

# 수입육과의 경쟁력 향상을 위한 한우육의 육질개선에 관한 연구 - Electrical stimulation에 의한 한우육의 육질개선 -

신현길

(건국대학교 동물자원연구센터)

## Meat quality improvement of Korean native cattle Beef by electrical stimulation

Shin Heyun-Kil

Animal Research Resources Center, Kon-Kuk University

### Abstract

Five Korean native cattles were purchased from beef cattle farm. Immediately after slaughtering, peeling and exposing, each carcass was split into left and right sides and which one half was kept as control, another was electricaly stimulated by using 400V stimulator for 1 min and stored at 37°C for 3hrs.

All samples were analyzed for shear force value, ATP and biochemical changes. Therefore tenderness and flavor was used as experimental parameters to investigate the effect of electrical stimulation and delayed chilling between electrical stimulated and high-temperature conditioned meat and non-electrical stimulated meat.

High performance liquid chromatograph (HPLC) were used to analyze the nucleotide and its relation substances. Also, shear force value was measured by using shear force device attached Instron.

Initial electrical stimulated and high temperature conditioned meat caused an decrease in ATP to 6.05  $\mu$ M/g as stimulated and high temperature conditioned meat showed much more tender than non-electrical stimulated meat in the shear force value. Electrical stimulated and high-temperature conditioned meat produced a very rapid drop of pH value.

(Keywords : electrical stimulation, high-temperature condition, delayed chilling, nucleotides, shear force)

### I. 서 론

Electrical stimulation은 도체의 온도가 cold shortening의 온도대에 이르기 전에 rigor mortis와 glycolysis의 진행을 촉진시켜 cold shortening발생을 방지하며, 높은 온도와 산성하에서 proteolytic (lysosomal) enzyme의 활성을 높여주고, 더 나아가서 강한 수축에 의하여 일부 fiber structure가 파괴되므로 연도가 개선된다고 이

미 많은 연구를 통하여 보고되고 있다.(Judge et al., 1989 ; Fabiansson, and Reutersward, 1985 ; Smulders et al., 1983) 또한, E. S에 의해 연도외에도 풍미등이 개선되는데(Savell and Smith, 1979), Calkins등(1982)은 E. S처리로 인하여 사후육은 비전기자극 도체와 전기자극 도체와의 creatine phosphate, adenine nucleotides등 핵산물질의 농도차이에 기인된다고 생각된다.(Smith, 1985) E. S의 장점은 육의 선택을 개선하고(Dutson et al., 1982), 무엇보다 미국에서 육류의 중요

한 등급 기준이 되고 있는 marbling score를 높이는 효과를 가져온다고 보고되고 있다.(Savell and Smith, 1979) 하지만 E. S.가 육질에 하등의 영향을 미치지 않는다는 보고도 있다.(Powell et al., 1983; Chiofalo et al., 1983)

전기자극의 효과에 미치는 요인으로는 근육 온도와 도살 후 지체시간, 자극시간, 전압등에 의하여 영향을 받게 되는데 특히 도살 후 rigor mortis에 이르기 전에 실시해야 전자자극 효과를 높일 수 있다.(Judge, 1988).

사후의 육은  $Ca^{++}$ 에 의하여 ATP가 분해되며, glycolysis가 일어나 actin과 myosin의 결합에 의한 경직현상(rigor mortis)이 발생하는데, 식용을 위해서는 적절한 취급에 의한 숙성이 필요하다. 또한 도체육의 보존성 향상을 위해서 고농도의 ATP 도체를  $10^{\circ}C$ 이하로 냉각시킬 경우, 이러한 경직이 심하여 소위 cold shortening 현상이 발생되어 식용의 가치를 손상시킴이 발견되었고(Locker and Hagyard, 1963), 따라서 이러한 shortening을 줄이고 식용의 상품가치를 높이기 위하여 electrical stimulation 방법과 고온 숙성 방법이 병행 실시될때 육의 사후대사과정 중 enzymes의 활성을 더욱 높여 glycolysis와 핵산관련물질의 분해를 통한 풍미 물질의 생성을 빠른 시간내에 이룰 수 있으므로 도축 후 숙성과정을 거치지 않는 우리 나라에서는 바람직한 육류 취급방법이라고 볼 수 있다.

실제 우리나라에서 유통되고 있는 우육은 상당량이 도축후 냉장되지 않고 유통되므로 이러한 고온숙성이 효과를 거둘 수 있을 것이라 판단되며 이러한 방법들을 우리나라의 조건에 맞게 하나의 model로서 제시할 수 있으리라 본다. 이제까지 국내에서 전자자극에 의한 한우육의 연도개선에 대한 연구가 우리나라에서는 없었고 또한 고온 숙성 개념도 자리잡고 있지 못하고 있는 실정인데, 이는 연구재료의 한계성과 실험 실시가 도살장에서 이루어져야 하고 실험 경비가 많이 든다는 난점등으로 연구가 이루어지지 못했지만 성(1989)은 한우숫소의 앞다리를 재료로하여 전자자극을 시킨 결과 연도개선에 좋은 효과가 있었다고 보고하고 있다. 특히 지방층이 없고, 조사료로 사육되고 있는 우리나라 한우에 있어서 어린 소와 늙은 소 모두의 육질을 개선하는데 그 효과가 크리라 본다. 따라서 포괄적이고 체계적으로 실시할 본 연구는 앞으로

이 분야의 연구에 좋은 기초적인 자료가 되리라 본다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 도체의 E. S처리

도축은 일반적으로 국내에서 실시하는 방법에 따라 실시하였으며, 동일한 방법으로 사양된 1-2회 경산 한우 5두를 구입하여 본 실험을 위하여 도축을 실시하였다(음성 제일 농장). 일반적인 방법에 따라 도살 및 방혈을 실시하였고 내장 제거후 2분체로 절단하였으며 도살 45분내에 2분체중의 하나에 400V/60Herz에서 1분간 전기자극을 실시하였다. 전기 자극하지 않은 부위는 대조구로 하였으며, E. S처리 도체는 3시간 동안 high temperature conditioning ( $37^{\circ}C$ )를 실시하고 delayed chilling을 시켰다. E. S처리를 하지 않은 도체는 각각 부위별로  $5^{\circ}C$ 와  $15^{\circ}C$ 에서 저장하고, E. S 고온 숙성 처리구는  $37^{\circ}C$  incubator에서 3시간 동안 고온 숙성하며 high temperature conditioning중 1, 2, 3시간째에 sample을 취하고 그 이후에  $5^{\circ}C$ 와  $15^{\circ}C$ 에서 저장하여 대조구와 같은 방법으로 sarcomere 길이, pH, lactic acid, shear force 값, 핵산관련물질등을 조사하였다.

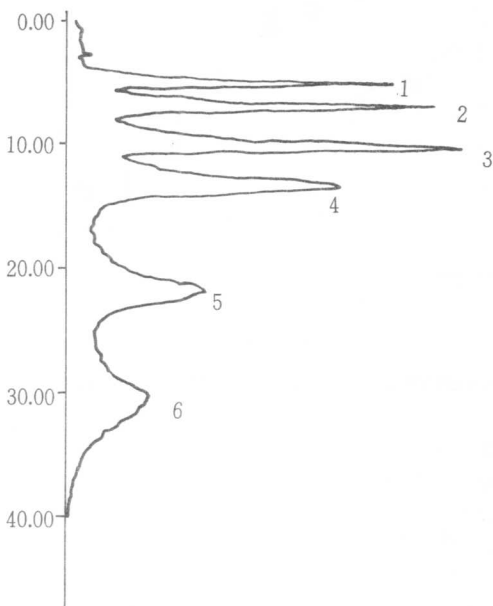
### 2. 핵산관련물질의 분석

핵산관련물질을 추출하기 위해서 *M. semitendinosus* 부위에서 시간별로 각각의 시료를 취하여 경시적으로 시료로 이용하였다. 채취된 시료는 E. S후 고온 숙성 처리구와 Non E. S. 처리구로 나누어 냉각된 10% Perchloric acid 25ml를 첨가하여 균질화한 다음(세질시 20ml, 후에 5ml로 세척) 4,000rpm/10min로 2회 반복하여 원심 분리한 다음 상등액을 5N Potassium Hydroxide를 이용하여 pH 6.5로 보정하였다. 그다음 중화된 10% Perchloric acid(pH 6.5)로 100ml mass up하여 10,000rpm/10min로 원심 분리한 상등액을 membrane filter(Gelman  $0.45\mu m$ )를 이용하여 여과하였으며 처음의 몇 ml은 버리고 약 4.5ml를 취하여 tube에 담아 HPLC 분석의 시료로 이용하였으며 분석조건은 Table. 1과 같다.

**Table 1.** Conditions for HPLC analysis of nucleotide and their related compounds in beef during storage.

Items	Condition
Column	Lichrospher RP-18 (4.0mm i. d. x 25.0)
Mobile phase	1% Triethylamine, phosphoric acid (pH 6.5) 20% Acetonitril (pH 7.0)
Flow rate	1.5ml/min
Chart speed	0.5cm/min
Detector	UV detector (254nm)

또한 Fig. 1에 나타난 standard solution의 peak는 Hx, IMP, HxR, AMP, ADP 및 AMP순으로 분리되었



**Fig. 1.** The HPLC chromatogram of Standard Mixture (1. HX, 2. IMP, 3. Ino, 4. AMP, 5. ADP, 6. ATP)

### III. 결과 및 고찰

#### 1. E. S 고온 숙성 처리구와 Non E. S 처리구의 pH

pH조사는 각각의 조건에 저장되어있는 시료 2g 씩을

취하여 10ml의 Buffer solution(5mM Sodium Iodoacetate, 150mM Potassium Chloride)에 넣고 warning blender로 균질화하여 pH를 조사하였다.

E. S 처리는 육의 Lysosomal enzyme의 활성을 높여주어 glycolysis를 촉진하여 pH가 빠르게 떨어진다고 보고되고 있으며, 또한 고온 숙성중 enzymes의 활성을 높여준다. Fig. 2에서 볼수있는 바와 같이 *M. Semitendinosus* 와 *M. triceps* 부위도 마찬가지로 비슷한 pH저하 현상을 보여주고 있으며 E. S 직후에 이미 0.5 이상 pH가 저하되었다. 이것은 저장 온도가 높을수록 빨리 떨어지는 경향을 나타내었다.

#### 2. 고온 숙성에 의한 Shear force값의 변화

Shear force값은 Instron(Model No. 1011)에 Shear force device를 부착시켜 사용하였으며 시료를 200g 가량 취하여 Water bath에서 중심온도 70°C로 가열처리한 후에 냉각시켜 1cm 정도의 넓이로 고기의 결방향으로 잘라내어 한 시료당 15회정도 반복하여 조사하였다.

Fig. 3에서 볼수있는 바와 같이 전기 자극 직후에 고온 숙성 처리구는 전기 자극에 의한 단축에 의하여 Shear force값이 대체로 높았다는 보고와는 달리 상대적으로 비처리구보다 낮았으며 저장기간이 길어짐에 따라 E. S 처리 고온 숙성육은 연도가 아주 좋아졌다. 또한 도체중에서 가장 연한 부위중의 하나인 등심부위는 E. S 고온 숙성처리구와 비처리구 사이에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 특히, 두처리구에서 비처리구는 3일간 서서히 Shear force값이 낮아졌으나 고온 숙성 처리구는 3시간 동안 고온 숙성후에 shear force값이 이미 낮았으며 숙성 1일 후에는 고온 숙성 처리구가 두 부위에서 약 20-30%의 연도 개선 효과를 보이고 있어 숙성하지 않고 도축 후, 당일 도체육을 판매하여 처리하고 있는 우리나라에서는 연한 육을 생산하기 위해서 전기자극 후 3-4시간 동안 37°C 전후에서 고온 숙성하는 방법을 도축장에 도입하는 것이 바람직하지 않나 생각된다.

3. 핵산관련물질의 분해

Fig. 4에서 보는 바와 같이 ATP는 고온 숙성 처리구가 비처리구에 비하여 급격한 감소를 보이면서 저장 6시간까지 거의 분해되는 것으로 나타났는데, 이는 도체의 ATP, ADP, AMP가 전기 자극과 고온 숙성 중 enzymes의 활성이 활발하게 이루어졌기 때문에 급격히 분해된 것으로 사료된다. 또한 풍미를 증진시키는 IMP에서는 12시간까지 고온 숙성 처리구가 비처리구에 비하여 전체적으로 많이 증가하였으며 특히, 6시간째 5°C에서 보관한 시료에서는 고온 숙성 처리구가 8.3  $\mu$  mole/g 인데 반하여, 비처리구는 2.89  $\mu$  mole/g 으로 처리구간 많

은 차이를 나타냈으며, 15°C에서 저장한 시료에서는 4시간째까지 고온 숙성 처리구의 경우 급격히 증가하여 14.2  $\mu$  mole/g의 양을 나타낸 반면, 비처리구는 2.5  $\mu$  mole/g의 양만을 나타냈고, 고온 숙성 처리구는 12시간 까지 점차 증가하여 16.1  $\mu$  mole/g의 최고 함량을 나타내고 그 후 점차 감소하는 반면 비처리구는 4시간 이후부터 증가하기 시작하여 24시간째 최고의 함량을 나타냈으나 최고 함량은 12.3  $\mu$  mole/g으로 고온 숙성 처리구보다 함량면에서도 낮았다. 그외의 Inosine과 Hypoxanthine은 고온 숙성 처리구가 비처리구보다 약간 높은 값을 나타냈다.

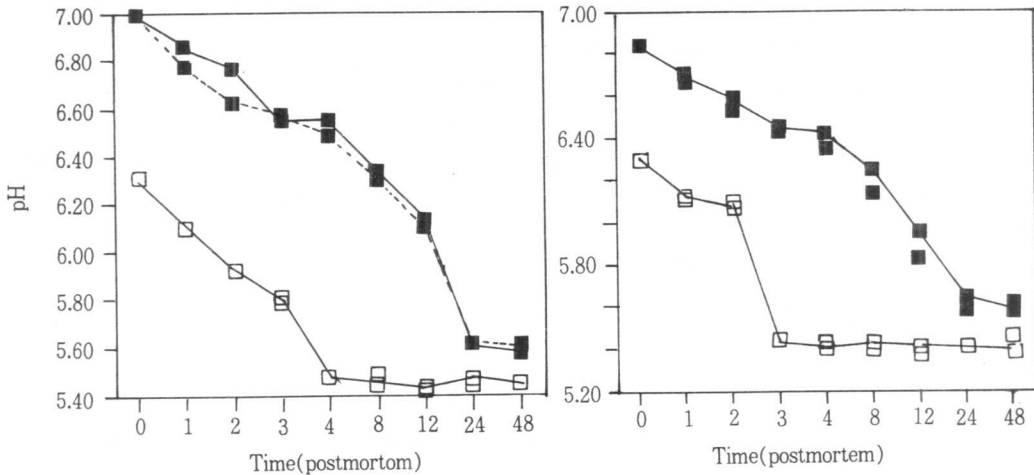


Fig. 2. Changes of pH in *M. triceps brachii*(A) and *M. semitendinosus*(B) during postmortem storage

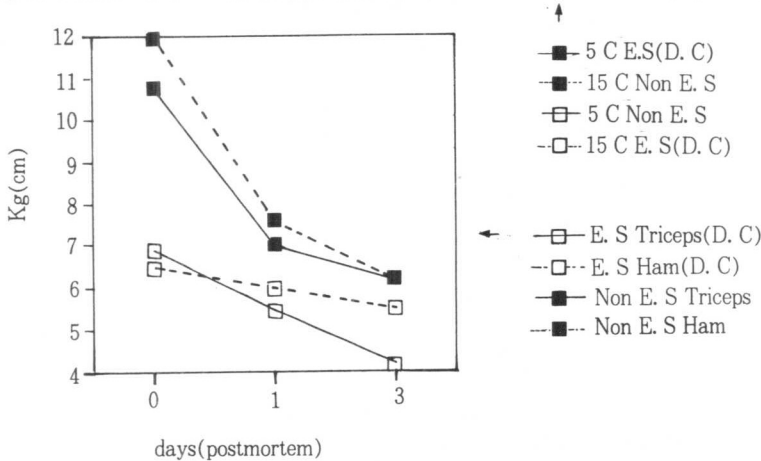


Fig. 3. Changes of Shear force value in *M. triceps* and *M. semitendinosus* during storage

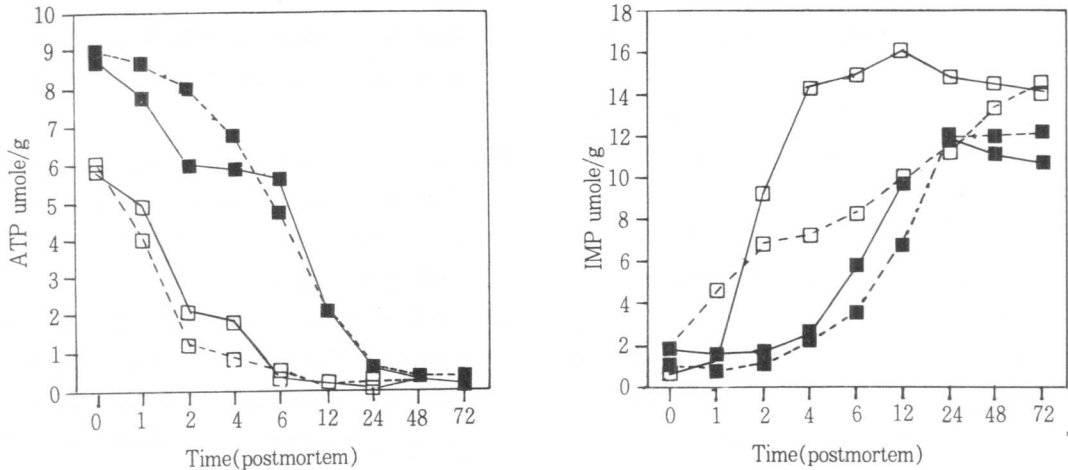


Fig. 4. Changes of ATP (A) and IMP (B) values in beef muscle during postmortem storage

□ 15 C E. S(D. C)    ■ 15 C Non E. S    □ 15 C E. S(D. C)    ■ 15 C Non E. S

#### IV. 결 론

한우 5두를 E. S처리 후 고온 숙성 처리구와 비 처리구로 나누어 물리·화학적 차이를 비교하여 전기 자극 후 고온 숙성 과정에 의한 한우 육질의 개선효과를 살펴보았다. 전기자극은 400V/60Herz로 도축 1시간 이내에 1분간 실시하였고 전기 자극한 2분체를 바로 냉각시키지 않고 상온(37℃)에서 3시간 고온 숙성시켰다. 특히 지육 중에서 질긴 부위인 앞다리(Triceps)근육의 연도 개선효과가 크게 나타났으며 도축 1일 후에는 약 30%로 크게 나타났으며, 뒷다리 근육은 20% 정도의 개선 효과를 보였고 숙성 3일 후에는 역시 좋은 결과를 보였다.

ATP의 분해는 고온 숙성 처리구에서 신속하게 일어났으며 ATP의 중간 분해 산물인 IMP와 최종분해 산물인 Hypoxanthine의 경우 고온 숙성 처리구에서 숙성 중 급속한 증가를 보이고 있어 증미 맛의 빠른 생성에도 고온 숙성의 효과가 있다고 본다.

결국, 숙성시키지 않고 유통·소비되는 우리나라에서는 도축 후 E. S와 고온 숙성과정을 거칠 경우, 연도 개선은 물론 풍미를 좋게 하는데도 그 효과가 있다고 생각된다.

#### 참 고 문 헌

1. Bendall, J. R. 1973. In structure and function of muscle Vol. 2(2nd ed.), Academic Press. New York, p. 243.
2. Calkins, C. R., Dutson, T. R., Smith, G. C. and Carpenter Z. L. 1982. Concentration of creatine phosphate, adenine nucleosides and their derivatives in electrical stimulated and non-stimulated beef muscle. J. Fd. Sci., 47,1350
3. Chiofalo, L. Micavi, P. E Matassino, D., 1983. Confronto fra capre di razza Tibe-tana e derivate dall'incrocio Tibetana x Maltese. I, Influenza dell'elettrostimolazione su alcune caratteristiche colorimet-riche di 10 muscoli. Prod. Anim., 2, 61
4. Chrystal, B. B. and Devine, C. E. 1985. Electrical stimulation ; its early development in Newzealand, (in) advances in meat research, (ec) Pearson, A. M. Avi publishing company, inc. west port, 73.
5. Cross, H. R., Bernholdt, H. F., Dikeman, M. E., Greene, B. E., Moody, W. G., Staggs, R. and West, R. L. 1978. In : Guidelines for cooking and sensory evaluation of meat, American Meat Science Association, Chicago.

6. Ducastaing, A., Valin, C. and Shollmeyer, J. 1985. Effects of electrical stimulation on post-mortem changes in the activities of two calcium dependent neutral proteinases and their inhibitor in beef muscle. *Meat Sci.*, 15, 193-202
7. Dutson, T. R., Savell, J. W. and Smith, G. C. 1982. Electrical stimulation of antemortem stressed beef, *Meat Sci.* 6, 159
8. Fabiansson, S. and Reutersward, L. 1985. Low voltage electrical stimulation and post-mortem energy metabolism in Beef. *Meat Sci.*, 12, 205
9. Judge, M., Aberle, E., Forrest, J. C., Hedrick H. and Merkel R. 1989. Principles of meat science Kendall/hunt publishing co. p. 119.
10. Kondos, A. C and Taylor, D. G. 1987. Effect of electrical stimulation and temperature on biochemical changes in beef muscle. *Meat Sci.*, 19, 207-216
11. Locker, R. H. 1960. *J. Food Science*, 25, 304-309
12. Locker, R. H. and Hagyard, C. J. 1963. A Cold-Shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agric.*, 14, 787.
13. Locker, R. H., Davey, C. L., Nottingham, P. M. and Law, N. H. 1975. New Concepts in meat Processing. *Adv. in Food Res.*, 21, 157
14. McKeith, F. K., Savell, J. W. and Smith, G. C. 1981A. Tenderness improvement of the major muscles of the beef carcass by electrical stimulation. *J. Food sci.*, 46, 1774
15. McKeith, F. K., Smith, G. C., Savell, J. W., Dutson, T. R. and Hammons, D. R. 1981B. Effects of certain electrical stimulation parameters on quality and palatability of beef. *J. Food. Sci.*, 46, 13
16. Powell, V. H., Bouton, P. E., Harris, P. V. and Shorthose, W. R. 1983. Extra low voltage stimulation of beef in Australia. 29th Eur. Meat Res. Work, Salsomaggiore.
17. Savell, J. W. and Smith, G. C. 1979. Electrical stimulation-Effect on meat tenderness, muscle structure and the quality indicating characteristics of meat. *Proc. Annu. West. Res., Dev. Assoc. Mil. Food Package. System. New York*, 1-14
18. Shin, H. K., Abugroun, H. A., Forrest, J. C. and Judge, M. D. 1990. Effect of heating rate on the palatability and associated properties of Pre-and post rigor meat. *Meat Science*(accepted)
19. Smith, G. C. 1985. Effect of electrical Stimulation on meat quality, color, grade, heating, and palatability (in) *Advances in meat research*, (ed) Pearson, A. M. Avi publishing company, inc, West port, 121.
20. Smulders, F. J. M., Eikelenboom, G. Van Logtestijn, J. G. 1983. The effect of electrical stimulation on the meat quality of dairy cows. 29th Eur. Meat. Res. Work, Salsomaggiore, I. A14, 104-109
21. West, R. L. 1982. Commercial application of electrical stimulation in the United State. *Proc. Int. Symp. Meat Sci. Technol Natl. Live Stock and Meat Board, Chicago*, 1-23.