

## 육계 도축시 전기실신 방법이 육질에 미치는 영향

안종남\*, 채현석 · 유영모 · 조수현 · 김영태 · 이종문 · 최양일<sup>1</sup>

농촌진흥청 축산기술연구소, <sup>1</sup>충북대학교 축산학과

## The Effect of Different Electrical Stunning Methods on Meat Quality in Broilers

Chong-Nam Ahn\*, Hyun-Seok Chae, Young-Mo Yoo, Soo-Hyun Cho, Young-Tae Kim, Jong-Moon Lee and Yang-II Choi<sup>1</sup>

National Livestock Research Institute, RDA

<sup>1</sup>Dept. of Animal Science, Chungbuk National University

### Abstract

This study investigated the effect of different electrical stunning methods on pH, water holding capacity(WHC), cooking loss(CL), meat color and blood spot rate in broilers. One-hundred and forty broiler chickens were slaughtered by 50, 65 and 90 voltage with the same electrical frequency(255 Hz) and stunning time(5 sec) in commercial abattoir. The ultimate pH of leg muscle and WHC of breast muscle decreased with increasing the stunning voltage. However, there were no significant differences in ultimate pH, WHC and CL of breast muscle, and ultimate pH of leg muscle. Lightness(L\*) and yellowness(b\*) values of leg muscle stunned with 90V, 255 Hz, 5 sec were higher than those stunned with 50V, 255 Hz for 5 sec(p<0.05). But there were no significant differences in color value on skin, breast and wing muscle. Our experiments showed that change of stunning voltage affected some broiler meat quality parameters. However, further research is necessary to examine the effects of stunning condition on broiler meat quality.

**Key words** : broiler, electrical stunning, meat color, blood spot

### 서론

닭고기는 우육이나 돈육과 같은 적육에 비하여 지방, 칼로리, 콜레스테롤 함량이 낮은 반면에 불포화지방산과 필수지방산을 비교적 많이 함유하고 있어 국내에서 뿐만 아니라 선진국에서도 꾸준한 소비 성장을 보이고 있다. 또한 소비 형태도 과거에는 통닭 형태로 주로 이용되었으나, 현재에는 통닭 형태와 더불어 다양한 형태의 부분육과 육제품으로 가공되어 유통되고 있다. 이러한 여러 가지 소비 형태의 변화는 닭고기의 질적 측면뿐만 아니라, 가공의 도살, 탕적, 냉각과정에서 주로 야기될 수 있는 육색, 혈흔 등의 외관적 측면도

대단히 중요한 소비 요인으로 작용하게 되었다.

가축을 도축할 때 기절 방법에는 총격법(captive bolt pistol), 충격법(concussion), 전기자극법(electronarcosis), CO<sub>2</sub> 기절법(exposure to carbon dioxide) 등이 있다.

이들 중 상업적으로 이용되고 있는 것으로는 말과 반추동물 및 돼지에서는 관통성 총격장치, 비관통성 총격장치, 전기자극법이 이용되고 있으며 CO<sub>2</sub> 마취법은 주로 돼지에서만 이용되고 있고, 가금류의 경우에는 water bath stunner들에 의한 전기기절이 사용되고 있다(Council Directive, 1993).

이러한 도계방법의 장점은 닭은 매우 작은 머리를 가지고 있어 상업적으로 총격법이나 충격장치를 사용할 수 없지만, 본 방법은 가금류의 복지를 손상시키는 것 없이 기절시키기에 적절하고, 또한 거대한 도계장의 처리물량에 있어서 다른 기절 장치들에 비하여 water bath stunner들이 보다 효율적이기 때문이다.

\* Corresponding author : Chong-Nam Ahn, National Livestock Research Institute, RDA, #564 Omokchung-dong, Kwonsun-gu, Suwon, Kyunggi-do 441-350, Korea. Tel: 82-31-290-1685, Fax: 82-31-290-1697, E-mail: ahn1685@rda.go.kr

도체에 대한 전기자극의 응용은 1973년에 저온단축에 의해 연도가 나빠지는 것을 방지하기 위하여 사용되었는데 (Carse, 1973) 그후에 도체에 대한 전기자극은 사후 조직의 연화를 가속화시키고(Savell et al., 1981; Smith, 1985), 보수력을 증진시키는 효과가 있으나(Smulders et al., 1983; Unruh et al., 1986), 육색 안정성에는 부정적인 영향을 준다는 것이 관찰되었다(Ledward et al., 1986; Unruh et al., 1986).

국내의 경우 Yang과 Park(2000)은 육계에 65V, 255 Hz, 15초 동안 전기자극을 하면 무자극 처리구에 비하여 방혈을 증진시키고, 가슴육의 육색에 있어서 명도(L값)와 황색도(b값)는 높아지고, 적색도(a값)는 낮아져 육색을 밝은 색상으로 나타내게 한다고 보고하였다.

본 연구에서는 전기자극에 의한 육계의 기절시 전압의 변화가 부분육의 육질에 미치는 영향을 구명하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

평균 생체중 1.5kg인 육계 180수를 선발하여 처리별로 60수씩을 공시하였다.

### 실험방법

#### 1) 전기자극

전기실신 조건은 각각 50, 67과 90 voltage에서 주파수 255 Hz로 동일하게 5초간 실신시켰으며, 방혈시간은 경동맥 절단 후 170초 동안 실시하였다.

도계는 일일 도계 수수가 50,000수 이상인 도계장에서 실시하였다.

#### 2) pH

pH는 도체침부 pH meter(pH-K21, NWK-Binar GmbH, Celiustr, Germany)를 이용하여 가슴육과 다리육의 2부위에서 측정하였다.

#### 3) 육 색

육색은 껍질, 가슴육, 날개육, 다리육의 4개 부위에 대하여 Chromameter(CR 300, Minolta Co., Japan)로 명도(L\*값), 적색도(a\*값), 황색도(b\*값)에 대한 CIE(Commission Internationale de Leclairage) 값을 측정하였다. 이때 사용한 표준판은 Y=92.40, x=0.3136, y=0.3196의 백색 타일이었다.

#### 4) 가열감량

육계의 가슴살 부위를 정형하여 polyethylene bag에 넣어

80±1℃ 항온수조(Model 10-101, Dae Han Co, Korea)에서 약 40분간 가열한 후 상온에서 20분간 방냉시킨 다음 가열 전후의 중량 차를 이용하여 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{가열감량}(\%) = \frac{(\text{가열전} - \text{가열후})\text{시료의 무게}(g)}{\text{가열전 시료의 무게}(g)} \times 100$$

#### 5) 보수력

보수력은 Ryoichi 등(1993)의 원심분리 방법을 변형하여 측정하였다. 시료를 tube에 지방과 근막 및 힘줄을 제거한 시료를 정확히 0.5g 측정된 다음 80℃ 항온수조에서 20분간 가열하였다. 10분간 방냉하고 10℃에서 2,000rpm으로 10분간 원심분리한 후 무게를 측정하여 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{전수분} - \text{유리수분}}{\text{전수분}} \times 100$$

$$\text{유리수분} = \frac{\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게}}{\text{시료무게} \times \text{지방계수}} \times 100$$

$$\text{지방계수} = 1 - \frac{\text{지방}(\%)}{100}$$

#### 6) 혈반(Blood spot)

혈반의 발생은 미지선, 가슴, 날개, 다리의 4개 부위에서 선홍색 반점에 대해 장축의 지름이 1 cm 이상인 것을 조사하였다.

#### 통계분석

결과는 SAS(1998) program을 이용하여 분산분석 및 Duncan test의 다중검정으로 각 요인간의 유의성을 비교 분석하였다(p<0.05).

## 결과 및 고찰

### pH, 보수력 및 가열감량

Table 1에서 보는 바와 같이 다리육의 pH가 가슴육에 비하여 전압조건에 관계없이 높은 pH를 나타내었다. 가슴육에서 기절시 전기자극 조건에 따른 pH는 50V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서 6.15로 가장 높은 pH를 나타내었고, 65V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서 6.10으로 가장 낮은 pH를 나타내었으나 전압조건에 따른 유의적인 차이는 없었다. 이러한 결과는 Yang과 Park(2000)이 65V, 255 Hz, 15초 동안 자극한 처리구에 비하여 45V, 255 Hz, 15초 동안 자극한 처리구에서 보다 유의적으로 낮은 pH를 보였다는 것과는 다른 결과를 나타내었다(p<0.05).

다리육의 pH는 90V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서

**Table 1. pH, water holding capacity and cooking loss of broiler by different electrical stunning voltage for slaughter**

	50V, 255 Hz, 5 sec	65V, 255 Hz, 5 sec	90V, 255 Hz, 5 sec
pH(breast)	6.15±0.04 <sup>1)</sup>	6.10±0.06	6.14±0.06
pH(leg)	6.67±0.03	6.60±0.07	6.58±0.09
Water holding capacity (%, breast)	67.19±1.37	65.58±0.51	65.33±1.24
Cooking loss (%, breast)	24.39±1.09	25.57±0.62	26.01±0.95

<sup>1)</sup> Mean±standard error.

6.58로 가장 낮았고, 50V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서 6.67로 가장 높은 pH를 나타내었으며, 65V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 구에서는 중간의 수치를 나타내었다.

도계할 때의 전기자극은 저전압에서 자극한 육계에 비하여 고전압으로 자극한 육계의 다리육에서 낮은 pH를 나타내었는데, 이것은 전압의 상승에 의하여 pH가 감소된 것으로 사료되었다. 이러한 결과는 Toeger 등(1990, 1991)이 돼지에 있어서 전기자극에 의한 기절방법은 심각한 물리적인 스트레스로 작용하고, 근육의 활동 증가와 혈액 중에 catecholamine의 분비가 증가하게 되어 사후 해당작용의 증가를 가져오게 된다고 하였다. 전기자극에 의한 사후 해당작용의 증가는 근육 내에 lactic acid가 축적되어 사후 근육의 pH 감소를 가속화시키는데, 이러한 pH의 감소는 사후 근육에 있어 두드러진 변화 중에 하나이다. 즉, 가축이 살아 있을 때의 근육은 생체의 항상성에 의하여 pH 7을 유지하지만, 사후 근육은 방혈과 동시에 산소 공급이 중단되고 잔존 산소를 모두 소비하여 혐기적 상태에 놓이게 된다. 근육이 혐기적 상태에 놓이게 되면 근육 운동의 에너지원인 ATP를 생산하기 위하여 glycogen을 lactic acid로 분해시키는 해당작용이 일어나는데, 이러한 해당작용의 산물인 lactic acid가 근육에 축적되어 근육의 pH는 감소하게 된다.

보수력은 Table 1에서 보는 바와 같이 50V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서 67.19%로 가장 높게 나타났고, 90V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서는 65.33%로 가장 낮게 나타내었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다( $p>0.05$ ). 보수력은 육의 품질을 좌우하는 요소 중의 하나로, 식육내에 존재하는 물과 단백질과의 결합 특성에 의하여 많은 영향을 받게 되며, 식육의 pH에 의해서도 영향을 받게 된다. Yang과 Park(2000)은 65V, 255 Hz, 15초 동안 자극한 처리구에 비하여 45V, 255 Hz, 15초 동안 자극한 처리구에서 보수력이 유의적으로 낮다고 하였는데, 본 실험과는 상이한 결과를 나타

내었다.

가열감량의 경우에는 90V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서 26.01%로 가장 많은 가열감량을 보였고, 50V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서 가장 낮은 24.39%를 나타내었으나, 역시 유의적인 차이는 보이지 않았다( $p>0.05$ ). 그러나 저전압에 의한 전기자극에 비하여 고전압으로 자극을 하면 가열감량을 증가시키는 것으로 사료되었다. 전기자극에 의한 기절시 전압의 차이에 의한 pH, 보수력과 가열감량에 대한 영향에서 저전압(50V, 255 Hz, 5 초)에 의한 전기자극은 고전압(90V, 255 Hz, 5 초)에 비하여 높은 pH와 보수력 그리고 낮은 가열감량을 보이는 것으로 나타났다. 이것은 저전압(50V, 255 Hz, 5 초)에 비하여 고전압(90V, 255 Hz, 5 초)의 전기자극은 사후 육계에 스트레스와 근육활동을 증가시켜 사후 대사작용의 증가 원인으로 작용하기 때문인 것으로 사료되었다. 그러나 Yang과 Park(2000)의 실험에서는 40V, 255 Hz, 15 초에 비하여 65V, 255 Hz, 15 초에서 유의적으로 pH와 보수력을 증가시키는 것으로 나타나 본 연구와는 상반된 결과를 보였다.

이러한 결과를 종합하여 보았을 때 육계의 전기자극에 의한 기절시 사후대사작용은 전압의 세기, 자극시간, 전류의 세기 등이 복합적으로 작용할 것으로 사료되었다.

## 육 색

### 1) 피부색(Skin color)

도계시 전기자극의 전압의 변화가 닭의 피부색에 미치는 영향은 Table 2에서 보는 바와 같다. 90V, 255 Hz, 5초 동안 고전압으로 전기자극을 하였을 경우에 명도 71.83, 적색도 1.63, 황색도 3.17로 나타났으며, 65V, 255 Hz, 5초 동안의 경우에는 명도 71.55, 적색도 1.64, 황색도 3.24이고, 50V, 255 Hz, 5초 동안 전기자극한 경우에는 명도 71.76, 적색도 1.74, 황색도 3.31로 나타났다.

전반적으로 전기자극시 전압의 증가는 명도, 적색도, 황색도를 낮추었지만 유의적인 차이는 보이지 않았다( $p>0.05$ ).

**Table 2. Color properties of broiler skin by different electrical stunning voltage for slaughter**

	50V, 255 Hz, 5 sec	65V, 255 Hz, 5 sec	90V, 255 Hz, 5 sec
L* <sup>1)</sup>	71.76±0.68 <sup>1)</sup>	71.55±1.95	71.83±0.63
CIE a*	1.74±0.40	1.64±0.19	1.63±0.11
b*	3.31±0.54	3.24±0.46	3.17±0.99

<sup>1)</sup> L\* : Lightness, a\* : Redness, b\* : Yellowness.

<sup>2)</sup> Mean±standard error.

일반적으로 도계 중에 모세혈관이 파열되거나, 또는 충격에 의하여 타박상이 많이 생긴 경우에는 적색도와 황색도가 증가하지만, 본 실험의 경우에 전기자극에 의한 기절시 전압의 차이는 육계의 껍질색에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

## 2) 육색(Meat color)

육색은 육질에 영향을 미치는 요인으로 작용하지는 않지만, 소비자가 육을 선택하는 기준의 하나로서 작용하게 된다. 일반적으로 소비자들은 밝고 선명한 육색을 선호하기 때문에 이를 개선하기 위하여 많은 연구들이 수행되고 있다. 한우의 경우 전기자극 처리시에 저장 중 육색을 밝게 유지시키는 효과가 있는 것으로 관찰되었으며(Kim et al., 1997), 육계의 경우 전기자극을 하지 않은 경우에 비하여 65V, 255 Hz로 15초 동안 전기자극을 하였을 때 가슴육의 육색을 밝게 유지하여 주는 것으로 보고되었다(Yang과 Park, 2000).

Table 3에서 보는 바와 같이 가슴육과 날개육 그리고 다리육의 경우에 전반적으로 전압의 세기에 관계없이 날개육에서 가장 높은 명도를 나타내었고, 적색도의 경우에는 날개육과 다리육에 비하여 가슴육에서 낮은 값을 나타내었으며, 황색도는 날개육에서 가장 높은 값을 나타내었다.

가슴육에 있어서 고전압 90V, 255 Hz, 5초의 처리는 50V, 255 Hz, 5초간 처리구와 60V, 255 Hz, 5초간 처리구들에 비하여 낮은 명도, 적색도, 황색도를 나타내었으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 이러한 결과는 Yang과 Park(2000)의 실험에서 육계에 65V, 255 Hz, 15초 동안 전기자극을 하였을 경우에 40V, 255 Hz, 15초 동안 처리하였을 때보다 유의적으로 높은 명도, 적색도, 황색도를 나타내는 것으로 관찰되었는데( $p<0.05$ ), Yang과 Park(2000)의 연구와는 다소 다른

경향을 보였다. 따라서 전기자극시에 가슴육의 육색 변화에는 전압의 차이보다는 전기자극 처리 시간이 보다 큰 영향을 주는 것으로 사료되었으며, 단시간 동안 전기자극시 전압의 변화는 가슴육의 육색에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료되었다.

날개육의 육색은 앞에서 언급한 것과 같이 가슴육이나 다리육에 비하여 높은 명도와 황색도를 나타내었다. 날개는 도계시에 쉽게 손상이 가는 부분으로서 부러진다거나, 혈관이나 모세혈관의 파열에 의한 피멍의 발생 등이 관찰되어진다. 또한 전기자극은 날개부위에 모세혈관에 영향을 주어 외관을 좋지 않게 하기도 한다. 본 실험에서 90V, 255 Hz, 5초의 전기자극은 저전압인 50V, 255 Hz, 5초의 전기자극에 비하여 명도, 적색도, 황색도에서 약간 높은 수치를 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

다리육의 경우에는 전압이 90V, 255 Hz, 5초와 65V, 255 Hz, 5초 동안의 자극에서 명도의 경우 각각 55.03과 54.89로 저전압인 50V, 255 Hz, 5초 동안의 자극시 51.23에 비하여 유의적으로 높은 수치를 나타내었으며, 황색도의 경우에 90V, 255 Hz, 5초 동안의 자극시 3.01로 50V, 255 Hz, 5초 동안(1.55)에 비하여 유의적으로 높은 값을 나타내었다( $p<0.05$ ). 그러나 적색도에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $p>0.05$ ).

육계에 있어서 50V, 255 Hz, 5초에서 90V, 255 Hz, 5초 동안의 전압의 변화는 부분육별 육색에 있어서는 가슴육과 날개육에는 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나 다리육에 있어서 전압의 증가는 명도와 황색도를 유의적으로 증가시켜 주는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ).

## 혈반(Blood spot)

Table 3. Meat color of breast, wing and leg muscles of broiler by different electrical stunning voltage for slaughter

Portion		50V, 255 Hz, 5 sec	65V, 255 Hz, 5 sec	90V, 255 Hz, 5 sec
Breast	L* <sup>1)</sup>	58.96±0.65 <sup>2)</sup>	57.13±1.1	56.99±0.78
	a*	1.69±0.44	1.69±0.17	1.66±0.19
	b*	2.59±0.28	2.48±0.21	2.05±0.51
Wing	L*	75.14±0.41	75.30±0.36	76.04±0.19
	a*	4.04±0.30	4.06±0.59	4.11±0.36
	b*	4.98±0.57	4.44±0.72	5.12±0.42
Leg	L*	51.23±0.64 <sup>b</sup>	54.89±1.16 <sup>a</sup>	55.03±0.75 <sup>a</sup>
	a*	4.50±0.27	4.20±0.28	4.37±0.21
	b*	1.55±0.44 <sup>b</sup>	2.60±0.37 <sup>ab</sup>	3.01±0.48 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> L\* : Lightness, a\* : Redness, b\* : Yellowness.

<sup>2)</sup> Mean±Standard error.

<sup>ab</sup> Means with different superscripts in the same row differ significantly( $p<0.05$ ).

**Table 4. Incidence rate of blood spot on broiler by different electrical stunning voltage for slaughter**

Electrical stunning condition	Uropygial gland	Breast	Leg	Wing
50V, 255 Hz, 5 sec	48.33% (29)*	5.00 (3)	5.00 (3)	55.00 (33)
65V, 255 Hz, 5 sec	61.67 (37)	5.00 (3)	15.00 (9)	59.32 (35)
90V, 255 Hz, 5 sec	41.67 (25)	3.33 (2)	6.67 (4)	50.00 (30)
Total	50.56	4.44	8.89	54.77

\*(number) = detected number.

전기자극시 전압 조건에 따른 육계 표면에 혈반 발생률(%)은 Table 4에서 보는 바와 같다. 전반적인 혈반의 발생률은 미지선(50.56)과 날개(54.77)에서 높은 발생률을 보였고, 상대적으로 다리(8.89)와 가슴(4.44)의 표면에서 낮은 발생률을 보였다. 전압의 조건별 혈반의 발생률은 미지선, 다리, 날개 부위에서 65V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서 61.67%, 15.00%, 59.32%로 가장 높게 나타났으며, 가슴 부위의 경우에는 50V, 255 Hz, 5초와 65V, 255 Hz, 5초 동안 자극한 처리구에서 5.00%로 높은 발생률을 보였다. 혈반의 발생률은 미지선(50.56%)과 날개(54.77%)에서 높은 발생률을 보였으며, 다리(8.89%)와 가슴(4.44%)의 표면에서는 낮은 발생률을 보였지만, 전압의 변화에 따른 일정한 경향은 보이지 않았다.

**요 약**

본 연구는 도계과정 중 전압의 차이가 육계의 육색에 미치는 영향을 조사하기 위하여 육계 180수를 50과 65V, 그리고 90V, 255 Hz, 5 초 조건으로 각각 60수씩 배치하여 실신시킨 후 pH, 보수력, 가열감량, 육색(겉질, 가슴육, 다리육, 날개육)과 혈반(Blood spot) 출현율을 조사하였다.

전기자극에 의한 기절시 전압의 차이에 의한 pH, 보수력과 가열감량에 대한 영향에서 저전압(50V, 255 Hz, 5 초)에 의한 전기자극은 고전압(90V, 255 Hz, 5 초)에 비하여 높은 pH와 보수력 그리고 낮은 가열감량을 보이는 것으로 나타났으나 유의적 차이는 없었다(p>0.05). 50V, 255 Hz, 5초에서 90V, 255 Hz, 5초 동안의 전압의 변화는 부분육별 육색에 있어서는 닭의 껍질, 가슴육과 날개육에는 큰 영향을 미치지 않는 것이다. 그러나 다리육에 있어서 전압의 증가는 명도와 황색도를 유의적으로 증가시켜 주는 것으로 나타났다(p<0.05). 혈반의 발생률은 미지선(50.56%)과 날개(54.77%)에서 높은 발생률을 보였으며, 다리(8.89%)와 가슴(4.44%)의

표면에서는 낮은 발생률을 보였지만 전압의 변화에 따른 일정한 경향은 보이지 않았다.

본 실험의 결과 도계시 전압의 변화는 닭고기의 pH, 보수력, 육색과 혈반 발생률에 유의적 차이는 없었지만, 다소간에는 영향이 있는 것으로 나타났다. 따라서 전압의 세기, 자극시간, 전류의 세기 등의 복합적 요인을 고려한 다각적 분석이 필요할 것으로 사료되었다.

**감사의 글**

본 연구는 2002년 농림기술개발 연구비 지원에 의하여 수행되었기에 이에 감사드립니다

**참고문헌**

1. Carse, W. A. (1973) Meat quality and acceleration of post mortem glycolysis by electrical stimulation. *Journal of Food Technology* **8**, 163-166.
2. Council Directive (1993) On the protection of animals at the time of slaughter or killing. *Official J. Eur. Comm.* No 1.340, 21.
3. Kim, S. M., Kim, D. G., and Sung, S. K. (1997) Effect of electrical stimulation on meat color and lipid peroxidation in Korean beef. *Kor. J. Anim. Sci.* **39**(2), 191-198.
4. Ledward, D. A., Dickinson, R. F., Powell, V. H., and Shorthose, W. R. (1986) The colour and colour stability of beef *longissimus dorsi* and *semimembranosus* muscles after effective electrical stimulation. *Meat Science* **16**, 245-265.
5. Ryoichi, S., Degychi, T., and Nagata, Y. 1993. Effectiveness of the filter paper press method for determining the water holding capacity of meat. *Fleischwirtschaft* **73**, 1399-1404.
6. SAS (1998) SAS/STAT user's guide, Statistics. SAS Inst., Cary, NC.
7. Savell, J. W., McKeith, F. K., and Smith, G. C. (1981) Reducing post mortem aging time of beef with electrical stimulation. *Journal of Food Science* **46**, 1777-1781.
8. Smith, G. C. (1985) Effects of electrical stimulation on meat quality, color, grade, heat ring and palatability. In *Advances in meat research, Vol. 1, Electrical stimulation*. Westport, Connecticut, AVI Publishing Company, 121-158.

9. Smulders, F. J. M., Eikelenboom, G., and van Logtestijn, I. G. (1983) The effect of electrical stimulation on the quality of dairy cows, In *Proceedings of the 29th European meeting of meat research workers*, Parma, A14.
10. Troeger, K. and Woltersdorf, W. (1990) Electrical stunning and meat quality in the pig. *Fleischwirtschaft* **70**, 901-904.
11. Troeger, K. and Woltersdorf, W. (1991) Gas anaesthesia of slaughter pigs. *Fleischwirtschaft* **71**, 1063-1068.
12. Unruh, J. A., Kastner, C. L., Kropf, D. H., Dikeman, M. E., and Hunt, M. C. (1986) Effects of low-voltage electrical stimulation during exsanguination on meat quality and display colour stability. *Meat Science* **18**, 281-293.
13. Yang, M. H. and Park, H. K. (2000) Effect of electrical stunnings on the quality of broiler breast meat during slaughtering. *Kor. J. Anim. Sci.* **42**(1), 101-108.

---

(2003. 7. 29. 접수 ; 2003. 9. 17. 채택)