

## 한우 도체에 대한 전기자극 및 지연냉각이 쇠고기의 이화학적 특성에 미치는 영향

김대곤\* · 안동현\*\* · 김수민\*\*\* · 성삼경

영남대학교 식품가공학과, \*대구산업전문대학 식품영양과  
\*\*부경대학교 식품공학과, \*\*\*경산대학교 생명자원공학부

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

Dae-Gon Kim\*, Dong-Hyun Ahn\*\*, Soo-Min Kim\*\*\* and Sam-Kyung Sung

Dept. of Food Science and Technology, Yeungnam University, Kyungsan 712-749, Korea  
\*Dept. of Food Science and Nutrition, Taegu Polytechnic College, Taegu 706-711, Korea  
\*\*Dept. of Food Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea  
\*\*\*Faculty of Life Resources Engineer, Kyungsan University, Kyungsan 712-240, Korea

#### 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. The left half carcass was treated with ES(550V, 90sec) within postmortem 30min. The electrical stimulated half carcass was subjected to chilling at 16°C for 24hr, and then stored at 2±2°C for 15 days(ESDC). The right half carcass was stored at 2±2°C for 15 days(NES). ESDC showed a rapid pH fall and tended to reach to pH5.54 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 that of NES during storage. ESDC showed lower shear force value and strength consistently than 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.

**Key words:** electrical stimulation, delayed chilling, Hanwoo beef

#### 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 에너지 소비의 과다로 원가상승의 요인이 된다. 따라서 도축 직후의 도체에 대한 새로운 처리방법이 강구되어 사후초기의 고온유지가 쇠고기의 숙성을 촉진시키

는 것으로 알려져 있다(3,4). 국내에서도 성 등(5,6)이 이에 대한 연구를 시도하여 사후 지연냉각이 연도개선에 뚜렷한 효과가 있음을 보고하였다.

한편, 도축 직후의 도체에 전기자극처리를 함으로써 저온단축과 해동강직 현상에 의한 연도감소 문제를 방지하고, 온도체 발골육의 급속냉장과 냉동을 가능케하므로 선진국에서는 실제 현장에서 통용되고 있다. 이러한 도체에 대한 전기자극처리는 해당작용을 가속화시키고, 사후강직 개시시간을 단축시키며(7-9), 저온단축 현상의 발생방지(8,10)와 전기자극에 의한 근섬유의 손상(10) 및 혐기적 상태하에서 pH의 급격한 저하가 lysosomal membrane의 손상을 유도하여 autolytic proteolysis의 촉진(12)에 의하여 연도가 크게 향상되는 것

\*To whom all correspondence should be addressed

으로 알려지고 있다.

우리나라에서 쇠고기 지육의 유통현황을 보면 도축 후 24시간 동안 냉각된 지육을 도체등급 심사 후 경매되어 1~2일만에 소비되거나 냉동상태에서 비축되고 있는 실정으로, 숙성에 의한 연도개선에 대한 현장에서의 개념이 매우 희박한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 한우 도체에 전기자극처리와 지연냉각을 병행처리함으로써 쇠고기의 연도증진 효과를 검토하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 시험우는 일반사육된 비거세우를 관행법으로 도축하여 2분체로 하고, 도축 1시간 이내에 좌반도체에 대하여 전기자극처리(550V, 90초)를 하고 16°C에서 24시간 지체시킨 후 등심을 발골하여(ESDC 구) PVC로 합기포장하고 2±2°C에 저장하면서 실험에 이용하였다. 동시에 우반도체는 무처리구(NES 구)로 하여 도축 후 24시간 동안 2±2°C의 온도에서 냉각시킨 후 등심을 발골하여 같은 온도에 저장하면서 실험에 이용하였다.

### pH 측정

pH는 일반적인 방법에 따라 균질기로 균질한 다음 pH meter(TOA, Japan)로 측정하였다.

### 근원섬유 소편화지수

근원섬유 소편화지수(myofibrillar fragmentation index; MFI)는 Olson 등(13)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 분리액(100mM KCl, 20mM K-phosphate, 1mM Na-N<sub>3</sub>, pH 7.0)으로 근원섬유를 분리하고, 세척하여 0.5±0.05mg/ml의 농도로 희석한 다음, 540nm에서 흡광도를 측정하고 200을 곱하여 근원섬유 소편화지수로 하였다.

### 전단력과 인장강도

전단력(shear force value)과 인장강도(strength)는 시료를 75°C의 열탕에서 가열하여 시료 중심부의 온도가 70°C에 도달한 다음 30분이 지난 후 방냉하고, 가로와 세로 및 두께를 각각 1cm로 하여 rheometer(Model CR-100, SUN SCI. Co. Japan)로 측정하였다. 이때 rheometer의 운전조건은 table speed: 200mm/min, chart speed: 100mm/sec, critical dia.: 1mm, load cell: 10kg으로 하였다.

### 보수력과 가열감량 측정

보수력은 이와 성(14)의 방법에 의하여 측정하였고, 보수력 계산에 필요한 수분 함량 측정은 AOAC(15)방법에 의하였다. 가열감량은 30g 정도의 덩어리 시료를 75°C의 열탕에서 가열하여 시료의 중심온도가 70°C에 도달하여 30분 지난 후, 실온에서 1시간 방냉시킨 다음, 수분손실량을 측정하고 시료 단위중량에 대한 수분손실량의 백분율로 나타내었다.

### 육색측정

육색측정은 덩어리 시료를 4°C에서 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=0.3203으로 하였으며, 9회 반복하여 평균값을 구하였다.

### 근원섬유단백질의 전기영동

전기영동을 위한 근원섬유 단백질의 추출은 근육을 각각 2g씩 채취하여 7.5배량의 PRB(pyrophosphate relaxing buffer)용액(0.1M KCl, 2mM MgCl<sub>2</sub>, 2mM EGTA, 1mM DTT, 2mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1mM NaN<sub>3</sub>, 0.01M Tris-maleate buffer pH 6.8)에서 10,000rpm으로 1분간 homogenize한 다음 3,000rpm으로 10분간 원심분리하였다. 잔사에 7.5배량의 0.1M KCl, 5mM EDTA, 1mM DTT, 1mM NaN<sub>3</sub>, 10mM Tris-maleate buffer (pH 7.0)용액을 첨가하여 10,000rpm에서 5초간 homogenize한 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 30KD성분 등의 저분자 단백질 관찰용으로는 10~20%의 gradient gel(acrylamide : Bis=30 : 0.8)과 4%의 농축 gel을 이용하여 Laemmli (16)의 방법에 따라 전기영동하였다. 25mM Tris, 0.192 M 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 : 10.5% agarose혼합 농축 gel을 사용하여 Fairbanks 등(17)의 방법을 응용하여 전기영동하였다. 영동 후의 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.

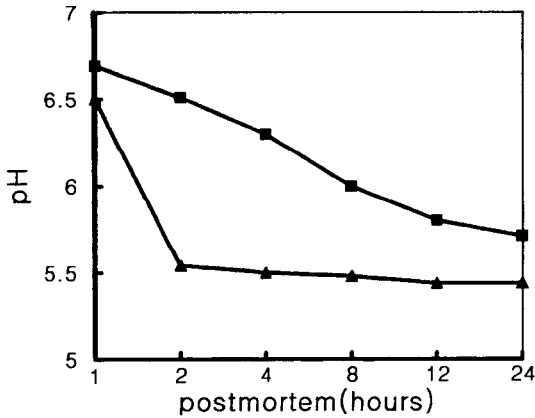


Fig. 1. Changes of pH declines of Hanwoo beef.

—▲— ESDC: Electrical stimulation and delayed chilling  
 —■— NES: Non-electrical stimulation

통계처리

통계처리는 SAS-package(18)의 일반선형모델에 의한 분산분석을 하고 유의성은 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

전기자극과 지연냉각에 의한 이화학적 특성변화

Fig. 1은 도체에 대하여 전기자극과 지연냉각을 병행 처리한 실험구(ESDC)와 대조구(NES)의 사후 24시간 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 NES구보다 크게 낮았다. 근육의 사후 pH 저하에 대하여 Bendall(8)은 도살 직후 전기자극 처리를 할 경우, 처리 3시간 후에 최종 pH인 5.4까지 떨어진다고 하였으며, Carse(7)와 Davey 등(10)도 도체에 전기자극을 하면 해당작

용의 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 전기자극처리를 함으로써 해당작용을 촉진시켜 pH저하를 유발함으로써 저온단축 현상을 방지할 수 있다고 하였으며, Bendall(21)은 pH가 6.0~5.7 사이로 떨어졌을 때, 도체가 저온에 접하여도 저온단축의 위험은 없다고 하였다. 본 실험의 결과 전기자극과 지연냉각을 병행 처리한 실험구의 pH가 급격히 낮아진 것은 여러 연구자들의 결과에서와 같은 경향이였다.

Table 1은 사후 쇠고기의 저장중 색갈을 색차계를 이용하여 Hunter value를 측정 한 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 전기자극처리한 쇠고기와 그렇지 않은 쇠고기의 색갈을 소비자들이 구별하지 못하였다는 결과와는 일치하는 것으로 생각되었다. 또한 처리방법에 관계없이 저장기간에 따라 Hunter value가 증가한 것은 Boakye와 Mittal(27)이 쇠고기 등심근육

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>b,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>ab,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 column bearing different superscripts are different(p<0.05).

<sup>X,Y</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05).

ESDC: Electrical stimulation and delayed chilling, NES: Non-electrical stimulation

**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</sup>Means in the same column bearing different superscripts are different(p<0.05).

<sup>X,Y</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05).

ESDC: Electrical stimulation and delayed chilling, NES: Non-electrical stimulation

의 L값은 숙성중 경시적으로 증가하며, a, b값도 숙성 12일째까지 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 경향이었으나 전반적으로 양처리구간에 차이는 인정되지 않았으며, 저장 기간에 따라 점차 증가하였다. 또한 보수력에서는 저장 10일째에 ESDC구가 높았던 것을 제외하고 가열감량에서와 마찬가지로 양처리구간에 차이는 없었고, 저장 기간에 따라 점차 감소하였으며, 가열감량과 보수력은 서로 잘 대응한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 성 등(6)이 한우 도체를 여러가지 온도별로 지연냉각하여도 쇠고기의 가열감량과 보수력에 차이가 없었다는 결과와 일치하며, Whiting 등(28)과 Terrell 등(29,30)이 도체에 대한 전기자극이 식육의 가공특성에 나쁜 영향을 미치지 않는다고 한 결과와 일치하는 것으로 생각되었다.

#### 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.

근원섬유 소편화지수는 고기의 연도를 나타내는 지표로서 현미경 관찰과 밀접한 관계가 있고 객관적이다

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

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 column bearing different superscript are different(p<0.05)

<sup>X,Y</sup>Means in the same row bearing different superscripts are different(p<0.05)

ESDC: Electrical stimulation and delayed chilling  
NES: Non-electrical stimulation

(13,31,32). 도체에 대한 전기자극이 연도개선에 도움이 되는 것은 도축 직후의 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 도축 직후의 저온단축 현상을 방지하고(33), 사후 초기의 고온유지가 숙성을 촉진(4)시키기 때문에 연도개선에 도움이 된다. 본 연구의 결과 도축 직후의 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 측정예 의한 연도지표도 차이가 있을 것으로 생각되어 rheometer로 전단력과 인장강도를 측정하여 Table 4에 나타내었다.

저장 1일째의 전단력은 ESDC구가 유의하게 낮았으며, 그외의 저장기간에도 ESDC구가 NES에 비하여 낮

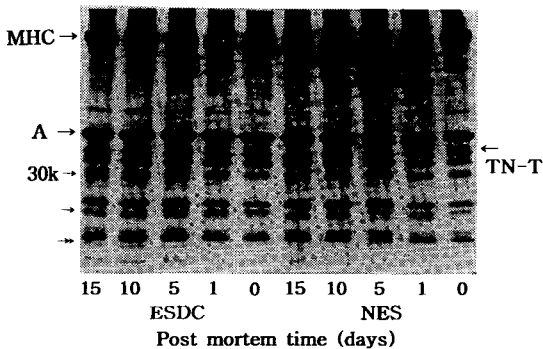
**Table 4. Effect of electrical stimulation and delayed chilling on shear force value(SFV, g/cm<sup>2</sup>) and strength of Hanwoo beef during storage at 2±2°C**

Storage days	ESDC		NES	
	SFV	Strength	SFV	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>b,X</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 column bearing different superscript are different(p<0.05)

<sup>X,Y</sup>Means in the same row bearing different superscript are different(p<0.05)

ESDC: Electrical stimulation and delayed chilling, NES: Non-electrical stimulation

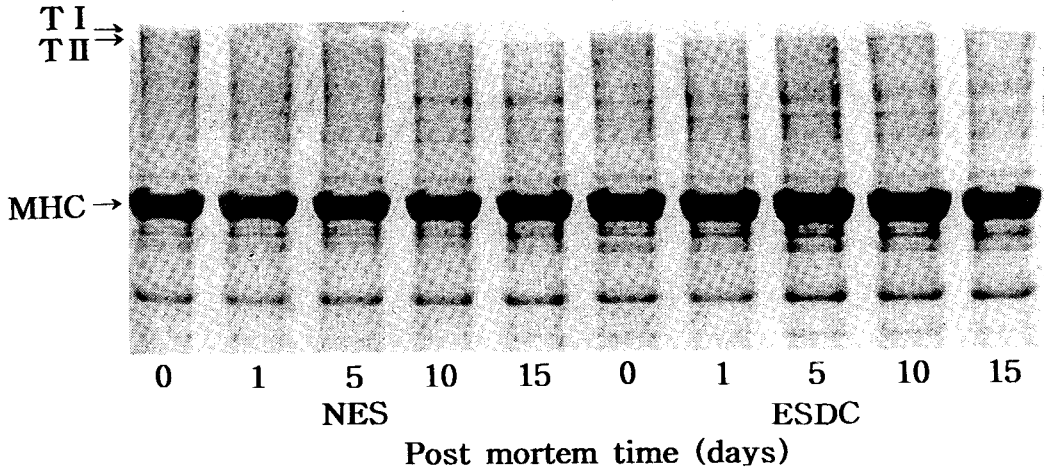


**Fig. 2. SDS-PAGE of myofibrils for 30KD during post-mortem storage.**

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: 30KD, TN-T: Troponin-T.

은 경향을 나타내었다. 인장강도는 저장 10일째까지 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 상이하였는데, 이것은 시료처리의 차이에 기인하는 것으로 생각되었다. 즉, 본 실험에서는 전기자극 처리 후 24시간 경과한 시료를 사용하였고, 신 등(35)은 전기자극처리 직후의 시료를 이용하였기 때문이다. 또한 연도는 숙성온도에 의해서도 영향을 받는데, Parrish 등(36), Field 등(37)이 쇠고기를 14~19°C에서 처리한 것이 낮은 온도에서 처리된 경우보다 유의하게 연도가 높았다고 하여 본 실험의 결과 ESDC구는 전기자극과



**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

지연냉각이 고기의 연화에 기여하며, MFI의 결과(Table 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 양처리구 및 저장기간에 따른 차이가 크지 않았던 것은 전단력 측정시 조직단백질인 collagen의 가열에 의한 수축작용 때문(35)인 것으로 생각되었다.

### 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 10일 후에 완전히 소실되며, 이에 따라 30kD성분이 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 등(38)의 결과와는 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 한 것과 전기자극을 행하지 않은 것에 거의 차이가 없었다고 한 Ho 등(38)의 결과와 일치하는 것으로 생각되었다.

### 요 약

본 연구는 한우 반도체에 전기자극(550V, 90초)을 실시하고, 이 도체를 16°C에서 24시간 지체시킨 후 등심을 발골하여, 2±2°C의 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. 근원섬유 단백질을 전기영동한 결과 ESDC구의 troponin-T와 troponin-I의 분해가 NES에 비하여 빠르게 진행되었으며, ESDC구의 myosin light chain-2 아래에 특이한 band가 나타

났다.

### 감사의 글

이 논문은 1996년도 농림수산부 현장애로 기술개발 사업의 지원에 의해 이루어진 연구의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

### 문 헌

1. Bratzler, L. J. : Palatability factors and evaluation. In "The science of meat and meat products" 2nd ed., Price, J. F. and B. S. Schweigert(eds.), W. H. Freeman and Company, 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. Kendall/Hunt Pub. Co., p.113(1989)
3. Will, P. A., Henrickson, L. and Morrison, R. C. : The influence of delay chilling and 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, 최응규, 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 bovine 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. 이유헌, 성삼경 : 식육과 육제품의 분석실험. 선진문화사, p.129(1983)
15. A.O.A.C. : Official method of analysis. 14th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D. C.(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 6th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA(1985)
  19. Cassens, R. G. and Newbold, R. P. : Temperature dependence of pH changes in ox muscle 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" Lawrie, R. A.(ed.), Vol. 1, Applied Science Publishers, London, p.37(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, p.1(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*. Springs, Colorado, USA. Vol. 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., 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 assessment 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 bovine 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 postmortem 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 electrical 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)

(1997년 11월 28일 접수)