeyer, D., J.Hooze and H.Meadom.: Specificity of lipolysis during dry sausage ripening. J. Food Sci. 39:293 (1974)
  28. Bhattacharya, M.,M.A.Hanna, and R.W.Mandigo.: Lipid oxidation in ground beef patties as affected by time-temperature and product packaging parameters. J. Food Sci. 53:714 (1988)
  29. MacDougall, D.B.: Changes in the color and opacity of meat. Food Chem. 9:75 (1982)
  30. Lee, W.T. and L.E.Dawson.: chicken lipid changes during cooking in fresh and reused cooking oil. J.Food Sci. 38:1231 (1983)
  31. Moerck, K.E., and Jr.H.R.Ball.: Lipid autooxidation on mechanically deboned chicken meat.J. Food Sci. 39:876 (1974)

제 6 절 쇠고기 유통과정에 있어서 고급 한우육의 변색 및 지방 산화 억제방안 연구

**A Study on the Prevention Method of Lipid Peroxidation and Meat Color During Marketing in Hanwoo Beef**

I. Oil emulsion에서 iron source 및 산소종류에 따른 지방산화 mechanism 연구  
Effect of Iron, heme Pigment, and Iron Storage Proteins on the Oxidation of Lipids in Oil Emulsion

**Abstract**

The effects of prooxidants on lipid oxidation in oil emulsion prepared with 0.1M maleic acid buffer (pH 6.5) were determined. Samples were prepared by addition of iron, heme pigments, iron storage proteins into oil emulsion. Ferrous ion ( $Fe^{2+}$ ) reacted with ascorbate had higher thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) values than those without ascorbate. However, ferric ion ( $Fe^{3+}$ ) had significantly lower TBARS values than those of ferrous ion ( $Fe^{2+}$ ). Although the amounts of total iron in hemoglobin (Hb) and myoglobin (Mb) were very low, Hb and Mb were very strong catalysts of lipid oxidation in oil emulsion. The bound irons in transferrin and ferritin had little catalytic effects on the oxidation of lipids in oil emulsion, compared to the control ( $p > 0.05$ ). The effects of iron sources reacted with either  $H_2O_2$  or  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  on lipid oxidation were not significantly different from each other in TBARS value ( $p > 0.05$ ), even though  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  contains more total iron than  $H_2O_2$ . Iron sources reacted with superoxide anion radical ( $O_2^{\cdot-}$ ) had slightly higher TBARS values than those reacted with xanthine oxidase (XOD). Hb and Mb reacted with  $O_2^{\cdot-}$  was the most powerful catalyst of lipid oxidation, although Hb and Mb reacted with  $O_2^{\cdot-}$  contained less total

iron than Hb and Mb reacted with XOD. It could be concluded that the iron source that is important in the catalysis of lipid oxidation is the  $Fe^{2+}$  ion; neither the iron bound to transferrin or ferritin nor the central iron component in heme pigments had significant effects on the oxidation of lipids in the oil emulsion system.

II. 고기 혼합물에서 Iron 관련 지방산화에 미치는 Ascorbic acid와 산소종의 영향

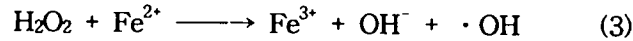
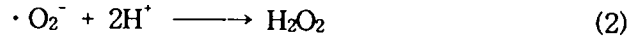
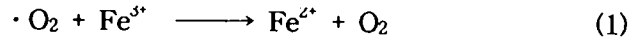
Effect of Ascorbic acid and Oxygen Species on Iron related of Lipid Oxidation in Meat Homogenate

#### Astract

The effects of prooxidants on lipid oxidation were determined in meat homogenate. Sample were prepared by adding free iron, heme pigment into meat homogenate. Ferrous( $Fe^{2+}$ ) and Ferric( $Fe^{3+}$ ) ion were very strong catalyst to generate lipid oxidation. Ferric( $Fe^{3+}$ )ion had same 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) value as Ferrous( $Fe^{2+}$ ) ion in meat homogenate. As the amounts of total iron in hemoglobin (Hb) were very low, it was acted as very weak catalyst of lipid oxidation in meat homogenate in control. The effect of iron sources reacted with  $H_2O_2$  and  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  on lipid oxidation were not different in TBARS value, even though  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  has more total iron than that of  $H_2O_2$ . On the other hand, iron sources reacted with  $KO_2$  were very similar to those of xanthine oxidase (XOD) in TBARS value. Especially, although Hb reacted with  $KO_2$  was lower than that of Hb reacted with XOD in amounts of total iron, Hb reacted with  $KO_2$  and XOD had same TBARS value as a weak catalyst to generate lipid oxidation. It was concluded that the iron sources that is important in the catalyst of lipid oxidation is  $Fe^{2+}$ ion and  $Fe^{3+}$ ion in the meat homogenate. But, Hb was a very weak catalyst of lipid oxidation in meat homogenate.

## 1. 서 론

고급 쇠고기의 수요가 늘어남에 따라 고급 쇠고기 생산과 함께 저장유통 중 품질유지도 중요한 관심을 끌고 있다. 저장유통 중의 품질변화로써 지방의 산화에 의한 변패가 주요 원인이 되고 있다. 그러나, 아직까지 지방산화에 미치는 요인과 그 기작에 대해서 연구자들마다 의견이 다르다. 지방산화의 기작 연구는 주로 가열육 (cooked meat)과 가공육에 대해서 많이 연구되었지만 신선육에 대해서는 그렇지 못하다. 육에서 지방산화를 일으키는 요인으로는 철 관련물질들이 주요 원인으로 다루어지고 있는데 그 중에서 자유 철이온, heme단백질과 다른 철 저장단백질이 불포화지방산의 지방산화에 대한 촉매작용이 많이 연구되었지만 아직까지 연구자들마다 의견이 다르다. Kanner 등<sup>(1)</sup>은 자유 철이온이 육제품에서 지방산화를 일으키는 주요 촉매제라고 하였으며 Ahn 등<sup>(2)</sup>도 칠면조육에서 지방산화를 촉진시키는 철은 저장된 철이 아니라 자유 철이온 이라고 보고 하였다. 최근에는 사료에 철 함량을 200 ppm이상 급여한 돼지를 도축 후 비헴철과 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)를 측정 한 결과 철을 적게 급여한 돼지고기보다 높은 비헴철 함량과 TBARS를 나타내었고 4℃저장중 TBARS는 가열산패취( $r=0.903$ ), 비헴철( $r=0.901$ )과의 높은 상관관계를 나타내었다고 보고<sup>(3)</sup>하였다. Johns 등<sup>(4)</sup>은 hemo-globin(Hb)이 육에서 지방산화를 일으키는 강력한 촉매제라고 하였으나, Silverstein과 Lillard<sup>(5)</sup>는 myoglobin(Mb)이 Hb보다 지방산화를 일으키는 더 큰 촉매인자라고 하였다. 한편, Sato와 Hegarty<sup>(6)</sup> 그리고, Love와 Pearson<sup>(7)</sup>은 heme 복합물은 육의 TBARS나 나쁜냄새를 일으키는데 거의 영향을 미치지 않는다고 하였다. Hidalgo 등<sup>(8)</sup>은 heme 단백질은 산화제 radical에 대해 다른분자와 경쟁을 하기 때문에 항산화제로 작용을 한다고 보고 하였다. Kanner와 Harel<sup>(9)</sup>은 metmyoglobin 자체도 조직의 지방산화에 영향을 미치지 않으나,  $H_2O_2$ 에 의해서 활성화된 metmyoglobin은 상당히 지방산화에 영향을 미친다고 하였다. 지방산화 기작에 대해 Haber-Weiss 반응은 반응(1-3)으로 요약되는데 superoxide는  $Fe^{3+}$ 을  $Fe^{2+}$ 으로 환원(1)시키고  $Fe^{2+}$ 는 반응(2)에 의해 생성된  $H_2O_2$ 을 분해시켜서 hydroxyl radical을 만들고 지방산화를 촉진시키는 것으로 요약된다.



그러나, Ahn과 Kim<sup>(10)</sup>은 superoxide는 자유 철의 환원제로서 보다는 산화제로서 작용하였고 Fe<sup>3+</sup>와 ferritin은 환원제가 존재할때 만이 oil emulsion에서 산화촉진제 역할을 가졌다고 보고하여 Haber-weiss반응과는 부분적으로 다른 견해를 밝혔다. 따라서, 이 연구의 목적은 신선육에서 철이온과 산소종이 쇠고기 지방산화에 어떻게 영향을 미치는가에 대해서 조사하고자 이 실험을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시 약

실험에 사용된 시약은 특급시약이고, Trichloroacetic acid(TCA), ferrozine(3-2-Pyridyl-5,6-bis(4-phenylsulfonic acid)-1,2,4-triazane)과 hemoglobin은 Sigma chemical Co.(St. Louis, MO)에서 구입하였고, 2-thiobarbituric acid(TBA)는 Eastern Organic Chemicals (Rochester, NY)에서 구입하였다.

### 나. 고기 혼합물 제조

고기 혼합물은 고급육 쇠고기 등심을 사용하였고, 3배의 증류수를 가하여 유화기로 분쇄 한 다음 50ml 시험관에 옮기고 다시 Brinkman Polytron(Type PT 10/35)으로 2초간 최고속도로 분쇄시켰다. 4ml의 분쇄물을 polyethylene 시험관 (17×100 mm)에 옮겨 실험에 사용하였다.

### 다. Oil emulsion 제조

Oil emulsion은 사용하기전에 만들고 maleic acid buffer(8ml, 0.1M) pH 6.5로 보정한 다음 50 $\mu$ l Tween-20, 0.5ml 정도의 아미노유를 넣고 15분간 교반한 후 KOH 2~3조각 넣고 교반하면서 0.1N KCl로 pH 6.5로 제조 사용하였다.

#### 라. 시료제조

시료 조제는 대조구, 자유철구, heme 색소구로 구분하였다. 대조구는 쇠고기 혼합물 0.5 ml에다가 증류수 0.5ml를 혼합하여 1 ml가 되도록 조정하였고, 자유철구는 쇠고기혼합물 0.5 ml에 50 ppm의  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  를 각각 0.1 ml씩 가한 후 산화촉진제(1000 ppm, ascorbate, 40 mM  $H_2O_2$ , 40mM  $H_2O_2 + Fe^{2+}$ , 500 ppm Potassium superoxide( $KO_2$ ), 0.15 U/ml XOD system(Xanthine oxidase + Xanthine)을 각각 0.1 ml씩 첨가하여 전체 1 ml가 되도록 증류수로 조정하였다. Heme 색소구도 쇠고기 혼합물 0.5 ml에 Hb 0.1 ml, 산화촉진제 0.1 ml을 가한 후 증류수로 1 ml가 되도록 조정하였다. 실험은 4반복 실시 하였다.

#### 마. Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)분석

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)는 Buege와 Aust<sup>(11)</sup>의 방법에 따라 측정하였다. 1ml 반응 혼합물이 채워진 시험관을 37°C water bath에서 1시간 동안 반응 시켰다. 반응이 끝나자마자 50  $\mu$ l dibutyl hydroxy toluene(BHT) 7.2%을 시료에 가하여 산화반응을 정지시켰다. 반응혼합물을 잘 섞은 다음 2ml TCA/TBA 시약을 가하고 다시 혼합후 끓는물에서 15분간 가열 시켰다. 가열 후 찬물에서 식힌 후 2000×g의 속도로 15분간 원심분리 시켰다. 상등액을 흡광도 531 nm에서 측정하였고 공시료는 시료대신에 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS값은 ml 반응혼합물에 대해서  $\mu$ g malondialdehyde(MDA)로 표시하였다.

#### 바. Nonheme iron(비헴철)측정

Ferrozine iron 분석방법<sup>(12)</sup>을 약간 수정하여 측정하였다. Total iron 분석을 위해서 1ml시료를 사용하였고, 여기에 2% ascorbic acid (w/v) 0.1ml를 가하여 혼합한 다음 실온(22°C)에서 5분간 반응시켰다. 반응 후 11.3% TCA(w/v) 1ml을 가하고 섞은 다음 반응물을 3000×g에서 15분간 원심분리 시켰다.

상등액 2ml을 시험관에 옮기고 0.8ml의 10% ammonium acetate와 0.2ml의 ferriin color reagent(75 mg ferrozine과 75 mg neocuproine을 HCl 한방울을 가하여 수용액에 녹인것)를 가하여 섞는다. 그리고, 시료를 3000×g에서 15분간 원심분리 시킨 다음 흡광광도계에서 5분 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Ferrous iron( $Fe^{2+}$ )분석도 단지 0.1ml Ascorbate 대신에 0.1ml TCA를 가한 후 위의 방법과 같이 수행하였다.

#### 사. Ascorbic acid 측정

Sikic 등<sup>(13)</sup>의 방법에 따라 chelex-100으로 처리한 증류수 3배를 시료에 가한 후 균질하여 10분 동안  $10,000\times g$ 에서 원심분리 시킨다. 상등액 0.5ml를 취해서 5% TCA 2ml로 단백질을 침전시킨다. 다시,  $4^{\circ}C$ 에서 10분 동안  $15,000\times g$ 에서 원심분리 시킨다. 상등액 0.5ml를 취해서 85% orthophosphoric acid 0.05ml, 8%  $\alpha, \alpha'$ -dipyridyl 0.05ml, 3% aqueous ferric chloride 0.05ml을 가한다. 1시간 동안 ferrous- dipyridyl chromophore 물질이 생성되도록 실온에 방치한 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### 아. 통계분석

각각의 시료에 대해 prooxidant(산화촉진제)와 iron 처리구로 구분해서 통계분석을 실시하였고, 통계분석은 statical analysis system<sup>(14)</sup>에 따라 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. Oil emulsion에서 iron source에 따른 지방산화에 미치는 ascorbate의 영향

본 실험에 사용된 완충용액은 maleic acid buffer-용액(pH 6.5)을 사용하였는데 그 이유는 phosphate buffer-용액(pH 6.5)이 유리 iron인  $Fe^{2+}$ 을 잡아주는 역할(Fig.1)을 하기 때문에 oil emulsion제조사 유리 iron의 역할을 더욱더 명확히 관찰하기 위해서는 완충용액중 iron binding이 약한 maleic acid 완충용액을 사용하였다. 지방산화에 미치는 ascorbate의 영향을 살펴보면 ascorbate를 첨가한  $Fe^{2+}$ 이온(2.26 MDA ppm)보다 TBARS값이 더 높았다(Table 1). 이러한 결과에 대해  $Fe^{2+}$ 이온은 지방산과 superoxide에 의해서  $Fe^{3+}$ 이온으로 쉽게 산화되고  $Fe^{3+}$ 이온은 ascorbate에 의해서  $Fe^{2+}$ 이온으로 환원되고  $Fe^{2+}$ 이온은 hydroxyl radical( $\cdot OH$ )을 생성시키는데 촉매역활을 하기 때문인 것으로 사료된다. 이 cycle은 ascorbate가 산화될때까지  $\cdot OH$ 의 생성을 지속시키게 되며 따라서,



ascorbate를 첨가한  $Fe^{2+}$ 이온이  $Fe^{2+}$ 이온보다 더 많은  $\cdot OH$ 를 가지게 되어서 더 높은 TBARS값을 나타내게 되는 것이다. 이러한 현상을 이론적으로 뒷받침하는 보고(Wills, 1966)는 vitamin C (L-(+) ascorbate)의 산화촉진제로서 설명이 되는데 ascorbate는  $Fe^{3+}$ 이온 복합체를 환원시켜서  $Fe^{2+}$ 이온으로 만들면 쉽게 산소와 반응해서 지방산화를 일으키는 물질을 만들게 된다고 하였고, Kanner등(1987)도 iron의 환원상태는 superoxide, ascorbic acid 그리고 cystein과 같은 환원제에 의해서 비효소적으로 유지된다고 보고 하였다. 한편, ascorbic acid는 항산화제로서 작용한다. 항산화제로서 활성은 지방산화를 전파시키는 peroxy radical을 줄이는 능력 또는 천연 항산화제인 vitamin E의 산화형태(tocopheryl oxyl radical)를 줄이는 능력을 말한다. 그러나,  $Fe^{3+}$ 이온(0.01 MDA ppm)은 거의 지방산화를 일으키지 않았는데 비해(Table 1), ascorbate를 첨가한  $Fe^{3+}$ 이온(1.57 MDA ppm)은 매우 높은 TBARS값을 나타내었다( $P < 0.05$ ). 이것은  $Fe^{3+}$ 이온이 ascorbate에 의해서  $Fe^{2+}$ 으로 환원되었다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는  $Fe^{3+}$ 이온은 가열육에서 지방산화를 촉진시키는 중요한 인자가 아니라는 Pearson(1977) 등의 연구결과와 일치한다. Hemoglobin(Hb), Myoglobin(Mb)의 heme색소는 다른 iron종류에 비해서 상당히 높은 TBARS값( $P < 0.05$ )을 나타내었다(Table 1). 그러나, heme색소중 catalase는 대단히 낮은 TBARS값(0.60 MDA ppm)을 나타낼뿐만 아니라 ( $P < 0.05$ ), 그것의 촉매작용이 Hb, Mb와는 다른 것 같다. Johns등(1989)은 Hb은 육에서 강력한 지방산화를 일으키는 촉진제라고 하였고 Hb와 Mb의 대조구에서 Total iron의 함량은 각각 0.55ppm, 0.12 ppm으로 대단히 적었지만(Table 1), oil emulsion에서 강력한 지방산화를 일으켰다. 그러나, Hb-ascorbate와 Mb-ascorbate는 ascorbate를 첨가하지 않은 Hb(2.87 MDA ppm)와 Mb(2.77 MDA ppm)보다 약간 낮은 2.21 MDA ppm과 2.14 MDA ppm의 TBARS값을 나타내었다. 이것은  $Fe^{3+}$ -Hb복합체가  $Fe^{2+}$ -Hb로 바뀌어졌다는 것을 의미하며 Kaschnitz와 Hatefi(1975)가  $Fe^{2+}$ -Hb복합체는 지방산화를 일으키는데  $Fe^{3+}$ -Hb복합체보다 약한 촉매역활을 한다는 보고와 일치하는 것이다. 즉,  $Fe^{3+}$ -Hb에 ascorbate를 첨가함으로써  $Fe^{3+}$ -Hb은  $Fe^{2+}$ -Hb로 환원되기 때문에 ascorbate를 첨가하지 않은  $Fe^{3+}$ -Hb와  $Fe^{3+}$ -Mb보다 더 낮은 TBARS값을 나타내게 된다.

Hb와 Mb의 구조는 heme ring에 의해 둘러싸여 있고 중앙에 iron을 가지고 있다. 이 iron은 단단하게 heme ring에 결합되어 있어서 heme구조로부터 유리되

기가 대단히 어렵다. 그러나, catalase는 Hb와 Mb에 비해 incubation중 약간 더 높은 total iron함량(0.95 ppm)이 유리되었다. 따라서, ascorbate를 첨가한 catalase는 ascorbate를 첨가하지 않은 것에 비해 TBARS값이 증가되었다. ascorbate를 첨가하지 않은 ferritin과 transferrin의 경우 각각 0.03 MDA ppm, 0.09 MDA ppm으로 낮은 TBARS값을 나타내었는데, ferritin과는 달리 transferrin에 ascorbate의 처리는 1.69 MDA ppm으로 상당히 TBARS값( $P < 0.05$ )을 증가시켰다(Table 1). 이것은 transferrin으로부터 free iron이 유리되어 나온다는 것을 의미한다. 그러나, Halliwell과 Gutteridge(1986)가 보고하기를 transferrin은 iron이 동단백질이고  $Fe^{3+}$ 이온이 단단하게 결합되어 있어서 생리적인 조건에서  $\cdot OH$  생성에 관여하지 않는다고 보고하였다. 그러나, ascorbate를 첨가한 transferrin은 높은 TBARS값을 나타내어 이들의 연구결과와 일치하지 않았다. 이 mechanism을 명확히 하기 위해서 ferrozine방법으로 total iron의 양을 측정하였는데 ascorbate를 첨가하지 않은 transferrin의 대조구가 5.19 ppm, ascorbate를 첨가한 처리구도 5.68 ppm으로 높은 양의 total iron을 나타내었다(Table 1). 그러나, 여기에서 TBARS값과 total iron함량 사이에 비논리적인 면이 발견되었다.

Transferrin은 대조구에서 대단히 높은 양의 total iron함량을 나타내었지만 TBARS값은 대단히 낮아서 이것은 incubation시키는 동안 transferrin으로부터 free iron이 유리되지 않는다는 것을 시사한다. 이 가설을 증명하기 위해서 centricon을 사용해서 protein에 결합된 iron과 free iron을 분리시켰다. Table 4와 Table 5에서 보면 incubation중 ferritin과 transferrin으로부터 거의 free iron이 0.1 ppm으로 대조구의 경우 1.93%, ascorbate 처리구의 경우 8.8%정도가 유리되었다. 이러한 현상에 대해 한가지 좋은 설명은 iron분석중 강산인 Trichloroacetic acid(TCA)를 사용하기 때문에 transferrin의 구조를 파괴시켜 transferrin 구조에 약하게 결합되어 있던 iron이 유리되어 나와서 iron 측정시 높은 total 함량을 나타내게 되는 것이다.

#### 나. Oil emulsion에서 지방산화에 미치는 $H_2O_2$ 의 영향

Table 2에 나타난 바와 같이  $H_2O_2$  또는  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  처리구는  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  처리구가 total iron의 함량에서  $H_2O_2$  보다 2배 정도 높았지만 지방산화 정도는 비슷한 경향이였다.  $H_2O_2$ 는 Hb와 Mb에서 강력한 산화촉진제로서 작용하지만  $Fe^{2+}$

와  $Fe^{3+}$  이온의 경우 약한 산화촉진제로서 작용하였다. 그러나, Fenton반응에서  $H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + \cdot OH + OH^-$  로 반응식이 진행되기 때문에  $\cdot OH$ 을 생성해서 지방산화를 촉진시킨다고 하지만 그것은 지방산화를 일으키는데 약한 촉매제로서 작용하였다. 여기서  $\cdot OH$  이 형성되기전에 중간물질이 관여한다는 보고(Halliwell과 Gutteridge, 1984)가 상당히 설득력을 갖게 된다. 하지만, 이를 증명하는 보고는 부족한 듯하며 다만, Xun Shen등(1992)이 발광현상을 이용하여 여기 상태의 perferryl물질이 Fenton반응에서 형성된다는 것을 제시하였다. 따라서, 이를 좀더 명확히 하기 위해서 중간 물질의 확인 실험을 반응순서를 달리하여 실시하였는데  $H_2O_2$  또는  $KO_2$  와 oil emulsion을 먼저 반응시키고 마지막에  $Fe^{2+}$  이온을 첨가한 경우 TBARS값에 현저한 차이가 발생하였다.  $H_2O_2 + Fe^{2+}$ 의 반응은 전기방전과 같이 순간적으로 일어났다가 없어지는데 이 순간적으로 지방산화를 촉진시키기 위하여 지방등으로부터  $H^+$  이온을 뺏어서 Hydroperoxide 등의 물질을 만들어야 지방산화가 촉진되는데 지방을 제일 마지막에 첨가한 경우  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  의 반응은 순간적으로  $Fe^{2+}$  이온이  $Fe^{3+}$ 로 전부 산화되어버리기 때문에 낮은 TBARS값을 나타내게 되고 oil emulsion을 먼저  $H_2O_2$  와 반응시킨 경우  $H_2O_2$  자신은 지방으로부터  $H^+$  이온을 빼앗을 능력이 없지만  $Fe^{2+}$  이온이 첨가되면 순간적으로  $Fe^{2+} - O_2 \leftrightarrow Fe^{3+} - O_2$  의 중간물질(perferryl)이 만들어지는데 이 물질은 지방으로부터  $H^+$  이온을 빼앗아서 지방산화를 시킬 능력이 충분하기 때문에 높은 TBARS값을 나타내게 된다. 따라서,  $\cdot OH$ 이 지방산화에 관여하기전에 ferryl이나 perferryl의 중간물질이 먼저 지방산화에 관여하는 것으로 사료된다. 한편,  $Fe^{2+}$  이온 그 자체는 지방산화를 일으키는 대단히 강력한 촉매제이다. 그러나, 그것은  $H_2O_2$  나  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  과 반응하였을 때 TBARS값이 감소하였다( $P < 0.05$ ). 이에 대한 설명은 아직까지 명확하게 보고 된 바가 없는 듯 하며 한가지 좋은 설명은  $H_2O_2$  가 직접  $Fe^{2+}$ 와 반응시키면  $Fe^{2+} - O_2 \leftrightarrow Fe^{3+} - O_2$  복합체가 형성되는데 이것은 지속시간이 짧지만 지방산화를 일으키는 강력한 촉매제로 역할을 한다. 그러나, oil emulsion에서 첨가된  $H_2O_2$ 는 직접  $Fe^{2+}$  이온과 반응할 기회가 줄어들고 oil emulsion과 쉽게 반응을 하기 때문에  $Fe^{2+}$  이온을 이용하지 못하게 된다. 따라서, oil emulsion과 반응한  $H_2O_2$ 는 결국 지방산화를 일으키는  $\cdot OH$ 과  $Fe^{2+} - O_2 \leftrightarrow Fe^{3+} - O_2$  복합체를 형성하는 능력이 떨어져서  $Fe^{2+}$  이온보다 더 낮은 TBARS값을 나타내게 되는 것으로 사료된다.

다. Oil emulsion에서 지방산화에 미치는  $\text{KO}_2$  또는 XOD system으로부터 생성된 superoxide의 영향

$\text{KO}_2$ 와 반응한  $\text{Fe}^{2+}$  이온(0.73 MDA ppm)은  $\text{Fe}^{2+}$  이온(1.12 MDA ppm)보다 지방산화를 일으키지 못하였는데  $\text{Fe}^{2+}$  이온은 superoxide radical과 hydroxyl radical을 일으키는 촉매제로서 관여할 뿐만 아니라  $\text{Fe}^{2+}-\text{O}_2$ (ferryl) 또는  $\text{FeO}_2^{2+}$ (perferryl)에 의해서 hydroperoxides, alkoxyyl 그리고 peroxy radical을 분해하는데 직접 관여한다(Gutteridge, 1984). 또한, superoxide와 반응한  $\text{Fe}^{2+}$  이온은 XOD와 반응한  $\text{Fe}^{2+}$  이온(0.64 MDA ppm)보다 약간 높은 TBARS값을 나타내었다(Table 3).

그 이유는 superoxide와 반응한  $\text{Fe}^{2+}$  이온은 즉시  $\text{Fe}^{3+} + \text{O}_2$ 로 바뀌어지고, 이것은  $\text{H}^+$ 와 반응해서  $\text{H}_2\text{O}_2$ 가 생성하게 된다. 이  $\text{H}_2\text{O}_2$ 는 지방산화에 직접 관여하지는 못하는 것 같다.  $\text{H}_2\text{O}_2$ 가 제2차 산화물인 aldehyde, alcohol, ketons 등을 만들기 위해서는 이것을 촉매시키는  $\text{Fe}^{2+}$  이온이 충분히 필요한데  $\text{Fe}^{2+}$  이온이 부족해서 더 이상의 반응을 진행시키지 못하기 때문인 것으로 사료된다. 그러나, XOD system은 incubation중 지속적으로 superoxide를 생성시키고 이것이  $\text{Fe}^{2+}$  이온을 계속해서  $\text{Fe}^{3+}$  이온으로 산화시키기 때문에 XOD system에서는 낮은 TBARS값을 나타내게 되는 것이다. Total iron의 양은 XOD system과 반응한  $\text{Fe}^{2+}$  이온이 superoxide와 반응한  $\text{Fe}^{2+}$  이온보다 더 높았는데 이것은 XOD 자체가 배양중  $\text{Fe}^{2+}$  이온을 생성시키기 때문인 것으로 사료된다(Table 3). 비록, superoxide와 반응한  $\text{Fe}^{2+}$  이온의 TBARS값이 XOD보다 약간 더 높았지만(Table 3), ferrozine방법에 의해서 reduced iron을 측정할 경우 superoxide와 반응한  $\text{Fe}^{2+}$  이온에서는 reduced iron( $\text{Fe}^{2+}$ )이 측정되지 않았다. 이것은 모든  $\text{Fe}^{2+}$  이온이 superoxide에 의해서  $\text{Fe}^{3+}$  이온으로 산화되었다는 것을 나타낸다. 이 현상은 Haber-Weiss반응식과 다른 결과를 나타내는 것이다. Haber-Weiss 반응식에서  $\text{Fe}^{3+}$  이온은 superoxide( $\cdot\text{O}_2^-$ )에 의해서  $\text{Fe}^{2+}$  이온으로 반응이 진행된다. 즉,  $\cdot\text{O}_2^- + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{O}_2 + \text{Fe}^{2+}$  가 되는 반응식이다. 여기서, 한가지 주목할 점은 Haber-Weiss 반응식에 사용되는 iron이 유리 iron인지 아니면 생체 단백질에 결합된 iron인지 명확하지 않지만 한가지 유의할 사항은 free iron인  $\text{Fe}^{2+}$ 의 경우 Haber-weiss반응식을 따르지 않는 것 같다. Table 3에 의하면  $\cdot\text{O}_2^-$ 와 반응한 heme색소는 oil emulsion에서 지방산화를 일으키는 강력한 촉매제였고, Mb도  $\cdot\text{O}_2^-$ 와 반응하였

을 때 상당한 촉매제 역할을 하였다. Silverstein과 Lillard(1978)은 Mb이 지방산화를 일으키는데 Hb보다 더 큰 촉매효과가 있다고 하였으나 본 실험결과 Hb이 Mb보다 지방산화에 더 큰 촉매효과를 나타내었다. 따라서,  $\cdot O_2^-$ 가 oil emulsion에서 free radical반응을 시작하는데 중요한 요소인 것 같지만  $\cdot O_2^-$ 와 반응한 Hb이 지방산화를 일으키는 mechanism을 이 시점에서 설명할 수 없다.

$\cdot O_2^-$ 와 반응한 catalase(0.55 ppm MDA)는 XOD system(0.27 ppm MDA)보다 더 높은 TBARS값을 나타내었지만  $\cdot O_2^-$ 와 반응한 catalase는 heme색소인 Hb와 Mb에 비해 낮은 TBARS값( $P < 0.05$ )을 나타내었다(Table 3).  $\cdot O_2^-$ 와 반응한 catalase의 경우(1.13 ppm) Total iron의 양을 측정한 결과 Hb(1.53 ppm), Mb(1.64 ppm)와 약간의 차이는 있었지만( $P < 0.05$ ), TBARS값은 훨씬 낮았다. 이러한 결과는 heme색소의 경우 total iron의 양과 TBARS값 사이에 논리적으로 맞지 않는다는 것을 시사한다. 따라서, centricon으로 여과시킨후  $\cdot O_2^-$ 와 반응한 catalase는 Mb- $\cdot O_2^-$ 와 Hb- $\cdot O_2^-$ 보다 더 높은 양의 total iron과 reduced iron을 나타내었다(Table 4,5). 이것은 catalase로 부터는 약간의 iron이 유리되어 나온다는 것을 시사한다. 이 현상은 ascorbate 첨가에 의한 TBARS값의 증가에 의해서도 부분적으로 설명이 되고 있다.  $\cdot O_2^-$ 와 반응한 다른 iron종류에 비해,  $\cdot O_2^-$ 와 반응한 ferritin과 transferrin은 대단히 낮은 TBARS값(각각 0.05 MDA ppm, 0.07 MDA ppm)을 나타내었으나( $P < 0.05$ ), XOD system(각각 0.05 MDA ppm, 0.04 MDA ppm)과 비슷한 TBARS값을 나타내었다(Table 3). Iron저장 단백질인 ferritin과 transferrin은  $Fe^{3+}$ 이온이 단단하게 결합되어 있어서 malondialdehyde와  $\cdot OH$ 생성에 거의 관여하지 못하는 것 같다. 그러나, Dennis(1991)등은 쇠고기 근육에서 추출한 ferritin은 근육식품의 지방산화를 촉진시키는데 부분적으로 관련이 있다고 보고하여 oil emulsion실험 결과와는 다른 견해를 제시하였지만 iron이동단백질이나 iron저장단백질에 결합된 iron은 free radical 형성반응을 촉매시키지 못한다는 Gill와 Joenje(1991)의 보고와는 일치하는 경향이였다.

이러한 결과에 대한 한가지 설명은 incubation중 ferritin과 transferrin으로 부터 어떠한 free iron도 유리되지 않았고 Fenton반응을 진행시키기 위해서는  $\cdot OH$ 을 형성시킬 만한 유리 iron이 없기 때문에 TBARS의 생성에 전혀 관여하지 못하는 것으로 사료된다. 이러한 현상은 여과후 iron분석에 의해서 증명되고 있다(Table 4,5).

라. 고기 혼합물에서 지방산화에 미치는 ascorbate의 영향

고기 혼합물에서 지방산화에 미치는 ascorbate의 영향은 ascorbate를 첨가하지 않은 control의 경우  $Fe^{2+}$ 이온(1.21 MDA ppm)과  $Fe^{3+}$ 이온(1.02 MDA ppm)모두가 높은 TBARS값을 나타내었지만 Hb는 0.54 MDA ppm으로 낮은 TBARS값을 나타내었다(Table 6). 고기 혼합물에서  $Fe^{3+}$ 이온은 1.02 MDA ppm으로 상당한 지방산화 촉진제 역할을 하였다(Table 6). 이러한 고기 혼합물에서  $Fe^{3+}$ 이온의 산화촉진 역할에 대해 고기가 가지고 있는 환원제인 superoxide, ascorbic acid와 cysteine에 의해서  $Fe^{2+}$ 이온으로 환원되었기 때문에 높은 TBARS값을 나타내는 것으로 사료된다. 그러나, 고기 혼합물의 Hb는 0.54 MDA ppm으로 낮은 TBARS값을 나타내었는데 Hb는 Hb- $Fe^{3+}$ 상태에서는 상당히 높은 지방산화 촉진제이나 고기자체의 환원제인 ascorbate에 의해서 Hb- $Fe^{2+}$ 상태로 환원되기 때문에 매우 낮은 TBARS값을 나타내게 되는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 kaschnitz와 Hstefi<sup>(33)</sup>가 Hb- $Fe^{2+}$ 는 지방산화를 일으키는데 Hb- $Fe^{3+}$ 보다 약한 촉매 역할을 한다는 보고와 일치하는 것이다. 고기 혼합물에서 전체 철함량을 측정한 결과(Table 7) 대조구에서 0.84 ppm을 나타내었는데  $Fe^{2+}$ 이온 1ppm 정도는 가열 육에서 강력한 산화촉진 역할을 한다는 보고<sup>(16)</sup>를 고려할 때 고기자체가 지방산화를 일으키는데 필요한 철을 가지고 있는 것으로 사료된다. Kanner 등<sup>(34)</sup>도 칠면조육과 닭고기에서 0.2~2.5 ppm 정도의 유리금속이온을 측정하였는데 이 농도에서 지방산화에 크게 영향을 미쳤다고 보고하였다.  $Fe^{2+}$ 이온,  $Fe^{3+}$ 이온 그리고 Hb 모두에서 ascorbate를 첨가 한 경우 total iron 함량과 reduced iron 함량이 증가되었으나( $p < 0.05$ ) Hb의 대조구(1.68 ppm)에서 iron 함량은  $Fe^{2+}$ 이온(4.48 ppm),  $Fe^{3+}$ 이온(4.64 ppm)에 비해 크게 낮았다(Table 6). Ascorbate 첨가에 의해서 iron 함량 증가에 대해 Tufano 등<sup>(35)</sup>이 ferritin으로 부터 환원제인 ascorbate에 의해서 철을 유리시킬 수 있다고 하여 고기 자체에 존재하는 철을 어느정도 유리시켰기 때문인 것으로 사료된다.

마. 고기 혼합물에서 지방산화에 미치는  $H_2O_2$ 의 영향

고기 혼합물에서  $Fe^{2+}$ 이온과 반응한  $H_2O_2$ 처리구(1.51 MDA ppm)는 매우 높은 TBARS값을 나타내었고,  $Fe^{3+}$ 이온(1.30 MDA ppm)도 높은 TBARS값을 나타내

었다(Table 6). 그러나, 고기 혼합물의 Hb는 1.55 MDA ppm의 TBARS값을 나타내어 다른 iron source에 비해 강력한 산화 촉진제 역할을 하였다. 이에 대한 한가지 설명은 Mb나 Hb가  $H_2O_2$ 와 반응하면 peroxide가 iron 4가 상태인 활성화된 heme complex 물질(ferryl)을 생성시켜 지방산화를 일으킨다는 보고<sup>(36)</sup>로 부분적으로 설명이 되고 있으나 그 기작에 대해서는 명확하지 않다. 또한, iron sources와 반응한  $H_2O_2+Fe^{2+}$  처리구가  $H_2O_2$  자체보다 전반적으로 약간 높은 산화 촉진 역할을 하였고(Table 6), total iron 함량(Table 2)과 reduced iron 함량(Table 8)도  $H_2O_2 + Fe^{2+}$  처리구가 전반적으로 높았다( $P<0.05$ ). 이에 대해  $H_2O_2+Fe^{2+}$  처리구는 즉시 hydroxyl radical을 생성시키기 때문에 지방산화촉진 역할이  $H_2O_2$ 보다 큰 것으로 사료되며 iron함량도  $H_2O_2$ 보다 더 많이 존재하기 때문에 지방산화촉진 역할이 큰 것으로 사료된 Iron의 산화촉진 역할은  $Fe^{3+}$ 보다  $Fe^{2+}$ 이 강력한 산화촉진제라고 하였으나 고기혼합물에서는  $Fe^{3+}$ 이온도 강력한 산화촉진제 역할을 하였다.

바. 고기 혼합물에서 지방산화에 미치는  $KO_2$  또는 XOD system으로부터 생성된 superoxide의 영향

고기 혼합물에서  $KO_2$ 와 반응한  $Fe^{2+}$ 이온(1.05 MDA ppm),  $Fe^{3+}$ 이온(0.94 MDA ppm)은 높은 TBARS값을 나타내었는데(Table 6), 고기 혼합물에서는  $Fe^{2+} + \cdot O_2 \rightarrow Fe^{3+} + O_2$ 로 진행되더라도 고기에 존재하는 환원제<sup>(7)</sup>에 의해서  $Fe^{3+}$ 이온이 강력한 산화촉진제 역할을 하는  $Fe^{2+}$ 이온으로 다시 환원되기 때문에 높은 TBARS값을 나타내는 것으로 사료된다. 한편, 고기 혼합물에 있어서 superoxide와 반응한  $Fe^{2+}$ 이온의 지방산화 정도는  $Fe^{2+}$ 이온 자체(1.21 MDA ppm)보다도 약간 낮은 TBARS값을 나타내었는데 이러한 결과는 superoxide가 고기속에 존재하는 환원제인 ascorbate를 산화시켜 ascorbate의 환원력을 상쇄시켜 버렸기 때문인 것으로 사료된다. 이를 뒷받침하기 위하여 superoxide와 ascorbate의 상호작용을 알아본 결과 superoxide의 양을 증가시키면 잔존 ascorbate의 양이 점점 감소하여 superoxide는 ascorbate를 산화시키는 작용을 하였다(Fig. 1). 그러나, superoxide의 역할을 알아보기 위해서 potassium에 결합되어 빠른 반응을 일으키는  $KO_2$ 와 superoxide를 서서히 생성시키는 XOD system을 이용하여 superoxide가 지방산화에 미치는 영향을 검토하였다. 즉,

KO<sub>2</sub>와 XOD과 반응한 Hb 처리구는 각각 0.31 MDA ppm과 0.27 MDA ppm으로 매우 낮은 TBARS값을 나타내었다(Table 6). KO<sub>2</sub>와 XOD와 반응한 Hb-Fe<sup>3+</sup>은 Hb-Fe<sup>2+</sup>로 환원되어서 약한 지방산화 촉진 역할을 하기 때문인 것으로 사료되며 이러한 결과는 Kaschnitz와 Hatefi<sup>(33)</sup>의 보고를 뒷받침하는 것이다. 그리고, Table 1, 2, 3에서 KO<sub>2</sub>와 반응한 Fe<sup>2+</sup> ion, Fe<sup>3+</sup> ion 처리구는 XOD system보다 약간 높은 TBARS값(P<0.05)을 나타내었으나 대조구와 Hb에서는 통계적으로 차이가 인정되지 않았다. 그러나, total iron 함량과 reduced iron 함량은 XOD system이 더 높았다(P<0.05). 이에 대해, KO<sub>2</sub> 처리구의 superoxide는 순간적으로 Fe<sup>2+</sup>이온과 반응하여 Fe<sup>3+</sup>이온으로 산화시키면 다시 고기에 존재하는 ascorbic acid, cystein 등의 환원제에 의해서 Fe<sup>2+</sup>이온으로 환원되는데 비해 XOD system은 incubation중 서서히 superoxide를 생성시키기 때문에 Fe<sup>2+</sup>이온이 Fe<sup>3+</sup>이온으로 산화되더라도 고기에 존재하는 환원제에 의해서 Fe<sup>2+</sup>이온으로 환원되고 다시 서서히 생성된 superoxide에 의해서 Fe<sup>3+</sup>이온으로 산화시키기 때문에 결국 KO<sub>2</sub>보다 XOD system이 더 많은 Fe<sup>3+</sup>이온이 존재하게 되어 낮은 TBARS값을 나타내게 되는 것으로 사료된다. total iron 함량과 reduced iron 함량도 XOD system이 KO<sub>2</sub>보다 높은 것은 XOD system 자체가 철을 가지고 있기 때문인 것으로 사료된다. 따라서, 본 실험 결과 지방산화 촉진 역할은 반응 산소종에 따라서 산화촉진정도 및 역할이 부분적으로 달라지는 것 같고 고기에 존재하는 환원제에 의해서 Fe<sup>3+</sup>이온의 산화촉진역할이 Fe<sup>2+</sup>이온과 거의 같은 경향을 나타내었다.



**Table 1. Effects of iron sources reacted with ascorbate or without ascorbate on lipid oxidation in the oil emulsion system**

Iron sources	TBARS <sup>1</sup>		Total iron(ppm)		Reduced iron(ppm)	
	None	Ascorbate	None	Ascorbate	None	Ascorbate
Control	0.03 <sup>d</sup>	0.03 <sup>e</sup>	0.00 <sup>g</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>p</sup>	0.00 <sup>e</sup>
Fe <sup>2+</sup>	1.12 <sup>b</sup>	2.26 <sup>a</sup>	5.09 <sup>b</sup>	5.33 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	5.15 <sup>a</sup>
Fe <sup>3+</sup>	0.01 <sup>d</sup>	1.57 <sup>b</sup>	4.95 <sup>c</sup>	5.24 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	5.19 <sup>a</sup>
Hb	2.87 <sup>a</sup>	2.21 <sup>a</sup>	0.55 <sup>e</sup>	0.93 <sup>c</sup>	0.18 <sup>a</sup>	0.88 <sup>c</sup>
Mb	2.77 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	0.12 <sup>f</sup>	0.30 <sup>d</sup>	0.18 <sup>a</sup>	0.23 <sup>d</sup>
Catalase	0.60 <sup>c</sup>	1.25 <sup>c</sup>	0.95 <sup>d</sup>	1.04 <sup>c</sup>	0.28 <sup>c</sup>	1.11 <sup>b</sup>
Ferritin	0.03 <sup>d</sup>	0.28 <sup>d</sup>	0.53 <sup>e</sup>	1.10 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.80 <sup>c</sup>
Transferrin	0.09 <sup>d</sup>	1.69 <sup>b</sup>	5.19 <sup>a</sup>	5.68 <sup>a</sup>	0.17 <sup>b</sup>	5.23 <sup>a</sup>
SEM	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01

<sup>1</sup>2-thiobarbituric acid reactive substances; ppm of MDA in reaction mixture.

Means (n=4) within a column with no common superscripts differ significantly (p<0.05). 5 ppm Fe equivalent for all iron and iron proteins; XOD, 0.15 U/ml; KO<sub>2</sub>, 50ppm; ascorbate, 100ppm; xanthine, 4mM; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 4mM (final concentration).

**Table 2. Effects of iron sources reacted with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+Fe<sup>2+</sup> on lipid oxidation in the oil emulsion system**

Iron sources	TBARS <sup>1</sup>		Total iron(ppm)		Reduced iron(ppm)	
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +Fe <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +Fe <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +Fe <sup>2+</sup>
Control	0.02 <sup>i</sup>	0.20 <sup>d</sup>	0.00 <sup>g</sup>	4.79 <sup>i</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
Fe <sup>2+</sup>	0.41 <sup>d</sup>	0.49 <sup>c</sup>	5.10 <sup>b</sup>	9.77 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
Fe <sup>3+</sup>	0.19 <sup>e</sup>	0.17 <sup>d</sup>	5.00 <sup>b</sup>	9.82 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
Hb	2.35 <sup>a</sup>	2.45 <sup>a</sup>	3.49 <sup>d</sup>	7.65 <sup>c</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.61 <sup>b</sup>
Mb	1.23 <sup>b</sup>	1.20 <sup>b</sup>	3.85 <sup>c</sup>	7.99 <sup>c</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.31 <sup>c</sup>
Catalase	0.51 <sup>c</sup>	0.48 <sup>c</sup>	1.06 <sup>e</sup>	5.73 <sup>d</sup>	0.40 <sup>b</sup>	0.98 <sup>a</sup>
Ferritin	0.19 <sup>e</sup>	0.08 <sup>e</sup>	0.41 <sup>f</sup>	5.34 <sup>e</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
Transferrin	0.24 <sup>e</sup>	0.17 <sup>d</sup>	5.22 <sup>a</sup>	8.48 <sup>b</sup>	0.13 <sup>c</sup>	0.12 <sup>d</sup>
SEM	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.02

<sup>1</sup>2-thiobarbituric acid reactive substances; ppm of MDA in reaction mixture. Means (n=4) within a column with no common superscripts differ significantly (p<0.05). 5 ppm Fe equivalent for all iron and iron proteins; XOD, 0.15 U/ml; KO<sub>2</sub>, 50ppm; ascorbate, 100ppm; xanthine, 4mM; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 4mM (final concentration).

**Table 3. Effects of iron sources reacted with KO<sub>2</sub> and XOD on lipid oxidation in the oil emulsion system**

Iron sources	TBARS		Total iron(ppm)		Reduced iron(ppm)	
	KO <sub>2</sub>	XOD	KO <sub>2</sub>	XOD	KO <sub>2</sub>	XOD
Control	0.01 <sup>e</sup>	0.04 <sup>e</sup>	0.00 <sup>t</sup>	0.72 <sup>t</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.38 <sup>cd</sup>
Fe <sup>2+</sup>	0.73 <sup>c</sup>	0.64 <sup>c</sup>	5.12 <sup>b</sup>	5.49 <sup>b</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.32 <sup>d</sup>
Fe <sup>3+</sup>	0.04 <sup>e</sup>	0.03 <sup>e</sup>	5.54 <sup>a</sup>	5.64 <sup>b</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.57 <sup>bcd</sup>
Hb	3.39 <sup>a</sup>	1.52 <sup>a</sup>	1.53 <sup>c</sup>	2.15 <sup>d</sup>	0.38 <sup>b</sup>	0.62 <sup>bcd</sup>
Mb	2.70 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>	1.64 <sup>c</sup>	1.22 <sup>e</sup>	0.53 <sup>a</sup>	0.48 <sup>bcd</sup>
Catalase	0.55 <sup>d</sup>	0.27 <sup>d</sup>	1.13 <sup>d</sup>	2.44 <sup>c</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.95 <sup>a</sup>
Ferritin	0.05 <sup>e</sup>	0.05 <sup>e</sup>	0.54 <sup>e</sup>	0.99 <sup>e</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.81 <sup>ab</sup>
Transferrin	0.07 <sup>e</sup>	0.04 <sup>e</sup>	5.27 <sup>ab</sup>	6.11 <sup>a</sup>	0.16 <sup>c</sup>	0.69 <sup>abc</sup>
SEM	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.03

<sup>t</sup>2-thiobabitoric acid reactive substances; ppm of MDA in reaction mixture. Means (n=4) within a column with no common superscripts differ significantly (p<0.05). 5 ppm Fe equivalent for all iron and iron proteins; XOD, 0.15 U/ml; KO<sub>2</sub>, 50ppm; ascorbate, 100ppm; xanthine, 4mM; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 4mM (final concentration).

**Table 4. Effects of iron sources reacted with oxygen species on the measurement of total iron after filtration in the oil emulsion system**

Iron sources	Total iron(ppm)					
	None	Ascorbate	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +Fe <sup>2+</sup>	KO <sub>2</sub>	XOD
Hb	0.19 <sup>b</sup>	0.58 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.14 <sup>c</sup>	0.62 <sup>b</sup>
Mb	0.10 <sup>b</sup>	0.08 <sup>c</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.40 <sup>b</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.40 <sup>c</sup>
Catalase	0.66 <sup>a</sup>	0.60 <sup>b</sup>	0.63 <sup>a</sup>	9.07 <sup>a</sup>	0.88 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>
Ferritin	0.10 <sup>b</sup>	0.20 <sup>c</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.15 <sup>c</sup>	0.30 <sup>d</sup>
Transferrin	0.19 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.27 <sup>b</sup>	0.43 <sup>c</sup>
SEM	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01

Means (n=4) within a column with no common superscripts differ significantly (p<0.05). 5 ppm Fe equivalent for all iron and iron proteins; XOD, 0.15 U/ml; KO<sub>2</sub>, 50ppm; ascorbate, 100ppm; xanthine, 4mM; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 4mM (final concentration).

**Table 5. Effects of iron sources reacted with oxygen species on the measurement of reduced iron after filtration in the oil emulsion system**

Iron sources	Reduced iron(ppm)					
	Control	Ascorbate	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +Fe <sup>2+</sup>	KO <sub>2</sub>	XOD
Hb	0.00	0.52 <sup>b</sup>	0.00	0.16 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00
Mb	0.00	0.10 <sup>d</sup>	0.00	0.25 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00
Catalase	0.00	0.46 <sup>b</sup>	0.00	0.54 <sup>a</sup>	0.41 <sup>a</sup>	0.00
Ferritin	0.00	0.20 <sup>c</sup>	0.00	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00.
Transferrin	0.00	1.03 <sup>a</sup>	0.00	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00
SEM	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00

Means (n=4) within a column with no common superscripts differ significantly (p<0.05). 5 ppm Fe equivalent for all iron and iron proteins; XOD, 0.15 U/ml; KO<sub>2</sub>, 50ppm; ascorbate, 100ppm; xanthine, 4mM; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 4mM (final concentration).

**Table 6. Effect of ascorbate, hydrogen peroxide and superoxide on the TBARS<sup>1)</sup> values of raw meat homogenates with different iron sources.**

Treatment	Iron sources			
	Control	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Hb
Control	0.30 <sup>c</sup>	1.21 <sup>c</sup>	1.02 <sup>d</sup>	0.54 <sup>d</sup>
Ascorbate	0.88 <sup>a</sup>	1.07 <sup>d</sup>	1.41 <sup>b</sup>	0.73 <sup>c</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.23 <sup>c</sup>	1.51 <sup>b</sup>	1.30 <sup>c</sup>	1.55 <sup>b</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +Fe <sup>2+</sup>	0.84 <sup>a</sup>	1.95 <sup>a</sup>	1.76 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>
KO <sub>2</sub>	0.27 <sup>c</sup>	1.05 <sup>d</sup>	0.94 <sup>d</sup>	0.31 <sup>e</sup>
XOD	0.28 <sup>c</sup>	0.69 <sup>e</sup>	0.51 <sup>e</sup>	0.27 <sup>e</sup>
SEM	0.01	0.01	0.01	0.01

<sup>1)</sup> 2-thiobarbituric acid reactive substances ; ppm of MDA in reaction mixture. <sup>a-c</sup>: Means(n=4) within a column with no common superscripts differ significantly(p<0.05). 5 ppm Fe equivalent for all iron and iron proteins ; Xanthine oxidase(XOD), 0.15U/ml ; KO<sub>2</sub>, 50 ppm ; ascorbate, 100 ppm ; xanthine, 4 mM ; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 4 mM(final concentration).

**Table 7. Effect of ascorbate, hydrogen peroxide and superoxide on the content of total iron<sup>1)</sup> of raw meat homogenates with different iron sources.**

Treatment	Iron sources			
	Control	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Hb
Control	1.68 <sup>c</sup>	4.48 <sup>d</sup>	4.64 <sup>d</sup>	1.68 <sup>d</sup>
Ascorbate	1.96 <sup>c</sup>	7.88 <sup>a</sup>	7.68 <sup>a</sup>	3.00 <sup>c</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.84 <sup>d</sup>	4.16 <sup>d</sup>	4.16 <sup>de</sup>	2.96 <sup>c</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +Fe <sup>2+</sup>	3.60 <sup>a</sup>	6.96 <sup>b</sup>	5.24 <sup>c</sup>	3.80 <sup>b</sup>
KO <sub>2</sub>	1.96 <sup>c</sup>	4.32 <sup>d</sup>	3.92 <sup>e</sup>	1.88 <sup>d</sup>
XOD	2.84 <sup>b</sup>	6.16 <sup>c</sup>	6.24 <sup>b</sup>	4.56 <sup>a</sup>
SEM	0.00	0.02	0.01	0.01

<sup>1)</sup> ppm of iron in reaction mixture. Conditions are the same as in Table 1.

**Table 8. Effect of ascorbate, hydrogen peroxide and superoxide on the content of reduced iron<sup>1)</sup> of raw meat homogenates with different iron sources.**

Treatment	Iron sources			
	Control	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Hb
Control	1.12 <sup>d</sup>	3.76 <sup>d</sup>	3.76 <sup>e</sup>	1.32 <sup>c</sup>
Ascorbate	1.64 <sup>c</sup>	8.48 <sup>a</sup>	8.92 <sup>a</sup>	1.72 <sup>b</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.60 <sup>c</sup>	3.36 <sup>e</sup>	3.44 <sup>f</sup>	1.36 <sup>c</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +Fe <sup>2+</sup>	2.80 <sup>a</sup>	4.04 <sup>c</sup>	5.68 <sup>c</sup>	2.88 <sup>a</sup>
KO <sub>2</sub>	1.56 <sup>c</sup>	4.08 <sup>c</sup>	5.28 <sup>d</sup>	1.40 <sup>c</sup>
XOD	2.40 <sup>b</sup>	5.32 <sup>b</sup>	6.16 <sup>b</sup>	2.80 <sup>a</sup>
SEM	0.00	0.00	0.01	0.00

<sup>1)</sup> ppm of iron in reaction mixture. <sup>a-f</sup>: Means(n=4) within a column with no common superscripts differ significantly(p<0.05). Conditions are the same as in Table 1.

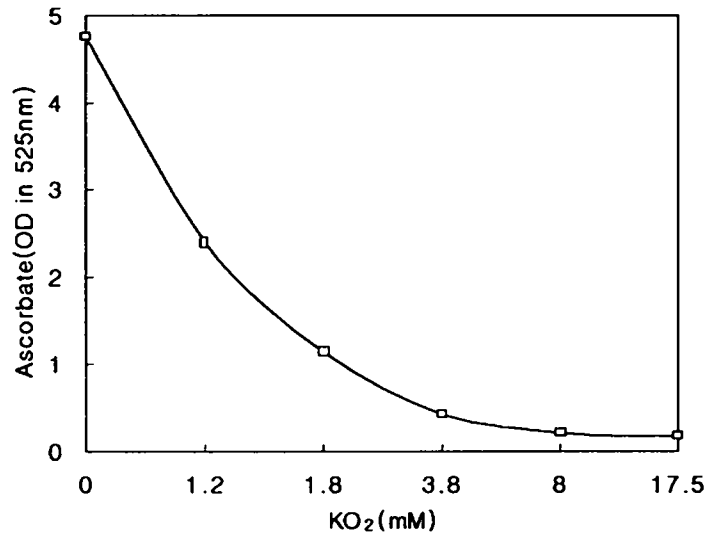


Fig. 1. Effect of superoxide on the disappearance of ascorbate in model system.

#### 4. 요약

가. Oil emulsion에서 iron source에 따른 지방산화에 미치는 ascorbate의 영향으로 ascorbate를 첨가한 Fe<sup>2+</sup>이온(2.26 MDA ppm)보다 TBARS값이 더 높았다. Fe<sup>3+</sup>이온(0.01 MDA ppm)은 거의 지방산화를 일으키지 않았는데 비해, ascorbate를 첨가한 Fe<sup>3+</sup>이온(1.57 MDA ppm)은 매우 높은 TBARS값을 나타내었다 (P<0.05). 이것은 Fe<sup>3+</sup>이온이 ascorbate에 의해서 Fe<sup>2+</sup>으로 환원되었다는 것을 나타낸다. Hemoglobin(Hb), Myoglobin(Mb)의 heme색소는 다른 iron종류에 비해서 상당히 높은 TBARS값을 나타내었다(P<0.05). 그러나, heme색소중 catalase는 대단히 낮은 TBARS값(0.60 MDA ppm)을 나타낼뿐만 아니라(P<0.05), 그것의 촉매 작용이 Hb, Mb와는 다른 것 같다. Oil emulsion에서 지방산화에 미치는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 영향은 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 또는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + Fe<sup>2+</sup> 처리구는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + Fe<sup>2+</sup> 처리구가 total iron의 함량에서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 보다 2배 정도 높았지만 지방산화 정도는 비슷한 경향이였다. Oil

emulsion에서 지방산화에 미치는  $KO_2$  또는 XOD system으로부터 생성된 superoxide의 영향은  $KO_2$ 와 반응한  $Fe^{2+}$ 이온(0.73 MDA ppm)은  $Fe^{2+}$ 이온(1.12 MDA ppm)보다 지방산화를 일으키지 못하였다. Superoxide와 반응한  $Fe^{2+}$ 이온은 XOD와 반응한  $Fe^{2+}$ 이온(0.64 MDA ppm)보다 약간 높은 TBARS값을 나타내었다.  $\cdot O_2^-$ 와 반응한 heme색소는 oil emulsion에서 지방산화를 일으키는 강력한 촉매제였고, Mb도  $\cdot O_2^-$ 와 반응하였을 때 상당한 촉매제 역할을 하였다.

나. 신선육의 지방산화에 관련되는 여러가지 요인들을 검토하였는데 그중에서 지방산화에 미치는 ascorbate의 영향은 ascorbate를 첨가하지 않은  $Fe^{2+}$ 이온(1.21 MDA ppm)과  $Fe^{3+}$ 이온(1.02 MDA ppm)모두가 높은 TBARS값을 나타내었지만 Hb는 0.54 MDA ppm으로 매우 낮은 TBARS값을 나타내었다.  $Fe^{3+}$ 이온은 고기 혼합물에서 TBARS값이 1.02 MDA ppm으로 상당한 산화촉진제 역할을 하였다. 고기 혼합물에서 total iron 함량을 측정된 결과 대조구에서 0.84 ppm을 나타내어 고기자체가 지방산화를 일으키는데 필요한 약간의 철을 가지고 있었다.  $Fe^{2+}$ 이온,  $Fe^{3+}$ 이온 그리고 Hb모두에서 ascorbate를 첨가하면 total iron 함량과 reduced iron 함량이 증가하였으나( $P < 0.05$ ), Hb의 대조구(0.84ppm)에서 철함량은  $Fe^{2+}$ 이온(2.24 ppm),  $Fe^{3+}$ 이온(2.32 ppm)에 비해 크게 낮았다. 고기 혼합물에서  $Fe^{2+}$ 이온과 반응한  $H_2O_2$  처리구(1.51 MDA ppm)는 고기 혼합물과 반응한  $Fe^{2+}$ 이온(1.05 MDA ppm),  $Fe^{3+}$ 이온(0.94 MDA ppm) 보다 산화촉진 역할이 약간 높은 수준이었다. 그러나,  $KO_2$ 와 XOD와 반응한 Hb 처리구는 각각 0.31 MDA ppm과 0.27 MDA ppm으로 매우 낮은 TBARS값을 나타내었다. 그리고,  $KO_2$ 와 반응한  $Fe^{2+}$ 이온,  $Fe^{3+}$ 이온 처리구는 XOD system 보다 약간 높은 TBARS값( $p < 0.05$ )을 나타내었으나 대조구와 Hb에서는 통계적으로 차이가 인정되지 않았다. 그러나, total iron 함량과 reduced iron 함량은 XOD system이 더 높았다( $p < 0.05$ ). Superoxide와 ascorbate의 상호작용을 알아본 결과 superoxide의 양을 증가시키면 잔존 ascorbate의 함량이 점점 감소하는 경향이였다.

## 5. 문헌

1. Kanner, J., Hazen, B., and Doll, L.: Catalytic "free" iron ions in muscle foods. *J. Agric. Food Chem.* 36, 412 (1988)
2. Ahn, D.U., Wolfe, F.H., and Sim, J. S.: The effect of free and bound iron on lipid peroxidation in turkey meat. *Poultry Science*, 72, 209 (1993)
3. Miller, D.K., Smith, V.L. Kanner, J., Miller, D.D., and Lawless, H.T.: Lipid oxidation and warmed-over aroma in cooked ground pork from swine fed increasing level of iron. *J. Food Sci.* 59, 751 (1994)
4. Johns, A.M., Birkinshaw, L.H., and Ledward, D.A.: Catalysts of lipid oxidation in meat products. *Meat Sci.* 25, 209 (1989)
5. Silverstein, D.A., and Lillard, D.A.: Factors affecting the autooxidation of lipids in mechanically deboned fish. *J. Food Sci.* 43, 764 (1978)
6. Sato, K., and Hegarty, G. R.: Warmed over flavor in cooked meats. *J. Food Sci.* 36, 1098 (1971)
7. Love, J.D., and Pearson, A.M.: Metmyoglobin and nonheme iron as prooxidants in cooked meat. *J. Agric. Food Chem.* 22, 1032 (1974)
8. Hidalgo, F.J., Zamora, R. and Tappel, A.L.: Oxidant-induced heme protein degradation in rat tissue slices: effect of bromotrichloromethane, antioxidants and chelators. *Biochem. Biophys. Acta.* 1037, 313 (1990)
9. Kanner, J., and Harel, S.: Initiation of lipid peroxidant by activated metmyoglobi and methemoglobin. *Arch Biochem Biophys.* 237, 314 (1985)
10. Ahn, D.U. and Kim, S.M.: Role of superoxide, hydrogen peroxide and ascorbate on the prooxidant effect of iron from various sources in oil emulsion. *J. Food sci.*(In press)
11. Buege, J.A. and Aust, S.D.: Microsomal lipid peroxidation. *Method in enzymol.* Vol. 105, 302 (1978)
12. Carter, P.: Spectrophotometric determination of serum iron at the submicrogram level with a new reagent(Ferrozine). *Anal. Biochem.* 40, 450 (1971)
13. Sikic, B.I., Mimnaugh, E.G., Litterst, C.L., and Gram, T.E.: The effects of ascorbic acid deficiency and repletion on pulmonary, renal and hepatic

- drug metabolism in the guinea pig. *Arch Biochem. and Biophys.* 179, 663 (1977)
14. SAS Institute.: SAS<sup>R</sup> User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC. (1986)
  15. Kanner. J, Hazen, B. and Doll, L.: Catalytic free iron ions in muscle foods. *J. Agric. Food Chem.* 36: 412 (1988)
  16. Ahn, D.U., Woile, F.H. and Sim, J.S.: The effect of free and bound iron on lipid peroxidation in turkey meat. *Poultry Sci.* 72: 209 (1993)
  17. Johns, A.M., Birkinshaw, L.H. and Ledward, D.A.: Catalysts of lipid oxidation in meat products. *Meat Sci.* 25: 209 (1989)
  18. Silverstein, D.A. and Lillard, D.A.: Factors affecting the autooxidation of lipids in mechanically deboned fish. *J. Food Sci.* 43: 764 (1987)
  19. Sato, K. and Hegarty, G.R.: Waemed over flavor in cooked meats. *J. Food Sci.* 36: 1098 (1971)
  20. Love, J.D. and Pearson, A.M.; Metmyoglobin and nonheme iron as prooxidants in cooked meat. *J. Agric. Food Chem.* 22: 1032 (1974)
  21. Hirano, J. and Olcott, H.S.: Effect of heme compounds in lipid oxidation. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 48: 523 (1971)
  22. Younathan, M.T. and Watts, B.M.: Relationships of meat pigments to lipid oxidation. *Food Res.* 24: 728 (1959)
  23. Kaschnitz, R.M. and Hatefl, Y.: Lipid oxidation in biological membranes. Electron transfer proteins as initiators of lipid oxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* 171: 292 (1975)
  24. Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C.: Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problems and concepts. *Aech. Biochem. Biophys.* 246: 501 (1986)
  25. Caelin, G. and Djursater, R.: Xanthine oxidase induced depolymerization of hyaluronic acid in the presence of ferritin. *FEBS Lett.* 177: 27 (1984)
  26. Fridovich, I.: Superoxide dismutases. *Ann. Rev. Biochem.* 44: 147 (1975)
  27. Granger, D.N., Rutili, G. and McCord, J.M.: Superoxide in feline intestinal ischemia. *Gastroentrtology* 81: 22 (1981)



28. McCord, J.M.: Oxygen derived radicals: A link between reperfusion injury and inflammation. *Fed. Proc.* 46: 2402 (1987)
29. Sussman, M.S. and Buckley, G.B.: Oxygen derived free radicals in reoerfusion injury. *Methods Enzymol.* Vol. 186, 711 (1990)
30. Wills, E.D.; Mechanisms of lipid peroxide formation in animal tissues. *Biochem. J.* 99: 667 (1996)
31. Gutteridge, J.M.C.; Ferrous iron-EDTA-stimulated phospholipid peroxidation. A reaction changing from alkoxy radical to hydroxy radical dependent initiation. *Biochem. J.* 224: 697 (1984)
32. Gille, J.J.P. and Joenje, H.; Biological significance of oxygen toxicity: An introduction, Vol. III, p. 1. In: *Membrane Lipid Oxidation.* (1991)
33. Kaschnitz, R.M., and Hatefi, Y.: Lipid oxidation in biological membranes. Electron transfer proteins as initiators of lipid oxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* 171, 292 (1975)
34. Kanner, J., German, J.B., and Kinsella, J.E.: Initiation of lipid peroxidation in biological systems. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 25, 317 (1987)
35. Tufano, T.P., Pecoraro, V.L., Raymond, K.N.: Kinetics of iron release from ferritin to catechoylamides. *Biochem. Biophys. Acta.* 668, 420 (1981)
36. Whitburn, K.D.: The interaction of oxymyoglobin with hydrogen peroxide: The formation of ferrylmyoglobin at moderate excesses of hydrogen peroxide. *Archives Biochem. Biophysics.* 253, 419 (1987)

## 제 3 장

여 백

## 제 3 장 (2차년도)

### 제 1 절 한우 도체에 대한 전기자극처리가 쇠고기의 품질특성에 미치는 영향

### Effect of Electrical Stimulation on the Quality Characteristics of Hanwoo Beef

#### Abstract

These experiments were carried out to investigate the effects of electrical stimulation on changes of physico-chemical properties in Hanwoo steer and bull beef. Electrical stimulation was performed within 1hr postmortem(550V, 90sec.). Electrical stimulated sides(ES) showed more rapid pH decline than non-electrical stimulated sides(NES). L, a, b values of meat color in steers were higher than those of meat color in bulls, but there was no consistent effects of electrical stimulation on meat color, cooking loss and water holding capacity. Myofibrillar fragmentation index of sides treated with ES was higher than those of NES during storage significantly. And ES sides consistently showed lower hardness when compared with control sides. Examination of the electron micrograph was revealed the enlargement of sarcolemma and mitochondria. These results suggest that electrical stimulation may also improve tenderness of meat.

#### 1. 서 론

소비자들의 식품안정성에 대한 인식이 높아짐에 따라 식육은 생산에서 소비에 이르기까지 저온으로 유지되는 것이 요구되며 최근 어느 정도 개선되고 있다.

그러나 도축장에서의 위생관리와 유통과정에서의 품질유지 등은 여전히 많은 문제점이 있다고 생각된다. 경우에 따라서는 위생적인 면을 고려하여 도축직후에 급냉을 함으로써 미생물의 증식을 억제하여 효과를 얻기도 하지만, 사후강직에 작용하는 효소계의 활성을 억제하여 강직발생이 늦어지거나, 저온단축현상에 의해 생산된 고기가 질겨지는 수도 있다. 도축라인에서 소도체에 전기자극처리를 하는 것은 저온단축과 해동강직현상에 의한 연도감소 문제를 방지하고 온도체 발골육의 급속냉장과 냉동을 가능하게 하여 선진국에서는 많이 보급되고 있는 방법이다. 전기자극처리는 해당작용의 속도를 증가시키고 사후강직의 시작시간을 단축시킨다(Carse, 1973 ; Bendall 등, 1976 ; Chrystall과 Devine, 1978)고 이해되고 있으며, 전기자극처리육의 연도향상은 저온단축의 발생방지가 중요한 원인의 하나이지만(Bendall 등, 1976 ; Davey 등, 1976), 저온단축 방지이외의 다른 효과도 인정되고 있다(George 등, 1980 ; Bouton 등, 1980). 또한 전기자극처리 중 심한 수축으로 인하여 근섬유의 물리적 손상이 연도개선의 요인이라고 주장되며(Savell 등, 1978a), 전기자극처리에 의하여 pH의 급속한 저하가 lysosomal membrane의 손상을 유도하고 autolytic proteolysis를 촉진한다고 주장하였다(Dutson 등, 1980). 본 연구는 우리나라의 도축장 현장에서 전기자극처리에 의한 품질개선 효과를 검토하기 위해 거세한우와 비거세한우를 관행방법에 의해 도축한 다음, 도축직후 좌반도체에 전기자극처리를 하고, 우반도체를 대조구로 하여 각각 등심부위를 채취하여 저온숙성하면서 경시적으로 이화학특성, 연도, 가공 특성 및 형태학적 변화를 관찰하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 재 료

시험우는 대구축협에서 사육된 거세한우와 일반사육된 비거세한우를 관행방법으로 도축하여 2분도체로 한 후, 실신 1시간 이내에 좌반도체에 전기자극처리(550V, 90초)를 하여 곧 바로 등심근육을 채취하였고(ES구), 동시에 우반도체의 등심근육은 무처리구(NES구)로 하였다. 채취한 시료는  $2 \pm 2$  °C의 저온실에 저장하면서 시료로 사용하였다.

#### 나. 방 법

pH는 일반적인 방법으로 pH meter(TOA, HM-20S, Japan)로 측정하였다. 색깔측정을 위한 시료는 직경 3cm, 높이 2.4 cm의 크기로 근섬유방향에 평행하게 coring하여 4℃에서 30분간 노출, 발색시킨 후, polyethylene 필름으로 한 겹 싸고, 색차계(Color difference meter, Minolta CR-200, Japan)로 측정하고 Hunter value로 표시하였다. 이때 사용된 표준색판은  $Y = 94.96$ ,  $a = 0.3132$ ,  $b = 0.3203$ 으로 하였으며 9회 반복하여 평균값으로 하였다. 보수력과 가열감량은 이와 성(1983)의 방법으로 측정하였다. 근원섬유소편화도(myofibrillar fragmentation index)는 Olson 등(1976)의 방법에 따라 근원섬유 분리액(100mM KCl, 20mM K-phosphate, pH 7.0, 1mM  $\text{NaN}_3$ )으로 분리, 세척하여  $0.5 \pm 0.05\text{mg/ml}$ 의 농도로 희석한 다음, 540 nm에서 흡광도를 측정하여 200을 곱하여 지수로 하였다. 경도(hardness)는 시료를  $3\text{ cm} \times 6\text{ cm} \times 6\text{ cm}$ 로 절단하고 75℃의 열탕에서 시료의 중심온도가 70℃에 달한 후 30분간 가열하여 샘플채취용 corer를 이용하여  $1\text{ cm} \times 1.2\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 의 크기로 만든 후 Rheometer(Model CR-100, SUN SCIENTIFIC Co. Japan)로 측정하였다. 전자현미경 관찰은 Chang 등(1976)의 방법에 의해 시행하였는데, 시료를 고정(double fixation), 세척, 탈수, 포매한 후 Ultramicrotome(LKB)으로 초박편을 만들어 uranyl acetate와 lead citrate로 2중 염색한 뒤 Hitachi-H 600 투과형 전자현미경으로 검경하였다. 통계처리는 SAS-package (1985)의 일반선형모델에 의한 분산분석을 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 전기자극처리에 의한 이화학적 특성의 변화

근육의 pH는 사후직후 떨어지기 시작하여 강직이 완료될 때까지 계속되는 것이 일반적이다. 소의 경우 강직완료는 보통 0 ~ 4℃에서 16 ~ 18시간 걸린다. 이때 도체의 pH는 5.7정도가 되며, 더 이상 저온에 의해 단축이 일어나거나 질겨지지 않는다. 온도가 높으면 해당작용이 촉진되고 pH저하는 빠르게 진행된다(Newbold, 1966). 도체에 전기자극을 하면 해당작용의 촉진에 의해 pH가 빠르게

저하한다고 보고되었다(Carse, 1973 ; Davey 등, 1976). Fig. 1에서 NES구의 pH는 완만하게 낮아지는데 반해 ES구는 처리후 급격히 저하하였다. 거세우 NES구는 처리후 3시간에 6.56, 24시간에 5.65정도이나, ES구는 처리후 3시간에 5.64, 24시간에 5.53이었다. 비거세우의 경우도 같은 수준이었다. Carse(1973)는 도체에 전기자극을 함으로써 해당작용을 촉진시켜 빠른 pH저하를 유발하여 저온단축을 방지할 수 있다는 것을 처음으로 발표하였다. 또한 Bendall(1980)은 MRI실험을 통하여 pH가 6.0~ 5.7사이로 떨어졌을 때 저온단축의 위험없이 빠른 냉각이 가능하다고 하였다. 본 실험의 결과를 보면 실험조건에서 도살직후 전기자극처리를 할 경우 3시간후면 저온단축의 위험없이 냉각처리가 가능하다고 판단되었다. Bendall(1976)에 의하면 도살직후 전기자극 처리를 할 경우, 처리 2분후에 pH 7.1에서 6.3으로 떨어지고, 3시간후에 최종pH인 5.4까지 떨어진다고 하였고 비처리구는 10.5시간이 소요되었다고 하였으며, 전기자극 1시간이내에 저온단축의 위험없이 냉동이 가능하다고 하였다. 또한 도축과정에서 전기자극처리의 시간과 사용전압의 차이에 따라 pH의 저하속도가 약간의 차이가 있음이 보고되었다(Bouton 등, 1980 ; Chrystall 등, 1980 ; George 등, 1980). 대부분의 연구는 전기자극 2시간이면 저온단축의 위험없이 냉동이 가능하다고 보고하였다. 이들 결과는 본 실험의 결과보다 더 빠른속도로 pH가 떨어지나 이것은 축종과 도살후 전기자극의 조건의 차이에서 기인하는 것으로 생각되었다. 고기의 색깔은 소비자의 기호도를 결정하는 주요한 요인이 된다. Savell과 Smith(1979) 및 Savell 등(1980)은 전기자극처리를 하는 이유중의 하나는 고기의 특성을 나타내는 간접적인 효과를 얻는 것이라고 하였으며, 전기자극을 한 경우 24시간후에 등심부위의 색깔이 더 밝은 빛깔을 나타낸다고 하였다. Smith 등(1980)도 전기자극한 경우의 적육색깔점수가 무처리구에 비해 14%정도 개선되었다고 하였으며, Riley 등(1980a, b)은 전기자극처리한 우육등심이 더 밝고 표면퇴색이 덜 나타났다고 하였으나 그 확실한 이유는 밝히지 못했다. Table 1, 2와 3은 색차계로 Hunter value를 측정한 값이다. L value(명도)는 전기자극처리 유무에 관계없이 저장중 경시적으로 거세우가 비거세우에 비해 높은 값을 나타내었고 ( $p < 0.05$ ), ES구와 NES구는 거세우유무에 관계없이 차이가 없었으며, 저장중 경시적으로 약간 증가하는 경향을 나타내었다(table 1). 이러한 결과는 Boakye와 Mittal(1996)이 쇠고기의 등심근육이 숙성중 경시적으로 16일 까지 L값이 점진

적으로 증가한다는 결과와 같은 경향이였다. Table 2의 a value(적색도)를 보면 전기자극처리 유무에 관계없이 거세우가 비거세우에 비해 경시적으로 약간 높은 값을 나타내었으나 차이는 인정되지 않았으며, ES구가 NES구에 비해 경시적으로 약간 높은 경향을 나타내었으나 차이는 없었다. 각 구 모두 저장중 경시적으로 증가하는 경향이였다. 실험범위내에서 각 구 모두 15일째 최대치를 나타내었다. b value(황색도)도 L value와 a value와 마찬가지로 거세우육이 비거세우육에 비해 높은 경향을 나타내었으며, 각 구 모두 저장중 경시적으로 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 Boakye와 Mittal(1996)이 쇠고기 등심근육이 숙성중 12일 까지 a value와 b value가 완만하게 증가하고 16일째 급증한다는 결과와 유사하였다. 전반적으로 ES구와 NES구 사이의 색깔의 차이는 없었다. 이러한 결과는 전기자극처리가 뚜렷한 색깔의 개선을 나타낸다는 Savell과 Smith(1979), Riley 등(1980a, b), Smith 등(1980)의 결과와는 차이가 있으나, Powell 등(1996)이 전기자극처리한 쇠고기의 색깔과 색깔의 안정성에 대한 차이를 소비자들이 감지하지 못했다는 결과와 유사하였다. 고기의 색깔은 그 변화가 매우 복잡하므로 전기자극처리를 하는 경우라 하더라도 여러 가지 부수요인에 따라 다양한 결과가 나타나는 것으로 생각되었다. 전기자극에 의한 가공적성의 변화를 가열감량과 보수력을 측정하여 비교하였다. 가열감량(table 4)은 전기자극처리 유무나 거세우유무에 관계없이 차이가 없었다. ES구가 NES구에 비해 약간 높은 경향이였으나 차이가 없었으며, 저장중 경시적으로 10일 까지는 차이가 없었으나 15일째 증가하였다. 거세우의 경우 1일째 ES구와 NES구는 각각 19.5, 19.2 이었고, 저장기간 15일째에 각각 30.6, 30.4 이었다. 비거세우의 경우도 같은 경향이어서 1일째 각각 20.6, 22.1 이었고, 저장 15일째에 각각 26.5, 24.5 이었다. 보수력(table 5)은 거세우의 경우 ES구와 NES구의 차이가 없었으며, 경시적으로 약간 감소하여 15일째 유의하게 감소하였다. 비거세우의 경우는 ES구에 비하여 NES구가 높은 경향을 나타내었으나 차이가 없었다. 전반적으로 보수력의 결과는 가열감량의 결과와 잘 대응하였다. Whiting 등(1981)과 Terrell 등(1981, 1982a, b, c)은 전기자극처리를 한 경우에도 식육의 가공특성에 나쁜 영향을 미치지 않는다고 하였으며, 본 실험의 가열감량과 보수력의 결과로 보아 이들 선행의 연구결과와 유사하였으며, 전기자극에 의한 가공특성의 손상은 없는것으로 판단되었다.



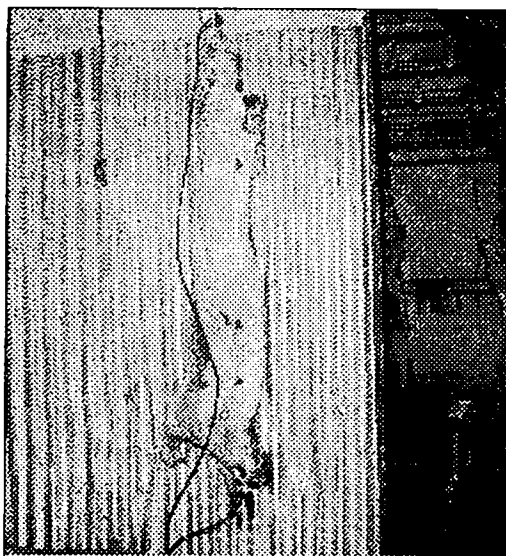
#### 나. 전기자극 처리와 연도

전기자극 처리를 하여 연도가 개선된다는 보고는 대단히 많다(Davey 등, 1976 ; Smith 등, 1977 ; Savall 등, 1977, 1978b). 전기자극에 의해 연도가 개선된다고 주장되는 기작은 주로 세가지로 정리된다. 첫째, 급냉각이 저온단축을 유발하고 질겨지는데 Davey 등(1976)은 전기자극 처리를 하게되면 급냉각에 의해 유발되는 저온단축을 감소하여 연도가 개선된다는 주장을 하였다. 이 주장은 많은 지지를 얻고 있으나, Smith 등(1977)은 전기자극한 도체의 근질길이가 비처리 도체의 근질길이에 비해 길어지는 경우와 그렇지 않은 경우가 있기 때문에 전기자극에 의한 연도개선 효과가 단순히 저온단축과 관련이 있다고 할 수 없다고 하였다. 이러한 주장은 Nicholas와 Cross(1980)에 의해서도 확인되었다. 둘째, Savall 등(1977)과 Duston 등(1980)은 전기자극에 의해 pH가 급속히 저하되고 lysosomal막의 붕괴가 쉽게 진행되며 도체온도가 높은 상태에서 근육내 단백질 분해효소의 활성을 촉진하여 연도가 개선된다고 주장하였다. 셋째, Savall 등(1978a)은 전기자극 처리중의 심한 수축에 의해 근섬유의 물리적 손상이 유발되고 연도가 개선된다고 주장하였다. 도체를 전기자극 처리를 하면 비처리 도체와는 현저히 다른 형태학적 변화로 심한 수축밴드가 나타나며 연도가 개선된다고 하였다. 근원섬유소편화도(MFI)는 고기의 연도를 나타내는 좋은 지표가 된다(Olson과 Parrish, 1976). Table 6을 보면, ES구는 거세우무에 관계없이 NES구에 비해 근원섬유의 소편화가 빠르게 진행되었으며, 전 저장기간에 걸쳐 유의하게 높았다. 거세우의 경우 ES구의 1일째 MFI는 71이었으나, NES구는 45이었으며, 15일째에는 ES구가 105인데 비해 NES구는 90이었다. Savell 등(1978c)은 전기자극 처리한 우육의 등심을 7일간 숙성한 것의 연도가 처리하지 않은 등심의 21일 숙성한 연도에 비해 10% 더 연하였다고 하였으며, 전기자극 처리가 실질적으로 숙성기간을 단축시켜 에너지, 감량, 공간의 절약이 가능하다고 하였다(Savell 등, 1981). 본 실험에서 ES구와 NES구에 있어서 숙성기간중의 MFI의 차이는 거세우육 보다는 비거세우육의 경우가 더욱 현저하였다. Savell 등(1979, 1981)은 전기자극에 의한 연도향상 효과는 동물에 따라 다르며, 질긴고기를 생산하는 도체가 연한고기를 생산하는 도체에 비해 상대적으로 효과가 크다고 하여 본 실험의 결과도 이들의 결과와 같은 경향이었다. Rheometer로 측정된 정도

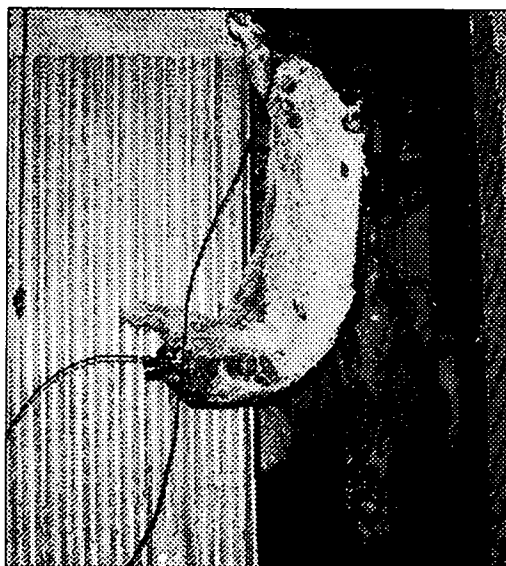
(Table 7)는 ES구가 NES구에 비해 현저하게 낮았으며, 거세우의 경우 1일째의 경도가 ES구와 NES구가 각각 93, 145이었으며, 15일째에는 각각 70, 88이었다. ES구의 1일째 또는 5일째의 경도가 NES구의 15일째의 경도와 비슷한 수준이었다. 이러한 경향은 비거세우의 경우에도 같았으며, 특히 비거세우의 경우 ES구의 효과는 거세우의 경우보다 현저하였다. 즉, ES구와 NES구의 1일째 경도는 각각 100, 205이었으나, 15일째는 70, 120로 낮아졌다. 이 결과는 질긴 고기를 생산하는 도체가 전기자극 처리에 의한 연도향상 효과가 높다는 Savell 등(1979, 1981)의 결과와 일치하였다. 경도의 결과는 근원섬유소편화도의 결과와 일치하였으며, 비거세우육에 대한 전기자극 처리의 연화효과가 좋은 경향이었다.

#### 다. 형태학적 변화

전기자극과 고기연도의 상호관계는 단순히 저온단축의 방지효과에 의한 것으로 설명되어 왔다(Bendall 등, 1976 ; Davey 등, 1976). Pierce(1977)는 전기자극 처리한 근육이 연도는 증가하지만 같은 근육에서 근질의 길이는 유의한 차이가 없었다고 하였다. 이것은 저온단축의 억제효과 이외에 다른 기작이 고기의 연도에 기여한다는 것을 암시한다. Duston 등(1980)은 전기자극에 의해 pH가 급격히 저하하여 lysosomal membrane의 파괴를 가속하고 단백질분해효소가 근육온도가 높은 시기에 유리가 촉진되어 autolysis를 촉진함으로써 연도개선을 유도한다고 주장하였다. 또한 Savell 등(1978a)은 전기자극중 심한 수축으로 근섬유의 물리적파손이 연도를 향상시킨다고 하였다. Fig. 2는 비거세우의 ES구와 NES구의 1일째 전자현미경 사진이다. NES구는 A-, I-band, Z-line의 형태가 온전하게 유지되어 통합성을 보였으나 ES구의 경우는 이들의 정상적인 배열이 파괴되어 있고, 수축밴드(Fig. 2b arrowheads)가 많이 나타나 있으며 근육세포간 간격이 넓은 것이 관찰되었다. 또 근형질막이 약간 팽대되어 있었으며 미토콘드리아의 팽윤도 관찰되었다. ES구와 NES구 양쪽 다 숙성기간이 길어짐에 따라 근원섬유의 소편화가 두드러지는 것은 같은 현상이나 ES구가 빨리 진행되는 것이 특징적이었다. 이러한 일련의 형태적변화가 경도나 MFI의 결과와 잘 부합하고 전기자극이 연도개선의 효과가 있음을 설명할수 있었다. 본 실험의 결과는 Will 등(1980)과 Sorinmade 등(1982)이 전기자극처리한 쇠고기의 초미세구조의 사후변화를 관찰한 결과와 잘 일치하였다. 이러한 결과로 보아 전기자극에 의한 근육의 연화기작의 일부는 근원섬유의 물리적 파괴에 기인한 것이라고 판단되었다.



**Fig. 1. Before electrical stimulation**



**Fig. 2. During electrical stimulation (550V, 90sec)**

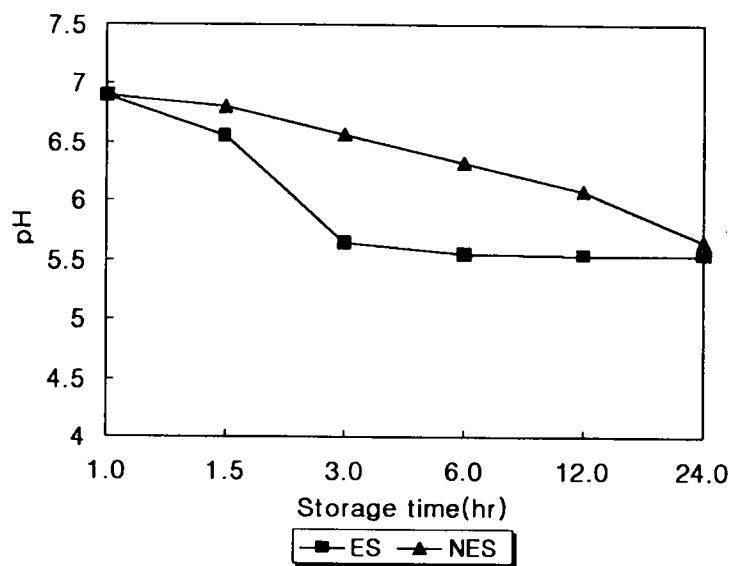


Fig. 3. pH changes of Hanwoo beef during with electrical stimulation

Table 1. Effect of electrical stimulation on L value of Hanwoo beef during storage at  $2 \pm 2^\circ\text{C}$

Storage days	Steer		Bull	
	ES	NES	ES	NES
1	$41.33 \pm 0.52^{ax}$	$42.10 \pm 0.71^{ax}$	$36.76 \pm 2.05^{bx}$	$37.07 \pm 1.35^{bx}$
5	$42.08 \pm 1.31^{abx}$	$43.58 \pm 0.85^{axy}$	$40.51 \pm 1.50^{bcy}$	$39.03 \pm 2.05^{cx}$
10	$45.40 \pm 2.59^{ay}$	$44.81 \pm 3.02^{abxy}$	$42.45 \pm 1.06^{bcyz}$	$42.27 \pm 1.21^{cy}$
15	$47.00 \pm 2.80^{ay}$	$46.08 \pm 2.71^{ay}$	$42.78 \pm 0.74^{bz}$	$42.60 \pm 1.30^{dy}$

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

<sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

**Table 2. Effect of electrical stimulation on a value of Hanwoo beef during storage at 2±2℃**

Storage days	Steer		Bull	
	ES	NES	ES	NES
1	16.42±1.38 <sup>aX</sup>	15.20±2.22 <sup>abX</sup>	14.07±1.39 <sup>abX</sup>	13.23±1.20 <sup>bX</sup>
5	17.86±2.71 <sup>aXY</sup>	16.20±3.94 <sup>abXY</sup>	15.50±1.99 <sup>abX</sup>	13.63±0.65 <sup>bX</sup>
10	20.27±1.79 <sup>aYZ</sup>	19.48±3.55 <sup>abXY</sup>	16.87±2.68 <sup>bcXY</sup>	14.82±1.93 <sup>cX</sup>
15	22.23±1.43 <sup>aZ</sup>	20.21±2.17 <sup>abY</sup>	18.89±1.27 <sup>bY</sup>	18.13±2.61 <sup>bY</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different (P<0.05)

<sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different (P<0.05)

**Table 3. Effect of electrical stimulation on b value of Hanwoo beef during storage at 2±2℃**

Storage days	Steer		Bull	
	ES	NES	ES	NES
1	3.30±0.52 <sup>aX</sup>	4.04±0.28 <sup>aX</sup>	2.34±0.86 <sup>bX</sup>	1.97±0.50 <sup>bX</sup>
5	6.13±0.87 <sup>aY</sup>	6.00±1.85 <sup>aX</sup>	6.16±1.04 <sup>Y</sup>	4.99±0.42 <sup>Y</sup>
10	8.40±0.77 <sup>aZ</sup>	8.69±1.41 <sup>aY</sup>	6.86±0.35 <sup>bY</sup>	4.94±0.35 <sup>cY</sup>
15	9.03±1.04 <sup>aZ</sup>	8.17±1.16 <sup>abY</sup>	6.60±0.39 <sup>bY</sup>	6.75±1.92 <sup>bZ</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different (P<0.05)

<sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different (P<0.05)

**Table 4. Effect of electrical stimulation on cooking loss of Hanwoo beef during storage at  $2 \pm 2^\circ\text{C}$**

Storage days	Steer		Bull	
	ES	NES	ES	NES
1	$19.45 \pm 1.64^{\text{ax}}$	$19.16 \pm 1.54^{\text{ax}}$	$20.58 \pm 2.21^{\text{abx}}$	$22.07 \pm 2.31^{\text{bx}}$
5	$23.13 \pm 0.62^{\text{y}}$	$21.20 \pm 0.76^{\text{x}}$	$22.86 \pm 3.76^{\text{x}}$	$20.76 \pm 2.05^{\text{x}}$
10	$22.26 \pm 1.17^{\text{y}}$	$22.05 \pm 0.60^{\text{x}}$	$23.77 \pm 0.89^{\text{x}}$	$21.77 \pm 1.51^{\text{x}}$
15	$30.55 \pm 0.54^{\text{az}}$	$30.35 \pm 2.82^{\text{ay}}$	$26.49 \pm 0.76^{\text{by}}$	$24.53 \pm 0.52^{\text{by}}$

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

<sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

**Table 5. Effect of electrical stimulation on water holding capacity of Hanwoo beef during storage at  $2 \pm 2^\circ\text{C}$**

Storage days	Steer		Bull	
	ES	NES	ES	NES
1	$66.73 \pm 0.76^{\text{x}}$	$66.33 \pm 0.42^{\text{x}}$	$65.43 \pm 0.72^{\text{x}}$	$65.92 \pm 3.29^{\text{x}}$
5	$64.50 \pm 1.24^{\text{y}}$	$65.79 \pm 1.87^{\text{x}}$	$64.48 \pm 0.77^{\text{x}}$	$65.25 \pm 0.37^{\text{x}}$
10	$64.44 \pm 1.67^{\text{ay}}$	$64.95 \pm 0.89^{\text{abx}}$	$65.00 \pm 0.84^{\text{abx}}$	$66.33 \pm 0.41^{\text{bx}}$
15	$57.83 \pm 2.10^{\text{az}}$	$55.73 \pm 1.18^{\text{by}}$	$58.49 \pm 0.59^{\text{ay}}$	$61.03 \pm 1.13^{\text{cy}}$

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

<sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

**Table 6. Effect of electrical stimulation on myofibrillar fragmentation index of Hanwoo beef during storage at  $2 \pm 2^\circ\text{C}$**

Storage days	Steer		Bull	
	ES	NES	ES	NES
1	70.88 $\pm$ 4.35 <sup>ax</sup>	45.03 $\pm$ 5.24 <sup>bx</sup>	60.33 $\pm$ 3.76 <sup>cx</sup>	34.98 $\pm$ 2.47 <sup>aw</sup>
5	83.33 $\pm$ 4.42 <sup>ay</sup>	69.75 $\pm$ 7.51 <sup>by</sup>	90.20 $\pm$ 7.34 <sup>ay</sup>	50.33 $\pm$ 4.76 <sup>cx</sup>
10	97.35 $\pm$ 11.75 <sup>az</sup>	85.10 $\pm$ 4.12 <sup>abz</sup>	97.43 $\pm$ 9.64 <sup>ayz</sup>	80.38 $\pm$ 4.06 <sup>by</sup>
15	105.18 $\pm$ 8.57 <sup>az</sup>	90.33 $\pm$ 7.42 <sup>bz</sup>	107.33 $\pm$ 12.65 <sup>az</sup>	90.38 $\pm$ 6.90 <sup>bz</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

<sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

**Table 7. Effect of electrical stimulation on hardness of Hanwoo beef during storage at  $2 \pm 2^\circ\text{C}$**

Storage days	Steer		Bull	
	ES	NES	ES	NES
1	93.20 $\pm$ 4.37 <sup>ax</sup>	145.18 $\pm$ 5.51 <sup>bw</sup>	100.18 $\pm$ 8.63 <sup>ax</sup>	205.00 $\pm$ 13.46 <sup>cx</sup>
5	87.18 $\pm$ 8.23 <sup>ax</sup>	126.13 $\pm$ 11.51 <sup>bx</sup>	88.33 $\pm$ 4.68 <sup>ay</sup>	150.35 $\pm$ 10.31 <sup>cy</sup>
10	70.35 $\pm$ 5.52 <sup>ay</sup>	105.38 $\pm$ 7.56 <sup>by</sup>	75.03 $\pm$ 5.12 <sup>az</sup>	130.03 $\pm$ 10.62 <sup>cz</sup>
15	70.23 $\pm$ 5.87 <sup>ay</sup>	88.25 $\pm$ 7.99 <sup>bz</sup>	70.35 $\pm$ 4.65 <sup>az</sup>	120.15 $\pm$ 8.97 <sup>cz</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

<sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different ( $P < 0.05$ )

#### 4. 요약

한우도체를 전기자극처리(550V, 90초)하여 등심근육을 채취하고, 저온저장 하면서 이화학적 성질, 연도 및 형태학적 특성의 변화를 관찰하였다. 전기자극처리 구(ES구)는 대조구(NES구)에 비해 pH가 급격히 저하하여 처리 3시간에 5.64까지 저하하였다. ES구의 L value, a value 및 b value는 거세우육이 비거세우육에 비해 높은 경향이었고 저장중 증가하였으나, 전기자극처리에 의한 차이는 없었다. 가열감량은 전기자극처리 유무나 거세유무에 관계없이 차이가 없었으며, 저장중 약간 증가하는 경향이였다. 보수력은 가열감량의 변화와 잘 대응하였다. 근원섬유소편화는 ES구가 거세유무에 관계없이 NES구에 비해 빠르게 진행되었으며 저장기간에 걸쳐 유의하게 높았다. 또한 경도의 결과도 근원섬유소편화의 결과와 잘 일치하였다. ES구의 전자현미경 사진은 정상적인 배렬의 파괴와 근형질막이 팽대되어 있었으며, 마이토콘드리아의 팽윤도 관찰되었다. 결론적으로 도살직후의 소도체에 전기자극처리 하는 것은 연도개선의 효과가 좋았다.

#### 5. 문헌

1. Bendall, J.R. 1976. Electrical stimulation of rabbit and lamb carcasses. *J. Sci. Food Agric.* 27:819
2. Bendall, J. R. 1980. The electrical stimulation of carcasses of meat animals. In *Developments in Meat Science*, Vol. 1. R.A. Lawrie(ed.). Applied Science Publishers, London.
3. Bendall, J.R., Ketteridge, C.C. and George, A.R. 1976. The electrical stimulation of beef carcasses. *J. Sci. Food Agric.* 27:1123.
4. Boakye, K. and Mittal, G.S. 1996. Changes in colour of beef *M. longissimus dorsi* muscle during ageing. *Meat Sci.* 42:347.
5. Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V. and Shaw, F.D. 1980. Electrical stimulation of beef sides. *Meat Sci.* 4:145.
6. Carse, W.A. 1973. Meat quality and the acceleration of postmortem



- glycolysis by electrical stimulation. *J. Food Technol.* 8:163.
7. Chang, M.U., Arai, K., Doi, Y. and Yora, K. 1976. Morphology and inter-cellular appearance of orchid fleck virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 42; 156.
  8. Chrystall, B.B. and Devine, C.E. 1978. Electrical stimulation, meat tension and glycolysis on bovine sternomandibularis. *Meat Sci.* 2:49.
  9. Chrystall, B.B. Devine, C.E. and Davey, C.L. 1980. Studies in electrical stimulation: postmortem decline in nervous response in lambs. *Meat Sci.* 4:69.
  10. Davey, C.L., Gilbert, K.V. and Carse, W.A. 1976. Carcass electrical stimulation to preventing cold shortening toughness in beef. *N.Z.J. Agric. Res.* 19:13
  11. Dutson, T.R., Smith, G.C. and Carpenter, Z.L. 1980. Lysosomal enzyme distribution in electrically stimulated ovine muscle. *J. Food Sci.* 45:1097.
  12. George, A.R., Bendall, J.R. and Jones, R.C.D. 1980. The tenderizing effect of electrical stimulation of beef carcasses. *Meat Sci.* 4:51.
  13. Newbold, R.P. 1966. Changes associated with rigor mortis. In "The physiology and Biochemistry of Muscles as a Food. Briskey, E.J., Cassens, R.G. and Trautman, J.C. (Editors). Uni. of Wisconsin Press. Madison. pp 213.
  14. Nicholas, J.E. and Cross, H.R. 1980. Effects of electrical stimulation and early postmortem muscle excision on pH decline, sarcomere length and color in beef muscles. *J. Food Prot.* 43:514.
  15. Olson, D.G., Parrish, F.C. Jr. and Stromer, M.H. 1976. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.* 41:1036.
  16. Powell, V.H., Dickson, R.F., Shorthose, W.R. and Jones, P.N. 1996. Consumer assesment of the effect of electrical stimulation on the colour and colour stability of Semimembranosus muscles. *Meat Sci.* 44:213.
  17. Pierce, B.N. 1977. The effect of electrical stimulation and hot boning on beef tenderness. recited from Use of electrical stimulation for hot boning of meat. 1988. Cross, H.G. and Seideman, S.C. *Adv. in Meat Res.* vol.1 pp

159. AVI.
18. Riley,R.R., Savell,J.W. and Smith,G.C. 1980a. Storage characteristics of wholesale and retail cuts from electrically stimulated lamb carcasses. *J. Food Sci.* 45:1101.
  19. Riley,R.R., Savell,J.W., Smith,G.C. and Shelton,M. 1980b. Quality, appearance and tenderness of electrically stimulated lamb. *J. Food Sci.* 45:119.
  20. SAS. 1985. Procedure guide for personal computers. version 6 edition. SAS institute INC., Cary. NC. USA.
  21. Savell,J.W., Smith,G.C., Dutson,T.R., Carpenter,Z.L. and Sutter,D.A. 1977. Effect of electrical stimulation on palatability of beef,lamb and goat meat. *J. Food Sci.* 42:702.
  22. Savell,J.W. Dutson,T.R., Smith,G.C. and Carpenter,Z.L. 1978a. Structural changes in electrically stimulated beef muscle. *J. Food Sci.* 43:1606.
  23. Savell,J.W., Smith,G.C. and Carpenter,Z.L. 1978b. Effect of electrical stimulation on quality and palatability of light-weight beef carcasses. *J. Ani. Sci.* 46:1221.
  24. Savell,J.W., Smith,G.C. and Carpenter,Z.L. 1978c. Beef quality and palatability as affected by electrical stimulation and cooler aging. *J. Food Sci.* 43:1661.
  25. Savell,J.W. and Smith,G.C. 1979. Electrical stimulation - Effects on meat tenderness, muscle structure and the quality indicating characteristics of meat. *Proc. Annu. Meet. Res. Dev. Assoc. Mil. Food Packg. Syst. New.York.* 1979, 1
  26. Savell,J.W., Smith,G.C., Dutson,T.R. and Carpenter,Z.L. 1980. Industry application of electrical stimulation in the United States. *Proc. 26th Eur. Meet Meat Res. Workers. Colorado Springs,* 2, K-2.
  27. Savell,J.W., McKeith,F.K. and Smith,G.C. 1981. Reducing postmortem aging time of beef with electrical stimulation. *J. Food Sci.* 46:1771.
  28. Smith,G.C., Dutson,T.R., Carpenter,Z.L. and Hostetler,R.L. 1977. Using electrical stimulation to tenderize meat. *Proc. Meat Ind. Res. Conf., Am.*

- Meat Inst. Found., Chicago, 1977,147.
29. Smith,G.C., Savell,J.W., Dutson,T.R., Hostetler,R.L, Terrell,R.N., Murphey, C.E. and Carpenter,Z.L. 1980. Effects of electrical stimulation on beef, pork, lamb and goat meat. Proc. 26th Eur. Meet Meat Res. Workers. Colorado Springs, 2, H-5.
  30. Sorinmade,S.O., Cross,H.R., Ono,K and Wergin, W.P. 1982. Mechanisms of ultrastructural changes in electrically stimulated beef longissimus muscle. Meat Sci. 6:71.
  31. Terell, R.N., Ming,C.G., Jacobs,J.A., Smith,G.C. and Carpenter,Z.L. 1981. Effects of chloride salts, acid phosphate and electrical stimulation on pH and moisture loss from beef clod muscles. J. Anim. Sci. 53:658.
  32. Terell,R.N., Correa,R., Leu,R. and Smith,G.C. 1982a. Processing properties of beef semimembranosus muscles as affected by electrical stimulation and postmortem treatment. J. Food Sci. 47:1382.
  33. Terrel,R.N., Jacobs,J.A., Savell,J.W. and Smith,G.C. 1982b. Processing properties of beef clod muscles as affected by electrical stimulation and post-rigor frozen storage. J. Anim. Sci. 54:964.
  34. Terell,R.N., Jacobs,J.A., Savell,J.W. and Smith,G.C. 1982c. Properties of frankfurters made from electrically stimulated beef. J. Food Sci. 47:344.
  35. Whiting,R.C., Strange,E.D., Miller,A.J., Benedict,R.C., Mozersky,S.M. and Swift,C.E. 1981. Effects of electrical stimulation on the functional properties of lamb muscle. J. Food Sci. 46:484.
  36. Will, P.A., Ownby,C.L. and Henrickson,R.L. 1980. Ultrastructural postmortem changes in electrically stimulated bovine muscle. J. Food Sci. 45:21.
  37. 이유헌,성삼경. 1983. 식육과 육제품의 분석실험. 선진문화사.

## 제 2 절 한우육 처리 작업대 표면의 위생 개선에 관한 연구 Improvement of hygienic quality of working surfaces contaminated with hanwoo beef during cutting and distribution

### Abstract

Bacteriological quality of working surface and decontamination method of cutting board were investigated to improve the hygienic quality of Hanwoo beef during distribution. Total bacterial count on plastic working surface was decreased 1 log<sub>10</sub>unit by wipe with disposable paper towel and cotton cloth but decreased 2 log<sub>10</sub> unit by wipe with cotton cloth soaked in 1% lactic acid. Effect of lactic acid applied with cotton cloth on decontamination of working surface was better on stainless steel surface than on plastic and wood. Viable cell of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* on artificially contaminated cutting board decreased below 10 after dipping in commercial anionic detergent(0.15%) and disinfectant(0.35%) for 5 min, respectively. Viable cell of cutting boards contaminated experimentally with *L. monocytogenes* and *E. coli* was decreased about 2 - 4 log<sub>10</sub> unit by dipping in various organic acids for 30 seconds such as acetic, lactic, fumaric and propionic. Decontamination effect of organic acids on wood was lower than that of plastic or stainless steel cutting board.

### 1. 서 론

식품을 다루는 작업대 표면은 원료또는 식품과 접촉하는 표면, 공기, 사람 등의 외부 환경요인으로부터 오염이 되어 최종 제품의 품질에 영향을 미친다. 이

러한 식품과 접촉하는 작업 표면은 신선한 식품의 오염원 역할을 한다. 건강한 동물의 생체 근육은 미생물이 없으나 도살과정중 오염은 피할 수 없는 과정이다. 이러한 오염은 가축의 외부환경과 내장을 통해 주로 이루어 지며 특히 도살, 운반, 절단, 가공, 그리고 저장과정 중에 고기와 접촉에 의해서 이루어진다 (Dicksen and Anderson, 1992, Madden. 1994, Selgas 등 1993). 한우육을 부분 포장하는 작업 현장은 작업중 도구의 반복사용으로 외부로부터 오염이 우려되며 상당부분 작업도구로부터 오염되고있지만, 작업이 끝난후 세척과 소독이 이루어 질뿐 작업도중에는 오염방지를 위한 어떤 조치도 취하고 있지 않는 실정이다. 대부분 한우육의 오염은 처리단계가 복잡할수록 증가하며 각종 처리단계에서 사용되는 도구의 사용빈도가 증가할수록 작업량이 증가할수록 신선육의 오염은 증가된다. 신선육의 작업과정중 오염은 저장성과 직결되므로 작업과정중 오염원인 작업대, 칼, 이동벨트등의 위생처리방안의 확립은 시급한 실정이다. 본연구는 한우육 처리 작업도구의 오염도 조사와 작업대 표면의 위생적 처리를 위해 paper towel, 멸균cotton cloth와 1% lactic acid를 적신 cotton cloth를 이용 한 우육의 취급 과정중 작업환경으로 부터의 미생물 오염을 최소화하기위한 방안을 모색코저 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 작업도구의 위생상태

대구 근교 한우육의 부분 포장육 작업장의 작업중 작업대 표면(stainless steel, plastic) 이동벨트, 칼, 등의 오염도와, paper towel, 멸균cotton cloth와 1% lactic acid를 적신 cotton cloth등을 이용, 각종도구의 표면을 3회 왕복으로 닦아낸 후 표면의 잔존 미생물을 대조구와 총균수, 대장균군수, 그람음성균수를 측정하여 최초 오염도와 비교 하였다. 미생물학적 검사를 계절에 관계없이 일정 기간 간격으로 3회 실시하였으며 작업장 내부의 온도는 15- 20℃범위 였다.

### 나. 작업대 표면의 종류에 따른 세척 및 소독효과

한우 유통중 작업대 표면의 재질로 사용되는 스텐레스(stainless steel), 나무(wood), 플라스틱(polypropylene)을 5 x 5cm 크기로 절단하여 스텐레스와 나무는 121℃ 15분간, 열에 약한 플라스틱은 5% Extran MA 03(phosphate free,

Merck Ltd) 용액에 24시간 침지후 멸균증류수로 세척한 후 24시간 동안 자외선 조사시켜 멸균하였다. 멸균된 조각을 Tryptic soy broth에 24시간 동안 배양시킨 *Listeria monocytogenes* ScottA 와 *Escherichia coli* ATCC 11775 배양액에 각각 1분간 침지시킨 후 건조하여 제조회사(A사)의 사용법에 준하여 각각 0.15%와 0.35%로 희석시킨 시판 세제(anionic detergent)와 염소 소독제(sanitizer)에 각각 5분간 침지시켜 직경 2cm의 원형 고리판을 이용 swab method로 시료를 채취한 후 적정 희석하여 TSB agar에 24시간 배양후 나타난 colony수를 계측하였다.

다. 작업대 표면의 위생처리에 미치는 유기산 처리의 효과

유기산을 이용한 작업대표면의 세척효과를 검토하기 위하여 *Listeria monocytogenes* scott A와 *Escherichia coli* ATCC 11775의 배양액에 1분간 침지시켜 인위적으로 오염시킨 wood, plastic, stainless steel 조각(5×5cm)을 1.5% acetic acid, lactic acid, propionic acid, fumaric acid 용액에 30초와 60초동안 각각 침지시킨 후 멸균 증류수로 세척하여 상기와 같은 방법으로 표면 미생물수의 변화를 계측하였다..

라. 시료채취와 미생물학적 검사

미생물학적검사를 위한 시료채취는 swab method(Kotula, 1966)로 실시하였다. 내경 2 cm인 stainless ring을 이용하여 calcium alginate swab으로 일정면적(3.14 cm<sup>2</sup>)을 채취, 무균적으로 절단하여 0.1 % peptone 희석액에 넣어 적정 희석한 후 pour plate method (APHA, 1992)로 적정 배지에 접종하여 생균수를 측정하였다. 각 측정 미생물별 배양조건과 사용배지는 table 1 에서 보는 바와 같다.

**Table 1. Media and conditons of incubation**

Type of count	Medium	Temp	Time	Reference
Total count	Plate count agar (Difco)	32℃	24 h	
Gram negative	CVT agar	32℃	24 h	(Olson, 1963)
Coliform	Violet red bile agar	37℃	24 h	(Richardson, 1985)

\* CVT : Plate count agar with crystal violet tetrazolium  
( colonies with the violet color on the medium were count)

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 작업대 표면, 칼, 이동벨트의 오염도 및 위생처리 효과

한우 부분육 포장 현장에서 작업중 오염을 감소시키는 방안을 모색코저 한우 육과 접촉하는 작업대 표면, 칼, 이동벨트의 위생과 반복 작업에 의한 오염을 감소시키기 위한 위생처리 방안으로 paper towel, cotton cloth, 1% lactic acid를 적신 cotton cloth를 이용 현장에서 표면을 일정하게 3번 닦아낸 결과 Working surface에 있어서(table 1) plastic의 경우 총균수는 평균  $10^5$  CFU/cm<sup>2</sup> 이었으나 paper towel 과 cotton cloth로 닦아낸 결과 약 1 log<sub>10</sub> cycle이 감소하였으며 1% lactic acid를 적신 cotton cloth를 사용한 경우 약 2 log<sub>10</sub> cycle정도 감소하였다. 작업대가 stainless steel일 경우 paper towel을 사용한 경우 총균수는 약 1 log<sub>10</sub> cycle 감소하였고 lactic acid를 적신 gauze 의 경우 약 2-3 log cycle감소하는 경향을 나타내었다. 저온 유통 신선육의 부패세균의 주를 이루는 그람 음성균수( Gill 과 Newton, 1977)는 plastic의 경우 1% lactic acid를 적신 경우 1.5 log<sub>10</sub> cycle감소하였으며 stainless steel의 경우 감소효과는 더욱 뚜렷하였다. 대장균수의 변화도 유사한 경향을 나타내었다. 일반적으로 플라스틱 작업대가 stainless steel작업대에 비해 오염이 심한 경향을 나타내었고 현장 위생 처리효과도 낮아 작업대(도마)의 경우 stainless steel 을 사용하는 것이 작업중 위생 처리에 효과적일 것으로 판단되었다. 작업과정중 육의 운반에 사용되는 conveyor belt는 작업시작에서부터 끝날때까지 육과 직접 접촉되어 2ck 오염의 원인이 되므로 육의 위생상태에 미치는 영향은 매우 크다. 작업대의 미생물수는 평균  $10^4$ /cm<sup>2</sup> 이었으며 paper towel이나 cotton cloth를 이용 즉석처리후 총균수는 1~3log<sub>10</sub> cycle감소하였으며(table 2) lactic acid를 적신 gauze로 작업도중 닦을 경우 약 2 log<sub>10</sub> cycle 정도의 총균수 감소현상을 나타내었으며 그람음성균수와 대장균균수의 변화는 총균수와 유사한 경향을 나타내었다. Knife의 경우 총균수에 대한 처리효과는 뚜렷하게 나타나지 않았으나, conveyor belt와 유사한 경향을 나타내었다. 작업현장에서 반복되는 작업 진행중 염소제제등의 소독제를 사용하면 더욱 효과적일 수 있으나 특유의 냄새가 육에 이행되어 품질에 악영향을 미칠 수 있으므로 안전한 첨가물(GRAS)로 간주되고 있는(Food and Drug Administration, 1982) lactic acid를 작업현장에서 작업 진행중 단시간의 위생

처리 즉 paper towel이나 깨끗한 천에 적셔 몇번 닦아내면 작업과정중의 미생물 오염은 어느정도 방지할 수 있을것으로 판단되었다.

#### 나. 작업대 표면의 종류에 따른 세척과 소독효과

한우육의 위생적이 유통과 한우육의 처리 또는 판매가 끝난 후의 육표면과 접촉한 작업대(도마) 종류별 위생처리 효과를 검토하기 *Listeria monocytogenes* 와 *Escherichia*를 인위적으로 오염시킨 스테인레스(stainless steel), 나무(wood), 플라스틱(plastic)을 (5cmx5cm) 현재 시판되고 있는 A사 제품인 세제(anionic detergent)와 염소 소독제(sanitizer)를 제조회사에서 요구하는 사용법에 따라 조제한 용액에 각각 5분간 침지시킨 후 표면 미생물의 변화를 관찰한 결과(table 3) *L. monocytogenes*를 인위적으로 오염시킨 plastic cutting board 와 stainless steel의 경우 anionic detergent(0.15%)에 5분간 침지한 결과 표면 미생물수는 3 log<sub>10</sub> cycle정도 감소효과를 나타내었으며 wood의 경우 2 log<sub>10</sub> cycle정도 감소하였다. *Escherichia* 오염 처리구의 경우 wood cutting board의 anionic detergent의 처리효과로 인해 표면 미생물 수는 약 2 log<sub>10</sub> cycle 감소한 반면 stainless steel의 경우 약 5 log<sub>10</sub> cycle, plastic 의 경우 약 5 log<sub>10</sub> cycle정도 뚜렷하게 감소하였다. Anionic detergent에 처리후 시판 염소 소독제(약 0.33%)에 침지한후의 표면미생물수는 *L. monocytogenes*와 *E. coli* 처리구 공히 cm<sup>2</sup>당 plastic cutting board는 10이하의 수로 감소하였으나 wood의 표면 미생물수는 는 plastic cutting board에 비해 약 1 log<sub>10</sub> cycle 이상 높은 경향을 나타내었다. 세척 및 소독효과는 작업도구의 재질에 따라 상이하여 wood의 경우 stainless steel 과 plastic에 비해 낮은 경향을 나타내었으며 stainless steel 의 세척 및 소독효과가 가장 좋았다. Stainless steel 표면의 소독은 plastic 에 비해 특히wood에 비해 훨씬 쉬워( Mossel 등 1966, Ruosch, 1981) 각종 작업대의 재질로는 plastic 이나 stainless steel이 효과적이며 대규모로 반복 사용하는 작업대의 경우 stainless steel, 소규모 작업대의 경우 plastic이 가장 위생처리 효과가 높을 것으로 판단었다.

#### 다. 작업대 표면의 위생처리에 미치는 유기산의 효과

일반 세제나 염소용액을 이용할 경우 미생물의 감소효과는 우수하나 식품과



직접 접촉할 경우 세제의 잔존량 문제와 식품의 풍미 악화를 초래할 위험이 있으므로 세심한 주의가 요구되는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 유기산을 이용하여 작업대표면의 세척 및 오염미생물의 감소효과를 구명하고자 가정과 정육점의 도마로 사용되고 있는 재질인 wood, plastic, stainless steel 조각(5×5cm)에 *Listeria monocytogenes* scott A와 *Escherichia coli*를 인위적으로 오염시킨후 acetic, lactic, propionic, fumaric acid 1.5% 용액에 30초와 60초동안 침지시킨 후 표면 미생물의 변화를 관찰한 결과 Table 4에서 보는 바와 같다.

*Escherichia coli*를 오염시킨 wood의 경우 plastic이나 stainless steel에 비해 유기산 처리효과는 낮았으며 침지시간이 길어짐에 따라 표면 미생물수는 감소하였고 60초후 약 1~2 log<sub>10</sub> cycle의 감소효과는 나타내었으며 사용 유기산중 propionic acid의 효과가 가장 뚜렷하여 Chung 과 Goepfert(1970)은 13종의 유기산중 *Salmonella*억제 효과는 acetic acid 와 propionic acid가 가장 효과적이라는 보고와 유사한 경향을 나타내었다. Plastic과 stainless steel의 경우 유기산 처리효과는 wood에 비해 뚜렷하였으며 60초 처리후 거의 모든 유기산에 의해 <10 이하의 생균수를 나타내었다. *Listeria monocytogenes*를 오염시킨 cutting board의 경우 wood에 대한 유기산 침지 효과는 30초 침지후 대조구에 비해 유기산에 따라 약 2-4 log<sub>10</sub> cycle의 범위로 표면미생물 수 감소 하여 유기산 처리효과는 인정되었으며 propionic acid의 효과가 가장 뚜렷하였다. 60초 침지후의 효과는 30초 침지와 뚜렷한 차이를 관찰할 수 없었다. Plastic과 stainless steel의 경우 30초 침지후 유기산 종류에 관계없이 10이하의 생균수를 나타내었다. 우수한 항균력(bactericidal activity)을 나타내는 acetic acid 또는 lactic acids등의 유기산은 도체의 소독제로 널리 사용하고있으며(Acuff 등 1987, Quartey-Papafio, 등 1980) 일반적으로 안전한 첨가물(GRAS)로 간주되고 있으므로 작업후 도마와 같이 소규모 작업대의 유기산 침지는 표면에 존재하는 대부분의 미생물을 사멸시켜 표면의 위생처리에 효과적일 것으로 판단되었다. Acetic acid의 처리는 acetic acid 고유의 냄새로 인하여 작업대 표면의 세척 및 소독에 사용하기에 부적합하다고 판단되어 lactic acid와 propionic acid용액에 1분과 3분동안 침지시켜 표면 미생물의 변화를 관찰한 결과(Table 5) *E. coli* 와 *L. monocytogenes* 공히 1분 침지후 wood cutting board를 제외하고 대부분의 표면 미생물은 사멸되어 생균수 10이하를 나타내어 위생처리효과가 뚜렷하였다. 대조구의 경우도 침지시간이

경과함에 따라 표면 미생물수는 뚜렷하게 감소하는 경향을 나타내었다. 반복 사용하지 않은 작업대 표면의 경우 작업이 끝난 즉시 오염되지 않은 물로 세척할 경우 어느정도 표면 미생물수를 감소시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 한우육의 골발 또는 판매를 위해 계속해서 오염된 작업대 (도마)를 사용할 경우 오염된 신선육으로부터 작업대 표면으로 작업대 표면에서 신선육으로 오염되는 연쇄적인 오염현상이 발생되므로 작업도중 일정시간 마다 간단한 위생처리가 필요하며 작업자의 세심한 위생관념이 요구된다. 작업대 표면을 보다 위생적으로 관리하려면 작업도중이나 작업후 유기산 용액을 이용하면 표면미생물수를 감소시켜 오염을 어느정도 줄일 수 있는 효과가 있을 것으로 판단된다. 신선육과 단순 접촉에 의해 존재하는 작업대 표면의 미생물은 쉽게 제거할 수 있으나 장기간 반복사용에 의해 누적된 오염에 의해 표면에 미생물막(biofilm)을 형성할 경우 외부환경에 대해 내성이 강해지므로 이들에 대한 유기산의 효과에 관한 연구가 시급히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

**Table 1. Effect of cleaning method on recovery of bacteria from various working surfaces** ( Log No. CFU/cm<sup>2</sup>)

	Total bacteria		Gram negative bacteria		Coliform bacteria	
	plastic	stainless steel	plastic	stainless steel	plastic	stainless steel
A	5.61±0.21*	4.13±0.25	4.08±0.15	2.53±0.14	2.8±0.15	1.26±0.24
B	4.61±0.1	3.49±0.36	3.92±0.25	1.76±0.15	1.54±0.28	<1
C	4.52±0.12	2.3±0.18	3.4±0.33	<1	2.59±0.16	<1
D	3.73±0.05	<1	2.58±0.23	<1	1.84±0.11	<1

\* : Mean ± Standard deviation (n=5), A : Control, B : Paper towel, C : Cleaned cloth, D : Cleaned cloth dipped in 1% lactic acid

**Table 2. Effect of cleaning method on recovery of bacteria from conveyor belt and knife** (Log No. CFU/cm<sup>2</sup>)

	Conveyor Belt			Knife		
	I	II	III	I	II	III
A	4.4±0.14	3.6±0.26	2.39±0.28	4.38±0.28	3.19±0.2	2.45±0.32
B	3.17±0.15	2.3±0.21	1.3±0	4.2±0.12	2.85±0.37	<1
C	1.78±0.35	1.77±0.07	<1	3.38±0.08	1.88±0.39	<1
D	<1	<1	<1	2.47±0.3	<1	<1

\* : Mean ± Standard deviation (n=5), A : Control, B : Paper towel, C : Cleaned cloth, D : Cleaned cloth dipped in 1% lactic acid, I : Total bacteria, II : Gram negative bacteria, III : Coliform bacteria.

**Table 3. Effect of detergent and sanitizer on recoveries of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* from various artificially contaminated cutting board** (Log No. CFU/cm<sup>2</sup>)

	<i>Listeria monocytogenes</i>			<i>Escherichia coli</i>		
	A	B	C	A	B	C
wood	6.56±0.02*	4.86±0.07	<1	7.37±0.04	4.98±0.06	2.51±0.44
stainless steel	6.12±0.02	3.37±0.04	<1	6.41±0.17	2.52±0.1	<1
plastic	6.67±0.13	3.01±0.06	<1	7.46±0.05	2.47±0.15	<1

\* : Mean ± Standard deviation (n=6), A : Control, B : After dip in anionic detergent for 5min, C : dip into commercial chlorine sanitizer for 5min after dip in anionic, detergent for 5min

**Table 4. Effect of organic acid on recoveries of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* from various artificially contaminated cutting board**  
(Log No. CFU/cm<sup>2</sup>)

		Time (sec)	Con(water)	Acetic	Lactic	Fumaric	Propionic
<i>E.coli</i>	Wood	0	5.92±0.04*				
		30	5.49±0.17	4.64±0.22	4.20±0.18	3.58±0.15	<1
		60	4.44±0.12	2.38±0.29	3.20±0.37	2.51±0.20	<1
	Plastic	0	6.67±0.09				
		30	5.30±0.16	1.22±0.24	2.57±0.42	2.58±0.09	<1
		60	4.81±0.55	<1	<1	<1	<1
	Stainless steel	0	6.59±0.18				
		30	3.36±0.14	2.35±0.05	2.90±0.07	1.62±0.28	<1
		60	2.83±0.12	<1	<1	<1	<1
<i>Listeria monocytogenes</i>	Wood	0	6.50±0.03				
		30	5.68±0.07	3.47±0.04	3.33±0.06	2.31±0.21	1.39±0.36
		60	4.89±0.04	3.11±0.23	2.51±0.04	1.51±0.14	<1
	Plastic	0	6.64±0.11				
		30	4.53±0.05	<1	<1	<1	<1
		60	3.45±0.11	<1	<1	<1	<1
	Stainless steel	0	6.78±0.04				
		30	4.00±0.04	<1	<1	<1	<1
		60	3.29±0.05	<1	<1	<1	<1

\* : Mean ± Standard deviation (n=6)

**Table 5. Effect of lactic and propionic acid on recoveries of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* from various artificially contaminated cutting board (Log No. CFU/cm<sup>2</sup>)**

		Time (min)	Control	Lactic acid	Propionic acid
<i>E.coli</i>	Wood	0	5.53±0.66*	<1	<1
		1	3.50±0.11	1.13±0.22	<1
		3	2.56±0.22	<1	<1
	Plastic	0	6.71±0.16	<1	<1
		1	4.40±0.12	<1	<1
		3	3.31±0.09	<1	<1
	Stainless	0	6.67±0.11	<1	<1
		1	2.65±0.07	<1	<1
		3	1.72±0.06	<1	<1
<i>L.monocytogenes</i>	Wood	0	6.46±0.04	<1	<1
		1	4.58±0.21	<1	<1
		3	3.85±0.60	<1	<1
	Plastic	0	6.59±0.20	<1	<1
		1	2.61±0.10	<1	<1
		3	2.47±0.15	<1	<1
	Stainless	0	6.76±0.12	<1	<1
		1	2.62±0.14	<1	<1
		3	2.82±0.11	<1	<1

\* : Mean ± Standard deviation (n=6)

#### 4. 요 약

한우육을 처리하는 작업대 표면의 오염도 조사와 작업대 표면의 위생적 처리 방안을 모색코저 paper towel, 멸균cotton cloth와 1% lactic acid를 적신 cotton cloth를 이용 작업대 표면의 위생처리결과 미생물의 변화는 작업대가 plastic의 경우 총균수는 평균  $10^5$  CFU/cm<sup>2</sup> 이었으나 paper towel 과 cotton cloth로 닦아 낸 결과 약 1 log<sub>10</sub> cycle, 1% lactic acid를 적신 cotton cloth를 사용한 경우 약 2 log<sub>10</sub> cycle정도 감소하였다. Stainless steel인 경우 총균수는 평균  $10^4$  CFU/cm<sup>2</sup> 이었으며 paper towel을 사용한 경우 약 1 log<sub>10</sub> cycle, lactic acid를 적신cotton의 경우 약 2-3 log cycle감소하는 경향을 나타내었다. *L. monocytogenes*와 *Escherichia coli*를 인위적으로 오염시킨 plastic cutting board 와 stainless steel의 경우 시판 anionic detergent(0.15%)와 chlorine sanitizer (0.35%)에 5분간씩 침지한 결과 표면 미생물수는 cm<sup>2</sup>당 10이하로 감소하였다. *Listeria monocytogenes*와 *Escherichia coli*를 오염시킨 오염시킨 cutting board 의 유기산 침지 효과는 30초 침지후 대조구에 비해 유기산에 따라 약 2-4 log<sub>10</sub> cycle의 범위로 감소하였으며 wood의 경우 plastic이나 stainless steel에 비해 유기산 처리효과는 낮았다. 사용 유기산중 propionic acid의 효과가 가장 뚜렷하였다.

#### 5. 문 헌

1. Acuff, G. R., Vanderzant, C., Savell, J. W., Jones, D. K., Griffin, D. B. and Ehlers, J.G. 1987. Effect of acid decontamination of beef subprimal cuts on the microbiological and sensory characteristics. Meat Sci. 19: 217-226.
2. APHA. 1992. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3rd ed. edited by Carl Vanderzant p.80-87
3. Chung, K. C., and J. M. Goefert. 1970. Growth of *Salmonella* at low pH. J. Food Sci. 35:326-328

4. Dickson, J. S., and M. E. Anderson. 1992. Microbiological decontamination of food animal carcasses by washing and sanitizing systems: a review. *J. Food Prot.* 55:133-140.
5. Food and Drug Administration. 1982. GRAS status of acetic acid, ammonium acetate, sodium acetate and sodium diacetate. *Fed. Regist.* 47: 27813-27814.
6. Gill, C. O., and Newton, K. G. 1977. The development of the aerobic spoilage flora on meat stored at chill temperature. *J. Appl. Bacteriol.* 43:189-195.
7. Kotula, A. W. 1966. Variability in microbiological samplings of chickens by the swab method. *Poultry Sci.* 45:232-236.
8. Madden, R. H. 1994. Microbial hazards in animal products. *Proc. Nutr. Soc.* 53:309-316.
9. Mossel, D. A. A., E. H. Kampelmacher, and L. M. van Noorle-Janwen. 1966. Verification of adequate sanitation of wooden surfaces used in meat and poultry processing. *Zbl. Bakt. I., Orig.* 201:91-104.
10. Olson, H. C. 1963. Selective plating technique for detecting contamination of pasteurized milk. *J. Dairy Sci.* 46:362-366.
11. Quartey-Papafio, E. A., Marshall, R. T. and Anderson, M. E. 1980. Short-chain fatty acids as sanitizers for beef. *J. Food Prot.* 43:168-171.
12. Richardson, G. H. 1985. Standard methods for examination of dairy products, 15th ed. American Public Health Association, Washington, D.C.
13. Ruosch, W. 1981. Quantitative germ count of wood or plastic surfaces. *Schweiz. Arch. Tierheik.* 123:97-103.
14. Selgas, D., M. L., Marin, C. Pin, and C. Casas. 1993. Attachment of bacteria to meat surfaces: a review. *Meat Sci.* 34:265-273.

### 제 3 절 유기산 처리가 한우육의 저장성에 미치는 영향

## Effect of organic acids on storage life of Hanwoo beef

#### Abstract

Effect of organic acids and vacuum packaging on storage of hanwoo beef was investigated to improve the hygienic quality and storage life of Hanwoo beef. Viable cell of Hanwoo beef contaminated artificially with *Listeria monocytogenes* was reduced 1.5 to 2.2 log<sub>10</sub> cycle after dipping in fumaric, propionic, acetic acid for 60 second. The color of hanwoo beef was changed significantly by dipping in various organic acids such as fumaric, propionic, lactic, acetic, and gluconic acid. The VBN value of vacuum packaged hanwoo beef treated with propionic, fumaric acids was lower than that of control during storage. TBA value of organic acid treated hanwoo beef was lower than that of control during storage. Microbial count in vacuum packaged hanwoo beef treated with propionic acid was inhibited apparently during storage and fumaric and lactic acid showed inhibitory effect during storage. Fumaric acid and propionic acid showed inhibition effect of spoilage in vacuum packaged Hanwoo beef for 50 days at 4°C.

#### 1. 서 론

도살과정중 동물은 생명체에서 고기로 변하게 된다. 도체에서 소비자의 손에 이르기까지 여러 가지 작업도구, 작업자, 작업대, 작업환경(Mackey & Derrick, 1979, Dewit & Kampelmacher, 1981)을 통하여 오염된다. 오염미생물은 신선육에서 부패와 품질 악화의 주요 원인이 된다. 도체와 반도체, 소매육의 미생물수를 감소시키기 위해 다양한 연구(Acuff 등, 1987)가 진행되어 미생물의 종류, 최초 오염도, 세척 온도, 압력, 오염방지제의 농도등이 영향을 미치는 주요 요인으



로 밝혀졌다(Stevenson 등 1978, Ingram & Robert, 1976, Kelly 등, 1981). 도체와 cut meat 의 오염미생물을 감소 시키기 위해 여러가지 소독제를 사용하여 왔으나 그중 유기산이 가장 많은 관심의 대상이 되어왔고 citric acid, lactic acid, acetic acid, propionic acid, formic acid의 살균효과에 관한 연구가 보고(Dickson & Anderson, 1992)되었다. 이러한 유기산의 농도가 높으면 육색의 변화를 초래하고(Mease, 1993) 가공용기의 부식을 유발(Neuburger, 1975)하므로 지나친 고농도의 유기산 사용을 제한하여야 왔다. 본 연구는 유기산을 이용한 육의 위생처리와 이를 이용한 육의 저장방법을 확립하고자 한우육의 표면미생물에 대한 유기산의 효과와 유기산처리후 진공포장이 육의 저장성이 미치는 효과를 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 재 료

축협공판장에서 출하된 한우 가운데 도축 24시간 경과 후 도체등급 심사에서 1등급 판정을 받은 암소의 등심부위를 채취하여 이용하였다.

### 나. 유기산 침지효과

*Listeria monocytogenes* scott A, *Escherichia coli*를 Tryptic soy broth에 접종하여 37℃에서 24시간 배양시킨 배양액을 멸균 peptone수를 이용 희석한 용액(10<sup>7</sup>/ml)에 신선육 덩어리를 1분간 침지시켜 clean bench상에서 5분간 건조시킨 후 1%의 acetic acid, lactic acid, propionic acid, fumaric acid, gluconic acid에 각각 60초, 120초간 침지한 후 생균수의 변화율을 비교 측정하였다. .

### 다. 유기산의 분무처리가 진공포장육의 저장성에 미치는 효과

1%의 acetic acid, lactic acid, propionic acid, fumaric acid, gluconic acid를 일정한 크기로 절단한 등심 표면에 분무처리 한 후 진공포장(포장재 : polyamide/ polyethylene, 50ml/m<sup>2</sup>·24atm) 하였다. 포장된 각 처리군은 4℃에 50일간 저장하면서 저장기간별로 미생물학적 변화와 이화학적 변화를 관찰하였

다.

라. 시료채취와 미생물학적 검사

미생물학적검사를 위한 시료 채취는 swab method (Kotula, 1966)로 실시하였다. 내경 2 cm인 stainless ring을 이용하여 0.1% peptone으로 적신 calcium alginate swab으로 일정면적(3.14 cm<sup>2</sup>)을 채취, 무균적으로 절단하여 0.1 % peptone 회석액에 넣어 적정 회석한 후 pour plate method (APHA, 1992)로 각각의 배지에 접종하여 생균수를 측정하였다. 각 측정 미생물별 배양조건과 사용 배지는 table 1 에서 보는 바와 같다.

Table 1. Media and conditions of incubation

Type of count	Medium	Temp	Time	Reference
Total count	Plate count agar (Difco)	32℃,	24 h	
Psychrotrophs	Plate count agar (Difco)	7℃,	10 d	
Gram negative	CVT agar	32℃,	24 h	(Olson, 1963)
Coliform	Violet red bile agar	37℃,	24 h	(Richardson, 1985)

\* CVT : Plate count agar with crystal violet tetrazolium  
( colonies with the violet color on the medium were count)

마. 이화학적 변화 검사

pH 측정은 시료 10g에 증류수 30ml를 가하여 균질기(Nihon Seiki, ACE, Japan)로 9,000rpm에서 2분간 균질시킨 후 증류수를 가하여 100ml로 맞춘 용액을 pH meter(Corning ion-analyzer 150, USA)로 측정하였으며 그외 VBN(高板和久, 1975), TBA(Tarladgis 등, 1960) 측정하였다. 육색측정은 색차계(Color difference meter, Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 시료의 포장을 제거하고 30분간 공기 중에 노출시켜 발색시킨 L, a, b값을 측정하였다. 이때 표준색은 L 값 97.69, a값 +0.37, b값 +1.96의 백색 calibration plate를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 유기산 침지가 한우육의 표면 미생물에 미치는 효과

한우육의 표면에 인위적으로 *Listeria monocytogenes*와 *Escherchia coli*를 각각 오염시켜 1% 유기산용액에 60초와 120동안 침지후 생균수의 변화와 육색의 변화를 조사한 결과는 table 1 과 table 2에서 보는 바와 같다. *Listeria monocytogenes*의 경우 fumaric acid, propionic acid, acetic acid에 60초 동안 침지후 1.5~2.2 log<sub>10</sub> cycle 의 생균수가 감소하였으며 120초 동안 침지한 결과는 60초에 비해 뚜렷한 감소현상은 나타나지 않았다. *E. coli*의 경우 60초 동안 유기산의 침지효과는 fumaric acid, lactic acid를 제외하고 뚜렷한 감소현상은 관찰할 수 없었으며 120초 동안 침지 하였을 경우 60초 침지의 경우와 거의 유사하였다. 유기산 침지에 의한 육색의 변화는 whiteness는 유기산 종류에 관계 없이 증가하는 경향을 나타내었으며 redness는 lactic acid와 acetic acid의 경우 별 변화가 없었으나 그 외 유기산 처리구는 감소하였고 특히 propionic acid가 가장 심하였다. Yellowness는 fumaric acid, propionic acid와 gluconic acid의 경우 감소하였고 lactic acid 와 acetic acid는 오히려 증가하였다. 신선육의 유기산 침지는 신선육의 표면 미생물의 수는 어느 정도 감소시킬수 있으나 유기산의 종류에 따라 육색의 변화가 야기 될 수 있으므로 적절한 처리 시간과 농도의 구명이 필요하다고 판단되었다.

나. 유기산 분무처리가 진공포장 한우육의 저장성에 미치는 효과

유기산 침지는 미생물의 수적 감소효과는 기대할 수 있으나 육색의 변화가 기호성에 영향을 미칠 수 있으므로 1% acetic acid, lactic acid, propionic acid, fumaric acid 등의 유기산 용액을 각각 표면 분무 처리후 진공포장하여 4℃에 저장하면서 한우육의 저장중 pH 변화는(fig. 1) 초기 대조구에 비해 유기산 처리구가 낮았으며 각 처리구 공히 저장30일째까지 점차 감소하였다. 30일후 처리구에 따라 상이한 변화를 나타내어 40일 이후 대조구는 유기산 처리구와는 달리 급격히 증가하였다. 유기산 처리구는 대조구에 비해 저장기간 중 전반적으로 낮았으며 propionic acid와 lactic acid의 처리효과가 가장 뚜렷하였다. 저장 중 VBN의 변화 (Fig.2)는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였으며 저장 40일 이후 처리구에 따라 200 mg%를 나타내어 부패 초기 현상을 나타내었다. 저장 40일째 각 처리구별 VBN치는 대조구가 19.57 mg%, fumaric acid처리구가 17.71%,

propionic acid 처리구가 15.84 mg%, lactic acid 처리구 19.57 mg%, acetic acid 처리구 18.64 mg% 그리고 gluconic acid 처리구가 16.78mg%를 나타내어 처리구에 따라 차이는 뚜렷하였으며 전 저장기간동안 propionic 처리구 다른 처리구에 비해 낮은 경향을 나타내었다. 저장기간 중 TBA의 변화는 (Fig.3) 유기산 처리구가 대조구에 비해 전 저장기간 동안 수치가 낮았으며 유기산 종류에 따른 차이는 관찰되지 않았다. 육의 숙성 중 지방 분해효소에 의해 지방은 가수분해되며, 미생물대사에 의해 산화적 변화가 되면서 carbonyl complex, alcohol, ketone, aldehyde 등에 부산물로 분해된다 유기산 처리구가 대조구에 비해 낮은 TBA수치를 나타내어 유기산처리는 지방산패를 억제시킬수 있을 것으로 판단되었다. 저장기간 동안 redness의 변화(Fig.4)는 저장20일 까지 모든 처리구는 포장 개봉 후 선홍색을 나타내었으나 20일 이후 유기산 처리구와는 달리 대조구는 현저한 감소현상을 나타내었다. 유기산 침지처리의 결과와 달리 propionic acid와 fumaric acid 처리구의 육색변화가 가장 적었다. 대조구를 제외한 유기산 처리구의 경우 저장 30일 이후 완만한 감소 현상을 나타내었다. 한우육의 저장성 증진을 위한 유기산의 사용은 육색의 변화를 고려할 때 침지처리 보다 분무처리가 효과적인 방법으로 판단되었다. 유기산처리 진공포장 한우육의 저장 중 총균수의 변화는 (Fig.5) propionic acid 처리구는 저장 초기부터 전 저장기간동안 대조구에 비해 뚜렷한 억제 현상을 나타내었으며 fumaric acid, lactic acid 처리구의 경우 전저장 기간동안 다소 억제하는 경향을 나타내었다. Acetic acid, gluconic acid는 뚜렷한 억제현상을 관찰 할 수 없었다. 저장20일 쯤 대조구는  $10^7/cm^2$  으로 초기 부패현상을 나타내었으나 propionic acid 처리구의 경우  $10^3/cm^2$ 을 나타내었다. Psychrotrops는 저온유통 식품의 부패에 관여하는 주미생물이다. 유기산처리에 의한 진공포장 한우육의 저장중 psychrotrops의 변화는 (Fig.6) propionic acid 처리구기 기정 뚜렷한 억제효과를 나타내었으며 그의 fumaric acid, lactic acid, acetic acid순으로 억제 효과를 나타내었다. Propionic acid 처리구는 총균수와 유사한 경향을 나타내어 전 저장기간동안 뚜렷한 억제현상을 나타내었다. 처리유기산 중 propionic acid의 저장 증진 효과가 가장 클 것으로 판단되어 fumaric acid처리에 의해 진공포장 한우육의 저장성은 어느 정도 향상 될 수 있으리라 판단되었다. 저온저장육의 부패 미생물은 gram negative bacteria 인 *Pseudomonas*, *Alcaligeues* 등이 주를 이루고 있다. 진공포장 한우육의 저장 중 유기산 처리에 의한 그람 음성균의 변화는 (Fig. 7) psychrotrops의

변화와 유사한 경향을 나타내어 propionic acid 처리구 중 제외하고도 뚜렷한 억제효과를 관찰할 수 없었다. 저장 30일 이후 acetic acid 처리효과를 관찰할 수 있었으며 propionic acid 처리구는 전 저장기간 동안 대조구에 비해 뚜렷히 억제되는 경향을 나타내었다. 진공포장 한우육의 저장 중 대장균군의 변화로(Fig.8) gram negative bacteria와 psychrotrophs의 결과와는 달리 대조구에 비해 fumaric acid, Acetic acid 처리구가 저장 20일 이후 뚜렷한 억제 효과를 보였으며 propionic acid 처리구는 전기간동안 대조구에 비해 현저히 대장균군 수가 적어 뚜렷한 억제효과를 나타내었다. 유기산의 분무처리에 의한 진공포장 한우육의 저장성을 지방산화 억제, 미생물성장의 억제로 인해 뚜렷하게 증진되는 효과를 나타내었으며 propionic acid 처리 효과가 가장 뚜렷하였으며 fumaric acid 처리효과도 다소 안정되었다. 신선육의 처리와 유통중 오염을 최소화하고 오염 미생물의 성장 억제를 위한 효과적인 처리방안은 위생적인 유통을 위해 매우 필요하다. 도체와 cut meat에 존재하는 부패성 미생물을 감소시키기 위하여 유기산에 침지 또는 분무 처리(Acuff, 1987, Anderson 등, 1988)가 효과적인 방법이며 lactic, acetic, citric formic, propionic, fumaric acids의 단독 또는 복합 사용(Dickson & Anderson, 1992, Dezeure-Wallays, 1974, Reynold & Carperter, 974, Quartey, 1980)으로 육 표면의 미생물 수는 감소된다. *L. monocytogenes*를 오염시킨 한우육의 유기산 침지 효과는 fumaric acid가 2.3 log<sub>10</sub>, propionic acid 1.6 log<sub>10</sub>, acetic acid 1.7 log<sub>10</sub> 감소하였으나 육색이 변화하는 경향을 나타내어 기호성이 감소할 것으로 판단되었다. 육표면에 유기산을 분무 후 진공포장하여 저장한 결과 육의 저장성이 미치는 유기산 처리효과 propionic acid 처리구의 경우 저장 4℃에서 50일 동안 부패현상을 나타내지 않았다. 유기산종류에 따라 사용식품에 따라 보고되는 다양한 결과는 유기산의 미생물 성장억제는 pH, 산의 해리도, 산분자 자체의 독성 등(Ingram 등, 1950)에 의하여 일어나며 산의 종류와 농도, 미생물의 종류, 저장조건에 따라 그 효과가 다르다는(Ray, 1986) 사실에 기인할 것으로 판단되었다. 유기산 분무 처리후 진공포장 우육의 저장성은 이들 두 요인의 복합효과로 오염 미생물의 성장이 억제되어 육의 저장성에 뚜렷한 효과를 나타내었다고 판단되었다. 이러한 방법을 실제 유통과정중 사용하기 위해서는 유기산의 종류와 처리온도, 적정 농도, 포장전의 육의 위생적인 처리 방안, 육색의 변화에 관한 광범위한 연구가 선행되어야 할 것이다.

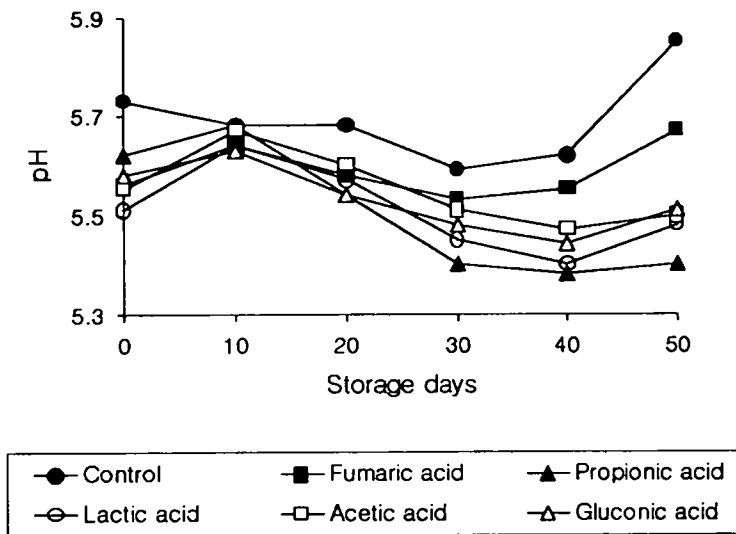
**Table 1. Effect of organic acids on recovery of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* from experimentally contaminated Hanwoo beef ( Log No. CFU/cm<sup>2</sup>)**

	<i>Listeria monocytogenes</i>		<i>Escherichia coli</i>	
	60 <sup>a</sup>	120	60	120
Standard	6.92±0.21*		6.40±0.04	
Control	6.03±0.24	4.71±0.57	5.92±0.05	5.77±0.02
Fumaric acid	3.74±0.13	3.45±0.41	4.58±0.3	4.67±0.26
Propionic acid	4.47±0.13	4.38±0.14	5.57±0.18	5.67±0.16
Lactic acid	5.46±0.42	4.71±0.15	5.12±0.3	5.44±0.15
Acetic acid	4.36±0.34	4.31±0.37	5.74±0.08	5.78±0.03
Gluconic acid	5.04±0.21	4.63±0.25	5.78±0.13	5.66±0.11

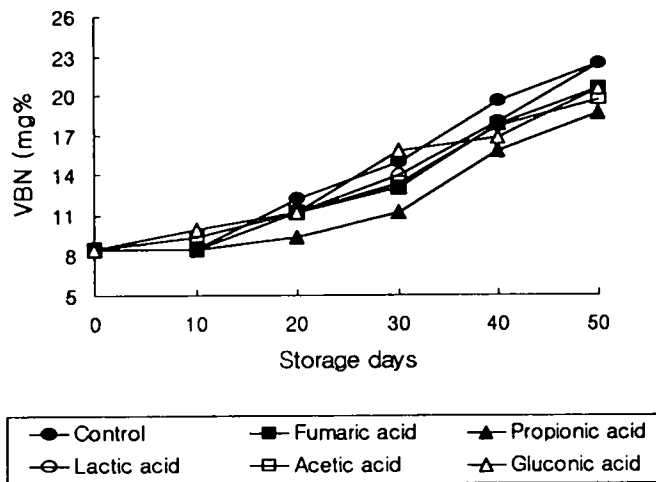
<sup>a</sup> : Dipping time (sec.), \* : Mean ± Standard deviation (n=3)

**Table 2. Effect of organic acids and dipping time on color change of Hanwoo beef ( Log No. CFU/cm<sup>2</sup>)**

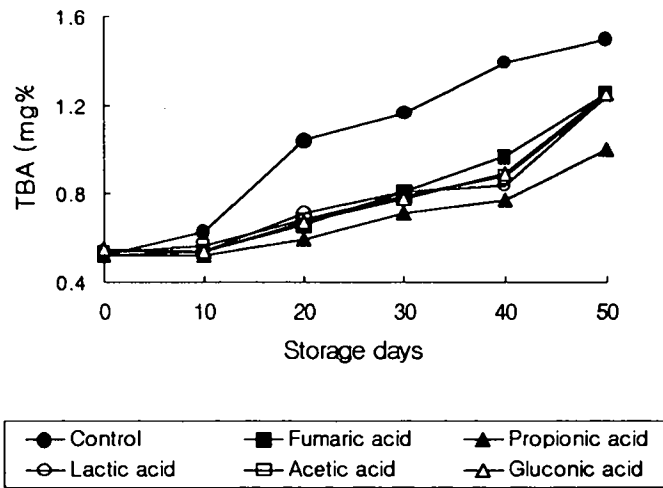
	L		a		b	
	60s	120s	60s	120s	60s	120s
Control	36.44±1.19	38.41±0.66	20.44±0.54	21.42±0.49	8.48±0.17	10.21±0.17
Fumaric acid	37.82±0.93	36.44±1.19	17.25±0.4	17.25±0.4	7.74±0.19	7.80±0.22
Propionic acid	41.91±1.78	43.69±0.88	19.63±0.05	18.69±0.19	7.7±0.44	7.7±0.44
Lactic acid	40.14±0.88	40.63±0.62	20.53±1.23	17.25±0.4	9.27±1.07	7.59±0.66
Acetic acid	39.62±0.11	40.05±0.78	23.84±0.61	23.24±1.08	10.8±0.57	10.48±0.44
Gluconic acid	39.93±1.23	41.97±0.41	17.69±0.22	15.71±0.31	7.73±0.52	6.73±0.51



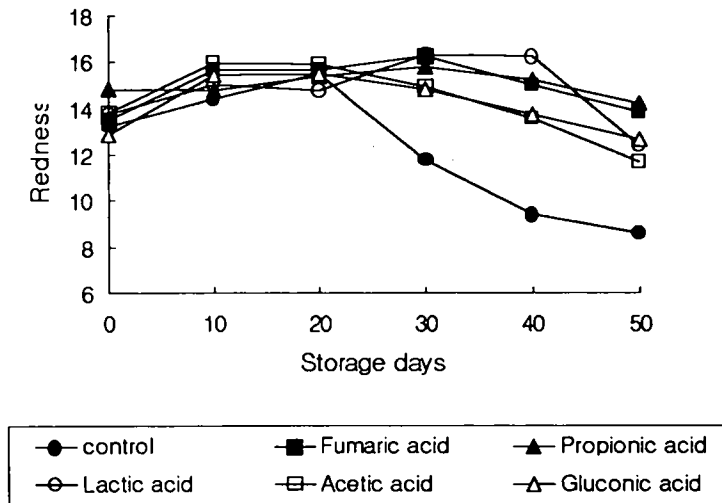
**Fig. 1. Change of pH on Vaccum packaged Hanwoo beef treated with various organic acid during storage at 4°C for 50 days**



**Fig. 2. Change of VBN on Vaccum packaged Hanwoo beef treated with various organic acid during at 4°C for 50 days**

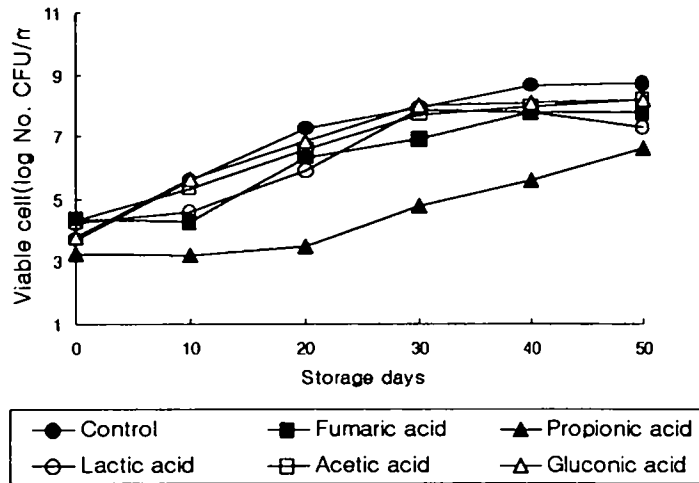


**Fig. 3. Changes of TBA on Vacuum packaged Hanwoo beef treated with various organic acid during storage at 4°C for 50 days**

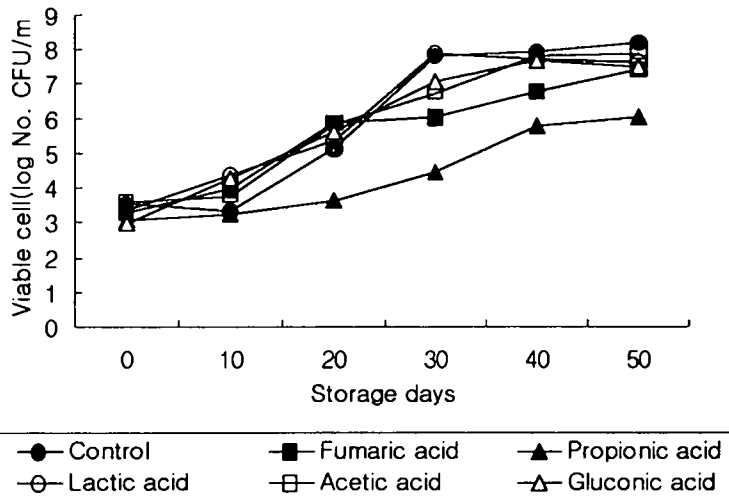


**Fig. 4. Change of Redness on Vacuum packaged Hanwoo beef treated with organic acid during storage at 4°C for 50 days**

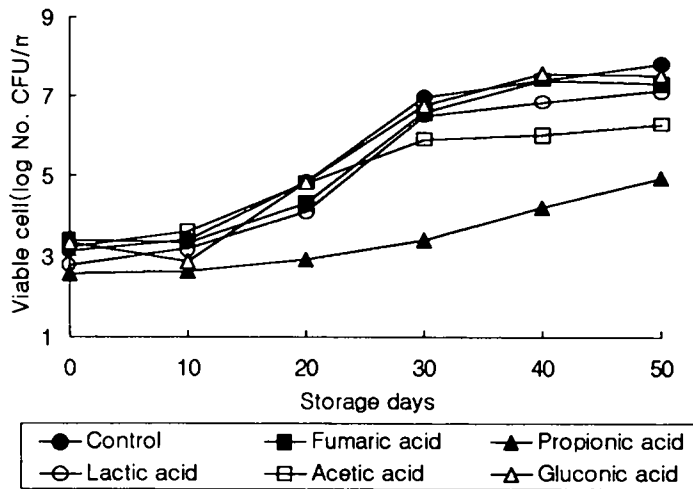




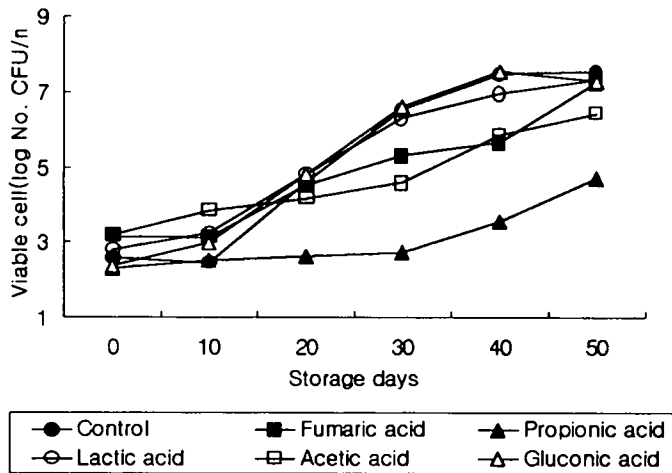
**Fig. 5. Change of Total bacteria on Vacuum packaged Hanwoo beef treated with various organic acid during storage at 4°C for 50 days**



**Fig. 6. Change of Pychrotrophs on Vacuum packaged Hanwoo beef treated with various organic acid during storage at 4°C for 50 days**



**Fig. 7. Change of gram negative bacteria on vaccum packaged Hanwoo beef during storage at 4°C for 50 days**



**Fig. 8. Changes of coliform bacteria on vaccum packaged Hanwoo beef treated with various organic acid during storage at 4°C for 50 days**

#### 4. 요약

유기산을 이용한 육의 위생처리와 이를 이용한 육의 저장방법을 확립하고자 한우육의 표면미생물에 대한 유기산의 효과와 유기산처리후 진공포장이 육의 저장성이 미치는 효과를 검토하였다. *Listeria monocytogenes*에 오염시킨 한우육을 fumaric acid, propionic acid, acetic acid에 60초 동안 침지한 결과 1.5~2.2 log<sub>10</sub> cycle 의 생균수가 감소하였으며 *E. coli*의 경우 60초 동안 유기산의 침지효과는 fumaric acid, lactic acid를 제외하고 뚜렷한 감소현상은 관찰할 수 없었다. 유기산의 분무처리에 의한 진공포장 한우육의 저장중 VBN치는 유기산의 종류에 따라 차이는 뚜렷하였으며 전 저장기간동안 propionic처리 구 다른 처리 구에 비해 낮은 경향을 나타내었다. TBA의 변화는 유기산 처리구가 대조구에 비해 전 저장기간 동안 수치가 낮았으며 유기산 종류에 따른 차이는 나타나지 않았다. 유기산처리 진공포장 한우육의 저장 중 미생물의 변화는 propionic acid 처리구는 저장 초기부터 전 저장기간동안 대조구에 비해 뚜렷한 억제 현상을 나타내었으며 fumaric acid, lactic acid 처리구의 경우 전저장 기간동안 다소 억제하는 경향을 나타내었다. acetic acid, gluconic acid, acetic acid는 뚜렷한 억제현상을 관찰 할 수 없었다. 유기산의 분무처리에 의한 진공포장 한우육의 저장성을 지방산화 억제, 미생물성장의 억제로 인해 뚜렷하게 증진되는 효과를 나타내었으며 propionic acid처리 효과가 가장 뚜렷하였으며 fumaric acid 처리효과도 다소 안정되었다.

#### 5. 문헌

1. Ahamad, N., and E. H. Marth. 1989. BNDhavior of *Listeria monocytogenes* at 7, 13, 21 and 35°C in tryptose broth acidified with acetic, citric or lactic acid. J. Food Prot. 52:688-695.
2. Anderson, M. X., H. E. Huff, H. D. Naumann, and R. T. Marshall. 1988. Counts of six types of bacteria on lamb carcasses dipped or sprayed with acetic acid at 25°C or 55°C and stored vacuum packaged at 0°C. J.

- Food Prot. 51:874-877.
3. APHA. 1992. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3rd ed. edited by Carl Vanderzant p.80-87
  4. Dewit, J. C. and E. H. Kampelmacher. 1981. Some aspects of microbial contamination of hands of workers in food industries. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 172:390-400
  5. Dezeure-Wallays, B., and J. van Hoof. 1980. Effect of lactic acid sprays on beef carcass contamination. *Proc. 26th Eur. Meet. Meat Res. Work. Colorado Springs.* 11:316-319.
  6. Dickson, J. S. and M. E. Anderson. 1992. Microbiological decontamination of food animal carcasses by washing and sanitizing systems : A review. *J. Food Prot.* 55:133-140.
  7. Ingram, M. and T. A. Robert. 1976. The microbiology of the red meat carcass and the slaughterhouse. *Royal Soc. Health J.* 96:270-278.
  8. Ingram, M., Ottowny, F. J. H. and Coppock, J. B. M 1950. The preservation action of acid substances in food. *Chem. Ind.* 42:1154-1156.
  9. Kelly, C. AQ., J. F. Dempster and A. J. McLoughlin. 1981. The effect of spray washing on the development of bacterial numbers and storage life of lamb carcasses. *J. Appl. Bacteriol.* 57:335-359.
  10. Kotula, A. W. 1966. Variability in microbiological samplings of chickens by the swab method. *Poultry Sci.* 45:232-236.
  11. Mackey, B. M. and C. M. Derrick. 1979. Contamination of the deep tissues of carcasses by bacteria present of the slaughter instruments or in the gut. *J. Appl. Bacteriol.* 46:355-366.
  12. Mease, L. 1993. Microbiological condition and display quality of retail steaks as affected by intervention treatments of vacuum packaged beef subprimals stored at different temperatures. M. S. Thesis. Kansas State University. Manhattan. KS.
  13. Neuburger, D. 1975. Sanitixers : A guide for selecting the proper sanitixer for specific areas in the meat plant. *Meat Industry* pp. 24-26.

14. Olson, H. C. 1963. Selective plating technique for detecting contamination of pasteurized milk. *J. Dairy Sci.* 46:362-366.
15. Quartey. Papafio. E. A., R. T. Marshall, and M. E. Anderson 1980. Short-chain fatty acids as sanitizers for beef. *J. Food Prot.* 43:168-171.
16. Ray, B. 1986. Impact of bacterial injury and repair in food microbiology: Its past, present and future. *J. Food Prot.* 49:651-655.
17. Reynolds. A. F., and J. A. Carpenter, 1974. Bactericidal properties of acetic and propionic acids on pork carcasses. *J. Anim Sci.* 38:515-519.
18. Richardson, G. H. 1985. Standard methods for examination of dairy products, 15th ed. American Public Health Association, Washington, D.C.
19. Stevenson. K. E., R. A, Merkel and H. C. Lee. 1978. effects of chilling rate, carcass fatness and chlorine spray on microbiological quality and case life of beef. *J. Food Sci.* 43:849-852.
20. Tarladgis, B. G., B. M. Watts, M. T. Younathan, and L. R. Dugan. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid food. *J. am. Oil Chemist's Society*, 37: 44-47
21. Young, L. L., R. D. Reviere and A. B. Cole. 1988. Fresh meat:a place to apply modified atmospheres. *Food Technol.* 42:65-69.
22. 高板和久. 1975. 肉製品の鮮度保持と測定. *食品工業*, 18, 105-108.

## 제 4 절 한우 부분육 처리단계의 미생물의 변화와 신선육의 유기산처리 효과

### Sanitation of Fresh Meat Processing Plant and Effect of Organic Acids on Quality of Hanwoo Beef

#### Abstract

Sanitation of fresh meat processing plant and effects of organic acids on bacteriological quality of fresh meat were investigated to determine the hygienic marketing system of Hanwoo beef. Bacterial count of working surface in fresh meat processing plant was  $10^4$ - $10^6$ /cm<sup>2</sup> of total aerobes,  $10$ - $10^2$ /cm<sup>2</sup> of coliform and  $10^3$ - $10^4$ /cm<sup>2</sup> of yeast and mold before working. The bacterial counts of working surface were increased by contact with contaminated meat during cut meat procedure. Total bacterial count of half carcass showed  $10^3$ - $10^5$ /cm<sup>2</sup> on surface of the carcass,  $10^2$ - $10^3$ /cm<sup>2</sup> on inner part of meat and  $10^5$ - $10^6$ /cm<sup>2</sup> on surface of deboned meat. The total bacterial count of beef surface was decreased average 1 to 2 log<sub>10</sub> cycle after treated with 0.1% of various organic acids such as acetic, lactic, formic, propionic, citric and ascorbic acid. Of the organic acids, formic acid showed the strongest effect on decontamination of meat surface. Total bacterial count of Hanwoo beef treated with organic acids was 1 to 3 log<sub>10</sub> cycle lower than control after storage for 12 days at 4 °C.

#### 1. 서론

신선육의 유통중 발생하는 이화화적인 변화로 고급육의 상품적 가치의 상실뿐만 아니라 막대한 식자원의 손실을 초래할 수 있으므로 한우육의 생산에서 최종 소비 단계까지 품질의 보존은 육생산에 못지 않게 매우 중요한 과제이다. 한우

육의 고급화 차별화는 비육기술 개발에 대한 연구는 물론이고, 신선육의 생산과정과 유통과정에서의 위생적 처리 및 품질보존에 관한 기술확립이 매우 중요하다. 도체는 판매를 위한 처리초기 부터 미생물의 오염에 노출되어 있으므로 오염을 최소화하는 방안이 시급히 확립되어야 한다. 최근의 세계적인 쇠고기의 유통경향은 동결저장보다 신선육을 그대로 보존하는 추세에 따라 지육을 부분육으로 소포장화 하여 유통되고 있다. 물 또는 소독제재를 이용한 세척에 의한 도체의 표면에 남아있는 미생물의 물리적 제거는 신선육의 미생물학적 품질을 개선시킨다(Kotula 등 1974, Anderson 등 1981). 도체의 세척은 염소등 여러 가지 소독제재를 사용하였으나 우수한 항균력(bactericidal activity)을 나타내는 acetic acid 또는 lactic acids 등의 유기산을 도체의 소독제로 널리 사용하고 있으며 (Acuff 등 1987, Quartey-Papaio, 등 1980) 일반적으로 안전한 첨가물(GRAS)로 간주되고 있다(Food and Drug Administration. 1982). 유기산을 이용한 도체 또는 신선육의 미생물 오염감소의 연구는 lactic acid, acetic acid, propiionic acid, formic acid, citric acid ascorbic acid 등을 단독 또는 혼합 사용하여 수행되어왔다(Ockerman, 등 1974, Smulders, 등 1983, 1985, Reynolds와 Carpenter, 1974, Osthold, 등 1984, Bell, 등 1986, Anderson과 Marshall, 1989, 1990) 본 연구는 한우육의 위생적 유통방안 확립의 일환으로 도체에서 소비자에 이르는 각 단계별 위생상태를 파악하고자 부분육 처리공정의 위생상태를 검토하고 도체의 표면 미생물 수를 최소화하여 위생적인 처리방안과 신선육의 유통기간 연장을 위한 기초적인 연구로 유기산의 처리가 신선육의 표면 미생물에 미치는 효과를 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 부분포장육 작업장의 위생상태

대구 근교 한우육의 부분 포장육 작업장 2곳의 위생상태는 작업대, 이동벨트, 칼, 장갑 등에 관한 미생물학적 검사를 계절에 관계없이 일정기간 간격으로 3회 실시하였다. 이때 작업장 내부의 온도는 15- 20℃범위 였다.

#### 나. 도체의 위생 검사

도축장에서 출하직후 한우의 반도체 육표면과 육내부 근육, 발골이 끝난 발골육의 미생물학적 품질검사를 실시하였다.

#### 다. 시료채취와 미생물학적 검사

미생물학적검사를 위한 시료 채취는 swab method (Kotula, 1966)로 실시하였다. 내경 2 cm인 stainless ring을 이용하여 0.1% peptone으로 적신 calcium alginate swab으로 일정면적(3.14 cm<sup>2</sup>)을 채취, 무균적으로 절단하여 0.1 % peptone 회석액에 넣어 적정 회석한 후 pour plate method (APHA, 1992)로 각각의 배지에 접종하여 생균수를 측정하였다. 각 측정 미생물별 배양조건과 사용 배지는 table 1 에서 보는 바와 같다.

**Table 1. Media and conditions of incubation**

Type of count	Medium	Temp	Time	Reference
Total count	Plate count agar (Difco)	32°C,	24 h	
Psychrotrophs	Plate count agar (Difco)	7°C,	10 d	
Gram negative	CVT agar	32°C,	24 h	(Olson, 1963)
Coliform	Violet red bile agar	37°C,	24 h	(Richardson, 1985)
Lactobacilli	LBS agar (BBL)	32°C,	48 h	
Yeast & Mold	Potato dextrose agar (acidified with tartaric acid)	20°C,	5 d	(Richardson, 1985)

\* CVT : Plate count agar with crystal violet tetrazolium

( colonies with the violet color on the medium were count)

#### 라. 유기산 처리효과

도체의 표면 미생물 수를 swab method로 측정한 다음 acetic acid, lactic acid, formic acid, propionic acid, citric acid 와 ascorbic acid 0.5% 용액에 신선



육 덩어리를 각각 120초간 침지한후 상기와 같은 방법으로 표면 미생물수의 변화를 측정하고, 4℃에 저장하면서 일정간격으로 저장중 총균수, 대장균군수 와 Yeast & Mold의 변화를 대조구와 비교하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 부분육 처리장의 위생

현재 일부에서는 한우육을 부분육으로 처리하여 진공포장 형태로 저장 유통되고 있다. 부분육으로 처리하기 위하여 도체를 골발하여 적당한 크기로 절단할 때부터 고기의 표면은 새로운 오염원에 노출된다. 부분육 처리 공정에서 골발 작업대, 골발과정중 육의 운반하는 conveyor belt, 작업자가 사용하는 칼, 장갑 등이 주 오염원으로 간주되어 이들의 위생상태를 조사한 결과(Table 1) 작업대는 대부분 stainless steel이었으며 발골 작업중의 작업대 표면 미생물 수는 총균수  $10^5 \sim 10^6/\text{cm}^2$ (평균  $10^6/\text{cm}^2$ )의 범위를 보였으며, 작업대에 존재하는 미생물의 분포는 저온성균  $10^3 \sim 10^6/\text{cm}^2$ , 그람음성균  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$ , 대장균군  $10^1 \sim 10^3/\text{cm}^2$ , Lactobacilli  $10^2 \sim 10^4/\text{cm}^2$ , Yeast & Mold 수  $10^3 \sim 10^5/\text{cm}^2$  이었다. 세척한 후 말린 상태의 표면 미생물 수는 총균수  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$ (평균  $10^5/\text{cm}^2$ )의 범위를 보여 효과적인 세척이 이루어지지 않았다고 판단되었다. 이때 존재하는 미생물군은 저온성균 수  $10^3 \sim 10^5/\text{cm}^2$ , 그람음성균수  $10^4/\text{cm}^2$ , 대장균군수  $<10 \sim 10^2/\text{cm}^2$ , Lactobacilli수  $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ , Yeast & Mold수는  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 로 비교적 많은 수의 미생물이 검출되었다. 작업대는 발골및 부분육 처리시 직접 육표면과 접촉하므로 작업대의 위생은 부분육 미생물 수와 밀접한 관계가 있기 때문에 작업 종료 후는 물론 처리과정중 오염 미생물 수를 줄일 수 있는 방안이 조속히 강구되어야 할 것으로 판단되었다.

작업장내의 부분육의 작업단계별 이동수단으로 사용되고 있는 컨베이어 벨트의 표면 미생물수의 경우는 총균수  $10^4 \sim 10^5/\text{cm}^2$  이었으며 그 분포는 저온성균 수  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ , 그람음성균수  $10^3 \sim 10^5/\text{cm}^2$ , 대장균군수  $10^1 \sim 10^2/\text{cm}^2$ , Lactobacilli 수  $10^1 \sim 10^3/\text{cm}^2$ 이었고 Yeast & Mold수는  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타내었다. 발골 및 부분육 절단시 사용하는 칼의 경우 총균수는  $10^4 \sim 10^5/\text{cm}^2$ ,(평균  $10^5/$

cm<sup>2</sup>)의 범위를 나타내었다. 미생물의 분포는 저온성균수 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>, 그람음성균수 10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup>/cm<sup>2</sup>, 대장균균수 <10~10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>, Lactobacilli수 10<sup>1</sup>-10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>, Yeast & Mold수 10<sup>2</sup>~10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>를 나타내었다. 작업중 작업자의 손을 보호하고 오염을 방지하기 위하여 위생장갑을 착용하는 것이 바람직하나 현재 부분육 공장에서 종사하는 작업자의 대부분은 면장갑이나 고무장갑을 착용하고 있다. 작업중 작업자가 착용하는 면장갑의 경우 총균수 10<sup>6</sup>~10<sup>7</sup>/cm<sup>2</sup>(평균 10<sup>6</sup>/cm<sup>2</sup>)로 비교적 높은 미생물 오염도를 나타내고 있으며 그 분포는 저온성균수 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup>/cm<sup>2</sup>, 그람음성균수 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup>/cm<sup>2</sup>, 대장균균수 10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>, Lactobacilli수 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>, Yeast & Mold 10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>이었다. 고무장갑의 경우 총균수 10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup>/cm<sup>2</sup>의 범위를 보였고 그 분포는 저온성균수, 그람음성균수 10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup>/cm<sup>2</sup>, 대장균균수 10<sup>1</sup>~10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>, Lactobacilli수 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>, Yeast & Mold 수 10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>를 나타내어 전 작업공정 중에 신선육과 접촉하는 모든 부분이 심하게 미생물에 오염되어 있었다. 부분포장육의 처리과정중 한우육과 접촉하는 모든 부분들의 한우육의 오염원으로 판단되었으며 특히 작업대 표면과 작업중 착용하는 장갑의 오염이 극심하였다. 부분 포장육의 유통은 저장성이나 원료수급 조절면에서 매우 바람직한 일이라 사료되나 부분육화 하는 과정에서의 철저한 위생관리가 선결되어야 보다 위생적인 한우육의 유통이 가능할 것으로 판단되었다.

#### 나. 도체와 부분육의 미생물오염

도축장을 떠난 후 유통단계의 미생물학적 위생상태가 한우육의 품질에 지대한 영향을 미치는 것과 마찬가지로 도축장에서 출고시 도체의 위생상태 역시 매우 중요한 요인이라 할 수 있다. 도축장에서 출고되는 반도체와 부분육 처리 공정 중 발골 완료상태의 한우육의 미생물학적 위생상태를 비교한 결과(Table 2) 도체 표면의 총균수는 10<sup>3</sup>~10<sup>5</sup>/cm<sup>2</sup>(평균 10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>)의 범위를 나타내었으며 그 분포는 저온성균수 10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>, 그람음성균수 10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup>/cm<sup>2</sup>, 대장균균수 10<sup>1</sup>~10<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>, Lactobacilli수 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>, Yeast & Mold 수 10<sup>2</sup>~10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>를 나타내었다. 도살후 도체표면에 존재하는 대부분의 미생물은 가축의 발굽, 가축, 먼지, 그리고 비위생적인 가공기구에 의해 오염된다(Worfel, 1995). 도살에 사용되는 기구에 의해 소의 내장기관으로 미생물이 오염되기도 하며 작업자도 오염원이 될 수 있으므로(McMeelkin, 1982) 위생적인 도체의 처리, 관리가 필요하다고 판

단되었다. 도체를 부분육으로 처리하는 과정중 발골전 도체 근육내부의 총균수는  $10^2 \sim 10^3/\text{cm}^2$ 의 범위를 나타내었다. 이는 근육내부는 무균상태이나 처리하는 칼의 표면으로부터 오염에 기인된 것으로 판단되었다. 근육내부 미생물의 분포는 저온성균  $10 \sim 10^3/\text{cm}^2$ , 그람음성균  $10^2 \sim 10^4/\text{cm}^2$ , 대장균군수  $<10 \sim 10^2/\text{cm}^2$ , Lactobacilli수  $<10/\text{cm}^2$ , Yeast & Mold 수  $<10 \sim 10^1/\text{cm}^2$ 로 비교적 미생물학적으로 안전한 상태이었으나 부분육 처리를 위한 골발후 골발육의 표면 미생물 수는 총균수  $10^5 \sim 10^6/\text{cm}^2$ 를 나타내어 도체의 표면과 내부근육의 미생물 수에 비해 현저히 증가하였으며 저온성균수  $10^4/\text{cm}^2$ , 그람음성균수  $10^4 \sim 10^5/\text{cm}^2$ , 대장균군수  $10^4 \sim 10^5/\text{cm}^2$ , Lactobacilli수  $10^2 \sim 10^3/\text{cm}^2$ , Yeast & Mold 수  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 를 나타내었다. 이는 골발과정중 각종 기계, 기구 표면으로부터 오염에 기인된 것으로 저장이나 유통과정중 철저한 관리가 수반되지 않을 경우 보다 쉽게 부패될 수 있을 것으로 판단되었다. 도체는 판매를 위한 처리초기 부터 미생물에 노출되는 표면이 많으면 많을수록 오염이 심해 저장성이 단축되므로(Mackey 와 Derrick, 1979) 도체의 취급과정과 한우육의 전체 유통과정에서 위생적인 관리, 각 유통단계별 종사자의 위생의식을 고취시킬 수 있는 방안이 선행되어야 할 것이다.

#### 다. 도체 및 신선육의 유기산 처리효과

도체의 표면 미생물 수를 최소화하여 위생적인 처리방안을 확립하고, 신선육의 유통기간 연장을 위한 기초적인 연구로 acetic acid, lactic acid, formic acid, propionic acid, citric acid, ascorbic acid의 처리가 신선육의 표면 미생물에 미치는 효과와 4℃에 저장중에 미생물의 성장에 미치는 효과를 검토한 결과 유기산 처리 직후 대조구의 총균수는  $10^4/\text{cm}^2$  인데 비해 유기산 처리구의 총균수는(fig. 1) 대조구에 비해 평균 1~2  $\log_{10}$  cycle 감소하는 경향을 나타내었다. 사용 유기산 중 formic acid가 가장 처리효과가 높았으며 lactic acid, citric acid, ascorbic acid도 우수한 경향을 나타내었다. 유기산 처리후 4℃에서 12일간 저장후 총균수는 대조구가  $10^7/\text{cm}^2$ 으로 부패양상을 띠는 반면 유기산 처리구는  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$ 의 범위를 보여 저장 증진효과가 있을 것으로 판단되었다. 유기산 처리직후와 저장후의 각 유기산의 효과는 서로 다른 경향을 나타내었다. 즉 propionic acid의 경우 처리직후의 log reduction은 0.51로 6종류의 사용 유기산중 가장 저조한 효과

를 나타내었으나 12일 저장후의 log reduction은 1.64로 사용 유기산중 두 번째의 효과를 나타내었으나 ascorbic acid의 경우 이와 반대현상을 나타내었다. 이 결과로 미루어 보아 각종 유기산의 bacteriocidal activity 와 bacteriostatic activity는 각기 상이할 것이라 판단되었으며, 도체 처리시 미생물오염의 감소와 신선육 저장시 저장 유통기간 연장을 위해 사용할 유기산은 그 목적에 따라 각기 다른 유기산을 적용하는 것이 더욱 효과적일 것으로 사료되었다. Smulders와 Woolthuis(1983, 1985)는 1.25% lactic acid 처리에 의해 14일 저장후 도체의 호기성균은 대조구에 비해서 감소하였으며 lactic acid의 bacteriocidal effect를 관찰할 수 있었다고 보고하였으며 Bell등(1986)은 0.6% acetic acid와 0.046% formic acid의 혼합액의 bacteriocidal activity는 1.2% acetic acid 의 효과와 비슷한 경향을 나타내었다고 보고하였다. 유기산 처리에 의한 대장균군수의 변화는 fig. 2에서 보는 바와 같이 총균수와 거의 유사한 경향을 나타내었다. 유기산 처리 직후 각유기산별 log reduction은 acetic acid 0.76, lactic acid 0.63, formic acid 1.04, propionic acid 0.77, citric acid 0.99, ascorbic acid 0.76으로 처리 직후의 효과는 거의 비슷한 경향을 나타낸 반면 4℃에서 12일간 저장후 각 유기산별 log reduction은 acetic acid 0.31, lactic acid 0.46, formic acid 3.76, propionic acid 1.68, citric acid 1.07, ascorbic acid 0.10 을 보여 저장중 대장균군의 성장에 미치는 유기산의 효과는 서로 다른 경향을 나타내었다. 유기산중 대장균군에 대한 처리효과는 formic acid, propionic acid, citric acid가 우수한 경향을 나타내었다. 유기산 처리에 의한 yeast & mold수에 미치는 영향은(fig. 3) 처리직후 acetic acid와 formic acid에 의한 log reduction은 각각 1.03, 1.09이었고 그 외 유기산의 효과는 미비한 경향을 나타내었으나 저장 12일 후의 yeast & mold에 대한 유기산의 처리효과는 소멸되어 처리구가 대조구에 비해 성장이 더 증진되는 경향을 나타내었다. 이는 yeast와 mold의 대부분은 산성조건에서 성장할 수 있는 특성( Frazier, 1988)에 기인된 것으로 판단되었다. 도체의 위생적 처리는 신선육의 저장성과 밀접한 관계가 있으므로 도체의 미생물오염을 감소시키기 위한 여러 가지 방안이 다각도로 강구되고 있으나 산 처리에 의해 현재 유통되고 있는 한우육의 오염실태를 어느 정도 개선할 수 있을 것으로 사료되었으며, 사용 산의 종류별, 농도별 단독 또는 복합 처리효과, 처리방법, 처리조건에 관한 보다 종합적이고 구체적인 연구가 선행되어야 한우육의 유통 개선방안이 효과적으로 확립될 수 있을 것으로 판단되었다.

**Table 1. Numbers of viable microorganisms recovered from various surfaces contacted with meat at meat processing plants**

( log<sub>10</sub> CFU/cm<sup>2</sup>)

	Working surface (During working)	Working surface (Before working)	Conveyor belt	Knife	Glove(Cotton)	Glove(Vinyl)
Total bacterial count	6.12±0.37 <sup>a</sup> (5.58~6.54) <sup>b</sup>	5.11±0.59 (4.43~6.32)	5.39±0.30 (4.97~5.83)	5.07±0.29 (4.76~5.65)	6.63±0.27 (6.32~7.03)	5.83±0.35 (5.37~6.38)
Psychrotrophs	4.68±0.73 (3.80~6.05)	4.38±0.45 (3.80~5.08)	4.24±0.18 (3.99~4.41)	3.82±0.5 (3.28~4.95)	5.67±0.37 (5.17~6.32)	5.19±0.31 (4.58~5.58)
Gram negative	5.55±0.63 (4.46~6.32)	4.39±0.27 (4.16~4.88)	4.49±0.57 (3.8~5.2)	4.77±0.2 (4.3~5.11)	6.35±0.27 (5.88~6.54)	5.31±0.26 (4.83~5.58)
Coliform	2.96±0.83 (1.54~3.92)	1.34±0.59 (0.50~2.15)	2.22±0.63 (1.17~2.88)	1.25±0.23 (0.56~2.45)	3.83±0.35 (3.38~4.27)	2.08±0.47 (1.54~2.50)
Lactobacilli	3.29±0.50 (2.50~4.13)	1.85±0.38 (1.34~2.28)	2.71±0.67 (1.80~3.49)	1.72±0.48 (1.28~2.49)	2.75±0.34 (2.20~3.01)	2.82±0.34 (2.38~3.21)
Yeast & Mold	4.73±0.80 (3.78~5.92)	4.34±0.26 (3.88~4.65)	3.91±0.40 (3.42~4.43)	2.98±0.39 (2.41~3.46)	4.20±0.22 (3.83~4.45)	3.79±0.31 (3.33~4.16)

<sup>a</sup> Mean(log<sub>10</sub>) ± standard deviation, n=8 , <sup>b</sup> Range

**Table 2. Numbers of viable organisms recovered from carcass and deboned meat**

( log<sub>10</sub> CFU/cm<sup>2</sup> )

	Carcass (surface)	Carcass (inner meat)	Deboned meat (surface)
Total bacterial count	4.06±0.75a (3.80~5.71)b	2.88±0.42 (2.54~3.68)	5.66±0.28 (5.34~6.06)
Psychrotrophs	4.18±0.27 (3.85~4.48)	2.68±0.47 (1.98~3.11)	4.43±0.23 (4.16~4.68)
Gram negative	4.88±0.54 (4.06~5.68)	3.51±0.44 (2.98~4.13)	4.64±0.34 (4.18~5.08)
Coliform	2.27±0.63 (1.45~2.95)	1.45±0.51 (0.50~2.11)	3.56±0.44 (4.05~5.30)
Lactobacilli	2.92±0.27 (2.58~3.35)	0.72±0.33 (0.35~1.13)	2.87±0.31 (2.58~3.40)
Yeast&Mold	3.29±0.73 (2.13~3.98)	0.52±0.39 (0.11~1.11)	3.96±0.41 (3.50~4.58)

<sup>a</sup> Mean(log<sub>10</sub>) ± standard deviation, n=10, <sup>b</sup> Range

#### 4. 요약

한우육의 위생적인 유통방안을 모색코자 부분육 처리장의 위생실태와 도체 및 신선육의 유기산 처리 효과를 검토한 결과 부분육 처리 공정에서 작업대의 경우 골발작업전 표면 미생물 수는 총균수  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$ , 대장균군수  $<10 \sim 10^2/\text{cm}^2$ , 그리고 Yeast & Mold수  $10^3 \sim 10^4/\text{cm}^2$ 로 비교적 많은 수의 미생물이 검출되었으며 골발 작업중의 작업대 표면 미생물 수는 증가하였다. 도축장에서 출고되는 반도체의 표면 미생물 수는  $10^3 \sim 10^5/\text{cm}^2$  골발전 도체 내부근육의 표면 미생물 수는  $10^2 \sim 10^3/\text{cm}^2$ 로 비교적 위생적인 상태이었으나 부분육 처리를 위한 골발후 골발육의 표면 미생물 수는  $10^5 \sim 10^6/\text{cm}^2$ 로 증가하였다. 도체의 위생적인 처리 방안을 확립하기 위한 acetic acid, lactic acid, formic acid, propionic acid, citric acid, ascorbic acid의 처리 효과는 유기산 처리구직후 대조구의 총균수는  $10^4/\text{cm}^2$ 이었으며 유기산 처리구는 대조구에 비해 평균 1~2 log<sub>10</sub> cycle 감소하는 경향을 나타내었다. 사용 유기산 중 formic acid가 가장 처리효과가 높았으며 lactic acid, citric acid, ascorbic acid도 우수한 경향을 나타내었다. 유기산 처리후 4°C에서 12일간 저장후 총균수는 대조구가  $10^7/\text{cm}^2$ 로 부패양상을 띤 반면 유기산 처리구는  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$ 의 범위를 보여 저장성 증진효과가 있을 것으로 판단되었다.

#### 5. 문헌

1. Acuff, G. R., C. Vanderzant, J. W. Savell, D. K. Jones, D. B., Griffin, and J. G. Ehlers. 1987. Effect of acid decontamination of beef subprimal cuts on the microbiological and sensory characteristics. *Meat Sci.* 19:217-226.
2. Anderson, M. E., and R. T. Marshall. 1989. Interaction of concentration and temperature of acetic and solution on reduction of various species of microorganisms on beef surfaces. *J. Food Prot.* 52:312-315.
3. Anderson, M. E., and R. T. Marshall. 1990. Reducing microbial populations on beef tissues: concentration and temperature of lactic acid. *J. food*

Safety 10:181-190

4. Anderson, M. E., R. T. Marshall, W. C. Stringer, and H. D. Naumann. 1981. Evaluation of a prototype beef carcass washer in a commercial plant. *J. Food Prot.* 44:35-38.
5. APHA. 1992. Comendium of methods for the microbiological examination of foods. 3rd ed. edited by Carl Vanderzant p. 80-87.
6. Bell, M. F., R. T. Marshall, and M. E. Anderson. 1986. Microbiological and sensory tests of beef treated with acetic and fromic acids. *J. Food Prot.* 49:207-210.
7. Food and Drug Administration. 1982. GRAS status of acetic acid, ammonium acetate, sodium acetate and sodium diacetate. *Fed. Regist.* 47:27813-27814.
8. Frazier, W. C. and D. C. Westhoff. 1988. *Food microbiology*. Fourth ed. McGraw-Hill international editions. p.22, 34.
9. Kotula, A.W. 1966. Variability in microbiological samplings of chickens by the swab method. *Poultry Sci.* 45. 233-236
10. Kotula, A. W., W. R. Lusby, J. D. Crouse and B. de Vries. 1974. Beef carcass washing to reduce bacterial contamination. *J. Animal Sci.* 39:674-679.
11. Mackey, B. M., and C. M. Derrick. 1979. Contamination of the deep tissues of carcasses by bacteria present on the slaughter instruments or in the gut. *J. Appl. Bacteriol.* 46:355-366.
12. McMeekin, T. A. 1982. Microbial spoilage of meats. pp. 1-40. In R. Davies (ed.), *Development on food microbiology- I*. Applied Science Publishing, London.
13. Ockerman, H. W., R. J. Borton, V. R. Cahill, N. AA. Parrett, and H. D. Hoffman. 1974. Use of acetic and lactic acid to control the quantity of microorganisms on lamb carcasses. *J. Milk Food Technol.* 37:203-204.
14. Olson, H. C. 1963. Selective plating technique for detecting contamination of pasteurized milk. *J. Dairy Sci.* 46: 362-366.

15. Osthold, W., H-K. Shin, J. Dresel, and L. LEistner. 1984. Improving the storage life of carcasses by treating their surfaces with an acid spray. *Fleischwirtschaft* 64:828-830.
16. Quartey-Papafio, E. A., R. T. Marshall, and M. E. Anderson. 1980. Short-chain fatty acids as sanitizers for beef. *J. Food Prot.* 43:168-171.
17. Reynolds, A. E., and J. A. Carpenter. 1974. Bacteriocidal properties of acetic and propionic acids on pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 38:515-519.
18. Richardson, G. H. 1985. Standard methods for examination of dairy products, 15th ed. American Public Health Association, Washington, D. C.
19. Smulders, F. J. M., and C. H. J. Woolthuis. 1983. Influence of two levels of hygiene on the microbiological condition of veal as a product of slaughtering/processing sequences. *J. Food Prot.* 46:1032-1035.
20. Smulders, F. J. M., and C. H. J. Woolthuis. 1985. Immediate and delayed microbiological effects of lactic acid decontamination of calf carcasses - Influence of conventionally boned versus hot-boned and vacuum-packaged cuts. *J. Food Prot.* 48:849-852.
21. Worfel, R. C., J. N. Sofos, G. C. Schmidt. 1995. Microbial contamination of condensates formed on superstructures of wood and other materials in meat plants. *Dairy, Food and Environmental Sanitation* 15:430-434.



제 5 절 전기자극 처리가 고급 한우육의 육색 및  
지방산화에 미치는 영향  
Effect of Electrical Stimulation on Meat Color and  
Lipid Peroxidation in Korean Beef

**Abstract**

The effects of electrical stimulation on lipid peroxidation and meat color were determined in Korean beef stored at 5°C. Electrical stimulation(ES) meat and Non electrical stimulation(NES) meat were homogenized with distilled water. The degree of lipid peroxidation in ES meat was not significantly different from NES meat until stored at 10 days( $P < 0.05$ ), but TBARS value and  $Fe^{2+}$  ion in ES meat were higher than those of NES meat at stored at 15 days. This seems to be increased more free iron( $Fe^{2+}$ ) from binding iron. However, there were a little different in the amount of total iron between ES meat and NES meat during stored at 5°C( $P < 0.05$ ). Carnosine contents also tended to be decreased as storage time passed away, and it showed a little degradation of carnosine as antioxidant. But they were not significantly different( $P < 0.05$ ). Heme pigment gradually tended to be increased during stored at 5°C, but L value(Lightness) of ES meat was higher than that of NES until storage 1 day. As storage time passed away, L value tended to be decreased after storage at 5 days. The a value (Redness) of ES meat also had the same tendency as L value of ES meat. Overall, ES meat color was kept more bright red than NES meat color, but there were not significantly different( $P < 0.05$ ).

1. 서 론

고급 한우육의 저장유통중 육색유지와 지방산화의 억제는 고급육 생산만큼이나 중요한 과제이다. 그러나, 도살직후 근육에서는 혈관을 통한 산소 및 영양성분의 공급과 대사산물의 타기관으로의 이동이 중지되지만 생화화적인 변화는 도살전과 비슷하게 진행된다. 이러한 생화화적인 변화는 주로 ATP 분해 및 재합성에 기인된다. ATP의 합성은 혐기상태에서의 해당작용과 creatin phosphate 분해 및 ADP가 결합됨으로써 이루어지며, 또한 혐기상태의 해당작용의 결과로 젖산이 생성되어 근육의 pH가 낮아진다. pH의 저하로 근육내 adenykinase가 불활성화되고 glycogen과 creatin phosphate가 생성되면 ATP의 합량이 급격히 감소되어 사후강직이 시작된다(Praendl 등, 1988). 저온단축을 방지하기 위한 목적으로 몇몇의 육류수출 국가에서는 전기자극(Electrical Stimulation)으로 도체의 온도가 저온단축 온도대에 이르기 전에 glycolysis와 사후강직의 진행을 촉진시킨 후, 도체를 냉각하여 동결시키는 방법을 연구하고 산업화시켜 왔다. 또한, 전기자극 처리는 높은 온도와 산성화에서 proteolytic(lysosomal) enzyme의 일부 fiber structure가 파괴되므로 연도가 개선된다는 보고(Miller 등, 1987)가 있으며 그 결과 도살후 수일내에 연한 조직과 좋은 풍미의 고급육을 생산할 수 있는 가능성이 알려졌다. 이러한 쇠고기의 육질과 연도개선을 위해 외국에서 실용화되고 있는 전기자극처리가 국내에서는 시료의 간편성 때문에 토육을 중심으로 진행되었고(강종욱, 1989; 진 등, 1988), 다만 신 등(1993, 1994)이 전기자극이 저장중 한우육의 이화학적 변화와 핵산관련물질의 생성에 미치는 영향에 대한 연구 보고가 있을 뿐이다. 한편, Savell 등(1979)은 도축 후 18~24시간 내에 육색을 평가하였을 때 전기자극 처리구가 무처리구 보다 더 밝고 신선한 육색을 나타내었다고 하였다. 그러나, 육질개선을 위해서 연도개선에 효과가 큰 전기자극처리(550V, 90초)가 한우육의 육색과 지방산화에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 없는 듯 하다. 따라서, 한우육에 전기자극처리구(ES)와 무처리(NES)구로 나누어서 5℃이하에서 15일간 저장하면서 육색과 지방산화의 변화를 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시 약

실험에 사용된 시약은 특급시약이고, Trichloroacetic acid(TCA), ferrozine (3-2-Pyridyl-5,6-bis(4-phenylsulfonic acid)-1,2,4-triazane)과 carnosine은 Sigma chemical Co.(St. Louis, MO)에서 구입하였고, 2-thiobarbituric acid(TBA)는 Eastern Organic Chemicals (Roochester, NY)에서 구입하였다.

#### 나. 고기 혼합물 제조

한우를 도축한 후 1시간이내에 같은 도체에 반쪽은 전기자극(550V, 90초)처리를 하고, 나머지 반쪽은 무처리하여 그 등심을 시료로 사용하여, 3배의 증류수를 가하여 homogenizer로 3,000rpm의 속도로 1분간 분쇄시켰다. 4ml의 분쇄물을 polyethylene 시험관(17×100 mm)에 옮겨 실험에 사용하였다.

#### 다. Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)분석

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)는 Buege 등(1978)의 방법에 따라 측정하였다. 1ml 반응 혼합물이 채워진 시험관을 37℃ water bath에서 1시간 동안 반응 시켰다. 반응이 끝나자마자 50 $\mu$ l dibutyl hydroxy toluene(BHT) 7.2%을 시료에 가하여 산화반응을 정지시켰다. 반응혼합물을 잘 섞은 다음 2ml TCA/TBA 시약을 가하고 다시 혼합 후 끓는물에서 15분간 가열시켰다. 가열 후 찬물에서 식힌 후 2,000×g의 속도로 15분간 원심분리 시켰다. 상등액을 흡광도(Varian Cary-13) 531nm에서 측정하였고, 공시료는 시료 대신에 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS값은 ml 반응혼합물에 대해서  $\mu$ g malondialdehyde(MDA)로 표시하였다.

#### 라. Nonheme iron(비헴철)측정

Ferrozine iron 분석방법 (Carter, 1971)을 약간 수정하여 측정하였다. Total iron 분석을 위해서 1ml시료를 사용하였고, 여기에 2% ascorbic acid (w/v) 0.1ml를 가하여 혼합한 다음 실온(22℃)에서 5분간 반응시켰다. 반응 후 11.3% TCA(w/v) 1ml을 가하고 섞은 다음 반응물을 3000×g에서 15분간 원심분리 시켰다. 상등액 2ml을 시험관에 옮기고 0.8ml의 10% ammonium acetate와 0.2ml의 ferriin color reagent(75mg ferrozine과 75mg neocuproine을 HCl 한방울을 가하여 수용액에 녹인것)를 가하여 섞는다. 그리고, 시료를 3000×g에서 15분간

원심분리 시킨 다음 흡광도계에서 5분 후 562nm 에서 흡광도를 측정하였다. Ferrous iron( $Fe^{2+}$ )분석도 단지 0.1ml ascorbate 대신에 0.1ml TCA를 가한 후 위의 방법과 같이 수행하였다.

#### 마. Carnosine 함량 측정

Carnosine 함량 측정은 Parker(1966)의 방법에 따라 측정하였다. 한우쇠고기 등심(ES처리구, 무처리구) 5g을 1N perchloric acid 15ml를 넣고 1분간 homogenize로 균질하고 5분간 100°C에서 증탕 하였다. 그리고 wathman No. 1. 여지로 걸러 여액 1ml을 10N NaOH 0.9ml를 가한다음 pH 7.0부근으로 중화시킨다음 증류수를 가하여 최종 carnosine 농도가 0.05~0.15 mM이 되도록 희석하였다. 그리고나서, 40mM EDTA 1ml, 2% Sodium Carbonate 1ml, Diazotized D-bromoaniline 2ml와 95% Ethanol 2ml을 차례대로 반응시킨 다음 5분간 정지시킨 후 흡광도 500nm에서 측정하였다.

#### 바. 육색소(heme) 함량

Hornsey(1956)의 방법에 따라 추출용액(acetone : 증류수 : HCl = 40 : 2 : 1) 45ml를 분쇄한 시료 10g에 가하고 5분간 homogenizer로 균질하고, 냉암소에서 1시간 방치 하였다. 이것을 whatman No. 1. filter paper로 여과한 후 여과액을 사용하여 640nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 공시료는 acetone, 증류수, HCl을 각각 80, 18, 2ml를 혼합하여 사용하였고 육색소 함량은 다음식으로 환산하였다.

$$\text{총색소 함량(ppm)} = \text{흡광도} \times 680$$

#### 사. 육색측정

육색은 전기자극처리구와 무처리구로부터 채취한 시료를 직경 3cm, 높이 2.4cm의 크기로 근섬유방향에 평행되게 1개 시료당 9개를 coring하여 4°C에서 30분간 정지공기 상태에 노출시켜 발색시킨 후 polyethylene 필름으로 한 겹 포장하여 색차계(Color difference meter, Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 Hunter값(L=명도, a=적색도, b=황색도)으로 표시하였다. 이때 사용된 표준색판은 기기의 manual에 따라 Y=94.95, a=0.3132, b=0.3203로 하였으며, 6회 반

복하여 평균값을 구하였다.

#### 아. 관능검사

각 시료에 대하여 panel요원 15명을 선발하여 Hedonic scale법에 의한 시료 비교 차이 식별법으로 관능검사를 실시하였다. 각 관능검사 항목은 10단계의 채점표를 이용하여 '매우좋다 10점, 보통이다 5점, 매우 나쁘다 1점'으로 평가하여 통계처리를 실시하였다.

#### 자. 통계분석

각의 시료에 대해 평균±표준오차로 나타내었으며, 각 군에 따른 유의차 검증은 분산분석을 한 후  $\alpha=0.05$  수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 5℃ 저장 중 지방산화에 미치는 전기자극의 영향

전기자극 처리가 고급 한우육의 지방산화에 미치는 영향을 살펴 보기 위해서 전기자극 처리구(550V, 90초)와 무처리구를 5℃에 저장하면서 지방산화 정도를 측정된 결과 저장 10일까지는 두 처리구간에 지방산화 정도의 유의적인 차이가 없었으나, 저장 15일째에는 전기자극 처리가 무처리구 보다 약간 높은 TBARS 값을 나타내어 지방산화가 다소 빨리 진행되었다(Fig. 1). 이러한 지방산화의 차이는 저장 초기보다 저장기간이 지나면서 철 저장단백질과 이동단백질인 ferritin이나 transferrin에 저장된 철의 결합력이 약화되어  $Fe^{2+}$  또는  $Fe^{3+}$ 로 유리되면서 지방산화를 촉진시키는 촉매제 역할을 하였을 것으로 사료된다. 따라서, 이를 구체적으로 확인하기 위해서 Total iron 함량(Fig. 2)과 Ferrous iron 함량(Fig. 3)을 측정된 결과 Total iron 함량은 저장기간별 유의적인 차이가 인정되지 않았으나, Ferrous iron 함량은 저장 15일째 무처리구 보다 전기자극처리가 유의적으로 높아서 이로인해 지방산화를 촉진시켰을 것으로 판단된다. 이러한 결과는

kanner 등(1988)이 자유 철이온이 육제품에서 지방산화를 일으키는 주요 촉매제라고 한 보고와 일치하는 경향이였다.

#### 나. 저장기간 중 carnosine 함량 변화에 미치는 전기자극의 영향

5℃ 저장중 carnosine 함량의 변화에 미치는 전기자극의 영향을 살펴 본 결과(Fig. 4) 저장기간이 지남에 따라 전기자극처리와 무처리구간에 carnosine 함량은 약간씩 감소하는 경향이나 두 처리구간의 큰 차이는 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). Carnosine의 농도별 흡광도와와의 상관관계를 1차 방정식을 구한 결과  $Y=0.0117X+0.1342$ 으로 나타났다(Fig. 5). 즉, carnosine의 농도가 증가함에 따라 비례적으로 흡광도가 증가하는 경향을 나타내어 carnosine의 농도를 흡광도 500nm에서 측정하여 산출할 수 있었다. Carnosine은 쇠고기 골격근에 다량 존재하는 dipeptide로서 carnosine 0.5~1.5%는 동결저장 중 효과적으로 비가열 염지돈육(Decker 등, 1991)과 염지된 분쇄육(Decker 등, 1992)의 지방산화를 억제시켰다고 보고하였다. 본 실험에서 carnosine 함량은 저장초기에는 전기자극 처리구가 21.88 mM/ml, 무처리구가 22.48 mM/ml 이었으나, 저장기간이 지남에 따라 서서히 감소하는 경향이였다. 그러나, 저장초기에 비해 carnosine 함량은 저장 15일째 전기자극처리구가 25.78%, 무처리구가 34.21% 정도가 감소하여 저장기간이 지남에 따라 carnosine의 항산화 능력이 감소하는 것으로 판단된다. 따라서, 저장기간이 지남에 따라 저장성이 감소되는 것으로 사료된다.

#### 다. 저장기간 중 육색의 변화에 미치는 전기자극의 영향

5℃ 저장 중 저장기간이 지남에 따라 heme색소 함량을 측정한 결과(Fig. 6) 저장 1일째까지는 heme색소 함량은 큰 차이가 없었으나, 저장 5일째부터 전기자극처리와 무처리구간에 전체 heme색소 함량의 차이가 인정되었다( $P<0.05$ ). 즉, 저장기간이 지남에 따라 전기자극처리구 보다 무처리구가 전체 heme색소 함량이 높았는데, 이는 저장기간이 지남에 따라 무처리구 보다 metmyoglobin 함량이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 전기자극처리는 육색소인 myoglobin을 oxymyoglobin상태로 유지시켜주는데 비해 무처리구는 oxymyoglobin이 쉽게 산화되어 metmyoglobin 상태로 바꾸기 때문에 짙은 암적색을 나타내게 되는 것으로 사료된다. 색차계에 의한 육색 측정치를 보면(Table 1) 저장

1일째의 L값(명도)을 두 처리구간에 비교하여 보면 전기자극처리구는  $53.08 \pm 0.163$ 으로 무처리구  $38.69 \pm 0.686$ 보다 월등히 높아 육색을 밝게 유지시키는 효과를 나타내었다. 이는 전기자극처리에 의해 육색소인 myoglobin을 oxymyoglobin 상태로 유지시켰기 때문인 것으로 사료되며 a값(적색도)도 전기자극처리구가  $25.70 \pm 1.640$ , 무처리구가  $32.04 \pm 0.283$ 을 나타내어 저장 0일째 보다 더 밝고 붉은 육색을 나타내었다. 통계처리에 의한 유의성 검정에서도 고도의 유의성이 인정되었다( $P < 0.05$ ). 그러나, 저장기간이 지남에 따라 L값은 서서히 감소하는 경향을 나타내었고, 두 처리구간에 차이는 인정되지 않았다( $P < 0.05$ ). 한편, 관능적으로 두 처리구간에 육색과 풍미를 측정된 결과 저장 1일째 전기자극처리구가  $9.83 \pm 0.035$ , 무처리구가  $9.16 \pm 0.230$ 을 나타내어 전기자극처리에 의한 육색이 유의적으로 밝았고( $P < 0.05$ ), 풍미도 전기자극처리가 저장 1일째 약간 더 높은 수치를 나타내었으나, 그 이후에는 두 처리구간에 육색과 풍미가 서서히 감소하는 경향이었고, 전반적으로 전기자극처리구가 약간 높은 경향을 나타내었다. 이러한 전기자극처리에 의한 육색과 풍미의 개선효과를 보고한 Savell과 Smith(1979)의 보고와 일치하는 경향이였다. 이상의 결과를 요약해 보면 전기자극처리는 저장 5일째 까지 높은 육색 유지효과를 나타내었으나, TBARS값은 저장 15일째 무처리구 보다 다소 높은 수치를 나타내어 지방산화가 약간 촉진되는 경향이였다.

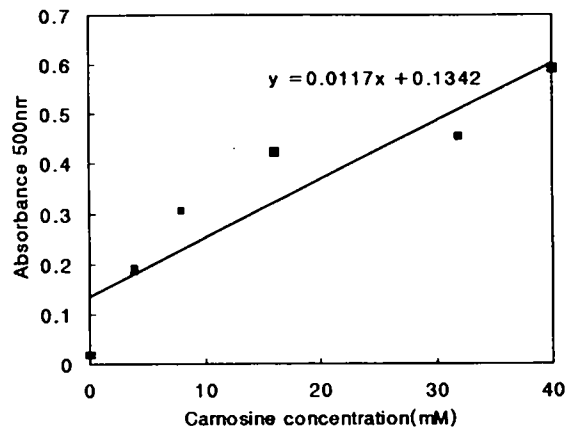


Fig. 1. Standard curve for determining concentration of carnosine.

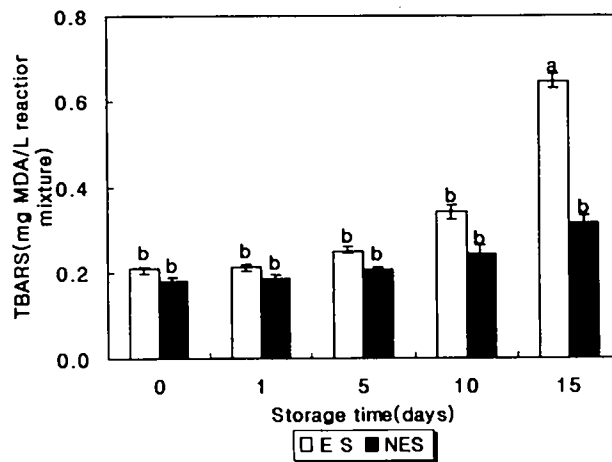


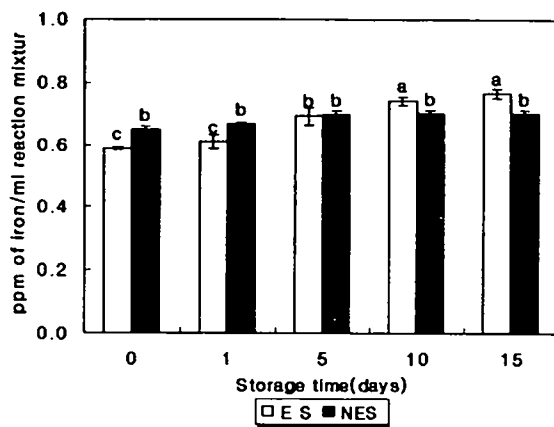
Fig. 2. Effect of electrical stimulation on TBARS values in Korean beef during storage at 5°C.

E S : Electrical Stimulation

NES : Non Electrical Stimulation

<sup>a,b</sup> Different superscripts within a column indicate significant difference ( $p < 0.05$ )

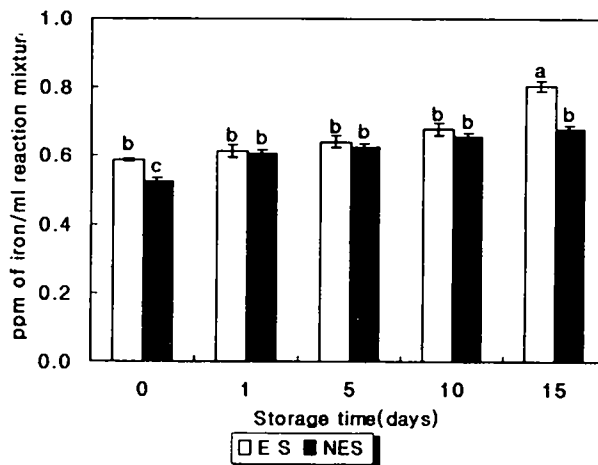




**Fig. 3. Effect of electrical stimulation on the content of total iron in Korean beef during storage at 5°C.**

Symbols are the same as in Fig. 2

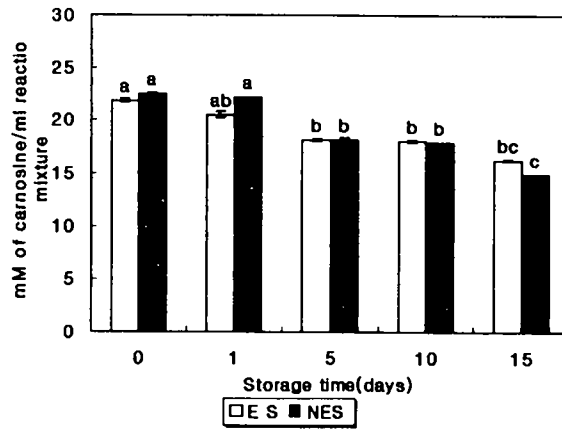
<sup>a,b,c</sup> Different superscripts within a column indicate significant difference ( $p < 0.05$ )



**Fig. 4. Effect of electrical stimulation on the content of ferrous ion in Korean beef during storage at 5°C**

Symbols are the same as in Fig. 2

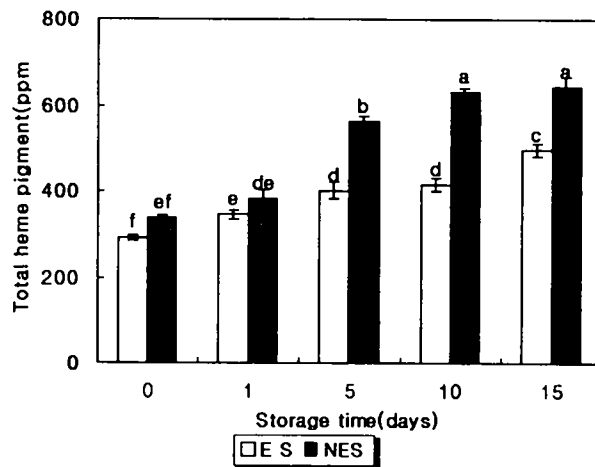
<sup>a,b,c</sup> Different superscripts within a column indicate significant difference ( $p < 0.05$ )



**Fig. 5. Effect of electrical stimulation on the content of carnosine in Korean beef during storage at 5°C**

Symbols are the same as in Fig. 2

<sup>a,b,c</sup> Different superscripts within a column indicate significant difference ( $p < 0.05$ )



**Fig. 6. Effect of electrical stimulation on the content of heme pigment in Korean beef during storage at 5°C**

Symbols are the same as in Fig. 2

<sup>a-f</sup> Different superscripts within a column indicate significant difference ( $p < 0.05$ )

**Table 1. Effect of electrical stimulation on hunter value of korean beef during storage time at 5°C**

Storage time (days)	E S <sup>1)</sup>			NES <sup>2)</sup>		
	L	a	b	L	a	b
0	35.18±0.099 <sup>abc</sup>	15.40±0.078 <sup>cd</sup>	3.24±0.255 <sup>d</sup>	34.65±1.598 <sup>bc</sup>	17.67±0.771 <sup>bc</sup>	3.52±0.049 <sup>d</sup>
1	53.08±0.163 <sup>a</sup>	25.70±1.640 <sup>o</sup>	11.50±0.806 <sup>o</sup>	38.69±0.686 <sup>o</sup>	32.04±0.283 <sup>a</sup>	16.62±0.651 <sup>a</sup>
5	36.85±0.297 <sup>bcd</sup>	17.30±0.226 <sup>bc</sup>	7.93±0.247 <sup>c</sup>	37.28±0.297 <sup>bcd</sup>	20.26±2.333 <sup>cd</sup>	9.23±1.336 <sup>bc</sup>
10	37.54±0.156 <sup>bc</sup>	13.92±0.134 <sup>cd</sup>	8.05±1.329 <sup>c</sup>	38.52±0.212 <sup>o</sup>	23.53±0.148 <sup>bc</sup>	10.88±0.014 <sup>o</sup>
15	32.70±1.202 <sup>e</sup>	15.69±1.541 <sup>cd</sup>	3.77±0.057 <sup>d</sup>	34.01±1.259 <sup>c</sup>	13.29±1.344 <sup>d</sup>	3.73±0.205 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> : Electrical stimulation, <sup>2)</sup> : None electrical stimulation

Standard : L(lightness)=94.5, a(Redness)=0.3132, b(Yellowness)=0.3203

Values represent means±S.D.

**Table 2. Effect of electrical stimulation on meat color<sup>1)</sup> and flavor<sup>2)</sup> of korean beef during storage time at 5°C**

Storage time(days)	E S		NES	
	Color	Flavor	Color	Flavor
0	9.22±0.228 <sup>o</sup>	9.18±0.179 <sup>ab</sup>	9.72±0.060 <sup>ab</sup>	9.66±0.068 <sup>ab</sup>
1	9.83±0.035 <sup>a</sup>	9.82±0.047 <sup>a</sup>	9.16±0.230 <sup>o</sup>	9.12±0.179 <sup>bc</sup>
5	8.36±0.288 <sup>c</sup>	8.50±0.158 <sup>cd</sup>	7.76±0.207 <sup>d</sup>	8.36±0.251 <sup>a</sup>
10	6.58±0.356 <sup>e</sup>	6.42±0.460 <sup>e</sup>	6.16±0.182 <sup>e</sup>	6.54±0.456 <sup>e</sup>
15	5.42±0.327 <sup>f</sup>	2.56±0.428 <sup>f</sup>	3.70±0.453 <sup>g</sup>	2.42±0.409 <sup>f</sup>

<sup>1)</sup>: 1 : very dark red 5 : moderate red 10 : very light red

<sup>2)</sup>: 1 : very unpleasant 5 : moderate 10 : very good

<sup>a-g</sup>: Means(n=5) within a column with no common superscripts are different significantly (P<0.05)

#### 4. 요약

5℃ 저장 중 지방산화 정도는 전기자극 처리육이 저장 10일까지는 유의적인 차이는 없으나( $P<0.05$ ), 저장 15일째에는 무처리 육보다 지방산화가 약간 높은 수치를 나타내었다. 그러나, 저장 15일째 전기자극 처리구(ES)가 무처리구(NES)보다 약간 높은 Ferrous iron( $Fe^{2+}$ ) 함량을 나타내었으나, Total iron 함량은 저장기간 중 차이가 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). Ascorbic acid는 0일째 ES구가 5.16 ppm, NES구가 7.24 ppm을 나타내어 전기자극처리에 의한 vitamin C가 어느정도 파괴된 것 같으나, 유의성이 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). 그러나, 저장 1일째부터는 vitamin C 함량이 두 처리구에서 크게 감소되었다. 육자체의 항산화제인 carnosine 함량은 처리구별 큰 차이는 없으나, 저장기간이 경과함에 따라 감소되는 경향이었고 유의성은 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). SOD 활성도 측정은 superoxide가 ascorbic acid의 산화를 감소시키는 정도로 나타내었는데 0일째는 두 처리구에 차이가 없으나 1일째 부터는 ES구가 NES구 보다 SOD 활성도가 약간 낮았지만 두 처리구간 유의성은 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). 육색소 함량은 두 처리구 간에 비슷한 결과를 나타내었는데 전반적으로 NES구가 약간 높은 경향이었으나, 유의성은 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). 색차계로 측정한 L값(명도)은 저장기간이 지남에 따라 감소하는 경향이거나, 저장 1일째의 L값(명도)을 두 처리구간에 비교하여 보면 ES구는 NES구보다 월등히 높아 육색을 밝게 유지시키는 효과를 나타내었으나, 5일째 부터는 두 처리구간의 차이는 유의성이 없었으며( $P<0.05$ ), a값(적색도)도 같은 경향을 나타내었다. 그러나, 전반적으로 관능검사 결과 부분적으로 ES구는 저장기간 중 NES구에 비해 육색을 밝게 유지하는 효과는 인정되나 통계적으로 큰 차이는 인정되지 않았다( $P<0.05$ ).

#### 5. 문헌

1. Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. Method in enzymol. 105:302.
2. Carter, P. 1971. Spectrophotometric determination of serum iron at the

- submicrogram level with a new reagent(Ferrozine). *Anal. Biochem.*40:450.
3. Decker, E. A. and Crum, A. 1991. Inhibition of oxidative rancidity in salted ground pork by carnosine. *J. Food Sci.* 56:1179.
  4. Decker, E. A. and Crum, A. 1992. Antioxidant activity of carnosine in cooked ground pork. *Meat Sci.* In press.
  5. Hornsey, H. C. 1956. The color of cooked cured pork I: Estimation of the nitric acid heme pigments. *J. Sci. Food Agric.* 7:534.
  6. Kanner, J., Shegalovich, I. and Hazan, B. 1988. Muscle lipid peroxidation dependent on oxygen and free metal ions. *J. Agric. Food Chem.* 36:409.
  7. Miller, M. F., Cross, H. R. and Buyck, M. J. 1987. Bovine Longissimus dorsi Muscle Glycogen and Color Response as Affected by Dietary Regimen and Postmortem Electrical Stimulation in Young Bulls. *Meat Sci.* 19:253.
  8. Praendl, O. A., Schmidhofer, T. and Sinell, H. J. 1988. *Handbuch der Lebensmittel Technologie. Fleisch*, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart. p.130.
  9. Parker, C. J. 1966. Spectrophotometric determination of carnosine and anserine in muscle. *Analytical Chemistry.* 38:1359.
  10. Savell, J. W. and Smith, G. C. 1979. Electrical stimulation-Effects on meat tenderness, muscle structure and the quality indicating characteristic of meat. *Proc. Annu. Meat. Res. Dev. Assoc. Mil. Food Packag. Syst.*, New York. p.1.
  11. Sikic, B. I., Mimnaugh, E. G., Litterst, C. L. and Gram, T. E. 1977. The effects of ascorbic acid deficiency and repletion on pulmonary, renal and hepatic drug metabolism in the guinea pig. *Arch. Biochem. and Biophys.* 179:663.
  12. 강중욱. 1989. 전기자극 근육의 사후변화에 따른 myosin조제 I. 지육의 영향. *한축지.* 29:420.
  13. 신현길, 오은영, 박종흠, 김천제, 허정원. 1993. 전기자극이 저장중 한우육의 이화학적 변화에 미치는 영향. *한국식품과학회지.* 25:252.

14. 신현길, 이용우, 오은경, 최도영. 1994. 전기자극 방법 및 저장온도가 한우 M. Semitendinosus muscle의 핵산관련 물질 생성 및 분해에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 26:343.
15. 진상근, 박구부. 1988. 전기자극이 토육의 저장기간중 pH, 보수성, 근장단백질 추출성에 미치는 영향. 한축지. 30:631.

제 6 절 Vitamin C 와 Vitamin E 처리가 고급 한  
우육의 육색 및 지방산화에 미치는 영향  
Effect of Vitamin C and Vitamin E on Meat Color  
and Lipid Peroxidation in Korean Beef

Abstract

The effects of vitamin C concentration and vitamin E on lipid peroxidation and meat color were determined according to storage conditions (fluorescent light and dark room) in Korean beef stored at 5°C. The meat stored at dark room showed low TBARS value, vitamin C was effective to retard pigment and lipid oxidation, irrespective of storage conditions. However, there were not significantly different between vitamin C 1% and vitamin C 3%, according to storage conditions ( $P < 0.05$ ). Among of them, vitamin C and vitamin E treatment played role as the most powerful antioxidants to reduce lipid oxidation. As storage time goes by, the concentration of vitamin C tended to be decreased gradually and vitamin C 3% had the highest degradation rate. The effect of vitamin C concentration on meat color and meat flavour were determined according to storage conditions. The lightness of meat color treated with vitamin C 1% and vitamin C showed a very high in case of stored at dark room until 5 days. The redness of meat color had very similar tendency to the lightness of meat color in case of stored at dark room until 5 days. After storage for 5 days, there was not significantly different ( $P < 0.05$ ). Sensory test suggested that the change of meat color tended to be decreased gradually, but there was not significantly different during storage at 5°C ( $P < 0.05$ ). However, vitamin C treatment had a slightly higher score in meat color than that of control after storage for 5 days, irrespective of storage conditions ( $P < 0.05$ ). Meat with vitamin C 3% was the most effective to keep meat color during storage for 10 days. And

also, meat flavour tended to be decreased during storage at 5°C, but there were not distinct different according to vitamin C concentration.

## 1. 서 론

고급 한우육의 저장유통 중 육색유지와 지방산화의 억제는 고급육 생산만큼이나 중요한 과제이다. 비록 육색이 고기의 육질을 예측할 수는 없지만 소비자의 신선육 구입시 가장 중요한 요소로 평가되는 것은 육색과 겉모양이라고 해도 과언이 아니다. 이러한 육색의 변화는 도축된 쇠고기가 저장 1~3일 이내에 일어나기 때문에 이기간 이후에는 소비자들의 매력을 잃는 수가 많다(Romans과 Ziegler, 1977). 이러한 이유로는 쇠고기 신선육의 metmyoglobin형성과 지방산화에 기인된다고 사료되며 이에대한 방지법이나 지연방법 개발은 긴요한 과제라고 생각된다. 육색유지 및 지방산화 방지법개발은 여러가지 방법으로 시도되고 있는데 닭(Wabb 등, 1972; Marusich 등, 1975; Bartov 등, 1977; Uebe- rsax 등, 1978; Bartov 등, 1983), 돼지고기(Buckly와 Connolly, 1980)와 쇠고기(Faustman 등, 1989)에 vitamin E를 급여한 후 도계 및 도축한 신선육에서 육색소와 지방의 산화를 감소시키는 방법개발이 진행되어왔다. 그중에서 vitamin C는 수용성 항산화제로서 vitamin E와 공존하면 강한 상승작용(Tappel 등, 1961)을 나타내어 자주 식품가공중 항산화제로서 이용되고 있다. 이러한 vitamin C의 효과를 검토하기 위해서 신선육에 vitamin C를 뿌리는 방법(Costilow 등, 1955), 바르는 방법(Mitsumoto 등, 1991) 그리고 담그는 방법(Okayama 등, 1987)으로 육색의 유지나 개선 및 지방산화 억제정도를 검토하여 왔다. 그러나, vitamin C는 농도별에 따라서 그 효과가 다른데 고농도(5%이상)의 경우 육색이 탈색되어 오히려 바람직스럽지 못하다고 하였으며(Okayama 등, 1987), 저농도(0.0176%)의 경우에도  $Cu^{2+}$ 와 반응하면 산화촉진제(Kanner 등, 1977) 역할을 나타낸다고 하였다. 그러나, 이러한 vitamin C효과를 저장조건(형광등저장, 암실저장)에 따라 육색 및 지방산화억제 효과를 검토한 보고는 거의 없는 듯하다. 따라서, 저장조건에 따라 vitamin C 농도별 고급 한우육의 육색유지 및 지방산화 억제효과를 검토하고자 이 실험을 수행하였다.



## 2. 재료 및 방법

### 가. 시 약

실험에 사용된 시약은 특급시약이고, Trichloroacetic acid(TCA), Ascorbate (vitamin C)와 Tocopherol(vitamin E)은 Sigma chemical Co.(St. Louis, MO)에서 구입하였고, 2-thiobarbituric acid(TBA)는 Eastern Organic Chemicals (Rochester, NY)에서 구입하였다.

### 나. 고기 혼합물 제조

고기 혼합물은 한우육 등심에 vitamin C 0%, 1%, 3% 그리고 vitamin E 0.5% 분무하여 PE 포장한 후 시료로 사용하였고, 3배의 증류수를 가하여 homogenizer로 3,000rpm의 속도로 1분간 분쇄시켰다. 4ml의 분쇄물을 polyethylene 시험관(17×100 mm)에 옮겨 실험에 사용하였다.

### 다. Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)분석

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)는 Buege 등(1978)의 방법에 따라 측정하였다. 1ml 반응 혼합물이 채워진 시험관을 37°C water bath에서 1시간 동안 반응 시켰다. 반응이 끝나자마자 50 $\mu$ l dibutyl hydroxy toluene(BHT) 7.2%을 시료에 가하여 산화반응을 정지시켰다. 반응혼합물을 잘 섞은 다음 2ml TCA/TBA 시약을 가하고 다시 혼합 후 끓는물에서 15분간 가열시켰다. 가열 후 찬물에서 시킨 후 2,000×g의 속도로 15분간 원심분리 시켰다. 상등액을 흡광도(Varian Cary-13) 531nm에서 측정하였고 공시료는 시료대신에 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS값은 ml 반응혼합물에 대해서  $\mu$ g malondialdehyde(MDA)로 표시하였다.

### 라. Ascorbic acid 측정

Sikic 등(1977)의 방법에 따라 chelex-100으로 처리한 증류수 3배를 시료에 가하여 homogenize 시켜 10분 동안 10,000×g에서 원심분리 시킨다. 상등액 0.5ml를 취해서 5% Trichloroacetic acid 2ml로 단백질을 침전시킨다. 다시, 4°C에서 10분 동안 15,000×g에서 원심분리 시킨다. 상등액 0.5ml를 취해서 85%

orthophosphoric acid 0.05ml, 8%  $\alpha, \alpha'$ -dipyridyl 0.05ml, 3% aqueous ferric chloride 0.05ml을 가한다. 1시간 동안 ferrous- dipyridyl chromophore 물질이 생성되도록 실온에 방치한 후 525nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### 마. 육색측정

육색은 vitamin C 0%, 1%, 3% 그리고 vitamin E 0.5% 분무 처리한 한우육 등심으로부터 채취한 시료를 직경 3cm, 높이 2.4cm의 크기로 근섬유방향에 평행되게 1개 시료당 9개를 coring하여 4℃에서 30분간 정지공기 상태에 노출시켜 발색시킨 후 polyethylene 필름으로 한 겹 포장하여 색차계(Color difference meter, Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 Hunter값(L=명도, a=적색도, b=황색도)으로 표시하였다. 이때 사용된 표준색판은 기기의 manual에 따라 Y=94.95, a=0.3132, b=0.3203로 하였으며, 6회 반복하여 평균값을 구하였다.

#### 바. 관능검사

각 시료에 대하여 panel요원 15명을 선발하여 Hedonic scale법에 의한 시료 비교 차이 식별법으로 관능검사를 실시하였다. 각 관능검사 항목은 10단계의 채점표를 이용하여 '매우좋다 10점, 보통이다 5점, 매우 나쁘다 1점'으로 평가하여 통계처리를 실시하였다.

#### 사. 통계분석

각각의 시료에 대해 평균±표준오차로 나타내었으며, 각 군에 따른 유의차 검증은 분산분석을 한 후  $\alpha=0.05$  수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

가. 저장조건에 따른 지방산화에 미치는 Vitamin C 농도와 Vitamin E의 영향  
Fig. 1은 5℃ 저장 중 저장기간에 따른 Vitamin C 농도를 1%와 3% 처리했을

경우 형광등저장과 암실저장시 고급 한우육의 지방산화에 미치는 영향을 조사하였다. 대조구에서의 형광등과 암실저장시 암실저장이 저장기간 중 낮은 TBARS 값을 나타내었고, 저장조건에 관계없이 vitamin C 처리는 지방산화를 억제하는 효과가 있었다. 그러나, vitamin C 1%와 vitamin C 3%의 처리에 따른 암실과 형광등저장시 TBARS값의 차이는 인정되지 않았다( $P < 0.05$ ). 이러한 형광등저장과 암실저장시 TBARS값의 차이가 인정되지 않은 이유는 Harbers 등(1981)이 쇠고기 근육색소에 500W Hg 램프조사시 vitamin C 농도를 0, 0.5%, 1%, 5% 처리를 하였는데, 그중에서 5% vitamin C 처리가 육색의 산화를 지연시키는데 가장 효과적이었다고 보고한 결과를 토대로 볼 때 형광등 저장시 vitamin C 처리는 육색의 산화를 지연시키는 효과가 인정되었다. Vitamin C 농도에 따른 지방산화 억제효과에 대해 Okayama 등(1987)은 3%의 농도를 사용하였고, Harbers 등(1981)은 5%의 농도를 사용하여 고기 표면에 뿌린 결과 처음에는 고기 표면 육색의 탈색이 일어나기 때문에 너무 높은 농도에서는 오히려 비효과적이라고 하였고, 저농도의 vitamin C가 쇠고기 육색과 지방산화를 억제하는데 더 효과적이라고 보고 하였다. 본 실험에서도 1%와 3%의 vitamin C 처리에 따른 지방산화의 차이는 없었기 때문에 1%의 농도가 육색유지와 지방산화를 안정화 시키는데 적당한 농도라고 사료된다. 그러나, vitamin C는 고농도인 0.5%이상(Watts와 Lehmann, 1952)과 저농도인 0.0176%에서 금속이온과 함께 존재할 때 산화촉진제로 작용한다는 보고와 부분적으로 일치하는 경향이였다. 한편, 저장기간 중 vitamin C와 vitamin E가 지방산화에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 TBARS 값을 측정한 결과 저장기간이 지남에 따라 형광등저장(Fig.4)과 암실저장시(Fig.5) TBARS값이 증가하는 경향을 나타내었다. 형광등저장의 경우에도 대조구보다 vitamin C와 vitamin E 처리구가 전반적으로 지방산화가 낮은 경향을 나타내었고 vitamin C와 vitamin E를 동시에 처리한 구가 지방산화 억제능력이 가장 뛰어났다. 이러한 지방산화 억제능력에 대해 Mitsumoto 등(1991)은 vitamin E를 급여한 젖소와 고기소의 등심근육에 vitamin C 담금처리를 하여 육색과 지방산화 안정성을 측정한 결과 대조구보다 vitamin E 급여구가 월등한 육색유지와 지방산화 억제효과를 나타내었다고 하였다. 즉, vitamin E는 세포막으로 흡수되어 결합함으로써 항산화기능을 나타내고, 수용성 항산화제인 vitamin C와 결합하여 상승작용을 나타내어 더욱 강력한 항산화 역할을 한다는

보고(Faustman 등, 1989)와 일치하는 경향이였다. 암실저장도 vitamin C와 vitamin E를 동시에 처리한구가 뛰어난 지방산화 억제능력이 있었다.

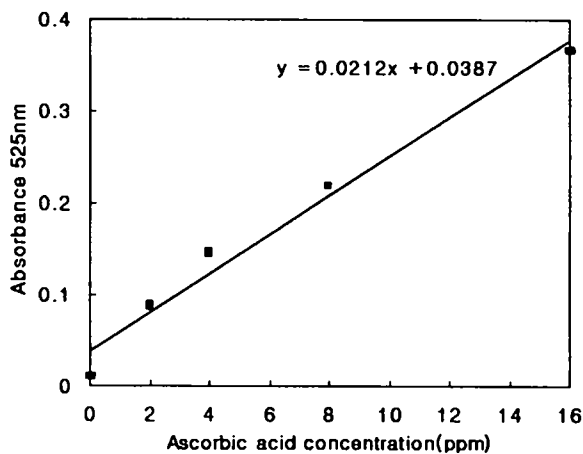
#### 나. 저장기간 중 저장조건에 따른 vitamin C의 함량 변화

5°C 저장 중 vitamin C 함량의 변화에 미치는 형광등저장과 암실저장의 영향을 살펴 본 결과(Fig. 2) 전반적으로 vitamin C 1%와 3%의 처리시 저장기간이 지남에 따라 감소하는 경향이었는데 vitamin C 3% 처리가 가장 vitamin C 감소율이 높았다. 그러나, vitamin C 처리를 하지 않은 대조구는 저장기간이 지남에 따라 vitamin C의 감소가 거의 없었고, vitamin C 함량도 거의 측정되지 않았다. 이러한 저장기간별 vitamin C 변화는 저장 1일째 까지 형광등저장이 암실저장보다 감소율이 높았는데, 이는 형광등에 의한 vitamin C의 붕괴(Birch 등, 1974)를 시사하는 것이다. 그러나, 저장 5일째 부터는 vitamin C 농도별에 따른 vitamin C의 잔존율에는 거의 변화가 없었다. 저장기간이 지남에 따라 vitamin C의 감소로 인해 항산화능력이 떨어짐으로써 TBARS값이 높아 지방산화가 촉진되는 것으로 판단된다. 이와같이 vitamin C는 열, 산소 및 빛에 의해 비교적 불안정화 되기 때문에 vitamin C의 붕괴가 일어나 품질의 열화가 일어난다는 보고(Birch 등, 1974)와도 부분적으로 일치하는 경향이였다. Ascorbic acid의 농도별 흡광도(525nm)와의 상관관계를 1차 방정식으로 구한 결과  $Y=0.0212X+0.0387$ 으로 나타났다(Fig. 3). 즉, ascorbic acid의 농도가 증가함에 따라 비례적으로 흡광도가 증가하는 경향을 나타내어 ascorbic acid의 농도를 흡광도 525nm에서 측정하여 산출할 수 있었다.

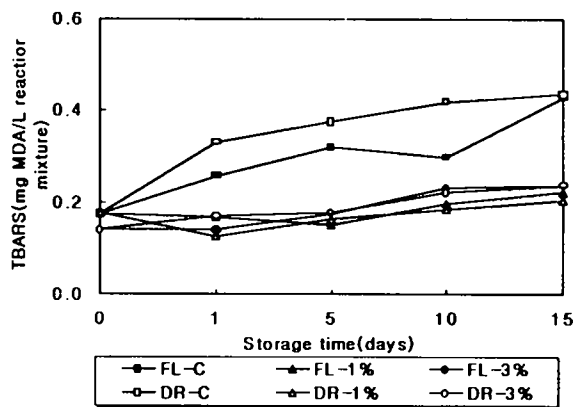
#### 다. 저장기간 중 저장조건별 vitamin C 농도에 따른 육색 및 풍미의 변화에 미치는 영향

5°C 저장 중 저장기간이 지남에 따라 육색의 변화를 측정된 결과 육색의 밝기는 암실저장의 경우 vitamin C 3%와 1% 처리가 저장 5일째 까지 가장 밝은 육색을 나타내었으나(Fig. 6), 그 이후부터는 육색의 밝기에 큰 차이는 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). Vitamin C 처리는 metmyoglobin 함량을 감소시키고, oxymyoglobin 함량을 증가시켜 육색을 밝게 유지시킨다는 Mitsumoto 등(1991)의 결과와 일치하는 경향이였다. 신선육에는 vitamin C가 거의 무시할수 있는 수준

(0mg/kg)이며(Anderson 등, 1985), 쇠고기 등심근육에서 vitamin E의 수준은  $3.4 \pm 0.2$  mg/kg 존재(Mitsumoto 등, 1991)하는데, vitamin C 처리는 vitamin C 용액이 어느정도 고기속으로 침투하여 고기표면층에 존재하는 vitamin E와 결합하여 항산화제로서 역할을 함으로써 육색소의 안정성을 증가시키는 것으로 사료된다. 또한, 적색도를 측정된 결과도 암실저장의 경우가 형광등저장의 경우보다 저장 5일째 까지 더 붉은 육색을 나타내었다(Fig. 7). 이러한 육색소의 차이는 형광등저장시 방출되는 빛의 에너지에 의해 육색소인 myoglobin이 metmyoglobin으로 산화되는 속도가 더 빠르기 때문이라고 사료되며 vitamin C 농도에 의한 형광등저장시 육색의 개선효과는 3%처리가 약간 높은 경향이나 유의적인 차이는 인정되지 않았다( $P < 0.05$ ). Table 1은 5°C 저장 중 고급 한우육의 등심을 관능검사한 결과이다. 관능검사 결과 육색의 변화는 저장조건에 관계없이 점차 감소하는 경향이나, 저장 1일째까지는 유의적인 차이가 인정되지 않았다( $P < 0.05$ ). 그러나, 저장 5일째 부터는 대조구 보다 vitamin C 처리구가 형광등저장과 암실저장에서 약간 높은 육색유지 효과를 나타내었고( $P < 0.05\%$ ), 암실저장의 vitamin C 3% 처리가 10일째까지 가장 좋은 육색을 나타내었다. 한편, 풍미는 저장기간이 지남에 따라 감소하는 경향이나 vitamin C 처리와 농도에 따라서 뚜렷한 차이는 없었고, 형광등과 암실저장에서도 대조구보다 유의적인 차이가 인정되지 않았다( $P < 0.05$ ). 이상의 결과를 요약하면 vitamin C 처리는 육색유지와 지방산화를 억제하는데 효과가 있었고, 그중에서도 vitamin C와 vitamin E를 동시에 처리한구가 지방산화를 억제하는데 가장 좋은 효과를 나타내었다. 특히, 형광등저장 보다는 암실저장이 육색을 유지하는데 다소 우수한 효과를 나타내었다.



**Fig. 1. Standard curve for determining concentration of ascorbic acid.**



**Fig. 2. Effect of vitamin C concentration on TBARS values according to storage conditions in Korean beef during storage at 5°C.**

FL-C : Fluorescent Light-Control  
 FL-1% : Fluorescent Light-Vitamin C 1%  
 FL-3% : Fluorescent Light-Vitamin C 3%  
 DR-C : Dark Room-Control  
 DR-1% : Dark Room-Vitamin C 1%  
 DR-3% : Dark Room-Vitamin C 3%

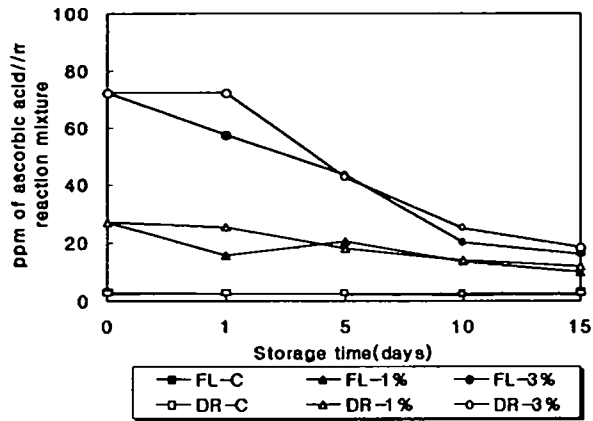


Fig. 3. Effect of ascorbic acid concentration on the content of vitamin C according to storage conditions in Korean beef during storage at 5°C. Symbols are the same as in Fig. 2

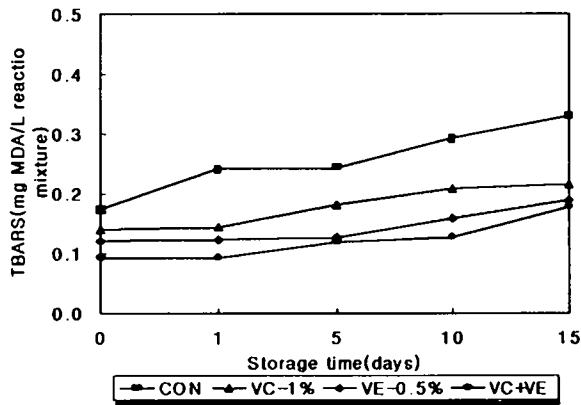


Fig. 4. Effect of vitamin C and vitamin E on TBARS values under Fluorescent light in Korean beef during storage at 5°C.

CON : Control  
 VC-1% : Vitamin C 1%  
 VE-0.5% : Vitamin E 0.5%  
 VC+VE : Vitamin C + Vitamin E

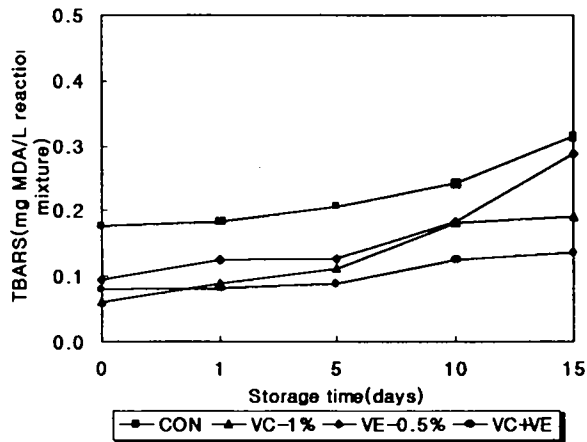


Fig. 5. Effect of vitamin C and vitamin E on TBARS values under Dark room in Korean beef during storage at 5°C. Symbols are the same as in Fig. 4

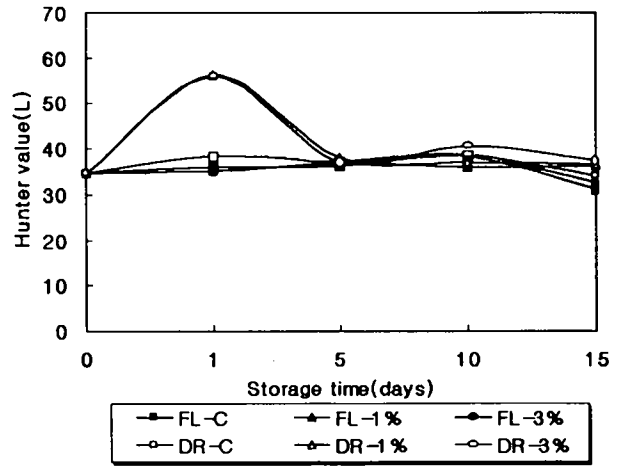
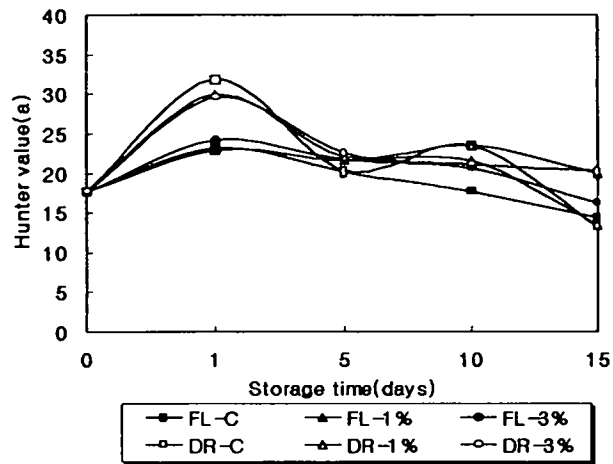


Fig. 6. Effect of ascorbic acid concentration on Lightness according to storage conditions in Korean beef during storage at 5°C. Symbols are the same as in Fig. 2





**Fig. 7. Effect of ascorbic acid concentration on Redness according to storage conditions in Korean beef during storage at 5°C. Symbols are the same as in Fig. 2**

**Table 1. Effect of storage condition on meat color<sup>1)</sup> and flavor<sup>2)</sup> of korean beef during storage time at 5°C**

Storage time (days)	Color					
	Fluorescent Light			Dark room		
	Control	Vitamin C 1%	Vitamin C 3%	Control	Vitamin C 1%	Vitamin C 3%
0	9.7±0.060 <sup>a</sup>	9.7±0.060 <sup>a</sup>	9.7±0.060 <sup>a</sup>	9.7±0.060 <sup>a</sup>	9.7±0.060 <sup>a</sup>	9.7±0.060 <sup>a</sup>
1	9.3±0.205 <sup>a</sup>	9.2±0.207 <sup>a</sup>	8.6±0.377 <sup>a</sup>	9.2±0.230 <sup>a</sup>	9.2±0.251 <sup>a</sup>	9.0±0.255 <sup>a</sup>
5	7.4±0.427 <sup>b</sup>	8.1±0.259 <sup>a</sup>	8.0±0.305 <sup>a</sup>	7.3±0.207 <sup>b</sup>	8.5±0.311 <sup>a</sup>	8.4±0.228 <sup>a</sup>
10	6.9±0.279 <sup>b</sup>	7.3±0.471 <sup>b</sup>	7.4±0.625 <sup>b</sup>	6.6±0.355 <sup>b</sup>	7.4±0.652 <sup>b</sup>	8.0±0.335 <sup>a</sup>
15	3.7±0.683 <sup>c</sup>	4.4±0.378 <sup>bc</sup>	5.0±0.686 <sup>b</sup>	3.7±0.453 <sup>c</sup>	4.2±0.627 <sup>bc</sup>	4.7±0.428 <sup>b</sup>

Storage time (days)	Flavor					
	Fluorescent Light			Dark room		
	Control	Vitamin C 1%	Vitamin C 3%	Control	Vitamin C 1%	Vitamin C 3%
0	9.7±0.070 <sup>a</sup>	9.7±0.070 <sup>a</sup>	9.7±0.070 <sup>a</sup>	9.7±0.070 <sup>a</sup>	9.7±0.070 <sup>a</sup>	9.7±0.070 <sup>a</sup>
1	9.1±0.182 <sup>abc</sup>	9.2±0.152 <sup>ab</sup>	9.1±0.130 <sup>abc</sup>	9.1±0.179 <sup>abc</sup>	9.2±0.187 <sup>ab</sup>	9.1±0.141 <sup>abc</sup>
5	8.5±0.152 <sup>bc</sup>	8.5±0.152 <sup>bc</sup>	8.5±0.179 <sup>bc</sup>	8.4±0.251 <sup>bc</sup>	8.4±0.251 <sup>bc</sup>	8.3±0.217 <sup>c</sup>
10	6.5±0.555 <sup>de</sup>	5.7±0.650 <sup>e</sup>	5.7±0.572 <sup>e</sup>	6.5±0.456 <sup>de</sup>	6.7±0.594 <sup>d</sup>	6.6±0.611 <sup>d</sup>
15	2.9±0.614 <sup>f</sup>	1.7±0.988 <sup>g</sup>	2.0±0.472 <sup>e</sup>	2.4±0.409 <sup>bc</sup>	2.1±0.311 <sup>bc</sup>	2.1±0.277 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup> : 1 : very dark red    5 : moderate red    10 : very light red

<sup>2)</sup> : 1 : very unpleasant    5 : moderate    10 : very good

<sup>a-g</sup>: Means(n=5) within a column with no common superscripts are different significantly (P<0.05)

#### 4. 요약

저장조건(형광등저장, 암실저장)에 따른 지방산화에 미치는 vitamin C 농도와 vitamin E의 영향을 조사한 결과 암실저장이 저장기간 중 낮은 TBARS값을 나타내었고, 저장조건에 관계없이 vitamin 처리는 지방산화를 억제하는 효과가 있었다. 그러나, vitamin C 1%와 vitamin C 3%의 차이에 따른 저장조건별 TBARS값의 차이는 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). 그중에서도 vitamin C와 vitamin E를 동시에 처리한구가 저장조건에 관계없이 뛰어난 지방산화 억제능력이 있었다. Vitamin C 함량의 변화에 미치는 형광등저장과 암실저장의 영향을 살펴 본 결과 전반적으로 vitamin C 1%와 3% 처리시 저장기간이 지남에 따라 vitamin C가 감소하는 경향이었는데, vitamin C 3% 처리가 가장 vitamin C 감소율이 높았다. 저장기간 중 저장조건별 vitamin C 농도에 따른 육색 및 풍미의 변화에 미치는 영향을 살펴 본 결과 육색의 밝기는 암실저장의 경우 vitamin C 3%와 1%처리가 저장 5일째까지 가장 밝은 육색을 나타내었으나, 그 이후부터는 육색의 밝기에 큰 차이는 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). 관능검사 결과 육색의 변화는 저장조건에 관계없이 점차 감소하는 경향이거나 저장 1일째까지는 유의적인 차이가 인정되지 않았다( $P<0.05$ ). 그러나, 저장 5일째 부터는 대조구보다 vitamin C 처리구가 형광등저장과 암실저장에서 약간 높은 육색유지 효과를 나타내었고 ( $P<0.05$ ), 암실저장의 vitamin C 3% 처리가 10일째까지 가장 좋은 육색을 나타내었다. 한편, 풍미는 저장기간이 지남에 따라 감소하는 경향이거나 vitamin C 처리와 농도에 따라서 뚜렷한 차이는 없었다. 이상의 결과를 요약하면 vitamin C 처리는 육색유지와 지방산화를 억제하는데 효과가 있었고, 그중에서도 vitamin C와 vitamin E를 동시에 처리한구가 지방산화를 억제하는데 가장 좋은 효과를 나타내었다. 특히, 형광등저장 보다는 암실저장이 육색을 유지하는데 다소 우수한 효과를 나타내었다.

#### 5. 문헌

1. Anderson, B. A., Lauderdale, J. L. and Hoke, I. M. 1985. Composition of

Food: Beef Products. Agric. Handbook No. 8-13, U.S. Dept. of Agriculture, Washington, DC.

2. Bartov, I., Basker, D. and Angel, S. 1983. Effect of dietary vitamin E on the stability and sensory quality of turkey meat. *Poult. Sci.* 62:1224.
3. Bartov, I. and Bornstein, S. 1977. Stability of abdominal fat and meat of broilers; the interrelationship between the effects of dietary fat and vitamin E supplements. *Br. Poult. Sci.* 18:47.
4. Birch, G. G., Bointon, B. M., Rolfe, E. J. and Selman, J. D. 1974. Quality change related to vitamin C in fruit juice and vegetable processing. In "vitamin C," Ed. Birch, G.G. and Parker, K. Applied Sci. London. p.40.
5. Buege, J. A. and Aust, S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Method in enzymol.* 105:302.
6. Buckley, J. and Connolly, J. F. 1980. Influence of alpha-tocopherol(vitamin E) on storage stability of raw pork and bacon. *J. Food Protect.* 43:265.
7. Costilow, R. N., Batshon, B. A., Bratzier, L. J. and Robach, D. A. 1955. Interactions between ascorbic acid and psychrophilic bacteria associated with the discoloration of prepackaged beef. *Food Technol.* 9:560.
8. Faustman, C., Cassens, R. G., Shaefer, D. M., Buege, D. R., Williams, S. N. and Scheller, K. K. 1989. Improvement of pigment of lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *J. Food Sci.* 54:858.
9. Harbers, C. A. Z., Harrison, D. L. and Kropf, D. H. 1981. Ascorbic acid effects on bovine muscle in the presence of radiant energy. *J. Food Sci.* 46:7.
10. Kanner, J., Mendel, H. and Budowski, P. 1977. Prooxidant and antioxidant effects of ascorbic acid and metal salts in a  $\beta$ -carotene-linoleate model system. *J. Food Sci.* 42:60.
11. Marusich, W. L., De Ritter, E., Orginz, E. F., Keating, J., Mitrovic, M. and Bunnell, R. H. 1975. Effect of supplemental vitamin E in control of rancidity in poultry meat. *Poult. Sci.* 54:831.

12. Misumoto, M., Cassens, R. G., Schaefer, D. M. and Scheller, K. K. 1991. Pigment stability improvement in beef steak by ascorbic acid application. *J. Food Sci.* 56:857.
13. Okayama, T., Imai, T. and Yamanoue, M. 1987. Effect of ascorbic acid and alphatocopherol on storage stability of beef steaks. *Meat Sci.* 21:267.
14. Romans, J. R. and Ziegler, P. T. 1977. "The meat We Eat." 11th ed. Interstate Printer & Publishers, Inc., Danville, IL.
15. Sikic, B. I., Mimnaugh, E. G., Litterst, C. L. and Gram, T. E. 1977. The effects of ascorbic acid deficiency and repletion on pulmonary, renal and hepatic drug metabolism in the guinea pig. *Arch. Biochem. and Biophys.* 179:663.
16. Tappel, A. L., Duane Brown, W., Zalkin, H. and Maier, V. P. 1961. Unsaturated lipid peroxidation catalyzed by hematin compounds and its inhibition by vitamin E. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 38:5.
17. Uebersax, M. A., Dawson, L. E. and Uebersax, K. L. 1978. Storage stability (TBA) of meat obtained from turkeys receiving tocopherol supplementation. *Poult. Sci.* 57:937.
18. Watts, B. M. and Lehmann, B. T. 1952. The effect of ascorbic acid on the oxidation of hemoglobin and formation of nitric oxide hemoglobin. *Food Res.* 17:100.
19. Wabb, J. E., Brunson, C. C. and Yates, J. D. 1972. Effects of feeding antioxidants on rancidity development in pre-cooked, frozen broiler parts. *Poult. Sci.* 51:1601.

# 제 4 장

# 여 백

## 제 4 장 (3차년도)

### 제 1 절 한우 도체에 대한 전기자극 및 지연냉각이 쇠 고기의 이화학적 특성에 미치는 영향

#### Effect of Electrical Stimulation and Delayed Chilling on the Quality Characteristics of Hanwoo Beef

##### Abstract

These experiments were carried out to investigate the effects of electrical stimulation(ES) and delayed chilling(DC) on the quality characteristics of Hanwoo beef. At the left half carcass was treated with ES(550V, 90sec) within postmortem 30 min. The electrical stimulated half carcass was subjected to chilling temperature at 16°C for 24hr, and then stored at  $2\pm 2^{\circ}\text{C}$  for 15 days(ESDC). The right half carcass was stored at  $2\pm 2^{\circ}\text{C}$  for 15 days(NES). ESDC showed a rapid pH fall and tended to be reached to pH 5.54 at postmortem 2 hrs. But, there was no consistent effect of electrical stimulation and delayed chilling on meat color, cooking loss and water holding capacity. Myofibril fragmentation index was higher than those of NES during storage. And ESDC was showed lower shear force value and strength consistently than those of NES. SDS-PAGE band patterns of myofibrils showed the rapid breakdown of troponin T and troponin I band in ESDC, compared with NES, and revealed the specific band below myosin light chain-2 pattern in ESDC.

##### 1. 서 론



쇠고기의 품질특성에 있어서 가장 중요한 요인은 연도이며, 쇠고기 수입개방과 더불어 연도에 대한 소비자들의 인식이 높아져 쇠고기의 품질향상에 중요한 관건이 되고 있다. 쇠고기의 연도에 영향을 미치는 사후요인으로는 도체의 저장온도 및 저장기간이 크게 관여하며(1,2), 냉장저장은 고기를 연화시키는 중요한 방법이다. 그러나 냉장저장에 의한 쇠고기의 숙성은 냉장시설과 노동력 그리고 에너지소비의 과다로 원가상승의 요인이 된다. 따라서 도축직후의 도체에 대한 새로운 처리방법이 강구되어 사후초기의 고온유지가 쇠고기의 숙성을 촉진시키는 것으로 알려져 있다(3, 4). 국내에서도 성 등(5, 6)이 이에 대한 연구를 시도하여 사후 지연냉각이 연도개선에 뚜렷한 효과가 있음을 보고하였다. 한편, 도축직후의 도체에 전기자극 처리를 함으로써 저온단축과 해동강직 현상에 의한 연도감소 문제를 방지하고, 온도체 발골육의 급속냉장과 냉동을 가능케하므로 선진국에서는 실제 현장에서 통용되고 있다. 이러한 도체에 대한 전기자극 처리는 해당작용을 가속화시키고, 사후강직 개시시간을 단축시키며(7, 8, 9), 저온단축 현상의 발생방지(8, 10)와 전기자극에 의한 근섬유의 손상(10) 및 혐기적 상태에서 pH의 급격한 저하가 lysosomal membrane의 손상을 유도하여 autolytic proteolysis의 촉진(12)에 의하여 연도가 크게 향상되는 것으로 알려지고 있다. 우리나라에서 쇠고기 지육의 유통현황을 보면 도축후 24시간 동안 냉각된 지육을 도체등급심사후 경매되어 1~2일 만에 소비되거나 냉동상태에서 비축되고 있는 실정으로, 숙성에 의한 연도개선에 대한 현장에서의 개념이 매우 회박한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 한우도체에 전기자극 처리와 지연냉각을 병행처리함으로써 쇠고기의 연도증진 효과를 검토하고자 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 재 료

본 실험에 사용된 시험우는 일반사육된 비거세우를 관행법으로 도축하여 2분 체로 하고, 도축 1시간 이내에 좌반도체에 대하여 전기자극 처리(550V, 90초)를 하고 16℃에서 24시간 지체시킨 후 등심을 발골하여(ESDC 구) 2±2℃에 저장하면서 실험에 이용하였다. 동시에 우반도체는 무처리구(NES 구)로 하여 도축후

24시간 동안  $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 냉각시킨 후 등심을 발골하여 같은 온도에 저장 하면서 실험에 이용하였다.

#### 나. 방 법

pH는 일반적인 방법에 따라 균질기로 균질한 다음 pH meter(TOA, Japan)로 측정하였고, 근원섬유소편화지수(myofibrillar fragmentation index ; MFI)는 Olson 등(13)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 분리액(100mM KCl, 20mM K-phosphate, 1mM  $\text{NaN}_3$ , pH 7.0)으로 근원섬유를 분리하고, 세척하여  $0.5\pm 0.05\text{mg/ml}$ 의 농도로 희석한 다음, 540nm에서 흡광도를 측정하고 200을 곱하여 근원섬유소편화지수로 하였다. 전단력(Shear Force value)과 인장강도(Strength)는 시료를  $70^{\circ}\text{C}$ 의 열탕에서 가열하여 시료중심부의 온도가  $75^{\circ}\text{C}$ 에 도달한 다음 30분이 지난 후 방냉하고, 가로와 세로 및 두께를 각각 1cm로 하여 Rheometer(Model CR-100, SUN SCI. Co. Japan)로 측정하였다. 보수력은 이와 성(14)의 방법에 의하여 측정하였고, 보수력 계산에 필요한 수분함량 측정은 AOAC(15)방법에 의하여 하였다. 가열감량은 30g 정도의 덩어리 시료를  $75^{\circ}\text{C}$ 의 열탕에서 가열하여 시료의 중심온도가  $70^{\circ}\text{C}$ 에 도달하여 30분 지난 후, 실온에서 1시간 방냉시킨 다음, 수분손실량을 측정하고 시료 단위중량에 대한 수분손실량의 백분율로 나타내었다. 육색측정은 덩어리 시료를  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 30분간 노출시켜, 발색시킨 다음, 색차계(Color difference meter, Minolta CR-200, Japan)로 측정하고 Hunter value로 표시하였다. 이때 사용된 표준색판은  $Y = 94.45$ ,  $a = 0.3132$ ,  $b = 0.3203$ 으로 하였으며, 9회 반복하여 평균값을 구하였다. 전기영동을 위한 근원섬유 단백질의 추출은 근육을 각각 2g씩 채취하여 7.5배량의 PRB (Pyrophosphate Relaxing Buffer)용액(0.1M KCl, 2mM  $\text{MgCl}_2$ , 2mM EGTA, 1mM DTT, 2mM  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , 1mM  $\text{NaN}_3$ , 0.01M Tris-maleate buffer pH 6.8)에서 10,000rpm으로 1분간 homogenizer한 다음, 3,000rpm으로 10분간 원심분리하였다. 잔사에 7.5배량의 0.1M KCl, 5mM EDTA, 1mM DTT, 1mM  $\text{NaN}_3$ , 10mM Tris-maleate buffer(pH 7.0)용액을 첨가하여 10,000rpm에서 5초간 homogenizer한 다음, 3,000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 이 조작을 3회 반복한 후 그 잔사를 7.5배량의 5mM EDTA, 5mM Tris-HCl buffer(pH 8.0)용액으로 2회 세정한 다음, SDS처리액으로 처리한 후 전기영동용 시료로 하였다. Troponin-T나

30kDa성분 등의 저분자 단백질 관찰용으로는 10~20%의 gradient gel (acrylamide : Bis = 30 : 0.8)과 4%의 농축 gel을 이용하여 Laemmli(16)의 방법따라 전기영동하였다. 25mM Tris, 0.192M glycine, 0.1%의 SDS로 이루어진 용액을 running buffer로 사용하였다. Titin 등의 고분자 단백질 관찰용으로는 2~12%의 gradient gel(acrylamide : Bis = 30 : 0.8)과 2% polyacrylamide(acrylamide : Bis = 20 : 1)~0.5% agarose혼합 농축 gel을 사용하여 Fairbanks등(17)의 방법을 응용하여 전기영동하였다. 영동후의 gel을 50% methanol, 10% acetic acid, 0.1% coomassie brilliant blue R-250 염색액으로 염색한 다음 5% methanol, 7.5% acetic acid로 된 용액으로 탈색하였다. 통계처리는 SAS-package(18)의 일반선형모델에 의한 분산분석을 하고 유의성은 5% 수준에서 검정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 전기자극과 지연냉각에 의한 이화학적 특성변화

Fig. 1은 도체에 대하여 전기자극과 지연냉각을 병행처리한 실험구(ESDC)와 대조구(NES)의 사후 48시간 동안 pH 변화를 나타낸 것이다. ESDC구는 사후 2시간째에 5.54, 24시간째에 5.44의 낮은 pH값을 나타낸 반면, NES구는 저장 2시간째에 6.51, 24시간째에 5.71로서 ESDC구의 pH값은 사후의 pH 저하가 급격하게 일어났으며, 또한 pH값도 NES구 보다 크게 낮았다. 근육의 사후 pH 저하에 대하여 Bendall(8)은 도살직후 전기자극 처리를 할 경우, 처리 3시간후에 최종 pH인 5.4까지 떨어진다고 하였으며, Carse(7)와 Davey 등(10)도 도체에 전기자극을 하면 해당작용의 촉진에 의해 pH가 빠르게 저하한다고 하였다. 또한 사후 근육의 pH값은 환경온도에 의해서도 영향을 받는다고 알려져 있는데, 도체의 온도가 높을수록 해당작용이 촉진되어 pH저하는 빠르다(19, 20). 근육의 pH는 도축 직후부터 떨어지기 시작하여 강직이 완료될 때까지 계속되는 것이 일반적인데, Carse(7)는 도체에 전기자극 처리를 함으로써 해당작용을 촉진시켜 pH저하를 유발함으로써 저온단축 현상을 방지할 수 있다고 하였으며, Bendall(21)은 pH가 6.0 ~5.7사이로 떨어졌을때, 도체가 저온에 접하여도 저온단축의 위험은 없다고 하였다. 본실험의 결과 전기자극과 지연냉각을 병행처리한 실험구의 pH

가 급격히 낮아진 것은 여러 연구자들의 결과에서와 같은 경향이였다. Table 1은 사후 쇠고기의 저장중 색깔을 색차계를 이용하여 Hunter Value를 측정한 값이다. L값(명도)을 비교하여 보면, ESDC구와 NES구 사이에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 양처리구 모두 저장 15일째에 유의한 증가를 나타내었다. a값(적색도)은 NES구가 약간 높은 경향이였으나, 양처리구 사이에 유의한 차이는 인정되지 않았으며, 저장기간이 길어짐에 따라 적색도는 점차 증가하였으며, 저장기간에 따른 적색도의 증가는 ESDC구가 더욱 뚜렷하였다. b값(황색도)도 숙성기간에 따라 점차 증가하였으나, 양처리구간에 일정한 차이는 없었다. 본 실험의 결과 ESDC구와 NES구간에 육색의 차이가 인정되지 않은 것은 Savell과 Smith(22), Savell 등(23) 및 Riley 등(24, 25)의 결과와 상이하였는데, 이들은 도체에 전기자극을 함으로써 24시간 이후에 등심부위의 육색이 밝아지고, 표면퇴색이 지연된다고 하였으나 구체적인 이유에 대해서는 밝히지 않았다. 그러나 Powell 등(26)이 전기자극 처리한 쇠고기와 그렇지 않은 쇠고기의 색깔을 소비자들이 구별하지 못하였다는 결과와는 일치하는 것으로 생각되었다. 또한 처리 방법에 관계없이 저장기간에 따라 Hunter Value가 증가한 것은 Boakye와 Mittal(27)이 쇠고기 등심근육의 L값은 숙성중 경시적으로 증가하며, a, b값도 숙성 12일째 까지 완만하게 증가하고 16일째에 급증한다는 결과와 일치하는 것으로 생각되었다. 전기자극과 지연냉각이 쇠고기의 가공적성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 가열감량과 보수력의 변화를 측정하여 비교하였다. Table 2에 나타난 가열감량은 저장 10일째에 NES구가 약간 높은 경향이였으나 전반적으로 양처리구간에 차이는 인정되지 않았으며, 저장기간에 따라 점차 증가하였다. 또한 보수력에서는 저장 10일째에 ESDC구가 높았던 것을 제외하고 가열감량에서와 마찬가지로 양처리구간에 차이는 없었으며, 저장기간에 따라 점차 감소하였으며, 가열감량과 보수력은 서로 잘 대응한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 성 등(6)이 한우 도체를 여러 가지 온도별로 지연냉각하여도 쇠고기의 가열감량과 보수력에 차이가 없었다는 결과와 일치하며, Whiting 등(28)과 Terrell 등(29, 30)이 도체에 대한 전기가극이 식육의 가공특성에 나쁜 영향을 미치지 않는다고 한 결과와 일치하는 것으로 생각되었다.

#### 나. 전기자극과 지연냉각에 따른 연도 특성의 변화

고기의 연도를 나타내는 지표로서 근원섬유 소편화지수(MFI)를 측정하여 Table 3에 나타내었다. ESDC구는 NES구에 비하여 저장 초기부터 전 저장기간 동안 유의하게 MFI값이 높아 근원섬유의 소편화가 빠르게 진행되었음을 알 수 있었다. ESDC구는 저장 1일째에 이미 64.60의 지수를 나타내었으나, NES구는 저장 15일째에 비로소 62.00의 값을 나타내었다. 또한 저장 1일째의 ESDC구의 MFI값은 저장 10일째에 약 2배의 증가를 나타내었으나, NES구는 저장 1일째에 44.67에서 저장 10일째에 56.44에 불과하여 ESDC구의 근원섬유 소편화가 현저히 빠르게 진행되었다. 근원섬유소편화지수는 고기의 연도를 나타내는 지표로서 현미경 관찰과 밀접한 관계가 있고 객관적이다(13, 31, 32). 도체에 대한 전기자극이 연도개선에 도움이 되는 것은 도축직후의 급냉에 의한 저온단축의 방지(10)와 전기자극에 의해 급격히 낮아진 pH에 의해 lysosomal 막의 붕괴가 쉽게 진행되어 단백질 분해효소의 활성 촉진(12) 및 전기자극에 의한 근섬유의 극심한 수축으로 근섬유의 물리적 손상(11) 등에 기인한다고 알려져 있다. 또한 지연냉각은 도축직후의 저온단축 현상을 방지하고(33), 사후 초기의 고온유지가 숙성을 촉진(4)시키기 때문에 연도개선에 도움이 된다. 본 연구의 결과 도축직후의 도체에 전기자극과 지연냉각을 병행한 경우 근원섬유 소편화지수가 급격히 높아지는 것은 상기 여러 연구자들의 주장에서와 같은 요인에 기인하는 것으로 생각되었다. 근원섬유 소편화지수에 의한 연도지표가 양처리구 사이에 현격한 차이가 있는 것으로 보아 기계적 측정에 의한 연도지표도 차이가 있을 것으로 생각되어 Rheometer로 전단력과 인장강도를 측정하여 Table 4에 나타내었다. 저장 1일째의 전단력은 ESDC구가 유의하게 낮았으며, 그외의 저장기간에도 ESDC구가 NES에 비하여 낮은 경향을 나타내었다. 인장강도는 저장 10일째 까지 ESDC구가 NES에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었고, 전단력과 인장강도 모두 저장기간에 따라 점차 낮아졌다. 이러한 결과는 도체에 대한 전기자극이 연도향상에 효과가 있다고 한 Savell 등(22, 34)의 결과와 일치하는 것으로 생각되었다. 그러나 신 등(35)은 전기자극 직후에는 전단력값이 비처리구보다 높다고 하여 본 실험의 결과와 상이 하였는데, 이것은 시료처리의 차이에 기인하는 것으로 생각되었다. 즉, 본 실험에서는 전기자극 처리후 24시간 경과한 시료를 사용하였고, 신 등은 전기자극 처리 직후의 시료를 이용하였기 때문이다. 또한 연도는 숙성온도에 의해서도 영향을 받는데, Parrish 등(36), Field 등(37)이 쇠고기를 14

~19℃에서 처리한 것이 낮은 온도에서 처리된 경우보다 유의하게 연도가 높았다고 하여 본 실험의 결과 ESDC구는 전기자극과 지연냉각이 고기의 연화에 기여하며, MFI의 결과(Tab. 3)와도 잘 일치하는 것으로 생각되었다. 이러한 고온에서의 지연냉각이 연도를 증진시키는 기작은 고온으로 인한 근원섬유 단백질의 분해속도가 증가되기 때문(32, 33)이며, 전단력 측정값이 MFI의 결과에서와 같이 양 처리구 및 저장기간에 따른 차이가 크지 않았던 것은 전단력 측정시 조직 단백질인 collagen의 가열에 의한 수축작용 때문(35)인 것으로 생각되었다.

#### 다. 근원섬유 단백질의 전기영동

ESDC구와 NES구의 근원섬유 단백질을 전기영동한 결과는 Fig. 2와 3에 각각 나타내었다. 저분자 단백질을 전기영동한 결과(Fig. 2)를 보면, ESDC구가 NES구에 비하여 troponin-T의 분해가 빠르게 일어나 10일후에 완전히 소실되며, 이에 따라 30kDa성분이 저장 1일째 이후부터 생성되기 시작하여 저장 5일째 이후에 강하게 나타났고(arrowhead), 또한 myosin light chain-2 아래에 특이한 band가 나타났다(double arrowhead). 이러한 결과는 전기자극을 하여도 troponin-T나 desmin 등의 변화가 전기자극을 하지 않은 경우에 비하여 크게 차이가 나지 않는다고 보고한 Ho 등의 결과(38)와는 차이가 있었다. 또한 고분자 단백질인 titin(connectin)의 경우(Fig. 3)는 ESDC구와 NES구 사이에 큰 차이가 없이 titin-I가 저장 1일 이후에 거의 소실되었다. 이것은 titin이나 nebulin에 있어서 전기자극을 한것과 전기자극을 행하지 않은 것에 거의 차이가 없었다고 한 Ho 등의 결과(38)와 일치하는 것으로 생각되었다.

**Table 1. Effect of electrical stimulation and delayed chilling on Hunter values of Hanwoo beef during storage at 2±2°C**

Storage days	ESDC			NES		
	L	a	b	L	a	b
0	39.01±1.23 <sup>a,x</sup>	15.76±0.29 <sup>a,x</sup>	4.33±0.35 <sup>a,x</sup>	42.43±1.47 <sup>a,y</sup>	21.18±0.99 <sup>a,y</sup>	5.69±1.06 <sup>a,y</sup>
1	39.49±0.84 <sup>a,x</sup>	20.89±0.66 <sup>b</sup>	7.10±0.78 <sup>b</sup>	42.38±1.86 <sup>a,y</sup>	22.95±3.58 <sup>ab</sup>	6.24±0.93 <sup>a</sup>
5	40.77±1.07 <sup>a</sup>	21.86±0.29 <sup>bc</sup>	7.49±0.48 <sup>b</sup>	42.53±1.57 <sup>a</sup>	23.56±1.37 <sup>ab</sup>	6.80±1.68 <sup>a</sup>
10	40.25±0.94 <sup>a,x</sup>	24.23±1.08 <sup>cd</sup>	7.83±0.49 <sup>bc</sup>	43.54±3.00 <sup>a,y</sup>	23.71±1.45 <sup>b</sup>	9.05±1.66 <sup>b</sup>
15	43.73±1.24 <sup>b,x</sup>	24.65±3.42 <sup>d</sup>	8.93±0.65 <sup>c</sup>	47.96±3.74 <sup>b,y</sup>	24.02±2.68 <sup>b</sup>	9.75±0.93 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different (P<0.05), <sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different (P<0.05)

**Table 2. Effect of electrical stimulation and delayed chilling on cooking loss and water holding capacity of Hanwoo beef during storage at 2±2°C**

Storage days	ESDC		NES	
	Cooking Loss	WHC	Cooking Loss	WHC
0	20.49±1.33 <sup>a</sup>	73.47±1.85 <sup>a</sup>	19.08±2.72 <sup>a</sup>	73.08±2.23 <sup>a</sup>
1	22.81±1.94 <sup>ab</sup>	71.12±2.10 <sup>ab</sup>	22.66±1.13 <sup>b</sup>	71.00±3.80 <sup>a</sup>
5	22.69±1.64 <sup>ab</sup>	72.27±1.31 <sup>a</sup>	22.99±1.29 <sup>bc</sup>	71.79±1.54 <sup>a</sup>
10	22.80±1.42 <sup>ab</sup>	69.15±0.63 <sup>b,x</sup>	24.80±4.27 <sup>bc</sup>	64.53±0.76 <sup>b,y</sup>
15	25.23±4.43 <sup>b</sup>	65.59±0.78 <sup>c</sup>	26.12±0.48 <sup>c</sup>	63.66±2.21 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different (P<0.05), <sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different (P<0.05)

**Table 3. Effect of electrical stimulation and delayed chilling on myofibrillar fragmentation index of Hanwoo beef during storage at 2±2℃**

Storage days	ESDC	NES
0	65.40 ± 0.92 <sup>a,x</sup>	42.47 ± 0.70 <sup>a,x</sup>
1	64.60 ± 0.87 <sup>a,x</sup>	44.67 ± 0.61 <sup>a,y</sup>
5	108.53 ± 2.14 <sup>b,x</sup>	51.40 ± 0.35 <sup>b,y</sup>
10	120.67 ± 0.42 <sup>c,x</sup>	56.44 ± 5.57 <sup>b,y</sup>
15	133.53 ± 7.20 <sup>d,x</sup>	62.00 ± 0.42 <sup>c,y</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different (P < 0.05), <sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different (P < 0.05)

**Table 4. Effect of electrical stimulation and delayed chilling on shear force and strength of Hanwoo beef during storage at 2±2℃**

Storage days	ESDC		NES	
	Shear Value	Strength	Shear Value	Strength
0	22.64 ± 2.11 <sup>a</sup>	150.70 ± 4.22 <sup>a,x</sup>	26.17 ± 3.92 <sup>a</sup>	196.60 ± 12.77 <sup>ab,y</sup>
1	20.38 ± 2.59 <sup>a,x</sup>	143.59 ± 19.40 <sup>ab,x</sup>	25.76 ± 2.88 <sup>a,y</sup>	202.91 ± 6.62 <sup>a,y</sup>
5	20.32 ± 2.24 <sup>a</sup>	134.62 ± 11.21 <sup>ab,x</sup>	23.22 ± 2.05 <sup>a</sup>	174.42 ± 12.05 <sup>b,y</sup>
10	20.02 ± 2.26 <sup>a</sup>	129.69 ± 9.50 <sup>bx</sup>	21.75 ± 1.70 <sup>b</sup>	152.18 ± 26.29 <sup>c,y</sup>
15	16.72 ± 2.14 <sup>b</sup>	134.75 ± 10.16 <sup>ab</sup>	19.70 ± 5.19 <sup>b</sup>	130.07 ± 19.79 <sup>d</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Means in the same row bearing different superscript are different (P < 0.05), <sup>x,y,z</sup> Means in the same column bearing different superscript are different (P < 0.05)



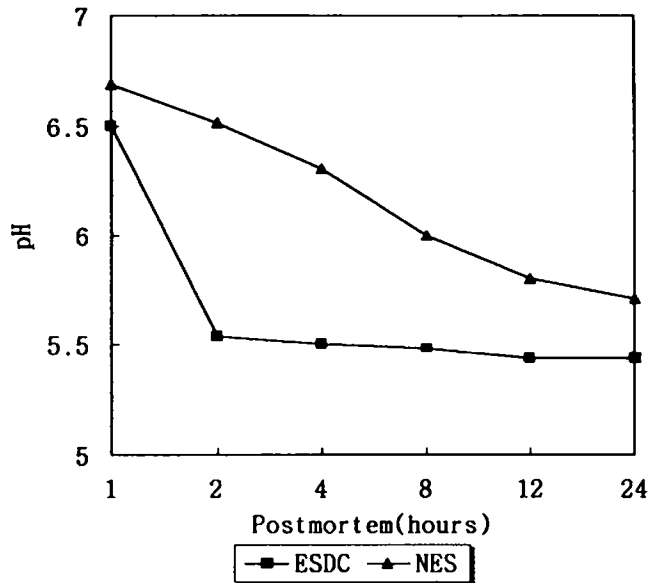


Fig. 1. pH changes of Hanwoo beef during storage at 2±2°C.

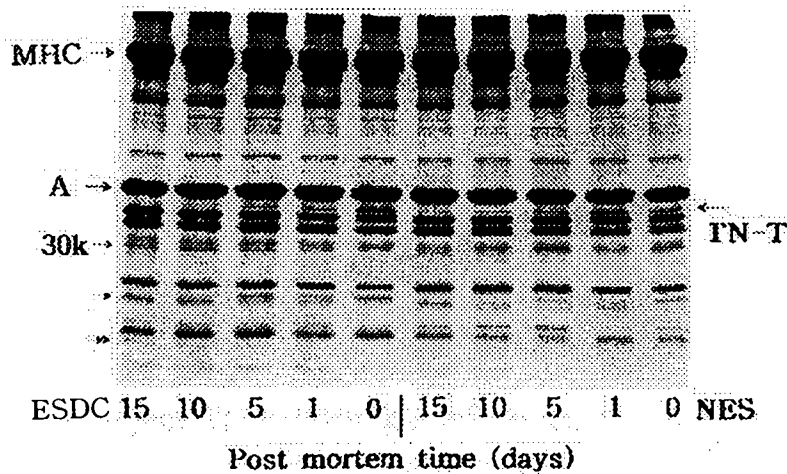
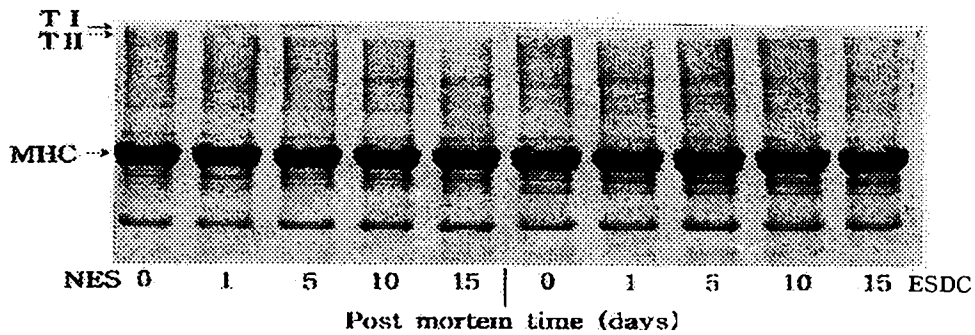


Fig. 2. SDS-PAGE of myofibrils for 30kDa during postmortem storage.

Electrophoresis was performed to 10~20% gradient gel at a constant current of 8mA/gel for 4hr. with 0.1% SDS, 25mM Tris, 0.192M glycine. Gel was stained in CBB staining solution. ESDC; Electrical stimulation and delayed chilling, NES; Non-electrical stimulation, MHC; Myosin heavy chain, A; Actin, 30k; 30kDa, TN-T; Troponin-T.



**Fig. 3. SDS-PAGE of myofibrils for high molecular proteins during postmortem storage.** Electrophoresis was performed to 2~12% gradient gel at a constant current of 8mA/gel for 4hr. with 0.1% SDS, 40mM Tris-acetate buffer(pH 7.4), 20mM sodium acetate, 2mM EDTA. Gel was stained in CBB staining solution. ESDC; Electrical stimulation and delayed chilling, NES; Non-electrical stimulation, MHC; Myosin heavy chain, T I; Titin I, T II; Titin II.

#### 4. 요약

본 연구는 한우반도체에 전기자극(550V, 90초)을 실시하고, 이 도체를 16℃에서 24시간 지체시킨 후 등심을 발골하여, 2±2℃의 저온으로 저장하면서 이화학적 성질의 변화를 관찰한 것이다. 무처리구(NES)의 pH는 사후 2시간째에 6.51이었는데 반하여 전기자극과 지연냉각을 병행처리한 실험구(ESDC)는 5.54로 낮은 값을 나타내었다. 육색에서는 L, a, b값 모두 양처리구간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며, 가열감량과 보수력에서도 양처리구간에 차이가 없었다. 근원섬유단백질의 소편화지수는 ESDC구가 NES구에 비하여 유의하게 높았으며, 전단력과 인장강도는 ESDC구가 NES구에 비하여 낮은 값을 나타내었다. 근원섬유단백질을 전기영동한 결과 ESDC구의 troponin-T와 troponin-I의 분해가 NES에 비하여 빠르게 진행되었으며, ESDC구의 myosin light chain-2 아래에 특이한 band가 나타났다.

## 5. 문헌

1. Bratzler, L.J.: Palatability factors and evaluation. In *The Science of meat and meat products*. W.H.Freeman and Co. San Francisco (1971)
2. Judge, M.D., Aberle, E.D., Forrest, J.C., Hedrick, H.B. and Merkel, R.A.: *Principles of meat science*. 2nd ed. p.113. Kendall/Hunt Pub. Co.(1989)
3. Will, P.A., Henrickson, L. and Morrison, R.C.: The influence of delay chilling & hot bonning on tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.* **41**, 1102 (1976)
4. Marsh, B.B., Lochner, J.V., Takahashi, G. and Kragness, D.D.: Effects of early postmortem pH and temperature on beef tenderness. *Meat Sci.* **5**, 479 (1981)
5. 성삼경, 안동현, 김수민.: 한우육의 물리적 형태적 변화에 미치는 고온숙성의 효과. *한국축산학회지*, **30**, 566 (1988)
6. 성삼경, 김대곤, 김수민, 최웅규, 이신호.: 지연냉각이 도체등급별 한우육의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국축산학회지*, **38**, 629 (1996)
7. Carse, W.A.: Meat quality and the acceleration of postmortem glycolysis by electrical stimulation. *J. Food Technol.* **8**, 163 (1973)
8. Bendall, J.R. : Electrical stimulation of rabbit and lamb carcasses. *J. Sci. Food Agric.*, **27**, 819 (1976)
9. Chrystall, B.B. and Devine, C.E.: Electrical stimulation, meat tension and glycolysis on bovine sternomandibularis. *Meat Sci.* **2**, 49 (1978)
10. Davey, C.L. Gilbert, K.V. and Carse, W.A.: Carcass electrical stimulation to preventing cold shortening toughness in beef. *N.Z.J. Agric. Res.* **19**, 13 (1976)
11. Savell, J.W. Dutson, T.R., Smith, G.C. and Carpenter, Z.L.: Structural changes in electrically stimulated beef muscle. *J. Food Sci.* **43**, 1606 (1978)
12. Dutson, T.R., Smith, G.C. and Carpenter, Z.L.: Lysosomal enzyme distribution in electrically stimulated ovine muscle. *J. Food Sci.* **45**, 1097

(1980)

13. Olson, D.G., Parrish, F.C.Jr. and Stromer, M.H.: Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.* **41**, 1036 (1976)
14. 이유방, 성삼경.: 식육과 육제품의 분석실험. 선진문화사 (1983)
15. A.O.A.C.: *Official method of analysis* 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.D. (1991)
16. Laemmli, U.K.: Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, **227**, 680(1970)
17. Fairbanks, G., Steck, T.L. and Wallach, D.F.H.: Electrophoretic analysis of the major polypeptides of the human erythrocyte membrane. *Biochemistry* **10**, 2606 (1971)
18. SAS.: *Procedure guide for personal computers*. version 6 ed. SAS Institute INC., Cary. NC. USA. (1985)
19. Cassens, R.G. and Newbold, R.P.: Temperature dependence of pH changes in oxmuscle postmortem. *J. Food Sci.* **32**, 13 (1967)
20. Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M.E., Crouse, J.D., Hunt, M.C. and Klemm, R.D.: Evaluation of attributes that affect Longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.* **68**, 2716 (1990)
21. Bendall, J.R.: The electrical stimulation of carcasses of meat animals. In *Developments in Meat Science*, Vol. 1. R.A. Lawrie(ed.). Applied Science Publishers, London.(1980)
22. Savell, J.W. and Smith, G.C.: Electrical stimulation - Effects on meat tenderness, muscle structure and the quality indicating characteristics of meat. *Proc. Annu. Meet. Res. Dev. Assoc. Mil. Food Packg. Syst.* New York. (1979)
23. Savell, J.W., Smith, G.C., Dutson, T.R. and Carpenter, Z.L.: Industry application of electrical stimulation in the United States. *Proc. 26th Eur. Meet Meat Res. Workers.* Colorado Springs; 2, K-2.(1980)

24. Riley, R.R., Savell, J.W. and Smith, G.C.: Storage characteristics of wholesale and retail cuts from electrically stimulated lamb carcasses. *J. Food Sci.* **45**, 1101 (1980a)
25. Riley, R.R., Savell, J.W. and Smith, G.C. and Shelton, M.: Quality, appearance and tenderness of electrically stimulated lamb. *J. Food Sci.* **45**, 119 (1980b)
26. Powell, V.H. Dickson, R.F., Shorthose, W.R. and Jones, P.N.: Consumer assesment of the effect of electrical stimulation on the colour and colour stability of Semimembranosus muscles. *Meat Sci.* **44**, 213 (1996)
27. Boakye, K. and Mittal, G.S.: Changes in colour of beef M. longissimus dorsi muscle during ageing. *Meat Sci.* **42**, 347 (1996)
28. Whiting, R.C. Strange, E.D. Miller, A.J., Benedict, R.C., Mozersky, S.M. and Swift, C.E.: Effects of electrical stimulation on the functional properties of lamb muscle. *J. Food Sci.* **46**, 484 (1981)
29. Terell, R.N., Ming, C.G., Jacobs, J.A., Smith, G.C. and Carpenter, Z.L.: Effects of chloride salts, acid phosphate and electrical stimulation on pH and moisture loss from beef clod muscles. *J. Anim. Sci.* **53**, 658 (1981)
30. Terell, R.N., Jacobs, J.A., Savell, J.W. and Smith, G.C.: Properties of frankfurters made from electrically stimulated beef. *J. Food Sci.* **47**, 344. (1982)
31. Culler, R.D., Parrish, F.C. Jr., Smith, G.C. and Cross, H.R.: Relationship of myofibril fragmentation to certain chemical, physical and sensory characteristics of porcine longissimus muscle. *J. Food Sci.* **43**, 1177 (1978)
32. Koohmaraie, M., Babiker, A.S., Schroeder, A.L., Merkel, R.A. and Dutson, T.R.: Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through activation of Ca-dependent proteases. *J. Food Sci.* **53**, 1638 (1988)
33. Lochner, J.V., Kauffman, R.G. and Marsh, B.B.: Early post-mortem cooling rate and beef tenderness. *Meat Sci.* **4**, 227 (1980)
34. Savell, J.W., McKeith, F.K. and Smith, G.C.: Reducing postmortem aging time of beef with electricla stimulation. *J. Food Sci.* **46**, 1771 (1981)

35. 신현길, 오은경, 박종흠, 김천제, 허정원.: 전기자극이 저장중 한우육의 이화학적 변화에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 25, 252 (1993)
36. Parrish, F.C.Jr., Young, R.B., Miner, B.E. and Anderson, L.D.: Effect of postmortem conditions on certain chemical, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. *J. Food Sci.* 38, 690 (1973)
37. Fields, P.A., Carpenter, Z.L. and Smith, G.C.: Effects of elevated temperature conditioning on youthful and mature beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 42, 72 (1976)
38. Ho, C.Y., Stromer, M.H. and Robson, R.M.: Effect of electrical stimulation on postmortem Titin, Nebulin, Desmin, and Troponin-T degradation and ultrastructural changes in bovine logissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 74, 1563 (1996)

## 제 2 절 한우육의 위생적 유통을 위한 작업대 표면의 위생처리 방안

### The Development of Sanitary Treatment Method or Surface-adherent Microcolony for Hygienic Distribution in Hanwoo Beef

#### Abstract

Effects of commercial detergents and sanitizer on survival of surface adherent microcolony of *Listeria monocytogenes* and *Escherchia coli* fromed on the various cutting board such as wood, plastic and stainless steel were investigated to improve hygienic quality of meat processing plant and retail stores. The effect of organic acid on inactivation of the surface adherent microcolony was also investigated. The cleaning effect of plastic and stainless steel was better than that of wood. Log reduction of each cutting board after treatment for 5 min. was 1.22 of wood, 2.23 of plastic and 2.86 of stainless steel, respectively. Surface adherent microcolony of stainless steel and plastic cutting board decrease significantly after dipping in commercial detergent followed by commercial sanitizer for 5 min. But wood did not show apparant decrease after the same treatment. Viable cell of each cutting board was reduced about 1 to 2 log<sub>10</sub>cycle by dipping in 0.5% or 1% of various organic acid such as proponic, fumaric, acetic, and lactic acid for 1 min. Effect of organic acid treatment on stainless steel was more higher than on plastic and wood cutting board. Propionic acid and fumaric acid were more effctive than other organic acids in nactivvation of surface adherent microcolony. Surface adherent microcolony of *L. monocytogenes* and *E coli* showed similar tendency in inactivation against organic acids.

#### 1. 서 론

식품가공 기계표면과 같은 불활성 표면에 부착된 미생물(attached cell)은 화학적 소독제에 정상적인 세포보다 내성이 강하다(Frank & Koffi, 1990). 식품의 미생물 오염은 토양, 물, 공기로부터 원재료의 오염, 식품의 취급 및 가공과정중 가공기계 표면, 사람에서 부터 오염된다. 특히 식품과 접촉하는 표면의 위생은 식품산업에 있어서 매우 중요한 요소이다. 표면 위생의 용이성과 효율은 재질에 따라 다르며 일반적으로 스텐레스의 위생처리가 플라스틱이나 나무에 비해 용이하다.(Mossel 등 1966, Ruosch, 1981) 이들 표면의 세척이 불충분하거나 잔존 오염 미생물은 또다른 오염을 유발 시키기 때문이다. 표면에 남게된 미생물은 서서히 성장하여  $10^7/cm^2$  정도의 microcolony를 형성하게 되면 표면위에 biofilm을 형성한다. 이러한 biofilm은 열처리나 antibacterial agent에 강한 내성이 있어 식품위생학적 측면에서 많은 문제점을 유발시킬 수 있다(Lee and Frank, 1992, Lechevallier and Lee, 1988). 건강한 동물의 생체 근육은 미생물이 없으나 도살과정중 오염은 피할 수 없는 과정이다. 이러한 오염은 가축의 외부환경과 내장을 통해 주로 이루어 지며 특히 도살, 운반, 절단, 가공, 그리고 저장과정 중에 고기와 접촉에 의해서 이루어진다(Dicksen and Anderson, 1992, Madden. 1994, Selgas 등 1993). 한우육을 부분 포장하는 작업 현장은 작업중 도구의 반복사용으로 상당부분 작업도구로 부터 오염되고 있다. 신선육의 오염은 처리단계가 복잡할수록 증가하며 각종 처리단계에서 사용되는 도구의 사용빈도와 작업량이 증가할수록 증가된다. 한우육을 취급하는 작업대 표면은 신선육의 중요한 오염원 역할을 한다. 신선육의 작업과정중 오염은 저장성과 직결되므로 작업과정중 오염원인 작업대, 칼, 이동벨트등의 위생처리방안의 확립은 시급한 실정이다. 본연구는 한우육 처리 작업도구의 오염도 조사와 한우육의 취급 과정중 작업환경으로 부터의 미생물 오염을 최소화하기 위한 방안을 모색코저 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 사용균주

Adherent-microcolony 제조는 *Listeria monocytogenes* ScottA 와 *Escherichia coli* ATCC 11454를 사용하였으며 Trypticase soy agar(TSA,



Difoc)에 접종 24시간 배양후 4℃에 보관하면서 사용하였다.

#### 나. Adherent-microcolony의 조제

Adherent-microcolony는 Lee and Frank(1991) 방법을 응용하여 한우 유통중 작업대 표면의 재질로 사용되는 스테인레스(stainless steel), 나무(wood), 플라스틱(polypropylene)을 5 x 5cm 크기로 절단하여 스테인레스와 나무는 121℃ 15분간, 열에 약한 플라스틱은 5% Extran MA 03(phosphate free, Merck Ltd) 용액에 24시간 침지후 멸균증류수로 세척한 후 24시간 동안 자외선 조사시켜 멸균하였다. 멸균처리후 각각의 조각을 Tryptic soy broth에 넣어 24시간 배양한 *Listeria monocytogenes* ScottA와 *Escherichia coli* ATCC 11775를 접종하여 21℃에서 2일간 배양후 멸균 phosphate buffer로 세척한 후 새로운 배지에 옮겨 2일간 반복 배양으로 총 8일간 배양하여 제조하였다.

#### 다. 작업대 표면의 종류에 따른 세척제 및 소독제 처리효과

표면에 *Listeria monocytogenes* ScottA 와 *Escherichia coli* ATCC 11775의 adherent-microcolony가 형성된 나무, 플라스틱, stainless steel 조각을 멸균 phosphate buffer로 세척한 후 제조회사(A사)의 사용법에 준하여 각각 0.15%와 0.35%로 희석시킨 시판 세제(anionic detergent)와 염소 소독제(sanitizer)에 단독 또는 복합처리로 각각 5분간 침지시켜 대조구와 비교하였다.

#### 라. 작업대 표면의 위생처리에 미치는 유기산 처리의 효과

Adherent-microcolony에 대한 유기산 침지 효과는 wood, plastic, stainless steel 조각(5×5cm)을 1.5% acetic acid, lactic acid, propionic acid, fumaric acid 용액에 30초와 60초동안 각각 침지시킨 후 멸균 증류수로 세척하여 상기와 같은 방법으로 표면 미생물수의 변화를 측정하였다..

#### 마. 시료채취와 미생물학적 검사

미생물학적검사를 위한 시료 채취는 swab method(Kotula, 1966)로 실시하였다. 내경 2 cm인 stainless ring을 이용하여 calcium alginate swab으로 일정면적(3.14 cm<sup>2</sup>)을 채취, 무균적으로 절단하여 0.1 % peptone 희석액에 넣어 적정

회석한 후 pour plate method (APHA, 1992)로 적정 배지에 접종하여 생균수를 측정하였다. 각 측정 미생물별 배양조건과 사용배지는 table 1 에서 보는 바와 같다.

**Table 1. Media and conditons of incubation**

Type of count	Medium	Temp	Time	Reference
Total count	Plate count agar (Difco)	32℃	24 h	(Olson, 1963)
Gram negative	CVT* agar	32℃	24 h	(Richardson,
Coliform	Violet red bile agar	37℃	24 h	1985)

\* CVT : Plate count agar with crystal violet tetrazolium

( colonies with the violet color on the medium were count)

### 3. 결과 및 고찰

가. 작업대 표면에 생성된 adherent microcolony에 대한 시판세제와 소독제의 처리효과

부분육 처리과정이나 일반 정육점에서 식육처리 과정중 육표면과 빈번히 접촉하는 작업대의 표면은 반복사용과 불충분한 세척으로 인하여 신선육의 오염원이 된다. 작업대 재질로 사용되는 나무, 플라스틱, stainless steel에 *L. monocytogenes* 와 *E. coli*의 adherent microcolony를 형성시켜 이에 대한 시판세제와 소독제 처리효과를 검토하였다. 시판세제를 사용법에 따라 제조하여 adherent microcolony가 형성된 나무, 플라스틱, stainless steel을 세제용액에 1, 3, 5분 침지 처리 후 미생물의 변화를 관찰한 결과 (Table. 1.) 작업대 재질이 plastic 이나 stainless steel인 경우 wood보다 세제의 처리효과가 좋았으며 5분 처리후 wood의 경우 log reduction은 1.22, plastic 2.23, stainless steel이 2.86을 나타내었다. Wood는 다공질이므로 플라스틱에 비하여 세척이나 오염물질 제거가 어려워(Hudson & Hay, 1989) 세척효과가 플라스틱이나 스텐레스보다 낮다고 판단되었다. *E. coli*의 adherent microcolony가 생성된 plastic의 경우 세제에 의한

세척효과는 뚜렷하였으며 stainless steel의 경우 감소 효과를 관찰 할 수 없었다. 시판 세제에 5분동안 침지로 나무, 플라스틱, stainless steel 표면에 형성된 adherent microcolony의 뚜렷한 제거 효과를 관찰할 수 없었다. 시판 세제의 사용법에 따라 세제를 사용할 경우 농도가 낮아 adherent microcolony의 세척효과는 기대하기 어려울 것으로 판단되었다. 염소소독제 처리가 작업대 표면에 부착된 *L. monocytogenes* 와 *E.coli*의 생존에 미치는 효과는 Table 2.에서 보는 바와 같다. 염소 소독제의 처리효과는 처리시간이 길어짐에 따라 사멸효과는 증가하였으며 anionic detergent 처리효과 보다 훨씬 뚜렷한 감소효과를 나타내었다. *L. monocytogenes*의 경우 5분 처리후 log reduction은 wood, 3.32 plastic 4.40, stainless steel 5.15를 나타내어 stainless steel에 대한 소독효과가 가장 뚜렷하였다. *E. coli*의 경우 wood 1.98, plastic 6.18, stainless steel 4.50을 나타내어 plastic에 대한 소독효과가 높은 rydgid을 나타내었다. Mosteller and Bishop(1993) 은 surface-adherent cell의 감소정도(log reduction)이 약 3.0정도면 효과적인 소독이라고 제안하였다. 이를 기준으로 할 때 시판 염소 소독제를 사용방법에 따라 가공 기계표면에 사용할 경우 adherent-microcolony에 대한 효과적인 사멸효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. Anionic detergent 와 hypochlorite용액의 *L. monocytogenes*와 *E. coli*의 작업대 표면 미생물에 대한 복합처리 효과를 검토한 결과(Table 3.) *L. monocytogenes* 의 경우 cutting board의 재질이 plastic과 stainless steel의 경우 세제와 소독제의 복합처리로 각 처리구의 log reduction 은 각각 약 5.9, 6.0를 나타내어 뚜렷한 생존수의 감소현상은 관찰할 수 있었다. *E. coli*에 있어서도 이와 유사한 경향을 나타내었다. Cutting board의 재질이 나무일 경우 세제와 염소소독제 복합처리에도 생존수의 뚜렷한 감소현상은 관찰할 수 없었으며 세척 및 소독후 표면에  $10^3/\text{cm}^2$ 정도 잔존하였다. 육가공 공장의 도구중 콘크리트나 철재 표면에 형성된 응축물에 존재하는 미생물수는 나무표면에 형성된 응축물의 미생물수보다 훨씬 많고 나무재질 위의 응축물은 플라스틱에 비해 훨씬 오염정도가 심하기 때문에(Worfel 등, 1995) 이들의 세척과 위생관리가 소홀하게 다루어질 경우 재오염의 원인이 될 수 있을 것으로 판단되었다.

나. 작업대 표면에 생성된 adherent microcolony에 대한 유기산 처리효과

일반적으로 신선육처리 작업장에서는 하루작업이 끝난후 작업대 표면의 세척과 소독작업이 이루어진다. 작업이 시작되면 육의 접촉으로 작업대 표면은 오염이 시작되어 작업이 진행되는 동안 오염은 누적되어 표면 접촉에 의해 신선육의 오염정도는 증가하게 된다. 작업대 표면을 작업중간 중간 표면 미생물수를 감소시킬 수 있는 간단한 처리 방안이 확립된다면 신선육의 오염을 줄일 수가 있다. 신선육과 접촉할 경우 육의 풍미에 영향을 미치지 않고 작업대 표면의 즉석 소독처리 효과를 얻을 수 있는 방안을 모색코자 작업대 표면에 각종 유기산 처리 효과를 검토한 결과는 Table. 4.에서보는 바와 같다. Biofilm을 형성시킨 나무, stainless steel, plastic 조각을 propionic, fumaric, acetic lactic acid 0.5% 용액에 1분간 각각침지한 후 생균수의 변화를 조사한 결과 wood의 경우 유기산의 종류에 관계없이 1 log<sub>10</sub> cycle이하의 감소효과를 나타내었으며 plastic의 경우 fumaric acid와 acetic acid 처리효과가 다소 높았으나 1.8 log<sub>10</sub> cycle 정도 감소하는 경향을 나타내었다. Stainless steel의 경우 나무나 plastic에 비해 유기산 처리효과가 높았으며 약 2-3 log<sub>10</sub> cycle 정도 감소하였다. 사용 유기산 중 propionic acid와 Fumaric acid의 효과가 높은 경향을 나타내었다. 유기산 농도를 1.0%로 증가시켜 나무, stainless steel, plastic 표면에 형성된 adherent-microcolony를 유기산에 침지한 후의 변화를 관찰한 결과 table 5에서 보는 바와 같다. 사용 유기산중 fumaric acid의 처리 효과가 가장 좋았으며 처리후 *E. coli* adherent microcolony의 log reduction은 wood 4.43 log<sub>10</sub>cycle, plastic 2.73 log<sub>10</sub>cycle, stainless steel 6.46 log<sub>10</sub>cycle이었다. *L. monocytogenes*의 adherent microcolony도 *E. coli*와 유사한 경향을 나타내었다. Lactic acid로 처리한 경우 작업대 표면 재질의 종류에 관계없이 *L. monocytogenes* adherent microcolony는 1-2 log<sub>10</sub>cycle, *E. coli* adherent microcolony의 경우 stainless steel 2.8 log<sub>10</sub>cycle, wood와 plastic 에서는 0.2-0.3 log<sub>10</sub>cycle 의 감소효과를 나타내었다. Propionic acid 와 acetic acid 처리는 이와 유사한 경향을 나타내었다. 신선육을 처리하는 작업대 표면은 주로 나무와 플라스틱을 사용하고 있으며 사용빈도가 증가할수록 칼 등 각종 도구에 의해 흠집과 갈라진 틈이 생기게 된다. 여기에 식품의 지꺼기가 끼이게 되면 이들의 완전한 제거는 매우 어려워져서 세척과 소독효율이 떨어지고 미생물의 영양분 공급원 역할을 하여 급기야 주 오염원이 된다. (Worfel, 1995) 작업대 표면이 나무일 경우 다공질이어서 수분을 쉽게 흡

수하는 특징이 있다. 표면이 수분을 흡수하게 되면 미생물의 오염도 용이해지고 오염된 미생물의 제거도 어려우므로(Welker 등, 1997) 주방이나 소매점의 작업대로 세척이 용이한 플라스틱을 권장하고 있다.(Lapping & Connor, 1991) 본 연구 결과 재질의 표면에 생성된 adherent microcolony는 나무보다 plastic과 stainless steel표면이 제거가 쉬워 보다 위생적인 관리가 용이할 것으로 판단되나 플라스틱의 경우 반복 사용으로 표면에 칼자국등 흠집이 생겨 세척이 나무보다 더 어려운 단점이 있다. 그리고 사업장에 사용할 경우 내구성과 경제성도 고려하여야 한다. 최근 나무의 종류에 따라 항균효과가 있다는 보고가(Ak, 1994) 발표되고 있어 나무 작업대는 세척과 소독이 적절히 이루어 질 수 있다면 가정이나 소매점에 서 안전하게 사용할 수 있다고 생각된다. 그러나 신선육 취급 과정에 사용되는 작업대의 위생적인 사용과 관리를 위해서는 작업대 표면의 재질의 위생적 처리 및 관리에 관한 연구가 보다 구체적이고 광범위하게 선행되어야 할 것이다.

**Table 1. Effect of dipping time on survival of surface-adherented *L. monocytogenes* and *E. coli* in anionic detergent soln(0.15%).**  
(log.No.CFU/cm<sup>2</sup>)

Type of Cutting Board	Time(min )	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Escherichia coli</i>
Wood	0	7.30±0.09 <sup>a</sup>	7.36±0.17
	1	6.57±0.43 (0.73)	6.61±0.22 (0.75)
	3	6.20±0.19 (1.10)	6.40±0.44 (0.96)
	5	6.08±0.19 (1.22)	6.32±0.15 (1.00)
	0	4.79±0.05	6.56±0.00
Plastic	1	4.62±0.10 (0.17)	4.61±0.19 (1.95)
	3	3.55±0.16 (1.24)	3.81±0.23 (2.75)
	5	2.56±0.21 (2.23)	3.65±0.1 (2.91)
	0	5.54±0.20	3.74±0.16
	1	4.78±0.11 (0.76)	3.57±0.21 (0.17)
Stainless steel	3	4.50±0.17 (1.04)	3.49±0.09 (0.25)
	5	2.68±0.24 (2.86)	3.15±0.27 (0.29)

<sup>a</sup> : Mean standard deviation (n=3)

( ) : log reduction

**Table 2. Effect of dipping time in hypochlorite soln.(0.3%) on survival of surface-adherent *L. monocytogenes* and *E. coli* on various cutting board**

(log.No.CFU/cm<sup>2</sup>)

Type of cutting board	Time (min)	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Escherichia coli</i>
Wood	0	8.23±0.34 <sup>a</sup>	8.29±0.28
	1	6.61±0.33 (1.67)	8.18±0.33 (0.11)
	3	6.02±0.12 (2.26)	7.45±0.44 (0.84)
	5	5.06±0.25 (3.32)	6.31±0.59 (1.98)
Plastic	0	8.35±0.24	7.52±0.11
	1	5.50±0.19 (2.85)	4.66±0.58 (2.86)
	3	4.27±0.04 (4.08)	3.41±0.29 (4.11)
	5	3.95±0.11 (4.40)	1.34±0.15 (6.18)
Stainless steel	0	7.27±0.31	6.51±0.17
	1	4.23±0.10 (3.04)	4.27±0.26 (2.24)
	3	3.32±0.31 (3.95)	3.67±0.10 (2.84)
	5	2.12±0.22 (5.15)	2.01±0.27 (4.50)

<sup>a</sup> : Mean standard deviation (n=3)

( ) : log reduction

**Table 3. Effect of dipping time on survival of surface-adherent *Listeria monocytogenes* and *E. coli* on various cutting board.**

(log No. CFU/cm<sup>2</sup>)

Type of cutting board		<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Escherichia coli</i>
Wood	I	5.90±0.06 <sup>a</sup>	5.50±0.29
	II	4.68±0.24 (1.22)	4.85±0.11 (0.65)
	III	3.52±0.21 (2.38)	3.52±0.41 (1.98)
Plastic	I	6.02±0.16	5.71±0.23
	II	2.86±1.41 (3.16)	2.98±0.09 (2.73)
	III	<1	<1
Stainless steel	I	6.03±0.13	5.54±0.35
	II	2.82±0.29 (3.21)	2.50±0.1 (3.04)
	III	<1	<1

<sup>a</sup> : Mean standard deviation (n=3)

( ) : log reduction

I : control, II : dipping in anionic detergent soln. for 5 min, III :dipping in hypochlorite soln. for 5 min after dipping in anion detergent for 5 min



**Table 4. Effect of dipping in various organic acids(0.5%) for 1 min. on survival of surface-adherent *L. monocytogenes* and *E. coli* on various cutting board.**

		(log No. CFU/cm <sup>2</sup> )				
		Control	Propionic	Fumaric	Acetic	Lactic
A	Wood	6.53±0.20 <sup>a</sup>	5.83±0.14 (0.70)	5.72±0.33 (0.81)	6.09±0.19 (0.44)	6.15±0.19 (0.38)
	Plastic	6.20±0.30	5.29±0.23 (0.91)	4.32±0.31 (1.89)	4.41±0.36 (1.79)	5.98±0.06 (0.22)
	Stainless	6.10±0.17	3.36±0.27 (2.74)	3.21±0.36 (2.84)	4.31±0.26 (1.79)	3.84±0.12 (2.26)
B	Wood	7.15±0.08	6.79±0.18 (0.36)	6.40±0.35 (0.75)	6.97±0.10 (0.18)	6.08±0.28 (1.07)
	Plastic	5.74±0.30	5.11±0.21 (0.63)	4.09±0.11 (1.65)	4.72±0.44 (1.02)	5.13±0.26 (0.61)
	Stainless	6.22±0.35	3.77±0.13 (2.45)	2.99±0.08 (3.23)	4.01±0.28 (2.21)	4.34±0.40 (1.88)

A : *E. coli*      B : *L. monocytogenes*

<sup>a</sup> : Mean standard deviation (n=3)

( ) : log reduction

#### 4. 요 약

작업대 재질로 사용되는 나무, 플라스틱, stainless steel에 *L. monocytogenes*와 *E. coli*의 adherent microcolony를 형성시켜 이에 대한 시판세제와 소독제 처리효과를 검토하였다. 작업대 재질이 plastic 이나 stainless steel인 경우 wood보다 세제의 처리효과가 좋았으며 5분 처리후 wood의 경우 *L. monocytogenes*의 log reduction은 1.22, plastic 2.23, stainless steel이 2.86을 나타내었다. 경우 cutting board의 재질이 plastic과 stainless steel의 경우 세제와 소독제의 복합 처리로 각 처리구의 log reduction 은 각각 약 5.9, 6.0를 나타내어 뚜렷한 생균수의 감소현상은 관찰할 수 있었다. *E. coli*에 있어서도 이와 유사한 경향을 나타내었다. Cutting board의 재질이 나무일 경우 세제와 염소소독제 복합처리에도 생균수의 뚜렷한 감소현상은 관찰할 수 없었으며 세척 및 소독후 표면에  $10^3/\text{cm}^2$ 정도 잔존하였다. Biofilm을 형성시킨 나무, stainless steel, plastic 조각을 propionic, fumaric, acetic lactic acid 0.5% 용액에 1분간 각각침지한 후 wood의 경우 유기산의 종류에 관계없이 1 log<sub>10</sub> cycle이하의 감소효과를 나타내었으며 plastic의 경우 fumaric acid와 acetic acid 처리효과가 다소 높았으나 1.8 log<sub>10</sub> cycle 정도 감소하는 경향을 나타내었다. Stainless steel의 경우 나무나 plastic에 비해 유기산 처리효과가 높았으며 약 2-3 log<sub>10</sub> cycle 정도 감소하였다. 사용 유기산 중 propionic acid와 Fumaric acid의 효과가 높은 경향을 나타내었으며, *L. monocytogenes*와 *E. coli*에서 유사한 경향을 나타내었다.

#### 5. 문 헌

1. Ak, N. O., D. O. Cliver, and C. W. Kaspar. 1994. Cutting boards of plastic and wood contaminated experimentally with bacteria. J. Food Prot. 57: 16-22
2. APHA. 1992. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3rd ed. edited by Carl Vanderzant p.80-87
3. Dickson, J. S., and M. E. Anderson. 1992. Microbiological decontamination

- of food animal carcasses by washing and sanitizing systems: a review. *J. Food Prot.* 55:133-140.
4. Frank, J. F. and Koffi, R. A. 1990. Surface-adherent growth of *Listeria monocytogenes* in associated with increased resistance to surfactant sanitizers and heat. *J. Food Prot.*, 53:550-554.
  5. Hudson, L., and F. C. Hay. 1989. Affinity techniques for molecules and cells. pp. 322-329 In *Practical immunology*. 3rd ed. Blackwell Scientific Publications, London.
  6. Lapping, L., and N. Connor. 1991. What's "cooking" on campus? *Food News for consumers*(U.S. Department of Agriculture). *Holidays* 1991:8-9
  7. Lee, S. H. and Frank, J. F. 1991. Inactivation of surface-adherent *Listeria monocytogenes* by hypochlorite and heat. *J. Food Prot.* 54:1-5.
  8. Kotula, A. W. 1966. Variability in microbiological samplings of chickens by the swab method. *Poultry Sci.* 45:232-236.
  9. Madden, R. H. 1994. Microbiological hazards in animal products. *Proc. Nutr. Soc.* 53:309-316.
  10. Mosteller, T. M., and J. R. Bishop. 1993. Sanitizer efficacy against attached bacteria in a milk biofilm. *J. Food Prot.* 56:34-41.
  11. Mossel, D. A. A., E. H. Kampelmacher, and L. M. van Noorle-Janwen. 1966. Verification of adequate sanitation of wooden surfaces used in meat and poultry processing. *Zbl. Bakt. I., Orig.* 201:91-104.
  12. Olson, H. C. 1963. Selective plating technique for detecting contamination of pasteurized milk. *J. Dairy Sci.* 46:362-366.
  13. Richardson, G. H. 1985. *Standard methods for examination of dairy products*, 15th ed. American Public Health Association, Washington, D.C.
  14. Ruosch, W. 1981. Quantitative germ count of wood or plastic surfaces. *Schweiz. Arch. Tierheik.* 123:97-103.
  15. Selgas, D., M. L., Marin, C. Pin, and C. Casas. 1993. Attachment of bacteria to meat surfaces: a review. *Meat Sci.* 34:265-273.
  16. Welker, C., N. Faiola, S. Davis, I. Maffatore and C. A. Batt. 1997.

- Bacterial retention and cleanability of plastic and wood cutting boards with commercial food service maintenance practices. *J. Food Prot.* 60: 407-413.
17. Worfel, R. C., J. N. Sofos, G. C. Smith, J. B. Morgan and G. R. Schmidt. 1995. Microbial contamination of condensates formed on superstructures of wood and other materials in meat plants. *Dairy, Food and Environmental Sanitation.* 17:430-434.

### 제 3 절 신선육의 유통과정중 지방산화방지를 위한 천연항산화제 탐색

## Screening of Natural Antioxidants for Prevention of Lipid Oxidation During Distribution of fresh Meat

### Abstract

This study was carried out to investigate the effects of plant extracts on lipid oxidation and free radical reaction in iron sources reacted with active oxygen species. The results were summarized as follow; The effects of plant extracts reacted with  $Fe^{2+}$  ion and hydroxyl radical on lipid oxidation in oil emulsion were tended to be high in *pinus densiflora*(PD), *sasamorpha purpurascens Nakai*(SN), *capsicum annuum*(CA), *diospyros kaki*(DK) and *perilla frutescens*(PF) in order. At the same time, PF among plant extracts were tended to be showed a little catalytic effects. Active oxygen scavenging ability of plant extracts didn't show, but plant extracts played role as a strong chelating agents to bind iron if  $Fe^{2+}$  ion exist in oil emulsion. Especially, *pinus densiflora*(PD), *lithospermum erythrorhizon*(LE) and PD+LE were acted as a strong chelating agents to bind iron to reduce lipid oxidation in oil emulsion. The content of  $Fe^{2+}$  ion in ethanol extracts from LE and PD+LE were higher than that of ethanol extracts from PD amounts. And also, the content of total iron was the same tendency. The content of ascorbic acid of PD(16.36 ppm) was a little higher than that of LE(13.08 ppm). Electron donating ability of PD was more higher than those of LE. But, the superoxide(SOD)-like activity of LE was showed optical density(O.D), compared to other LE and PD+LE, which means the most strong antioxidant reaction. The nitrite scavenging effects were tended to be different, depending on pH value, however they were decreased overall as pH value was increased. Especially, they almost didn't show the nitrite

scavenging effect in pH 6.0. In conclusion, the PD and LE extracts will use as natural antioxidant sources to reduce lipid oxidation in raw meat.

## 1. 서 론

식품의 가공 및 저장 중에 일어나는 지방질의 산화는 식품에 있어서 영양가의 저하 등 품질저하 요인 뿐만 아니라 산화에 의해 생성되는 각종 산화 생성물은 암이나 노화를 일으킨다고 알려져 있다. 특히, free radical은 생체 물질인 DNA, RNA, 단백질, 지질 등과 반응하여 세포나 조직에 손상을 유발하며 생체의 방어 능력을 감소시켜 인체에 악영향을 끼친다고 한다<sup>(1)</sup>. 이를 방지하기 위해 수많은 합성 또는 천연 항산화 물질이 개발되어 왔으나, 그 효과와 경제성 및 안전성 때문에 실제로 많이 사용되고 있는 것은 합성 항산화제로서 BHA, BHT, EDTA 등이 있으며, 천연 항산화제로서는 tocopherol 등이 있으나, 이것은 식물성 기름에는 항산화효과가 낮고<sup>(2)</sup> 가격이 대단히 고가인 것이 결점이다. 그러나, 합성항산화제는 간비대, 간장 중 microsomal enzyme activity의 증가, 체내 흡수물질의 일부가 독성물 혹은 발암성 물질화한다는 연구결과<sup>(3-6)</sup>에 따라 천연으로부터 산화반응 및 radical의 반응성을 억제할 수 있는 항산화물질을 찾는 연구가 활발히 이루어지고 있고<sup>(7, 8)</sup>, 일부는 상품화되고 있다. 그러나, 유지의 지방산화에서 알 수 있듯이 어느 산화방지제가 모든 종류의 유지류에 같은 산화방지 효과를 나타내지는 못하듯이 특정 물질이 생체의 산화반응 또는 radical 반응 전반에 걸쳐 반응성을 억제하지는 못한다고 판단되어지며, 활성산소의 종류나 radical source 그리고, 반응기작에 따라 반응성을 억제할 수 있는 항산화 물질의 연구가 필요하다고 사료된다. 또한, 우리들이 일상적으로 섭취하고 있는 식용 식물에는 vitamin, minerals, polyphenol류 등 건강유지에 중요한 광합성 대사산물이 포함되어 있으며<sup>(9)</sup>, 이러한 대사 산물이 발암과 노화를 예방한다는 기능성 연구가 보고 되어 있다<sup>(10)</sup>. 따라서, 광합성 대사산물을 다량 함유하고 있는 솔잎(*pinus densiflora*), 대나무잎(*sasamorpha purpurascens Nakai*), 들깨잎(*perilla frutescens*), 고추잎(*capsicum annuum*), 뽕잎(*cupdrania tricuspidata*), 감잎(*diospyros kalki*) 그리고 자초(*lithosoermum erythrorhizon*)의 열수 추출물이 free radical 반응과

지방산화 억제능력을 평가함으로써 식품의 기능성 소재로써 뿐만 아니라, 우수한 천연항산화제로서 신선육의 지방산화를 억제하는 천연산화방지제로 사용하고자 본 실험을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시 약

실험에 사용된 시약은 특급시약이고, Trichloroacetic acid(TCA), Griess reagent(sulfanilic acid, naphthylamine)등은 Sigma chemical Co.(St. Louis, MO)에서 구입하였고, 2-thiobarbituric acid(TBA)는 Eastern Organic Chemicals (Rochester, NY)에서 구입하였다.

### 나. 식물체 추출

솔잎, 대나무잎, 들깨잎, 고추잎, 병잎, 감잎을 각각 20g 취한 후 증류수 100ml를 가하여 85℃에서 3hr 동안 2회반복 추출하고, Whatman #1으로 여과한 후 농축하여 최종 50ml로 정용하여 사용하였고, 지방산화 억제능이 발견된 솔잎과 자초 분말 5g을 ethanol 150ml에 현탁시켜 60℃에서 1시간 환류추출하여 시료로 사용하였다.

### 다. Oil emulsion 제조

Oil emulsion은 사용하기전에 만들고 maleic acid buffer(8ml, 0.1M) pH 6.5로 보정한 다음 50 $\mu$ l Tween-20, 0.5ml 정도의 아미노유를 넣고 15분간 교반한 후 KOH 2~3조각 넣고 교반하면서 0.1N KCl로 pH 6.5로 제조 사용하였다.

### 라. 시료조제

시료 조제는 oil emulsion 0.5ml에 산소종(40mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Potassium superoxide (KO<sub>2</sub>), 40mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+50ppm Fe<sup>2+</sup>(·OH)) 0.1ml를 가하고, 50ppm Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>를 각각 0.1 ml와 각종 항산화제, 식물체추출물과 각각 0.1ml씩 첨가하여 전체 1ml가 되도록 증류수로 조정하여 4반복 실시 하였다.

#### 마. Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)분석

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)는 Buege 등의 방법<sup>(11)</sup>에 따라 측정하였다. 1ml 반응 혼합물이 채워진 시험관을 37℃ water bath에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝나자마자 50 $\mu$ l dibutylhydroxytoluene(BHT) 7.2%을 시료에 가하여 산화반응을 정지시켰다. 반응혼합물을 잘 섞은 다음 2ml TCA/TBA 시약을 가하고 다시 혼합 후 끓는물에서 15분간 가열시켰다. 가열 후 찬물에서 식힌 후 2,000 $\times$ g의 속도로 15분간 원심분리시켰다. 상등액을 흡광도(HITACHI UV-2001) 531nm에서 측정하였고 공시료는 시료대신에 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS값은 ml 반응혼합물에 대해서  $\mu$ g malondialdehyde(MDA)로 표시하였다.

#### 바. Nonheme iron(비헴철)측정

Ferrozine iron 분석방법<sup>(12)</sup>을 약간 수정하여 측정하였다. Total iron 분석을 위해서 1ml시료를 사용하였고, 여기에 2% ascorbic acid (w/v) 0.1ml를 가하여 혼합한 다음 실온(22℃)에서 5분간 반응시켰다. 반응 후 11.3% TCA(w/v) 1ml를 가하고 섞은 다음 반응물을 3,000 $\times$ g에서 15분간 원심분리시켰다. 상등액 2ml를 시험관에 옮기고 0.8ml의 10% ammonium acetate와 0.2ml의 ferrozine color reagent (75mg ferrozine과 75mg neocuproine을 HCl 한방울을 가하여 수용액에 녹인 것)를 가하여 섞는다. 그리고, 시료를 3,000 $\times$ g에서 15분간 원심분리시킨 다음 흡광도계에서 5분 후 562nm에서 흡광도를 측정하였다. Ferrous iron( $Fe^{2+}$ )분석도 단지 0.1ml Ascorbate 대신에 0.1ml TCA를 가한 후 위의 방법과 같이 수행하였다.

#### 사. Ascorbic acid 측정

Sikic 등<sup>(13)</sup>의 방법에 따라 chelex-100으로 처리한 증류수 3배를 시료에 가한 후 균질하여 10분 동안 10,000 $\times$ g에서 원심분리시킨다. 상등액 0.5ml를 취해서 5% TCA 2ml로 단백질을 침전시킨다. 다시, 4℃에서 10분 동안 15,000 $\times$ g에서 원심분리시킨다. 상등액 0.5ml를 취해서 85% orthophosphoric acid 0.05ml, 8%  $\alpha, \alpha'$ -dipyridyl 0.05ml, 3% aqueous ferric chloride 0.05ml을 가한다. 1시간 동



안 ferrous dipyridyl chromophore 물질이 생성되도록 실온에 방치한 후 525nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### 아. 전자공여능 측정

전자공여능은 Blois<sup>(14)</sup>의 방법을 변형하여 측정하였다. 각 시료 2ml에  $2 \times 10^{-4}$ M DPPH 1.0ml 넣고 vortex한 후 30분 동안 방치한 다음 spectrophotometer 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은  $100 - [(시료첨가구의 흡광도 / 무첨가구의 흡광도) \times 100]$ 로 나타내었다.

#### 자. SOD 유사활성 측정

SOD 유사활성물질 측정은 Marklund와 Marklund<sup>(15)</sup>의 방법에 따라 각 시료 0.2ml에 tris-HCl buffer(50mM tris+10mM EDTA, pH 8.5) 3.0ml와  $7.2 \times 10^{-3}$ M pyrogallol 0.2ml를 가하고 25℃에서 10분간 방치 후 1.0N HCl 1.0ml로 반응을 정지시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정 하였다.

#### 차. 아질산염 소거작용 측정

Kato<sup>(16)</sup> 등의 방법으로 1mM NaNO<sub>2</sub>용액 2ml에 각 시료 1ml를 가하고, 0.1N HCl(pH 1.2), 0.2M 구연산완충액(pH 3.0, pH 6.0)으로 각각 pH 1.2, 3.0, 6.0으로 보정한 다음 반응용액의 부피를 10ml로 하였다. 이 용액을 37℃에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액 1ml를 취해 2% 초산용액 2ml와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent(1% sulfanilic acid : 1% naphthylamine = 1 : 1) 0.4ml를 가한 후 vortex하여 실온에서 15분간 방치 후 520nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess reagent 대신 증류수를 가하여 측정하였으며, 아질산염 소거작용은 시료첨가구와 무첨가구의 백분율(%)로 나타내었다.

#### 타. 통계분석

각각의 시료에 대해 평균±표준오차로 나타내었으며, 각 군에 따른 유의차 검증은 분산분석을 한 후  $\alpha=0.05$  수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

가. 식물재료 추출물들의 지방산화 억제효과

Fig. 1은 지방산화 촉진인자인  $Fe^{2+}$ 에 의한 지방산화 정도를 TBARS (2-thio-barbituric acid reactive substances)로 나타내었고, hydroxyl radical을 포집시키는 식물체 추출물을 찾기 위하여 열수추출에 의한 추출물과 반응시킨 결과 들깨 잎을 제외한 솔잎, 대나무잎, 고추잎, 뽕잎 그리고 감잎은 iron binding 능력이 우수하였으나 hydroxyl radical 포집능력은 없는 것으로 나타났다. 그러나, 유기용매인 ethanol 추출에 의한 hydroxyl radical scavenging능력을 평가한 결과 열수추출물과는 달리 hydroxyl radical scavenging능력이 나타났다( $P < 0.05$ ). 즉, 대조구에서는 0.894 MDA ppm을 나타내었고, 솔잎추출물에서는 0.650 MDA ppm, 자초추출물에서는 0.632 MDA ppm 그리고, 솔잎과 자초추출복합물에서는 0.630 MDA ppm을 나타내어 대조구에 비해 솔잎추출물에서는 27.3%, 자초추출물에서는 29.3% 그리고 솔잎과 자초복합물에서는 29.5%의 포집능을 나타내었다. 이것은 열수추출보다는 유기용매 추출물이 free radical 포집물질이 더 많이 존재한다는 것을 시사하는 것이다.

나. Iron sources와 반응한 식물체 추출물들의 cheleating 효과

Kanner 등<sup>17)</sup>은 free ionic iron이 육제품에서 지방산화를 일으키는 주요촉매제라 하였으며, Ahn 등<sup>18)</sup>도 칠면조육에서 지방산화를 촉진시키는 iron은 저장된 iron이 아니라 free ionic iron이라고 보고 하였다. 이러한 육제품에서 뿐만 아니라 oil emulsion 상태에서도 Fig.1, 2에서와 같이  $Fe^{2+}$  ion 첨가구는 4.26 MDA ppm을 나타내어 강한 지방산화 촉진작용을 나타내었으며, 이에 식물체 추출물들과 반응시킨 결과 솔잎 1.09 MDA ppm, 자초 2.12 MDA ppm, 그리고 솔잎과 자초복합물 1.78 MDA ppm을 나타내어 iron을 binding시키는 능력이 있는 것으로 나타났다( $P < 0.05$ ). 이러한 추출물들의 산화촉진제 역할을 하는 iron함량과 항산화제 역할을 하는 ascorbic acid 함량을 측정된 결과 솔잎의 total iron함량은 0.44 ppm, 자초는 1.28ppm, 그리고, 솔잎과 자초복합물은 1.27ppm인 반면, vitamin C함량은 솔잎이 16.37 ppm, 자초가 13.06 ppm 그리고, 솔잎과 자초복합물이 19.74 ppm을 나타내어 자초보다는 솔잎추출물의 항산화 효과가 우수한 추

출물임을 시사한다.

#### 다. 전자공여능

활성산소 중에서도 가장 강한 지방산화력(Fig. 6)을 가지며, 인체내에서 질병과 노화를 일으킨다는 라디칼의 소거작용은 라디칼을 포집하여 소거시키는 방법과 라디칼에 전자를 공여하여 안정화시키는 방법이 있다. 이 두방법 중 후자의 방법인 전자공여능은 지질과산화의 연쇄반응에 관여하는 산화성 활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 된다. 따라서, 이러한 기준에 의해 전자공여능을 측정한 결과 솔잎추출물이 66.47%로 높은 전자공여능을 나타내었으나( $P < 0.05$ ), 자초추출물은 2.67%로 매우 낮은 전자공여능을 나타내었다. 그러나, 솔잎과 자초복합물은 48.89%을 나타내어 솔잎추출물에 의한 전자공여능 효과가 증진되었다. 이러한 결과는 강 등이 보고<sup>10)</sup>한 70% acetone으로 추출한 솔잎이 82.6%, 쑥추출물이 45.8%의 전자공여능 효과를 나타낸 결과보다 다소 낮은 수치를 나타내었으나 전반적으로 솔잎의 효과가 우수하였다.

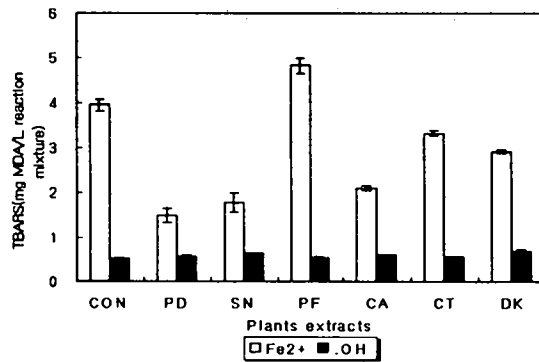
#### 라. SOD 유사활성 물질

산소가 물이 되기까지 4전자환원과정 중 첫 번째 산물인 superoxide( $\cdot O_2^-$ )의 산화억제 작용을 알아보기 위해 Fig. 8은 superoxide와 반응하여 갈변물질을 내는 pyrogallol 자동산화반응의 결과로서 420nm 흡광도 수치가 솔잎이 0.55, 자초가 0.30 그리고, 솔잎과 자초복합물이 0.42를 나타내어 솔잎보다는 자초가 pyrogallol의 자동산화를 방지하는 효과가 약간 우수하였다( $P < 0.05$ ). 따라서, SOD 유사활성물질은 솔잎에 비해 자초가 우수한 superoxide 분해능을 가진 것으로 사료된다.

#### 마. 아질산염 소거작용

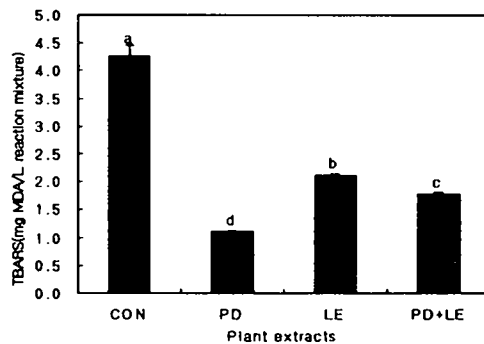
인체내의 2급, 3급 아민류와 결합하여 발암의 전구물질인<sup>19)</sup> 아질산염은 채소류와 근채류 등에 많이 함유되어 있고, 어떤 것은 2,000ppm까지 검출된다고 보고되어 있다<sup>20)</sup>. 이러한 아질산염의 소거작용은 강 등<sup>10)</sup>과 같이 pH의 감소에 따라 소거능이 우수한 것으로 나타났으며, pH 1.2에서 솔잎과 자초가 각각 97.95%, 33.53%의 아질산염 소거능을 나타내었는데 자초보다 솔잎이 강한 아질산염 소

거능을 나타내었다. 그러나, pH가 증가할 수 록 아질산염 소거능은 감소하는 경향이었으며, pH6.0에서는 솔잎(2.03%)을 제외하고는 거의 아질산염 소거능을 나타내지 않았다.



**Fig. 1. Effect of plant extracts reacted with Fe<sup>2+</sup> ion and hydroxyl radical on lipid oxidation in oil emulsion**

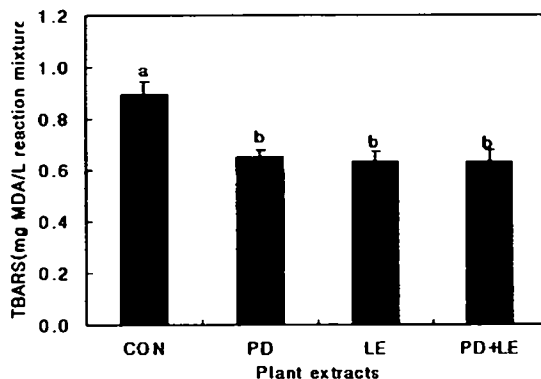
CON : Control  
 PD : *Pinus Densiflora*  
 SN : *Sasamorpha purpurascens Nakai*  
 PF : *Perilla Frutescens*  
 CA : *Capsicum Annuum*  
 CT : *Cudrania Tricuspidata*  
 DK : *Diospyros Kaki*



**Fig. 2. Effect of plant extracts reacted with Fe<sup>2+</sup> ion on lipid oxidation in oil emulsion**

CON : Control  
 PD : *Pinus Densiflora*  
 LE : *Lithospermum Erythrorhizon*  
 PD+LE : *Pinus Densiflora* + *Lithospermum Erythrorhizon*

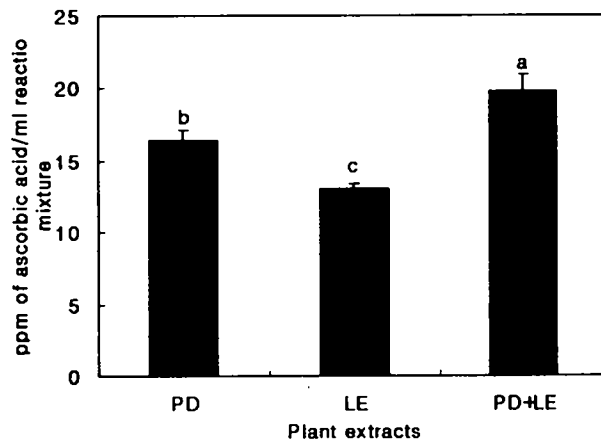
<sup>a-d</sup>: Means in the same column bearing different superscripts are different (P<0.05).



**Fig. 3. Effect of plant extracts reacted with hydroxyl radical ( $\cdot$ OH) on lipid oxidation in oil emulsion**

Symbols are the same as in Fig. 2

<sup>a,b</sup>: Means in the same column bearing different superscripts are different ( $P < 0.05$ ).



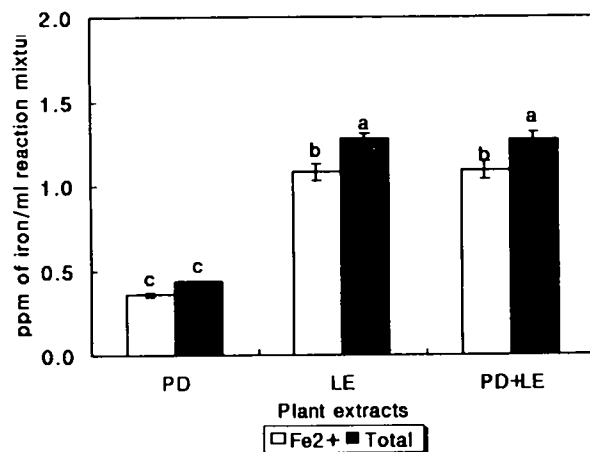
**Fig. 4. The content of ascorbic acid in ethanol extracts from plants**

PD : *Pinus Densiflora*

LE : *Lithospermum Erythrorhizon*

PD+LE : *Pinus Densiflora* + *Lithospermum Erythrorhizon*

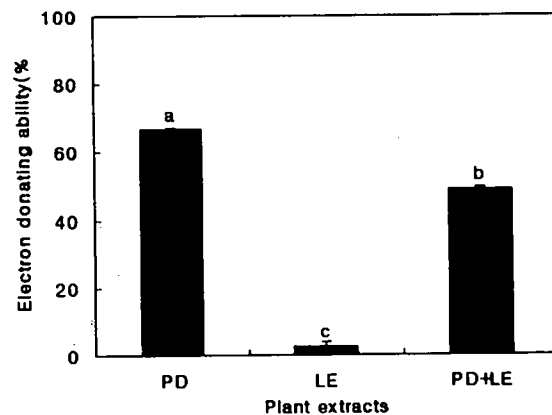
<sup>a-c</sup>: Means in the same column bearing different superscripts are different ( $P < 0.05$ ).



**Fig. 5. The content of Fe<sup>2+</sup> and total iron in ethanol extracts from plants**

Symbols are the same as in Fig. 4

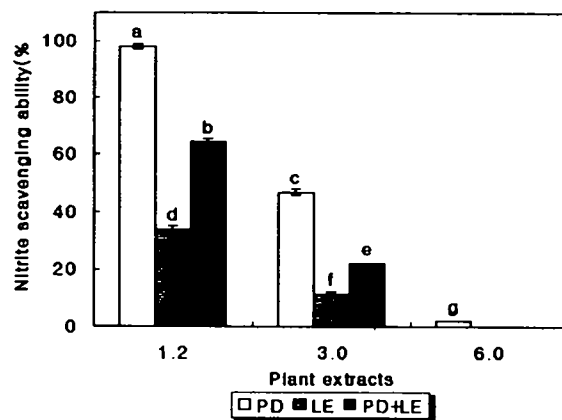
<sup>a-c</sup>: Means in the same column bearing different superscripts are different (P<0.05).



**Fig. 6. Electron donating ability of ethanol extracts from plants**

Symbols are the same as in Fig. 4

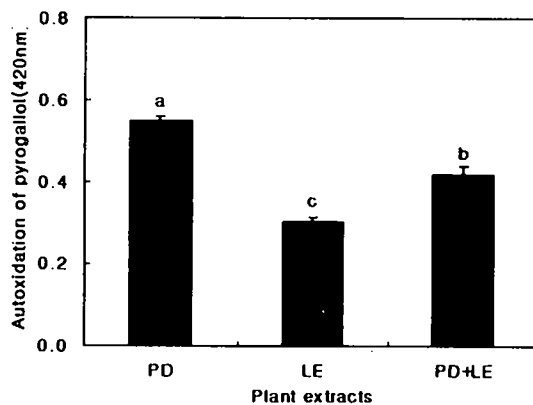
<sup>a-c</sup>: Means in the same column bearing different superscripts are different (P<0.05).



**Fig. 7. Nitrite scavenging effects of ethanol extracts from plants**

Symbols are the same as in Fig. 4

<sup>a-g</sup>: Means in the same column bearing different superscripts are different (P<0.05).



**Fig. 8. Autoxidation of pyrogallol in ethanol extracts from plants**

Symbols are the same as in Fig. 4

<sup>a-c</sup>: Means in the same column bearing different superscripts are different (P<0.05).

#### 4. 요약

신선육의 유통과정 중 지방산화 방지를 위한 천연항산화제를 탐색한 결과 지방산화 촉진인자인 iron을 binding시키는 능력을 조사하여 항산화 능력을 평가하였다. 그 중에서 기능성 물질로 많이 사용되고 있는 식물체 추출물을 사용하여 iron binding 효과를 검토하였는데 솔잎추출물이 가장  $Fe^{2+}$ ion binding 효과가 우수하였고, 대나무 추출물, 고추잎 추출물, 감잎 추출물의 순으로 나타났다. 그러나, 이러한 추출물들은 activity oxygen 포집 능력은 없는 것으로 나타났다. 지방산화에 결정적인 역할을 하는 hydroxyl radical scavenging 능력을 평가하기 위하여 oil emulsion상태에서  $Fe^{2+}$ ion binding능력과 hydroxyl radical scavenging능력을 검토하였다. 이것과 반응한 식물체 추출물 중 솔잎추출물과 자초추출물이 iron binding 능력뿐만 아니라 hydroxyl radical scavenging능력이 우수하였다. 이러한 추출물들의 지방산화 촉진인자인 iron함량을 분석한 결과 솔잎보다는 자초가  $Fe^{2+}$ ion 및 total iron 함량이 높았다. 그러나, 지방산화를 방지할 수 있는 vitamin C 함량을 측정한 결과도 솔잎 추출물(16.36ppm)이 자초(13.08ppm)보다 높아 항산화력이 우수한 추출물로 사용될 수 있었다. 또한, 이러한 추출물을 다각적으로 항산화 능력을 평가하기 위하여 전자공여능, 아질산염 분해능 및 SOD(superoxide dismutase)유사활성물질을 검토하였다. 전자공여능은 자초보다는 솔잎이 우수하였고, 솔잎과 자초를 혼합시킨 처리구는 자초 단독보다는 높은 전자공여능을 나타내었다. 또한, 아질산염 분해능도 솔잎이 자초보다 pH 1.2 와 pH 3.0에서 월등한 분해능을 나타내어 기능성 재료로 이용될 수 있음을 나타내어 주고 있다. 그러나, pyrogallol의 자동산화를 낮추어 줄 수 있는 물질이 있다면 SOD유사활성물질이 어느 정도 함유되어 있다고 평가하는 방법을 토대로 SOD유사활성을 평가한 결과 자초가 솔잎보다 pyrogallol 자동산화를 방지하는 효과가 인정되었다. 이러한 결과는 어떤 면에서 자초도 좋은 항산화 재료로 사용될 수 있음을 시사한다.

#### 5. 문헌



1. 藤券正生: 食品機能, 機能性 食品創製の 基盤. 學會出版センター, p.344 (1988)
2. Corl, M.M.: Antioxidant activity of tocopherols and ascorbyl palmitate and their mode of action. *JAOCS*, **51**, 321 (1974)
3. Farag, R.S., badei, A.Z.M.A. and Baroty, G.S.A.: Influence of thyme and clove essential oils in cotten seed oil oxidation. *JAOCS*, **66**, 800 (1989)
4. Branen, A.L.: Toxicological and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *JAOCS*, **52**, 59 (1975)
5. Farag, R.S., Ali, M.N. and Taka, H.S.: Use of some essential oils as natural preservatives for butter. *JAOCS*, **68**, 188 (1990)
6. Osawa, T. and Namiki, M.: A novel type of antioxidant isolated from leaf wax of Eucalyptus leaves. *Agric. Biol. Chem.*, **45**, 735 (1981)
7. Kasuga, A., Aoyagi, Y. and Sugahara, T.: Antioxidants activities of edible plants. 日本食品工業學會誌, **35**, 22 (1988)
8. Larson, R.A.: The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry*, **27**, 969 (1988)
9. 築原和毅 : 食用植物中の生理的 機能成分. 食品と開發, **27**, 29 (1992)
10. 강윤한, 박용곤, 오상룡, 문광덕 : 솔잎과 쪽 추출물의 기능성 검토, 한국식품 과학회지, **27**(6), 978 (1995)
11. Buege, J.A. and Aust, S.D.: Microsomal lipid peroxidation. *Method in enzymol*, **105**, 302 (1978)
12. Carter, P.: Spectrophotometric determination of serum iron at the submicrogram level with a new reagent(ferrozine). *Anal. Biochem*, **40**, 450 (1971)
13. Sikic, B.I., Mimnaugh, E.G., Litterst, C.L., and Gram, T.E.: The effects of ascorbic acid deficiency and repletion on pulmonary, renal and hepatic drug metabolism in the guinea pig. *Arch. Biochem and Biophys* **179**, 663 (1977)
14. Blois, M.S.: Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, **4617**, 1198 (1958)
15. Marklund, S. and Marklund, G.: Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismmutase. *Eur. J. Biochem.*, **47**, 468 (1974)

16. Kato, H., Lee, Chuyen, N.V., Kim, S.B. and Hayase, F.: Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 1333 (1987)
17. Kanner, J., Hazen, B., and Doll, L.: Catalytic “free” iron ions in muscle foods. *J. Agric. Food Chem.* **36**, 412 (1988)
18. Ahn, D.U., Wolfe, F.H., and Sim, J. S.: The effect of free and bound iron on lipid peroxidation in turkey meat. *Poultry Science*, **72**, 209 (1993)
19. 도정룡, 김선봉, 박영호, 박영범, 김동수: 기호음료성분의 아질산염 소거작용. *한국식품과학회지*. **25**(5), 530 (1993)
20. Wite, J. W.: Relative significance of dietary sources of nitrate and nitrite. *J. Agric. Food Chem.*, **23**, 886 (1975)

제 4 절 전기자극처리와 천연항산화제의 육표면처리가  
한우육의 저장성에 미치는 효과  
Effect of Natural Antioxidants and Electrical Stimul-  
ation on the Storage of Hanwoo Beef

Abstract

The effects of plant extracts(Pinus Densiflora, Lithospermum Erythrorhizon) and electrical stimulation on lipid peroxidation and meat color were determined in Hanwoo beef during vacuum packaging storage at 0℃ for 90 days. The electrical stimulated(ES) meat treated without plant extracts showed a similar tendency until 60 days, compared with the non electrical stimulated(NES) on the base of TBARS value. But, TBARS value of ES meat was tended to be higher than those of NES meat at 70 days of storage. The content of total iron and Fe<sup>2+</sup> ion were tended to be a little increased, irrespective of treatment of plant extracts and ES. However, there were a little different in the amount of total iron and Fe<sup>2+</sup> ion between meat treated with plant extracts and meat treated without plant extracts during vacuum packaging storage at 0℃(P<0.05). The plant extracts from Pinus Densiflora(PD) and Lithospermum Erythrorhizon(LE) were effective to retard pyrogallol autoxidation of meat, compared to meat treated without plant extracts. The content of heme pigment gradually tended to be increased during vacuum packaging storage at 0℃ for 90 days, but L value(Lightness) of between meat treated with plant extracts and meat treated without plant extracts were not different during vacuum packaging storage at 0℃ for 90 days. The a value(Redness) of meat treated with plant extracts also had the same tendency as a redness value of meat treated without plant extracts. However, ES meat color was kept more bright red than NES meat color in view of sensory evaluation, but the color and flavour of ES meat treated

with plant extracts were not improved, compared to those of ES meat treated without plant extracts.

## 1. 서 론

최근 신선육의 유통경향은 동결저장보다는 신선육을 그대로 보존하면서 이것을 수요에 따라 집중적으로 공급해 가는 방향으로 나아가고 있다. 따라서, 수입육과의 차별화 정책으로 어느정도 한우육의 생산기반이 자리를 잡아가고 있다. 그러나, 저장유통 중 한우육의 품질변화로 인해 고급한우육을 생산하고도 제값을 받지 못하는 사례가 가끔 발생한다. 이러한, 저장중 품질열화의 원인으로 육색의 변화와 지방산화가 주요 요인이 되고있다(김등, 1977a, 김등, 1997b). 따라서, 육색유지와 지방산화의 억제는 고급육 생산만큼이나 중요한 과제이다. 육색유지 및 지방산화 방지법 개발은 주로 닭(Wabb 등, 1972; Marusich 등, 1975; Bartov 등, 1977; Uebersax 등, 1978; Bartov 등, 1983), 돼지고기(Buckly와 Connolly, 1980)와 쇠고기(Faustman 등, 1989)에 vitamin E를 급여한 후 도축한 신선육에서 육색소와 지방의 산화를 감소시키는 방법으로 진행되어 왔다. 그러나, 간편한 방법으로 vitamin C를 직접 육표면에 뿌리거나(김등, 1997b), 담그는 방법(Mitsumoto 등, 1991)으로 육색과 지방산화를 방지하고자 하였다. 그러나, 천연으로부터 산화반응 및 radical의 반응성을 억제할 수 있는 항산화 물질을 탐색하여 항산화능이 우수한 추출물을 신선육에 분무하여 지방산화의 억제나 육색의 변화를 검토한 보고는 거의 없는 듯 하다. 따라서, 각 항산화능력 검토에서 우수한 항산화력을 가진 솔잎과 자초를 사용하여 신선육에 분무하였을 때 한우육의 육색유지 및 지방산화 억제효과를 검토하고자 이 실험을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시 약

실험에 사용된 시약은 특급시약이고, Trichloroacetic acid(TCA), Griess

reagent(sulfanilic acid, naphthylamine)등은 Sigma chemical Co.(St. Louis, MO)에서 구입하였고, 2-thiobarbituric acid(TBA)는 Eastern Organic Chemicals (Roochester, NY)에서 구입하였다.

#### 나. 시료처리

본 연구에 사용된 재료는 대구축협에서 사육된 거세우를 관행방법으로 도축하여 2분도체로 한 다음, 좌반도체에 전기자극처리(550V, 90초)를 하고, 16℃에서 24시간 지연냉각시킨 다음 등심근육을 채취하였다. 채취한 등심근육표면에 솔잎추출액, 자초추출액 및 솔잎과 자초추출액을 혼합한 용액을 각각 분무하고 진공포장(포장재: polyamide/polyethylene, 50ml/m<sup>2</sup>, 24h · atm)한 다음, 0℃에서 90일간 저장하면서 실험에 사용하였다.

#### 다. 식물체 추출

솔잎, 자초를 각각 50g에 ethanol 1,000ml를 가하여 24hr 상온에서 정치시켜 추출하고, Whatman #1 여과 한 후 vacuum rotary evaporator로 농축한 후 1% ethanol 용액으로 정용하여 사용 하였다.

#### 라. 경도측정

시료의 경도(hardness)측정은 시료를 75℃의 열탕에서 시료중심부의 온도가 70℃에 도달한 후 30분간 가열하고, core를 이용하여 1cm×1.2cm×3cm의 크기로 만든 후, Rheometer(Model CR-100, Sun Scientific Co. Japan)로 측정하였다.

#### 마. Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)분석

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)는 Buege 등의 방법<sup>(12)</sup>에 따라 측정하였다. 1ml 반응 혼합물이 채워진 시험관을 37℃ water bath에서 1시간 동안 반응 시켰다. 반응이 끝나자마자 50μl dibutyl hydroxy toluene(BHT) 7.2%을 시료에 가하여 산화반응을 정지시켰다. 반응혼합물을 잘 섞은 다음 2ml TCA/TBA 시약을 가하고 다시 혼합 후 끓는물에서 15분간 가열시켰다. 가열 후 찬물에서 시킨 후 2,000×g의 속도로 15분간 원심분리 시켰다. 상등액을 흡광도(HITACHI UV-2001) 531nm에서 측정하였고 공시료는 시료대신에 증류수를

가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS값은 ml 반응혼합물에 대해서  $\mu\text{g}$  malondialdehyde(MDA)로 표시하였다.

#### 바. Nonheme iron(비헴철)측정

Ferrozine iron 분석방법<sup>(13)</sup>을 약간 수정하여 측정하였다. Total iron 분석을 위해서 1ml시료를 사용하였고, 여기에 2% ascorbic acid (w/v) 0.1ml를 가하여 혼합한 다음 실온(22℃)에서 5분간 반응시켰다. 반응 후 11.3% TCA(w/v) 1ml를 가하고 섞은 다음 반응물을 3000×g에서 15분간 원심분리 시켰다. 상등액 2ml을 시험관에 옮기고 0.8ml의 10% ammonium acetate와 0.2ml의 ferrioxin color reagent(75mg ferrozine과 75mg neocuproine을 HCl 한방울을 가하여 수용액에 녹인것)를 가하여 섞는다. 그리고, 시료를 3000×g에서 15분간 원심분리 시킨 다음 흡광도계에서 5분 후 562nm 에서 흡광도를 측정하였다. Ferrous iron( $\text{Fe}^{2+}$ )분석도 단지 0.1ml Ascorbate 대신에 0.1ml TCA를 가한 후 위의 방법과 같이 수행하였다.

#### 사. 육색소(heme) 함량

Hornsey(1956)의 방법에 따라 추출용액(acetone : 증류수 : HCl = 40 : 2 : 1) 45ml를 분쇄한 시료 10g에 가하고 5분간 homogenizer로 균질하고, 냉암소에서 1시간 방치 하였다. 이것을 wathman No. 1. filter paper로 여과한 후 여과액을 사용하여 640nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 공시료는 acetone, 증류수, HCl 을 각각 80, 18, 2ml를 혼합하여 사용하였고 육색소 함량은 다음식으로 환산하였다.

총색소 함량(ppm) = 흡광도 × 680

#### 아. SOD 유사활성 측정

SOD 유사활성물질 측정은 Marklund와 Marklund<sup>(16)</sup>의 방법에 따라 각 시료 0.2ml에 tris-HCl buffer(50mM tris + 10mM EDTA, pH 8.5) 3.0ml와  $7.2 \times 10^{-3}\text{M}$  pyrogallol 0.2ml를 가하고 25℃에서 10분간 방치 후 1.0N HCl 1.0ml로 반응을 정지시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정 하였다

#### 자. 육색측정

육색은 솔잎과 자초 추출물을 한우육 등심에 분무처리한 후 시료를 직경 3cm, 높이 2.4cm의 크기로 근섬유방향에 평행되게 1개 시료당 9개를 coring하여 4℃에서 30분간 정지공기 상태에 노출시켜 발색시킨 후 polyethylene 필름으로 한 겹 포장하여 색차계(Color difference meter, Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 Hunter값(L=명도, a=적색도)으로 표시하였다. 이때 사용된 표준색판은 기기의 manual에 따라 Y=94.95, a=0.3132, b=0.3203로 하였으며, 6회 반복하여 평균값을 구하였다.

#### 차. 관능검사

각 시료에 대하여 panel요원 15명을 선발하여 Hedonic scale법에 의한 시료 비교 차이 식별법으로 관능검사를 실시하였다. 각 관능검사 항목은 10단계의 채점표를 이용하여 '매우좋다 10점, 보통이다 5점, 매우 나쁘다 1점'으로 평가하여 통계처리를 실시하였다.

#### 카. 통계분석

각각의 시료에 대해 평균±표준오차로 나타내었으며, 각 군에 따른 유의차 검증은 분산분석을 한 후  $\alpha=0.05$  수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 지방산화에 미치는 전기자극과 천연항산화제 복합처리의 영향

지방산화 억제능이 우수한 솔잎추출물, 솔잎추출물과 자초추출물을 혼합시킨 처리구를 신선육에 분무처리하여 진공포장시킨 후 0℃에서 90일간 저장하면서 10일 간격으로 지방산화 정도를 측정하였는데 전반적으로 천연항산화제 처리를 하지 않은 전기자극 처리구는 60일 까지 무처리구와 별 차이가 없었으나, 70일

제 부터는 지방산화가 약간 높은 경향을 나타내었다(Fig. 1). 이러한 진공포장 중 전기자극에 의한 지방산화의 차이는 공기에 의한 접촉이 차단되기 때문에 산소에 의한 산화보다는 철의 결합력이 약화되어 생성된 유리 철이온 때문인 것으로 사료된다. 그러나, 신선육에 솔잎, 솔잎+자초추출물을 분무 처리한구가 지방산화가 낮은 경향을 나타내고 있다. 이러한 추출물의 항산화능력은 솔잎이 가지고 있는 강한 iron binding 능력과 radical 포집능력 때문인 것으로 사료된다. 따라서, 이를 구체적으로 확인하기 위해서 Total iron 함량과 Ferrous iron 함량을 측정된 결과 Total iron 함량은 저장기간에 따라 약간 증가하는 경향이었으며, 전반적으로 솔잎처리구 및 솔잎+자초처리구가 낮은 경향을 나타내었다. Ferrous iron 함량도 저장 60일째 부터 무처리구 보다 전기자극 처리구가 약간 증가하였는데 이로 인해 지방산화를 촉진시켰을 것으로 판단된다(Fig. 2,3). 이러한 결과는 kanner 등(1988)이 자유 철이온이 육제품에서 지방산화를 일으키는 주요 촉매제라고 한 보고와 일치하는 경향이였다. Pyrogallol의 자동산화를 낮추는 능력을 평가한 결과 전반적으로 솔잎 및 자초처리구가 무처리구보다 자동산화를 억제시키는 효과를 나타내었다(Fig. 5) 이는 천연 추출물이 지방산화 시발 물질인 superoxide를 분해시키는 SOD유사활성물질을 어느정도 함유하고 있어 신선육의 자동산화를 낮추는 효과를 나타내었을 것으로 판단된다.

나. 육색 및 풍미의 변화에 미치는 전기자극과 천연항산화제 복합처리의 영향

0℃ 진공포장한 후 저장기간에 따라 heme색소 함량을 측정된 결과(Fig. 2) 저장중 heme색소 함량은 미미하게 증가하는 경향이나 큰 차이가 없었다. 그러나, 전반적으로 저장중 무처리구가 천연항산화제 처리구 보다 약간 높은 heme 색소함량을 나타내었다. 이는 5℃ polyethylene(PE) film저장중 신선육은 육색산화로 인해 oxymyoglobin이 쉽게 metmyoglobin 으로 산화되는 것과는 대조적으로 공기가 없는 진공포장상태에서는 oxymyoglobin 함량 자체도 거의 부족하여 metmyoglobin으로 산화되기 어렵기 때문인 것으로 판단된다. 색차계에 의한 육색 측정치를 보면 저장중 육색의 밝기(L값)는 각 처리구별로 차이가 없는 것으로 나타났다. 다만, 저장 60일까지 무처리구에 비해 전기자극처리구, 전기자극처리구에 솔잎 및 솔잎과 자초 복합처리구가 약간 높은 경향을 나타내고 있다



(Fig. 6). 이러한 육색의 L값의 차이가 뚜렷하지 않는 것은 진공포장으로 인한 산소의 접촉을 차단함으로써 oxymyoglobin의 함량을 상대적으로 감소시켰기 때문인 것으로 사료된다. 그러나, a값(적색도)은 저장기간중 큰 변화가 없었다. 한편, 관능적으로 각 처리구간에 육색과 풍미를 측정된 결과 저장 0일째 전기자극 처리구가  $9.70 \pm 0.122$ , 무처리구가  $9.62 \pm 0.179$ 을 나타내어 전기자극처리에 의해 육색이 밝은 경향이었으나( $P < 0.05$ ), 저장 90일까지 전기자극처리구와 무처리구 사이에 큰 차이는 없었다. 그러나, 전반적으로 솔잎을 처리한구는 솔잎을 처리하지 않은 무처리구와 전기자극 처리구에 비해 육색이 어두운 경향을 나타내었고, 솔잎과 자초를 복합처리한 구 보다 육색이 밝지 않았다(Table 1). 풍미는 천연항산화제 무처리구가 저장 10일까지 유의적으로 높은 경향이었으나, 저장 30일부터는 오히려 천연항산화제 처리구가 높은 풍미 효과를 나타내었다. 따라서, 전반적으로 솔잎과 자초추출물의 저장중 풍미 유지는 무처리에 비해 천연항산화제 처리구가 지방산화를 억제하여 나쁜 냄새의 생성을 줄여줄 것으로 사료된다. 지방산화억제능이 우수한 솔잎추출물, 솔잎추출물과 자초추출물을 혼합시킨 처리구를 신선육에 분무처리하여 진공포장시킨 후 0℃에서 90일간 저장하면서 10일간격으로 Rheometer를 이용한 연도측정값을 Fig. 2에 나타내었다. 전기자극 무처리구(NES)의 연도는 저장 40일째 까지, 전기자극 처리구(ES)의 연도는 저장 30일째 까지 점차 감소하는 경향이였다. 전기자극 처리에 따른 연도의 차이는 저장 30일째 까지 큰 차이가 있어 도축후 도체에 대한 전기자극이 연도개선에 뚜렷한 효과가 있음이 인정되었다. 그러나 전기자극 처리후 천연항산화제 처리에 따른 연도의 변화는 인정되지 않아 솔잎추출물이나 자초추출물을 신선육의 항산화제로 이용하는데에 따른 육의 연도에는 영향을 미치지 않는다고 판단되었다.

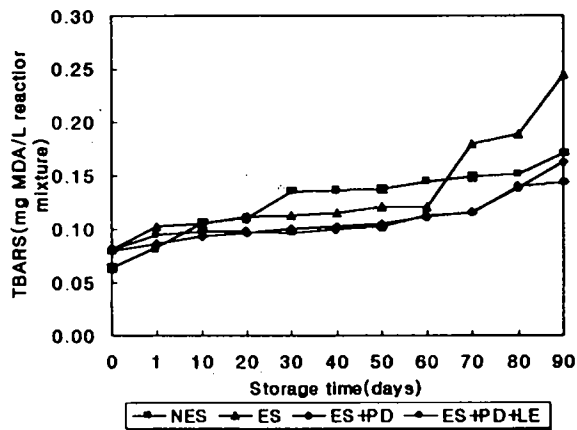


Fig. 1. Effect of electrical stimulation and plant extracts on the lipid oxidation of Hanwoo beef during vacuum packaging storage time at 0°C

NES : Non Electrical Stimulation  
 ES : Electrical Stimulation  
 ES+PD : Electrical Stimulation + *Pinus densiflora*  
 ES+PD+LE : Electrical Stimulation + *Pinus densiflora*  
 + *Lithospermum erythrorhizon*

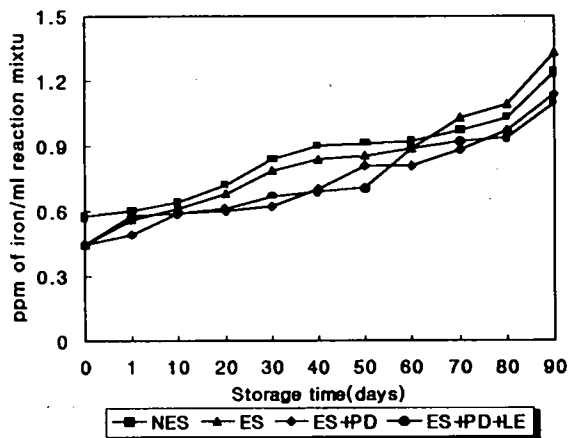
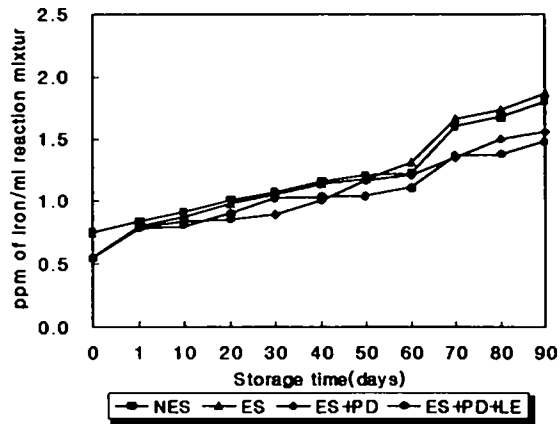
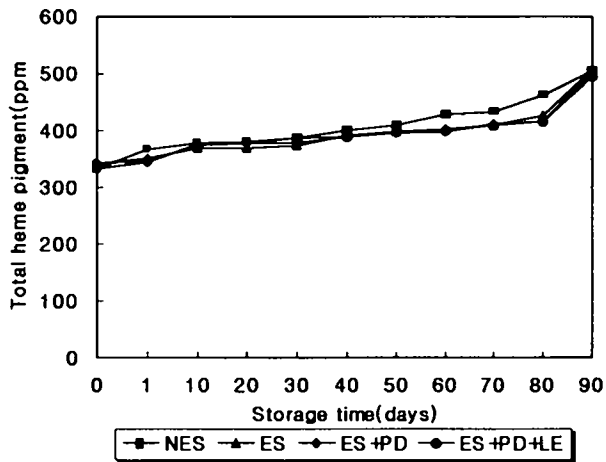


Fig. 2. Effect of electrical stimulation and plant extracts on the content of Fe<sup>2+</sup> ion of Hanwoo beef during vacuum packaging storage time at 0°C

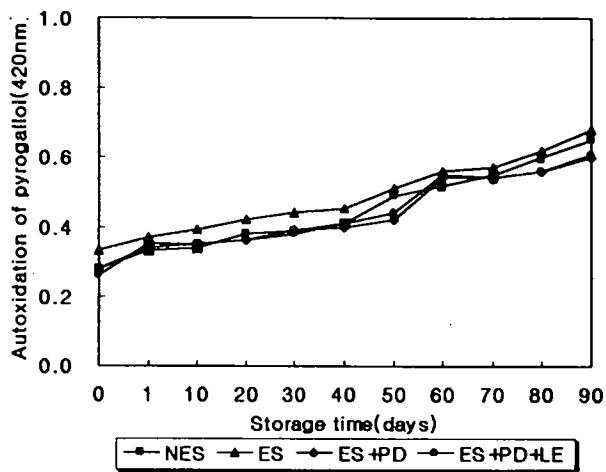
Symbols are the same as in Fig. 1



**Fig. 3.** Effect of electrical stimulation and plant extracts on the content of total iron of Hanwoo beef during vacuum packaging storage time at 0°C  
 Symbols are the same as in Fig. 1

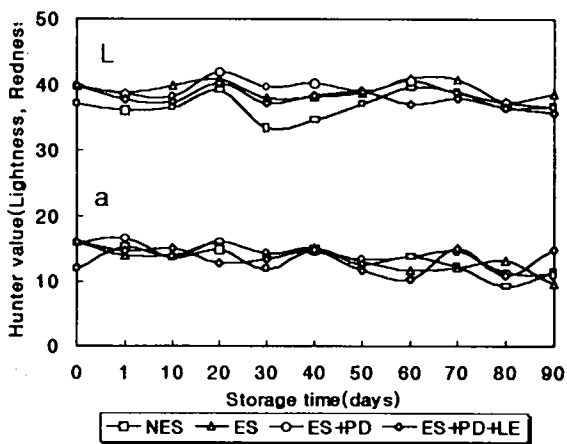


**Fig. 4.** Effect of electrical stimulation and plant extracts on the content of heme pigments of Hanwoo beef during vacuum packaging storage time at 0°C  
 Symbols are the same as in Fig. 1



**Fig. 5. Effect of electrical stimulation and plant extracts on the pyrogallol autoxidation of Hanwoo beef during vacuum packaging storage time at 0°C**

Symbols are the same as in Fig. 1



**Fig. 6. Effect of electrical stimulation and plant extracts on hunter value of Hanwoo beef during vacuum packaging storage time at 0°C**

Symbols are the same as in Fig. 1

Table. 1. Effect of electrical stimulation and plant extracts on meat color<sup>1)</sup> and flavor<sup>2)</sup> of Hanwoo beef during vacuum packaging storage time at 0°C.

Treatment	Color				
	Storage time (days)				
	0	10	30	60	90
NES	9.62±0.179 <sup>b</sup>	9.42±0.084 <sup>c</sup>	7.62±0.228 <sup>b</sup>	3.32±0.179 <sup>j</sup>	1.36±0.114 <sup>p</sup>
ES	9.70±0.122 <sup>a</sup>	9.50±0.158 <sup>d</sup>	7.76±0.207 <sup>a</sup>	3.56±0.207 <sup>k</sup>	1.80±0.158 <sup>o</sup>
ED+PD	9.58±0.130 <sup>c</sup>	9.32±0.084 <sup>f</sup>	6.98±0.259 <sup>j</sup>	2.54±0.230 <sup>n</sup>	1.04±0.055 <sup>t</sup>
ES+PD+LE	9.62±0.084 <sup>b</sup>	9.42±0.192 <sup>e</sup>	7.34±0.270 <sup>i</sup>	2.96±0.623 <sup>m</sup>	1.06±0.089 <sup>q</sup>

Treatment	Flavor				
	Storage time (days)				
	0	10	30	60	90
NES	9.64±0.089 <sup>a</sup>	9.32±0.148 <sup>c</sup>	7.48±0.192 <sup>x</sup>	3.46±0.261 <sup>p</sup>	1.04±0.055 <sup>t</sup>
ES	9.50±0.122 <sup>b</sup>	9.24±0.114 <sup>d</sup>	7.24±0.297 <sup>j</sup>	2.66±0.241 <sup>o</sup>	1.14±0.152 <sup>s</sup>
ED+PD	9.00±0.187 <sup>e</sup>	8.58±0.148 <sup>e</sup>	8.14±0.152 <sup>j</sup>	4.16±0.270 <sup>m</sup>	2.56±0.365 <sup>q</sup>
ES+PD+LE	8.82±0.130 <sup>f</sup>	8.46±0.134 <sup>h</sup>	7.66±0.288 <sup>i</sup>	3.80±0.200 <sup>n</sup>	2.28±0.192 <sup>r</sup>

NES : Non Electrical Stimulation

ES : Electrical Stimulation

ES+PD : Electrical Stimulation + *Pinus densiflora*

ES+PD+LE : Electrical Stimulation + *Pinus densiflora* + *Lithospermum erythrorhizon*

<sup>1)</sup>1: very dark red                      5: moderate red                      10: very light red

<sup>2)</sup>1: very unpleasant                      5: moderate                      10: very good

<sup>a-t</sup>: Means(n=5) within a column with no common superscripts are significantly different(P<0.05)

#### 4. 요약

지방산화 억제능이 우수한 솔잎추출물, 솔잎추출물과 자초추출물을 혼합시킨 복합처리구를 신선육에 분무처리하여 진공포장시킨 후 0℃에서 90일간 저장하면서 10일 간격으로 지방산화 정도를 측정하였다. 전반적으로, 천연항산화제 처리를 하지 않은 전기자극 처리구는 60일 까지 무처리구와 별 차이가 없었으나, 70일째 부터는 지방산화가 약간 높은 경향을 나타내었다. Total iron 함량과 Ferrous iron 함량을 측정한 결과 Total iron 함량은 저장기간에 따라 약간 증가하는 경향이었으며, 전반적으로 솔잎처리구 및 솔잎+자초처리구가 낮은 경향을 나타내었다. Ferrous iron 함량도 저장 60일째 부터 무처리구 보다 전기자극 처리구가 약간 증가하였다. Pyrogallol의 자동산화를 낮추는 능력을 평가한 결과 전반적으로 솔잎 및 자초처리구가 무처리구보다 자동산화를 억제시키는 효과를 나타내었다. 0℃ 진공포장한 후 저장기간에 따라 heme색소 함량을 측정한 결과 저장중 heme색소 함량은 미미하게 증가하는 경향이나 큰 차이가 없었다. 색차계에 의한 육색 측정치를 보면 저장중 육색의 밝기(L값)는 각 처리구별로 차이가 없는 것으로 나타났다. 다만, 저장 60일까지 솔잎처리구에 비해 솔잎과 자초 복합처리구가 약간 높은 경향을 나타내고 있다. 한편, 관능적으로 각 처리구간에 육색과 풍미를 측정한 결과 저장 0일째 전기자극 처리구가  $9.70 \pm 0.122$ , 무처리구가  $9.62 \pm 0.179$ 을 나타내어 전기자극처리에 의해 육색이 밝은 경향이었으나 ( $P < 0.05$ ), 저장 90일까지 전기자극처리구와 무처리구 사이에 큰 차이는 없었다. 전기자극 처리후 천연항산화제 처리에 따른 연도의 변화는 인정되지 않아 솔잎추출물이나 자초추출물을 신선육의 항산화제로 이용하는데에 따른 육의 연도에는 영향을 미치지 않는다고 판단되었다.

#### 5. 문헌

1. Anderson, B.A., Lauderdale, J.L. and Hoke, I.M.: Composition of Food: Beef Products. Agric. Handbook No. 8-13, U.S. Dept. of Agriculture, Washington, DC. (1985)

2. Bartov, I., Basker, D. and Angel, S.: Effect of dietary vitamin E on the stability and sensory quality of turkey meat. *Poult. Sci.* **62**, 1224 (1983)
3. Bartov, I. and Bornstein, S.: Stability of abdominal fat and meat of broilers; the interrelationship between the effects of dietary fat and vitamin E supplements. *Br. Poult. Sci.* **18**, 47 (1977)
4. Birch, G.G., Bointon, B.M., Rolfe, E.J. and Selman, J.D.: Quality change related to vitamin C in fruit juice and vegetable processing. In "vitamin C," Ed. Birch, G.G. and Parker, K. Applied Sci. London. p.40. (1974)
5. Buege, J.A. and Aust, S.D.: Microsomal lipid peroxidation. *Method in enzymol.* **105**, 302 (1978)
6. Buckley, J. and Connolly, J.F.: Influence of alpha-tocopherol(vitamin E) on storage stability of raw pork and bacon. *J. Food Protect.* **43**, 265 (1980)
7. Costilow, R.N., Batshon, B.A., Bratzler, L.J. and Robach, D.A.: Interactions between ascorbic acid and psychrophilic bacteria associated with the discoloration of prepackaged beef. *Food Technol.* **9**, 560 (1955)
8. Faustman, C., Cassens, R.G., Shaefer, D.M., Buege, D.R., Williams, S.N. and Scheller, K.K.: Improvement of pigment of lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *J. Food Sci.* **54**, 858 (1989)
9. Harbers, C.A.Z., Harrison, D.L. and Kropf, D.H.: Ascorbic acid effects on bovine muscle in the presence of radiant energy. *J. Food Sci.* **46**, 7 (1981)
10. Kanner, J., Mendel, H. and Budowski, P.: Prooxidant and antioxidant effects of ascorbic acid and metal salts in a  $\beta$ -carotene-linoleate model system. *J. Food Sci.* **42**, 60 (1977)
11. Marusich, W.L., De Ritter, E., Orginz, E. F., Keating, J., Mitrovic, M. and Bunnell, R.H.: Effect of supplemental vitamin E in control of rancidity in poultry meat. *Poult. Sci.* **54**, 831 (1975)
12. Misumoto, M., Cassens, R.G., Schaefer, D.M. and Scheller, K.K.: Pigment stability improvement in beef steak by ascorbic acid application. *J. Food*

- Sci.* **56**, 857 (1991)
13. Okayama, T., Imai, T. and Yamanoue, M.: Effect of ascorbic acid and alphatocopherol on storage stability of beef steaks. *Meat Sci.* **21**, 267 (1987)
  14. Romans, J.R. and Ziegler, P.T.: "The meat We Eat." 11th ed. Interstate Printer & Publishers, Inc., Danville, IL. 1977
  15. Sikic, B.I., Mimnaugh, E.G., Litterst, C.L. and Gram, T.E.: The effects of ascorbic acid deficiency and repletion on pulmonary, renal and hepatic drug metabolism in the guinea pig. *Arch Biochem and Biophys.* **179**, 663 (1977)
  16. Tappel, A.L., Duane Brown, W., Zalkin, H. and Maier, V.P.: Unsaturated lipid peroxidation catalyzed by hematin compounds and its inhibition by vitamin E. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **38**, 5 (1961)
  17. Uebersax, M.A., Dawson, L.E. and Uebersax, K.L.: Storage stability(TBA) of meat obtained from turkeys receiving tocopherol supplementation. *Poult. Sci.* **57**, 937 (1978)
  18. Watts, B.M. and Lehmann, B.T.: The effect of ascorbic acid on the oxidation of hemoglobin and formation of nitric oxide hemoglobin. *Food Res.* **17**, 100 (1952)
  19. Wabb, J.E., Brunson, C.C. and Yates, J.D.: Effects of feeding antioxidants on rancidity development in pre-cooked, frozen broiler parts. *Poult. Sci.* **51**, 1601 (1972)



## 제 5 절 전기자극처리와 천연항균성물질의 육표면처리가 한우육의 저장성에 미치는 효과

### Effect of electrical stimulation and spray of medicinal herbs on physico-chemical and microbiological characteristics of vacuum packaged Hanwoo beef during storage

#### Abstract

Effects of electrical stimulation and medicinal herbs on self life of vacuum packaged Hanwoo beef at 0°C were examined. pH and volatile basic nitrogen (VBN) did not show significant difference among treatments and decrease rapidly after 70 days of storage. *Pinus densiflora*(PD) spray, PD and *Lithospermum erythrorhizon*(LE) spray and electrical stimulations significantly reduced the total bacteria and psychrotrophs compared to control and produced a 1 log cycle reduction in both bacteria. Vialbe cell of these bacteria was inhibited apparently during storage. Self life of vacuum packaged Hanwoo beef with electrical stimulation was improved by spary of PD and LE on surface of Hanwoo beef.

#### 1. 서 론

식육으로부터 병원성 미생물과 부패성 미생물의 완전한 제거는 불가능하다. 소비자들은 오염 미생물에 의해 발생할 수 있는 문제점을 방지하기 위해서 식육의 적절한 저장과 취급 또는 요리에 의존할 수밖에 없다. 신선육의 미생물 오염은 항상 식품의 안정성에 있어서 문제점으로 대두되어 왔다(Chung등, 1989). 동

물이 도살되면 미생물의 오염은 자연스럽게 이루어지며 궁극적으로 부패현상은 발생하게 된다(Bell 등, 1986). 이러한 오염미생물에 의한 위협을 최소화시키기 위하여 도체를 물과 여러가지 유기산으로 세척하는 등 다양한 방법이 고안되고 있다. 저온 저장육의 저장성은 오염의 방지와 오염미생물의 성장억제 여부에 달려있다. 육표면 미생물의 오염을 끝발 적업중의 철저한 위생관리가 수반되면 줄일 수 있다(Chandran 등, 1986). 최근 육표면의 오염을 줄이고 저장성을 증진시키기 위하여 도체와 부분육을 유기산으로 분무처리하는 방법이 사용되어 왔다 (Smulders & Woolthuis, 1985, Bell 등, 1986, Acuff 등, 1987 ). 표면의 전기자극처리는 미생물의 성장을 조절하는 효과적인 방법으로 제안되었으나 항상 일정한 경향을 보이지 않아(Kastner, 1982) 전기자극은 미생물이나 오염 미생물의 성장배지로서의 육자체에 역효과는 초리할 수 있으며(Riley 등, 1980) 양 도체에 전기자극처리를 하므로써 육표면의 미생물 수를 현저히 감소시켰다는 보고 Raccach & Henrickson, 1978)도 있다. 본 연구는 전기자극 처리가 진공포장 한 우육의 저장성에 미치는 효과와 슬릿과 자초추출물의 이용 가능성을 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시료채취와 미생물검사

미생물검사를 위한 시료 채취는 저장기간중 10일 간격으로 포장을 개봉하여 육표면 미생물수를 swab method (Kotula, 1966)로 실시하였다. 0.1% peptone으로 적신 calcium alginate swab으로 내경 2 cm인 stainless ring을 이용하여 일정면적을 채취, 무균적으로 절단하여 0.1 % peptone 희석액으로 적정 희석한 후 pour plate method (APHA, 1992)로 배지에 접종하여 생균수를 측정하였다. 각 측정 미생물별 배양조건과 사용배지는 table 1 에서 보는 바와 같다.

**Table 1. Media and conditions of incubation**

Type of count	Medium	Temp	Time	Reference
Total count	Plate count agar (Difco)	32℃,	24 h	
Psychrotrophs	Plate count agar (Difco)	7℃,	10 d	
Gram negative	CVT agar	32℃,	24 h	(Olson, 1963)

\* CVT : Plate count agar with crystal violet tetrazolium  
( colonies with the violet color on the medium were count)

#### 나. 이화학적 변화 검사

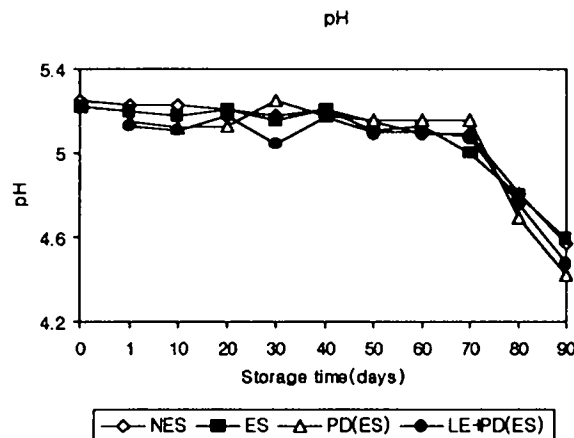
pH 측정은 시료 10g에 증류수 30ml를 가하여 균질기(Nihon Seiki, ACE, Japan)로 9,000rpm에서 2분간 균질시킨 후 증류수를 가하여 100ml로 맞춘 용액을 pH meter(Corning ion-analyzer 150, USA)로 측정하였으며 그외 VBN(高板和久, 1975)을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

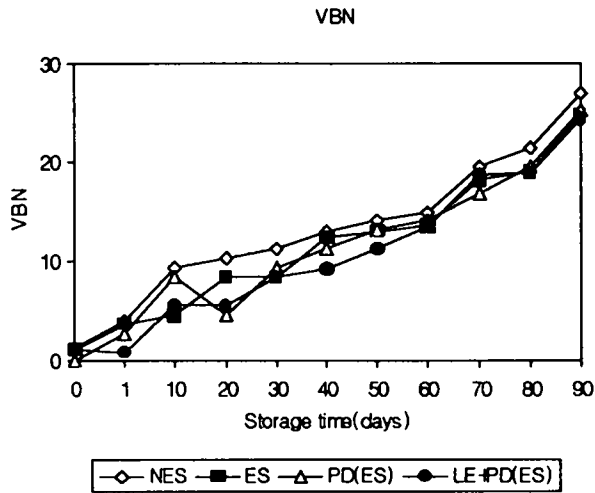
전기자극처리, 솔잎추출물과 자초추출물이 진공 포장 한우육의 저장기간에 따른 0℃에서의 pH변화를 나타낸 결과는 Fig. 1과 같다. 저장 70일 까지 뚜렷한 변화는 관찰할 수 없었으나 70일 이후 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 진공포장 우육의 pH는 저장 40일 이후 점차 감소하다가 56일 이후 급격한 감소 현상을 나타내었다는 보고(Sutherland 등, 1975)와 유사한 경향을 나타내었다. 저장 전기기간에 걸쳐 전기자극처리에 의한 뚜렷한 변화는 나타나지 않았으며 솔잎과 솔잎 자초 혼합처리구의 경우 저장 20일 까지 대조구에 비해 낮게 나타났으나 그후 일정한 경향을 관찰할 수 없었다. 저장기간에 따른 0℃에서의 VBN변화는(Fig. 2) 저장 전 기간에 걸쳐 전기자극 처리하지 않은 대조구의 수치가 높았으며 전기 자극처리에 의해 단백질의 분해는 다소 억제되는 경향을 보

였다. 육류의 변패가 진행됨에 따라 육단백질은 아미노산과 암모니아태 질소로 분해되어(高坂和久, 1975) 육류의 저장기간의 경과함에 따라 휘발성 염기태 질소 함량이 증가 하며(김등 1990) 15mg% 이상일 경우 부패취를 느낄 수 있다(박등, 1988) 저장 70일 이후 부패 현상을 관찰할 수 있었으며 한약재 추출액을 분무한 처리구의 경우에는 대조구에 비해 낮은 수치를 보여 부패가 지연됨을 알 수 있었다. 전기자극처리와 한약재 추출물 분무처리후 진공포장한 쇠고기의 저장중 총균수의 변화는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 전기자극 처리에 의한 육표면의 총균수는 감소하는 경향을 나타내었으며 저장기간중 무처리구에 비해 낮은 경향을 나타내었다. 저장초기 총균수는 무처리구의 경우  $10^3/\text{cm}^2$ , 전기자극 처리육은  $10^2/\text{cm}^2$ 을 나타내어 전기자극에 의해 약 1  $\log_{10}$ cycle 의 감소효과를 나타내었다. 나타내었다. 전기자극을 가하지 않은 대조구는 저장 전 기간동안 전기자극을 가한 대조구보다 높은 수치를 보였으며, 솔잎 추출액을 분무한 처리구, 솔잎과 자초 혼합처리구의 경우에는 두 처리구 모두 대조구에 비해 총균수는 낮은 경향을 보였고, 특히 자초와 솔잎 추출액의 혼합물의 분무처리 효과는 저장 전기간에 걸쳐 뚜렷하였다. 전기자극처리는 육표면의 미생물을 감소시킬 수 있는 효과적인 수단으로서 제안되었으나 항상 동일한 결과를 기대할 수 없다(Kastner, 1982). Riley등(1980)은 전기자극 처리를한 양도체에서 생산한 소매육의 미생물 수는 현저하게 감소하였으며 전기자극처리한 우육 의 저장기간은 2일정도 연장 되었다고 보고하였다. 부패현상이 나타난 저장 70일을 기준으로 볼 때 전기자극에 의해 진공포장육의 저장기간은 약 10일 정도 연장되는 경향을 나타내었고 솔잎과 자초의 처리에 의해 더욱 연장되는 경향을 나타내었다. 전가자극처리, 솔잎, 자초와 솔잎의 복합처리한 진공포장 한우육의 0℃에서의 psychrotrophs의 변화는 (fig. 4) 총균수의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 전기자극을 처리한 진공포장육에서 솔잎과 자초 추출물을 분무한 처리구는 저장 10일째까지는 비슷한 경향을 보였으나 저장 20일째부터 한약재 추출액을 분무한 처리구가 한약재 분무 처리하지 않은 전기자극 처리육 보다 뚜렷하게 낮은 경향을 나타내었다. 전기자극 처리에 의해 psychrotrophs는 0.5-0.7 log cycle 감소하였다. 저장기간에 따른 0℃에서의 진공포장 한우육의 gram negative bacteria의 변화 (fig. 5)는 저장 50일 이후 각 처리구 공히 생균수의 증가현상은 나타나지 않았다. 전기자극 처리에 의한 그람음성균의 감소는 총균수나 저온성 미생물수에 비해 미약하였으

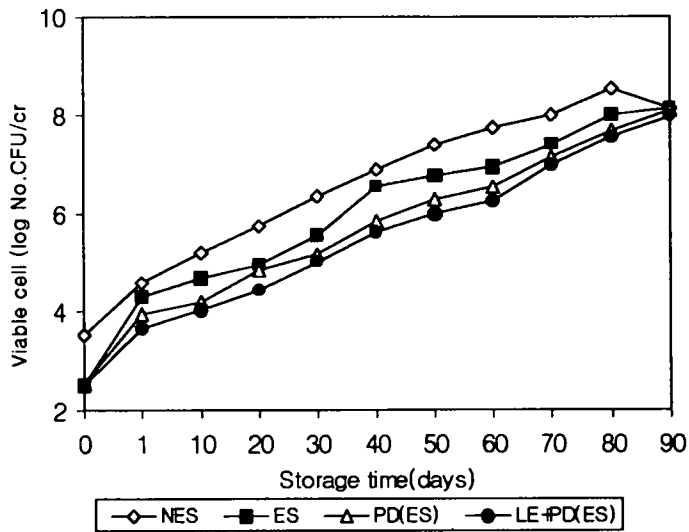
나 솔잎단독 처리구와 솔잎과 자초의 복합 처리구가 저장기간동안 대조구에 비해 뚜렷한 감소현상을 나타내었다. 우육 도체의 전기자극처리는 psychrotrophs의 유도기를 지연시켜 품질보존기간을 3일 연장시켰으며 전기자극한 도체에서 취한 분쇄육의 저장기간이 약 3일간 연장시켰다는 Riley등(1980)의 보고와 전기자극은 육표면 미생물을 감소시키는 효과적인 방법이라는 보고(Bawcom 등 1995)와 본 실험결과 도체의 전기자극처리는 육표면 미생물수를 감소시키는 효과적인 방안으로 사료되었다. 전기자극처리의 이용면에서 전기자극 처리와 유기산의 분무처리의 병용은 육표면 미생물 감소에 효과적이며(Bawcpm등, 1995) 2% acetic acid 와 전기 자극처리의 병용 처리는 우육의 미생물학적 안전성을 개선하는데 효과적이라고 보고한Tinney등(1997)의 결과와 본 실험결과를 통해 전기자극처리의 미생물 감소효과는 유기산이나 그외 미생물을 감소시킬수 있는 방법과 병용해서 사용할 경우 그 효과는 더욱 증진될 수 있을 것으로 판단되었으며 솔잎과 자초의 병용처리는 진공포장 한우육 저장성 증진에 효과적일 것으로 사료되었다.



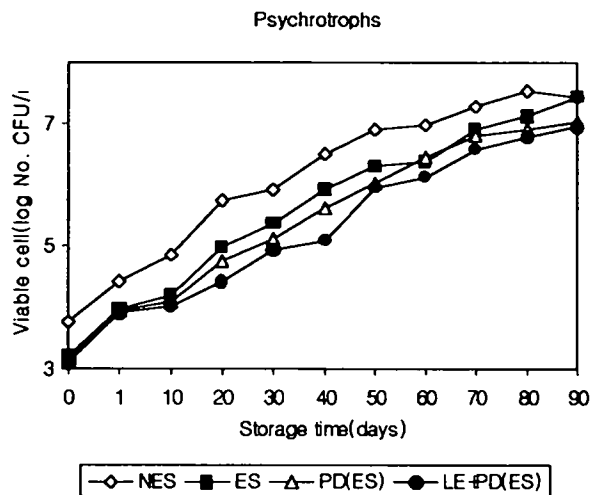
**Fig. 1.** Effects of electrical stimulation and plant extracts on changes of pH in vacuum packaged Hanwoo beef during storage at 0℃



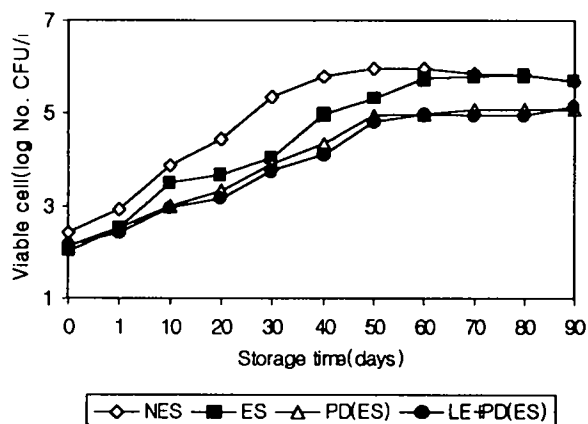
**Fig. 2. Effects of electrical stimulation and plant extracts on changes of VBN in vacuum packaged Hanwoo beef during storage at 0°C**



**Fig. 3. Effects of electrical stimulation and plant extracts on changes of total bacteria in vacuum packaged Hanwoo beef during storage at 0°C**



**Fig. 4.** Effects of electrical stimulation and plant extracts on changes of psychrotrophs in vacuum packaged Hanwoo beef during storage at 0°C



**Fig. 5.** Effects of electrical stimulation and plant extracts on changes of gram negative bacteria in vacuum packaged Hanwoo beef during storage at 0°C

#### 4. 요약

전기자극처리, 솔잎추출물과 자초추출물을 처리한 진공포장 한우육의 0℃에서 저장중 pH, VBN변화는 저장 70일 까지 뚜렷한 변화는 관찰할 수 없었으나 70일 이후 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 저장초기 총균수는 무처리구의 경우  $10^3/\text{cm}^2$ , 전기자극 처리육은  $10^2/\text{cm}^2$ 을 나타내어 전기자극에 의해 약 1 log<sub>10</sub>cycle 의 감소효과를 나타내었다. 솔잎 추출액을 분무한 처리구, 솔잎과 자초 혼합처리구의 경우에는 두 처리구 모두 대조구에 비해 총균수는 낮은 경향을 보였고, 특히 자초와 솔잎 추출액의 혼합물의 분무처리 효과는 저장 전기간에 걸쳐 뚜렷하였다. Psychrotrophs의 변화는 총균수의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 전기자극처리에 의한 그람 음성균의 감소는 총균수나 저온성 미생물수에 비해 미약하였으나 솔잎단독 처리구와 솔잎과 자초의 복합 처리구가 저장 기간동안 대조구에 비해 뚜렷한 감소현상을 나타내었다. 도체의 전기자극처리는 육표면 미생물수를 감소시켰으며 솔잎과 자초와 병용처리는 진공포장 한우육 저장성 증진에 효과적일 것으로 사료되었다.

#### 5. 문헌

1. Acuff, G. R., C. Vanderzant, J. W. Savell, D. K. Jones, D. B. Griffin, and J. G. Ehlers. 1987. Effect of acid decontamination of beef subprimal cuts on the microbiological and sensory characteristics of steaks. *Meat Sci.* 19:217-226.
2. APHA. 1992. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3rd ed. edited by Carl Vanderzant p.80-87
3. Bawcom, D. W., L. D. Thompson, M. F. Miller and C. B. Ramsey. 1995. Reduction of microorganisms on beef surfaces utilizing electricity. *J. Food Prot.* 58:35-38.
4. Chandran, S. K., J. W. Savell, D. B. Griffin, and C. Vanderzant. 1986. Effects of slaughter-dressing, fabrication and storage conditions on the



- microbiological and sensory characteristics of vacuum-packaged beef steaks. *J. food Sci.* 51:37-39.
5. Chung, K., J. S. Dickson and J. D. Crouse. 1989. Attachment and proliferation of bacteria on meat. *J. Food Prot.* 52:173-177.
  6. Bell, M. F., R. T. Marshall and M. E. Anderson. 1986. Microbiological and sensory tests of beef treated with acetic and formic acids. *J. Food Prot.* 49:207-210.
  7. Kastner, C. L. 1982. Principles and practices of modern meat technology. *J. Food Prot.* 45:1145-1148.
  8. Kotula, A. W. 1966. Variability in microbiological samplings of chickens by the swab method. *Poultry Sci.* 45:232-236.
  9. Olson, H. C. 1963. Selective plating technique for detecting contamination of pasteurized milk. *J. Dairy Sci.* 46:362-366.
  10. Raccach, M. and R. L. Henrickson. 1978. Storage stability and bacteriological profile of refrigerated ground beef from electrically stimulated hot-boned carcasses. *J. food Prot.* 41:957-960.
  11. Riley, R. R., J. W. Savell and G. C. Smith. 1980. Storage characteristics of wholesale and retail cuts from electrically stimulated lamb carcasses. *J. food Sci.* 45:1101-1103.
  12. Smulders, F. J. M., and C. H. J. Woolthuis. 1985. Immediate and delayed microbial effects of lactic acid decontamination of calf carcasses—influence of conventionally boned versus hot-boned and vacuum-packaged cuts. *J. food Prot.* 48:838-747.
  13. Sutherland, J. P., J. T. Patterson and J. G. Murray. 1975. Changes in the microbiology of vacuum-packaged beef. *J. Appl. Bact.* 1975. 39:227-237.
  14. 高板和久. 1975. 肉製品の鮮度保持と測定. *食品工業*, 18, 105-108.
  15. 김수민, 임상동, 박우문, 김영수, 김영봉, 강통삼. 1990. 포장방법별 수입쇠고기의 유통기간 설정에 관한 연구. *한국축산학회지* 32:413-421.
  16. 박구부, 김영직, 이한기, 김진성, 김영환. 1988. 저장기간에 따른 육의 선도 변화. II. 우육의 선도 변화. *한국축산학회지* 31:254-259.