

전기자극이 저장중 한우육의 이화학적 변화에 미치는 영향

신현길 · 오은경* · 박종흠 · 김천제 · 허정원

건국대학교 축산가공학과, *건국대학교 동물자원연구센터

Effect of Electrical Stimulation on Physico-Chemical Properties of Korean Native Cattle Meat

Heuynkil Shin, Eunkyong Oh*, Jongheum Park, Cheonjei Kim, Jeongweon Huh

Department of Animal Products Science, Kon-Kuk University, Seoul

*Animal Resources Research Center, Kon-Kuk University, Seoul

Abstract

Nine Korean native cattle were purchased from a beef cattle farm. Immediately after slaughtering and skinning, each carcass was split into left and right sides and the one half was kept as a control, the other one was electrically stimulated by using 400V stimulator for 1 min. All samples were analyzed for shear force value, ATP and biochemical changes to investigate the effect of electrical stimulation during storage at 5°C and 15°C. The amount of lactate of electrically stimulated (E.S.) meat showed a rapid increment compared with that of control ($p < 0.01$). E.S. treatment caused a rapid drop of pH value. Initial pH decreased from 6.85 to 6.38 in M. semitendinosus and from 7.0 to 6.58 in Triceps brachii by E.S. treatment ($p < 0.01$). Electrically stimulated muscle showed decrease (34.67%) in ATP to 5.74 $\mu\text{mole/g}$ from 8.78 $\mu\text{mole/g}$ of unstimulated meat. ATP of the electrically stimulated muscle stored at 15°C and 5°C was degraded faster than that of control until 6 hours post-mortem ($p < 0.05$). The tenderness of meat after aging was improved significantly by electrical stimulation with lower shear force value than that of untreated meat ($p < 0.01$).

Key words: Korean native cattle meat, electrical stimulation, physico-chemical properties

서 론

도살직후의 근육에서는 혈관을 통한 산소 및 영양성분의 공급과 대사산물의 타기관으로의 이동이 중지되지만 생화학적 변화는 도살전과 비슷하게 진행된다. 이러한 생화학적 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 고갈되면 ATP의 함량이 급격히 감소되어 사후강직이 시작된다¹⁾.

저온단축을 방지하기 위한 목적으로 몇몇의 육류수출 국가에서는 전기자극(Electrical Stimulation)으로 도체의 온도가 저온단축 온도대에 이르기 전에 glycolysis와 사

후강직의 진행을 촉진시킨 후, 도체를 냉각하여 동결시키는 방법을 연구하고 산업화시켜 왔다. 또한 E.S.는 높은 온도와 산성하에서 proteolytic(lysosomal) enzyme의 활성을 높여주고 강한 수축작용에 의하여 일부 fiber structure가 파괴되므로 연도가 개선된다는 보고²⁾가 있으며 그 결과 도살 후 수일내에 연한 조직과 좋은 풍미의 고급육을 생산할 수 있는 가능성이 알려졌다. 특히 이러한 전기자극의 효과는 늙은소 보다는 지방층이 적은 어린소에, 농후사료보다는 조사료로 사육된 소에서 두드러지게 나타난다고 한다³⁾.

국내에서도 전기자극이 육질에 미치는 영향에 대한 연구가 일부 있으나, 대부분의 연구가 시료의 간편성 때문에 토육을 중심으로 진행되어^{4) 5)} 실제로 적용하기에는 어려움이 있고, 우리나라에서 유통되고 있는 대부분의 한우육은 거의 동결상태로 유통되어 도축 후 1~2일 후에 대부분 동결되어 판매되므로 숙성된 육이 국내에 거의 판매되고 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 전기자극을 실시하여 숙성을 촉진시킴으로써 한우육의 연도를 개선하여 상품가치를 향상시킬 목적으로 도살 후 전기자극을 실시한 한우육의 물리적 및 생화학적 변화를 조사하였다.

Corresponding author: Heuyn-Kil Shin, Department of Animal Products Science, Kon-Kuk University, Seoul, Korea

재료 및 방법

재료 및 전기자극 처리

공시한우는 동일한 방법으로 사양된 450 kg 내외의 1~2회 경산한우 9두를 구입하여 본 실험을 위하여 음성 소재 제일농장 도축장에서 도축을 실시하였다. 한우는 수송거리가 30분 내외의 가까운 곳에서 구입하였고, 도축 후 계류장에서 6시간 동안 계류를 한 후, 도살 및 방혈을 실시하였으며, 박피 및 내장제거 후 2분체로 절단하였다. 그 후, 도살 45분내에 2분체 중의 하나에 400 V/60 Herz에서 1분간 電氣刺戟을 실시한 다음, 전기자극을 하지 않은 부위는 대조구로 하였으며, E.S. 처리도체와 비처리도체에서 *M. semitendinosus*와 *M. triceps brachii*를 각각 1~1.5 kg 정도를 시료로 취하여 5℃와 15℃에서 저장하며 pH, Lactate, Cooking loss, Sarcosere 길이, Shear force 값, ATP 함량 등을 조사하였다. 아울러 전기자극이 Shear force에 미치는 효과를 산업적인 조건에서 구체적으로 조사하기 위하여 전기자극 처리구와 비처리구의 지육을 5±2℃의 냉장고에 2일간 보관한 후 *M. semitendinosus*를 취하여 Shear force 값을 조사하였다.

pH 측정

pH조사는 *M. semitendinosus*와 *M. triceps brachii*를 5℃와 15℃에 저장하며, 試料 2g을 취하여 10 ml의 Buffer solution(5 mM Sodium Iodoacetate, 150 mM Potassium Chloride)에 넣고 blender로 균질화하여 electrode (Model HM-7E, Japan)를 이용하여 각 시료를 3회 반복하여 pH를 조사하였다.

L-Lactate 함량

L-Lactate 함량의 조사는 Kondos와 Taylor⁽⁷⁾의 방법에 의하여 *M. semitendinosus*에서 시료를 취하여, 육으로부터 추출한 용액을 효소분석 kit(Boehringer Mannheim, Germany)를 이용하여 분석하였다.

가열감량(cooking loss)

가열감량은 시료 200g을 각 근육별로 취하여 0, 1, 3일 동안 15℃에 저장하며 시료로 이용하였고, 저장 2일째의 실험은 E.S.의 영향을 더욱 구체적으로 조사하기 위하여 5℃ 냉장실에 현수한 도체에서 직접 근육의 시료를 취하여 본 실험에 이용하였다. 실험방법은 시료를 같은 크기로 자른 후에 비닐봉지에 넣어, 80℃ Water bath에서 중심온도 70℃로 가열처리한 다음 25℃ 내외로 냉각시킨 후, 무게의 감량으로부터 삼출즙액 감량 %를 측정하였다.

근질의 길이(Sarcomere length) 측정

근질길이의 측정은 *M. mastioideus*(목등심 부위)에서 시료를 취하여 근질의 길이방향으로 시료를 잘라낸 후, 2% glutadialdehyde solution에 20분 동안 담가놓아 고

정시킨 후 Helium-Neon-Laser(Model 102-4, U.S.A)로 측정하였다. 그 후, 측정치×0.6328로 보정하여 Sarcosere의 길이를 구하였다.

Shear force value 측정

Shear force값은 *M. semitendinosus*와 *M. triceps brachii*에서 시료 200g을 취하여 0, 1, 3일 동안 15℃에 저장하며 시료로 이용하였다. 저장 2일째에는 E.S. 연도에 미치는 영향을 더욱 구체적으로 조사하기 위하여 도축 후 5℃에 현수되어 있는 도체의 *M. semitendinosus*에서 시료를 취하여 본 실험에 이용하였다. 실험방법은 시료 200g을 80℃ Water bath에서 중심온도가 70℃가 되게 가열처리한 후에 냉각시켜 1 cm² 정도의 넓이로 고기의 결방향으로 잘라내어, Instron(Model No.1011)에 Shear force 측정기를 부착시켜 사용하였으며, 한 시료당 20~30회 정도 반복하여 조사하였고 Shear force 값은 kg/cm²으로 나타내었다.

ATP 분석

핵산관련물질을 추출하기 위해서 *M. semitendinosus*에서 시료를 취하여 5℃와 15℃에 보관하며 정기적으로 시료로 이용하였다.

채취된 시료는 E.S. 처리구와 비처리구로 나누어 냉각된 10% Perchloric acid 25 ml를 첨가하여 균질화한 후, 4,000 rpm/10 min로 2회 반복하여 원심분리한 다음 상등액을 5 N Potassium Hydroxide를 이용하여 pH 6.5로 보정하였다. 10% Perchloric acid(pH 6.5)를 100ml로 채워 10,000 rpm/10 min로 원심분리한 상등액을 membrane filter(Gelman 0.45 μm)를 이용하여 여과하였으며 처음의 몇 ml은 버리고 약 4.5 ml을 취하여 tube에 담아 HPLC(High Performance Liquid Chromatograph) 분석의 시료로 이용하였다.

본 실험에 사용한 HPLC는 2150 HPLC pump, 2510 Uvicord SD, 2152 LC controller, 11300 Ultragrad mixer driver, 2154 HPLC injector, Chromatopac recorder (LKB producter AB, Broma, Sweden)을 사용하였다. HPLC의 분석조건은 이⁽⁸⁾의 방법을 개량하여, 1% triethylamine · phosphoric acid 용액을 A의 Mobile phase로, 20% acetonitril을 B의 Mobile phase로 사용하며, gradient 방법을 이용하였다.

통계처리

본 실험에서의 통계처리는 SAS program을 이용하여 LSD와 TUKEY법으로 분석하였다⁽⁹⁾.

결과 및 고찰

pH의 변화 및 Lactate의 측정

일반적으로 근육의 pH는 도살직후부터 시작하여 사후강직이 완료될 때까지 계속해서 감소하게 된다. 최고

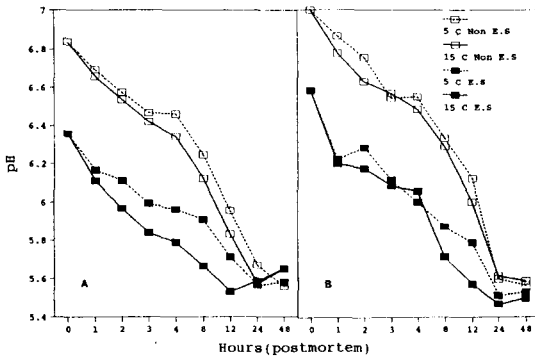


Fig. 1. Changes of pH in *M. semitendinosus* (A) and *M. triceps brachii* (B) during storage

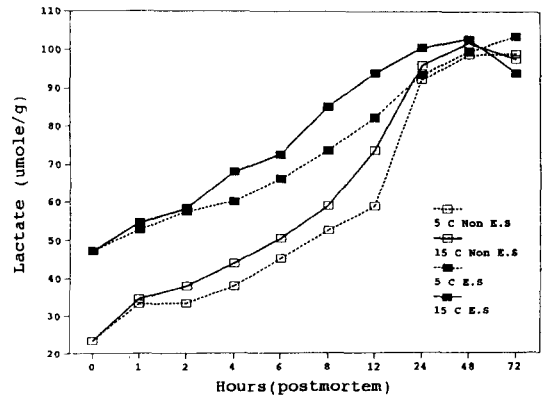


Fig. 2. Changes of L-lactate in *M. semitendinosus* during postmortem storage

기에서는 보통 0~4°C 에 저장할 때 최하 pH에 이르는 데 18시간 정도 소요된다.

이 시간까지 도체는 혐기적 glycolysis가 진행되는 과정에서 생성되는 lactic acid가 간으로 이행하지 못하고 근육속에 계속 축적되는데, E.S.는 이러한 glycolysis의 진행을 촉진시켜 pH의 급격한 저하를 가져오게 된다. Bendall⁽¹⁰⁾에 의하면 도축 후 pH가 6.0 이하일 때 저온 단축을 미연에 방지할 수 있어 육질개선 효과를 가져 온다고 보고하고 있다.

Fig. 1에서 pH 변화는 9두에서 얻은 시료의 pH값을 평균한 것이다. 위에서 보는 바와 같이 E.S. 처리구는 *M. semitendinosus*와 *M. triceps brachii* 모두 도축 후, 1시간 이내에 pH가 6.2이하로 급격히 감소한 반면, 대조구는 약 10시간이 소요되어 E.S. 처리구의 경우, 도체를 곧바로 냉장이나 동결을 실시하여도 저온단축현상이 일어나지 않을 것으로 사료되어진다.

또한, Fig. 1의 A에서 볼 수 있는 바와 같이 *M. semitendinosus*에서는 처리구가 전기자극 직후부터 급격한 pH의 감소를 보여 대조구 6.85에 비해, 처리구는 6.38로 0~1시간까지 고도의 유의성을 보이며 감소하였고($p < 0.01$), B의 *M. triceps brachii*도 마찬가지로 비슷한 pH 저하현상을 보여주고 있으며, E.S. 직후에 이미 대조구 7.0에 비해 처리구는 6.58로 급격한 pH 저하를 보이며 감소하였다($p < 0.01$).

이러한 pH의 변화는 근육내 glycogen이 혐기적 glycolysis에 의하여 생성된 lactic acid가 근육내에 축적되기 때문에, 도체에서의 lactate의 변화는 Fig. 2에서 보이는 바와 같이 초기 E.S. 처리구는 47.33 $\mu\text{moles/g}$ 으로 대조구 23.33 $\mu\text{moles/g}$ 에 비해 2배 이상 증가하였으며, 이는 Fig. 1에서 E.S. 직후 E.S. 처리구의 급격한 pH 감소와 잘 일치하고 있다.

또한 E.S. 처리 직후부터 저장 4시간까지 E.S. 처리구가 대조구에 비해 근육내 lactate의 급속한 증가를 보이고 있으며($p < 0.01$), 이후 6~8시간까지 대조구에 비해 E.S. 처리구의 증가속도가 높았으나($p < 0.05$), 12시간부

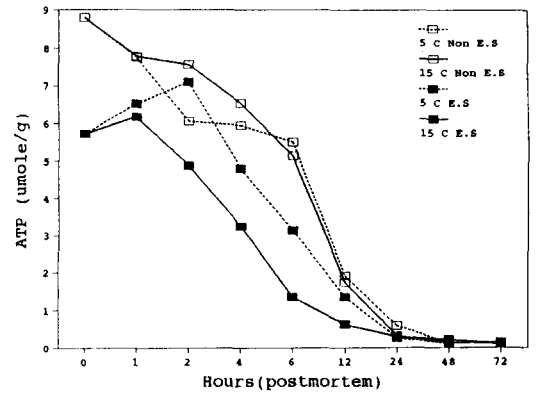


Fig. 3. Changes of ATP concentration in *M. semotendinosus* during postmortem storage

터는 완만하게 증가하는 경향을 보이며 24시간 이후에는 두 처리구 공히 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 이와 같이 빠른 lactate의 축적은 Ca^{2+} 이 Sarcoplasmic reticulum에서 유리되어 glycogen phosphorylase의 활성화에 의한⁽¹¹⁾ 빠른 glycolysis 때문이다. 또한 온도에 따른 변화는 처리구와 대조구에서 5°C 보다 15°C 가 빠른 증가를 보여 저장온도가 높을수록 glycolysis에 관여하는 효소의 높은 활성으로 인하여 lactate의 생성이 빠르다는 Kondos and Taylor⁽⁷⁾의 보고와 일치하였다. 이러한 현상은 E.S. 처리구나 대조구에 있어서도 같은 결과를 보였으나 저장온도에 의한 유의성은 인정되지 않았다. 하지만 저장 온도에 따른 pH의 저하속도는 근육부위에 따라 다소 차이가 있으나 E.S. 처리구에서 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며 이러한 결과를 살펴볼 때, E.S.후 높은 온도에서 지육을 보관하는 것이 더욱 숙성촉진 효과를 가져올 것으로 사료된다.

ATP의 분해

Table 1. Changes of cooking loss in beef during storage (%)

treatment day	<i>M. triceps brachii</i>		<i>M. longissimus dorsi</i>		<i>M. semitendinosus</i>	
	E.S.	Non E.S.	E.S.	Non E.S.	E.S.	Non E.S.
0**	21.83	22.26	18.86	16.10	19.50	22.90
1**	18.90	17.83	18.53	14.92	23.10	18.00
2*	—	—	—	—	29.48	24.34
3**	20.36	15.83	14.90	12.53	21.65	20.50

*5°C storage, **15°C storage

Fig. 3에서 보는 바와 같이 ATP는 E.S. 처리구가 5.74 $\mu\text{mole/g}$ 로 비처리구 8.78 $\mu\text{mole/g}$ 에 비하여 급격한 減少(34.6%)를 보였으며, 저장 6시간에 5°C 에서 $p < 0.05$ 의 유의차를 보인데 반하여, 15°C 에서는 $p < 0.01$ 로 고도의 유의차를 보이며 감소하였다. 이는 E.S. 처리구에서 사후 dephosphorylation이 급속히 진행되면서 ATP가 감소한다는 Koh *et al.*⁽¹²⁾의 보고와 일치하였다.

또한 Fig. 3에 나타난 바와 같이 전기자극후 1~2시간에 ATP의 양이 증가하는 것은 분해된 ADP와 creatin phosphate의 결합과 2ADP가 ATP와 AMP로의 반응이 ATP의 분해속도보다 빠르기 때문에 ATP의 양이 증가한 것으로 사료된다.

Kondos와 Taylor⁽⁷⁾은 E.S. 처리구의 15°C 저장에서 ATP의 증가없이 저장 6시간 후에 거의 분해되었고, 2°C 로 저장한 E.S. 처리구에서 아주 완만한 ATP의 분해를 보였다고 보고되었으나 본 연구에서는 12시간 후에 거의 대부분의 ATP가 분해된 것으로 나타났으며, 5°C 의 저장결과 15°C 와 많은 차이가 나타나지 않았다. 저장온도에 따른 pH 저하는 E.S. 처리구와 비처리구 마찬가지로 저장온도가 높을수록 빨리 떨어지는 경향을 나타내었으나 유의성은 인정되지 않았다.

Koh *et al.*⁽¹²⁾은 전기자극과 온도가 우육의 육질과 연도에 미치는 영향에 관한 연구에서 고전압보다는 저전압 전기자극시 저장온도가 pH 변화에 더 많은 영향을 미친다고 보고한 바 있다. 일반적으로 저장온도가 높을 경우 효소활성의 증가로 해당작용이 더욱 빨리 진전되리라 예측되나 비교적 고전압을(400 V) 사용하였으므로 온도가 미치는 영향이 크지 않은 것으로 사료된다.

이러한 결과에서 볼때 지육에 오염되어 있는 표면 미생물의 생육을 억제하기 위해 5~6 μmole 의 고농도 ATP 도체를 10°C 이하로 급속하게 냉각시킬 경우, 소위 저온단축(cold shortening) 현상이 발생되어 식용의 가치를 떨어뜨릴 수 있지만, E.S.를 실시할 경우 근육내 ATP가 급속히 소모되어 E.S. 직후 급속냉장 및 냉동을 하더라도 저온단축이나 해당단축을 방지하여 고품질의 고기를 생산할 수 있음을 보여주었다.

가열감량(Cooking loss)

전기자극 직후 처리구와 비처리구 사이에 가열감량은

Table 2. Changes of Sarcomere length in beef during storage unit: μm

treatment hour	Muscle mastioedeus			
	E.S.		Non E.S.	
	5°C	15°C	5°C	15°C
3	1.899	1.908	2.027	1.992
6	1.750	1.613	1.952	1.949
9	1.686	1.477	1.846	1.861
12	1.722	1.424	1.851	1.683
18	1.345 ^a	1.466 ^a	1.668 ^b	1.613 ^b
24	1.629	1.376	1.622	1.442
48	1.458	1.424	1.484	1.546
72	1.467	1.523	1.592	1.597
96	1.458	1.463	1.568	1.677

*a, b($p < 0.01$)

*M. triceps brachii*와 *M. semitendinosus*에서 E.S. 처리구가 비처리구에 비해 1~3% 적은 것으로 나타났으며 *M. longissimus dorsi*에서는 E.S. 처리구가 2.8% 높게 나타났다. 그러나 숙성기간이 길어짐에 따라 E.S. 처리구가 대조구에 비해 1~5% 높게 나타났으나 유의성은 인정되지 않았다. Smoulder 등⁽¹³⁾은 E.S. 처리육과 비처리육을 도축 후 24시간에 취하여 *M. longissimus dorsi*, *M. adductor* 그리고 *M. triceps brachii* 등의 가열감량을 조사하였으며, 이 결과에서 *M. triceps brachii*는 E.S. 처리육이 감량이 낮아져 유의성이 인정되었으나, 다른 두 근육에서는 별다른 차이를 보이지 않았다고 보고하고 있다.

또한, Hawrysh 등⁽¹⁴⁾은 *M. biceps femoris*와 *M. semimembranosus*를 조사하였던 바, *M. biceps femoris*에서는 E.S. 처리육의 가열감량이 높았으며, *M. semimembranosus*에서는 비처리육의 가열감량이 높았다고 보고하고 있다. 따라서 이러한 결과를 살펴볼 때, 가열감량은 부위별, 숙성기간별로 다른 것으로 나타났으며, 전기자극 후에 해당작용이 급속히 진전되어 육의 pH가 낮아짐과 sarcoplasmic protein의 변성, 근절길이의 수축 등으로 인하여 육의 보수력이 감소되는 것으로 사료된다. 그러나 본 연구에서 나타난 결과에서는 전기자극이 가열감량에 큰 영향을 미치지 않았다.

근절 길이의 변화

근절 길이의 변화는 Table 2에서 보는 바와 같이 E.S. 육은 자극에 의해 심하게 수축하여 E.S. 직후부터 처리구가 비처리구보다 짧았다. 따라서 이러한 수축으로 말미암아 같은 근육의 부위는 아니지만 Shear force값도 E.S. 처리구가 숙성 초기에 오히려 높지 않았나 사료된다.

근절의 변화는 전체적으로 E.S. 처리구가 대조구에 비해 근절의 길이가 짧게 나타났으며, 특히 18시간에는 E.S. 처리구가 1.35, 1.47 μm 로 대조구 1.67, 1.60 μm 에 비해 근절의 길이가 짧게 나타났으나($p < 0.01$), 숙성 24

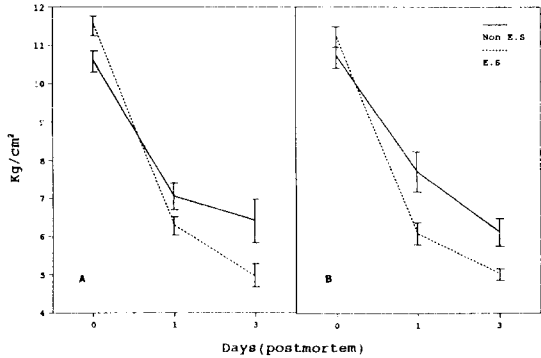


Fig. 4. Changes of shear force value in *M. triceps brachii* (A) and *M. semitendinosus* (B) during during post-mortem storagage

시간 후에는 각 처리구별 큰 차이없이 비슷한 Sarcomere 길이를 보여주고 있다. 이는 E.S. 처리구가 대조구에 비해 Sarcomere의 길이가 짧다는 Eikelenboom 등⁽¹⁵⁾의 연구와 함께, E.S.로 인해 actin과 myosin이 겹치면서 Sarcomere의 길이가 E.S. 처리구가 대조구에 비해 짧으며, 이 수축과정으로 인해 Z-disc가 붕괴되어 저장중 연도의 개선효과를 가져온다는 Fabiansson 등⁽¹⁶⁾의 보고와 일치하였다.

한우육의 전기자극에 의한 Shear force값의 변화는 Fig.4에서 볼 수 있는 바와 같이 전기자극 직후에는 E.S. 처리구가 Shear force값이 높아, E.S. 처리구가 대조구에 비해 질긴 것으로 나타났으나 유의성은 인정되지 않았으며, 이와 같이 두 처리구 모두 공히 높은 Shear force의 값은 가열처리에 따른 가열단축 현상의 결과로 사료된다.

Abugroun 등⁽¹⁷⁾에 따르면 E.S. 처리육이라도 pre rigor 상태의 육을 1°C/min의 속도로 가열하면 육의 Shear force값이 높아진다고 보고하고 있는데, 본 실험에서도 도축직후 높은 Shear force값을 보이고 있다. 또한 Shin 등⁽¹⁸⁾은 E.S. 처리육과 비처리육을 도축직후 가열처리한 실험에서 마찬가지로 E.S. 처리육이 높은 Shear force 값을 나타내었다고 보고하고 있다. 이러한 E.S. 처리육의 가열에 의한 단축은 아직도 높은 ATP 함량(Fig.3)과 조직단백질인 collagen의 가열에 의한 수축에 의한 것으로 사료된다.

그러나, 저장 1일에는 *M. semitendinosus*(그림 B)에서 E.S. 처리육이 6.29 kg/cm² 반하여 7.05 kg/cm²로, 저장 3일에는 E.S. 처리육이 4.90 kg/cm², 대조구는 6.18 kg/cm²로 1일에는 10.8%, 3일에는 20.7%의 연도개선효과가 있었음을 보여준다(p<0.01). *M. Triceps brachii* (그림 A)에서는 E.S. 처리육이 6.18 kg/cm², 대조구는 7.73 kg/cm²으로서 E.S. 처리구의 연도가 20.1% 정도 개선되었음을 보여준다(p<0.01). 또한, 3일에도 역시 E.S. 처리구가 대조구에 비해 연도가 개선되었음을 알 수 있었다. Fig.5에 나타난 바와 같이 도체를 이분체로 분리한 후 냉장

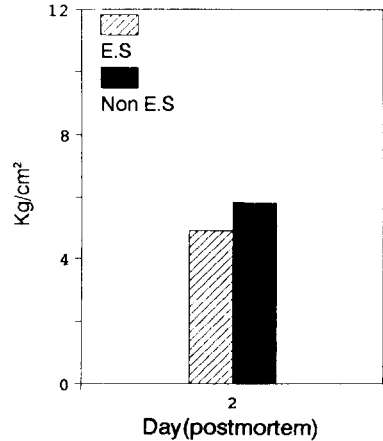


Fig. 5. Changes of shear force value in *M. semitendinosus* from stored carcass at 5°C

실에 저장하면서 저장 2일에 Shear force를 측정할 값은 E.S. 처리구가 4.92 kg/cm², 대조구가 5.83 kg/cm²으로 E. S. 처리육이 연도의 개선효과를 나타내었다. 이렇게 낮은 Shear force값을 나타내는 중요한 원인으로서는 E.S.로 인한 혐기적 대사과정의 촉진으로 육의 온도가 높아지고, pH의 감소로 인한 cold shortening의 방지⁽¹⁹⁾, 그리고 lysosomal membrane의 붕괴로 lysosomal enzyme인 β-glucuronidase와 cathepsin-C가 용출되어 나오므로써 lysosomal enzyme의 활성을 높여주기 때문이며⁽²⁰⁾, 또한 강한 수축에 의한 근섬유의 붕괴와⁽²¹⁾, collagen이 젖산에 의해 팽화되어 가열시에 수축되지 않는⁽²²⁾ 등의 이유로 설명할 수 있다.

해당작용의 진행속도에 의하여 근질의 길이가 연도에 미치는 영향의 정도가 달라지는데 Smulders 등⁽²³⁾에 의하면 도살 후 3시간이 경과한 육의 pH가 6.3이상일 경우 근질의 길이와 연도와는 매우 밀접한 관계가 있으나 전기자극후 해당작용이 급속히 진전되어 사후 초기의 pH가 6.3이하인 육에서는 근질의 길이는 연도에 거의 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 또한 전기자극의 기간이 길어 해당작용이 급속히 진행되어 도살 3시간 후의 육의 pH가 5.9이하로 내려가게 되면 연도와 단백질 변성에 의한 보수력이 감소된다는 연구결과⁽¹³⁾도 보고되었다. 따라서 연도를 좋게하고 보수력 감소를 저지하기 위하여 도살 3시간 후의 pH범위를 5.9~6.3으로 유지시키도록 해당속도를 조절하는 것이 바람직하리라 사료된다.

이상의 결과를 종합해 보면 도살 후 전기자극처리가 5°C와 15°C에서 3일간 저장한 한우육의 연도개선에 효과가 있음이 확인되었다.

요 약

본 연구는 한우 9두를 E.S. 처리하여 비처리구와 물

리화학적 차이를 비교함으로써 전기자극이 한우의 육질 개선 효과에 미치는 영향을 살펴보기 위해 실시하였다. 일반적인 방법으로 도축을 실시한 후 45분 이내에 400 V/60 Herz로 1분간 전기자극 후 E.S. 처리구와 대조구에서 각 근육별로 시료를 취하여 5°C 와 15°C 로 구분하여 3 일간 저장하며 실험한 결과는 다음과 같다. 도체에서의 lactate의 변화는 초기 E.S. 처리구가 대조구에 비해 2배 이상 증가하였다. 또한 E.S. 처리 직후부터 저장 4시간 까지 E.S. 처리구가 대조구에 비해 근육내 lactate의 급속한 증가를 보이고 있으며(p<0.01), 직후 6~8시간까지 대조구에 비해 E.S. 처리구의 증가속도가 높았으나(p<0.05), 12시간 이후에는 완만하게 증가하여 24시간 이후에는 두 처리구 공히 거의 비슷한 경향을 보였고, 그에 따라 pH는 E.S. 처리구에서 고도의 유의성을 보이며 감소하였다. ATP는 E.S. 처리구가 급격한 감소를 보이면서, 저장 12시간까지 거의 분해되는 것으로 나타났으며, 저장 6시간에 5°C 에서 p<0.05의 유의차를 보인데 반하여 15°C 에서는 p<0.01로 고도의 유의차를 보이며 감소하였다. Shear force value는 전기자극 직후에 E.S. 처리구가 대체로 높았으나, 저장후 1일, 3일에는 E.S. 처리육이 연도가 개선되어(p<0.01) 전기자극에 의해 한우육의 숙성이 효과적으로 촉진되었음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 동물자원연구센터와 대산농촌문화재단의 지원으로 이루어진 연구의 일부로서 이에 감사드립니다.

문헌

- Praendl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T. and Sinell, H.J.: Handbuch der Lebensmittel Technologie. *Fleisch*, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, p.130(1988)
- Miller, M.F., Cross, H.R. and Buyck, M.J.: Bovine Longissimus dorsi Muscle Glycogen and Color Response as Affected by Dietary Regimen and Post-mortem Electrical Stimulation in Young Bulls. *Meat Sci.*, 19, 253(1987)
- Judge, M., Aberle, E., Forrest, J., Hedrick, H. and Merkel, R.: *Principles of meat science*. Kendall/hunt publishing Co., p.119(1989)
- 강종욱: 전기자극 근육의 사후변화에 따른 myosin 조제형 I 지육의 영향. 한국축산학회지, 29, 420(1989)
- 진상근, 박구부: 전기자극이 토육의 저장기간중 pH, 보수성, 근장단백질 추출성에 미치는 영향. 한국축산학회지, 30, 631(1988)
- 주선태, 이 석, 김병철: 전기자극이 육의 기능적 특성과 소편화에 미치는 영향. 한국축산학회지, 33, 185(1991)
- Kondos, A.C. and Taylor, D.G.: Effect of electrical stimulation and temperature on biochemical changes in beef muscle. *Meat Sci.*, 19, 207(1987)
- 이용천, 구재근, 안창범, 차용준, 오광수: HPLC에 의한 시판 수산전제품의 ATP 분해생성물의 신속정량법. 한국수산학회지, 17, 368(1984)
- SAS: SAS Institute Inc.(1987)
- Bendall, J.R.: The structure and function of muscle. Vol.2(2nd ed.), Academic Press, New York, p.243(1973)
- Newbold, R.P. and Small, L.M.: Electrical Stimulation of Post-Mortem Glycolysis in the Semitendinosus Muscle of Sheep. *Meat Sci.*, 12, 1(1985)
- Koh, J.C., Bidner, T.D., McMillin, K.W. and Hill, G.M.: Effects of Electrical Stimulation and Temperature on Beef Quality and Tenderness. *Meat Sci.*, 21, 189(1987)
- Smulders, F.J.M., Eikelenboom, G. and Van Logtestijn, J.G.: The Effect of Electrical Stimulation on the Quality of Three Bovine Muscles. *Meat Sci.*, 16, 91(1986)
- Hawrysh, Z.J., Shand, P.J., Wolfe, F.H. and Price, M.A.: Studies of Extra Low Voltage Electrical Stimulation of Mature Beef Carcasses. *Meat Sci.*, 21, 121(1987)
- Eikelenboom, G. and Smulders, F.J.M.: Effect of Electrical Stimulation on Veal Quality. *Meat Sci.*, 16, 103(1986)
- Fabiansson, S. and Laser Reuterswård: Low voltage electrical stimulation and post-mortem energy metabolism in Beef. *Meat Sci.*, 12, 205(1985)
- Abugroun, H.A., Forrest, J.C., Aberle, E.D. and Juge, M.D.: Shortening and Tenderness of Pre-rigor Heated Beef: Part 2-Effect of Heating Rate on Muscles of Electrically Stimulated Carcasses. *Meat Sci.*, 14, 15(1985)
- Shin, H.K., Abugroun, H.A. Forrest, J.C. and Judge, M.D.: Effect of heating rate on the palatability and associated properties of Pre- and post rigor meat. *J. Animal Sci.*, 71, 939(1993)
- Chrystall, B.B. and Devine, C.E.: Advanced in Meat Research, Vol.1, *Electrical Stimulation*, Avi Publishing Company, Inc., p.76(1985)
- Dutson, T.R., Smith, G.C. and Carpenter, Z.L.: Lysosomal enzyme distribution in electrically stimulated bovine muscle. *J. Food Sci.*, 45, 1097(1980)
- Buts, B., Castels, M., Claeys, E. and Demeyer, D.: Effects of Electrical Stimulation, Followed by Moderate Cooling, on Meat Quality Characteristics of Veal Longissimus dorsi. *Meat Sci.*, 18, 271(1986)
- Praendl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T. and Sinell, H.J.: Handbuch der Lebensmittel Technologie. *Fleisch*, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, p.139(1988)
- Smulders, F.J.M., Marsh, B.B., Swartz, D.R., Russell, R.L. and Hoenecke, M.E.: Beef Tenderness and Sarcomere Length. *Meat Sci.*, 28, 349(1990)

(1993년 2월 23일 접수)