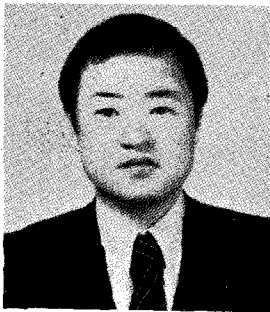


전기자극에 의한 육의 연화 및 경제성에 관한 최근 연구



강 종 옥

단국대 축산과교수
동학박사

머릿말

육의 연화(또는 연도)는 육질을 지배하는 가장 중요한 인자로서 타의 인자 즉 색, 풍미 및 다즙성과도 상관관계에 있을 때가 많다. 유연한 육질을 얻기까지는 저온에서 사후경직(死後硬直) 과정을 거쳐 경직해제(硬直解除)까지 1~2주 이상의 긴 숙성(熟成) 기간을 필요로 한다.

한편 냉장냉동설비(cold chain)의 발달은 또 하나의 문제점을 제기하고 있는데 이른바 저온단축(cold shortening)과 해동경직(thaw rigor)이라는 현상때문에 질긴고기가 생산되고 있다.

따라서 미생물오염방지, 에너지소비절감 등의 면에서도 단기간내에 적당한 육질을 얻을 수 있는 방책이 강하게 요구되고 있으며 최근 그 일환으로서 전기자극법이 이용되고 있다(그림 1.2)

전기자극의 대두

최근 육질을 개선하기 위하여(특히 부드러운 고기생산) 死後 전기자극법이 연구실행되고 있으며 육가공분야산업에서 크게 주목을 받고있다.

육질개량을 위한 전기충격이란 개념은 결코 새로운 것은 아니다. 1749년 Benjamin Franklin은 칠면조를 도살하는데 전기를 이용하였는데, 그 결과 부드러운 고기가 생산되었다고 보고함으로써 전기이용성을 처음으로 시사했다. 그 후 1951년 Harsham과 Deatherage는 쇠고기육에 전기자극을 가하여 그 방법으로 미국의 특허권을 얻었다(U. S. Patent 2544681). 이때까지만 해도 전기자극은 생소한 것이었고 연구논문도 거의 찾아볼수 없었다.

그러나 1976년을 전후하여 전기자극에 관한 연구가 뉴질랜드, 미국, 유럽 등지에서 끊임없이 활발하게 연구되고 있다. 그 실마리는 한때 영국에서 생산된 자국산 양고기보다

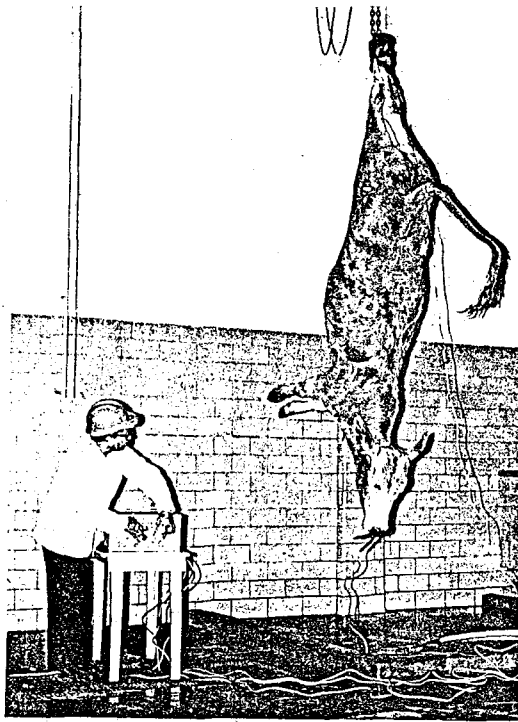


그림 1. 사후 소의 지육에 전기 자극하는 모습
(Asghar 와 Henrickson, 1982)

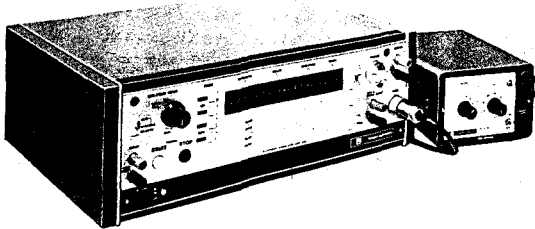


그림 2. 필자가 사용한 전기자극장치
(Nihon Kohden SEN-3201)

뉴질랜드산 수입양고기가더 질긴데 대해 고기 수출국과 수입국사이에 기술적인 문제가 대두되면서부터라고 할 수 있다.

많은 연구결과 이는 냉장냉동설비의 발달과 더불어 저온유통구조에 따른 온도 및 PH의 변화로 저온단축 및 해동경직에 기인하고 있다고 결론을 내리게 되었다.

근육의 사후 생리적 변화

1) 사후경직

사후 경직발생과정은 산소가 없는 혐기상태 하에서 근육중의 ATP는 ATPase에 의해 점진적으로 분해되고 시간이 경과됨에 따라 ATP가 소모된다. 이때 근육은 신장성(extensibility)을 잃게되고 근육구조상의 변화는 생체시의 근육 수축의 경우와 거의 비슷하며 단백질화학의 측면에서 보면 악토미오신(actomyosin)의 형성으로 수축단백질인 악틴과 미오신이 견고하게 결합된 상태이다.

사후 또 하나의 커다란 변화는 PH의 저하이다. 근육중에는 약 1% 정도의 글리코젠이 함유되어 있는데 많은 효소계의 관여로 피르빈산을 거쳐 유산으로 축적된다. 이로 말미암아 최종PH는 통상 5.7부근까지 저하되게 된다.

2) 저온단축과 해동경직

저온단축현상은 지육(carccass)의 온도가 0℃ 이상~15℃ 이하에서 발생하고 있는데 예로는 12℃에 달했을 때 수축이 개시되어 그 이후 가속화되고 있다.

해동경직은 사후경직이 개시되기 전에 지육을 동결하여 근육중의 ATP수준이 아직도 높은 상태에서 해동했을 때에 일어나고 있다. 이때 ATPase활성이 높아져 급격한 ATP의 분해가 일어나 수축하기 때문에 급격히 경직이 발생한다.

이러한 현상들은 PH 6.0이하나 ATP가 존재하지 않는 근원섬유에서는 일어나지 않는 것이 확인되면서 PH 및 ATP를 급속히 분해시킬 수 있는 기술적인 연구가 필요하게 되었다.

전기자극의 조건

전기자극을 할 때 고려해야 할 사항은 전류

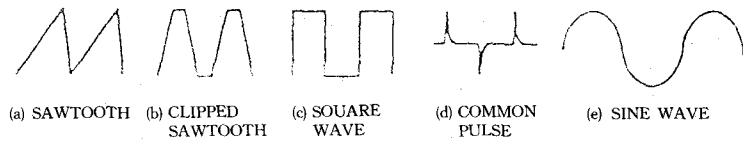


그림 3. 전기자극의 파형

전기자극중 이러한 파형들은 오실로스코프 (oscilloscope)의 화면에 나타난다.

또는 전압의 강도, 자극시간, 자극의 파형(그림 3) 파형의 크기, 직류 또는 교류 및 Pulse 등이다.

많은 연구가들이 보고한 전압 및 전류의 형태를 소개하면 3600volt (chrystall과 Hagyard, 1976), 2000~2500V (Harsham과 Deatherage 1951), 1600V (Davey 등, 1976), 1100V (Gilbert, 1978), 700V (Bendall 등, 1976), 550V (Riley 등, 1980), 440V (Savell 등, 1978), 300V (Will 등, 1979), 250V (Bendall, 1976 : carse, 1973), 1100V, 110V 및 45V (Bouton 등 1980), 20~30V, 50~75V 및 110V (Shaw 등, 1977), 150V, 550V (Mekeith 등, 1981), 300V, 400CPS, 1.9amps에서 5분간 (Will 등, 1980), 5~50V, 0.5~10Hz 및 50Hz (Fabiansson 등, 1979), 200V, 5~16.6 Pulse (Chrystall 등, 1978), 100V, 5A (Smith 등, 1977), 240V, 60Hz (Whiting 등, 1981) 100~150V, 10m sec (초)의 50Hz, DCPulse, 100mA, 200mA 및 600mA (Demeyer 등, 1980), DC 110V 또는 AC32V (Bouton 등, 1980), 50mA에서 자극파형은 8m sec의 간격, 3msec 간 지속, 15분간 자극(필자: 그림2)등 상당히 다양하다.

이용면에 있어서는 저전압 및 저전류의 자극보다 고전압과 고전류쪽이 효과가 큰 것으로 나타나고 있으나 위험하므로 저전압에서 Pulse의 이용 등 자극의 종류에 따른 적정조건은 계속 연구되고 있다.

전기자극이 육의 연화에 미치는 영향

1) . 저온단축 및 해동경직 경감

가축을 도살 후 즉시 도체에 전기자극을 하면 혐기상태하의 해당작용을 가속화하여 PH를 저온단축의 위험수준이하(PH6)로 빨리 저하시킬 수 있다(그림4).

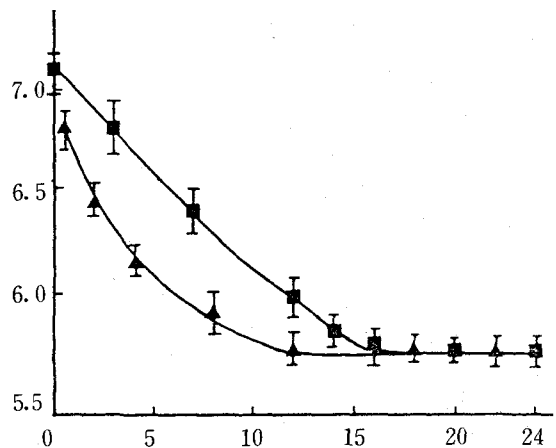


그림 4. 투끼최장근의 PH 저하속도
 ■ 전기자극하지 않음 : ▲ 전기자극했을 때 (필자등, J. Food Sci. 1983).

한편 온도에 상당히 민감한 근소포체는 저온에서 Ca^{2+} 을 방출하여 근육수축에 의한 저온단축을 유도하고 있는데 전기자극을 하면 Ca^{2+} 저장 및 조절역할을 하고 있는 근소포체가 다량의 Ca^{2+} 을 방출하게 된다. 순간 M-ATPase 활성을 촉진 ATP는 분해되어 점점 소멸해 간다. 이와같이 도체의 온도가 높은 상태에서의 전

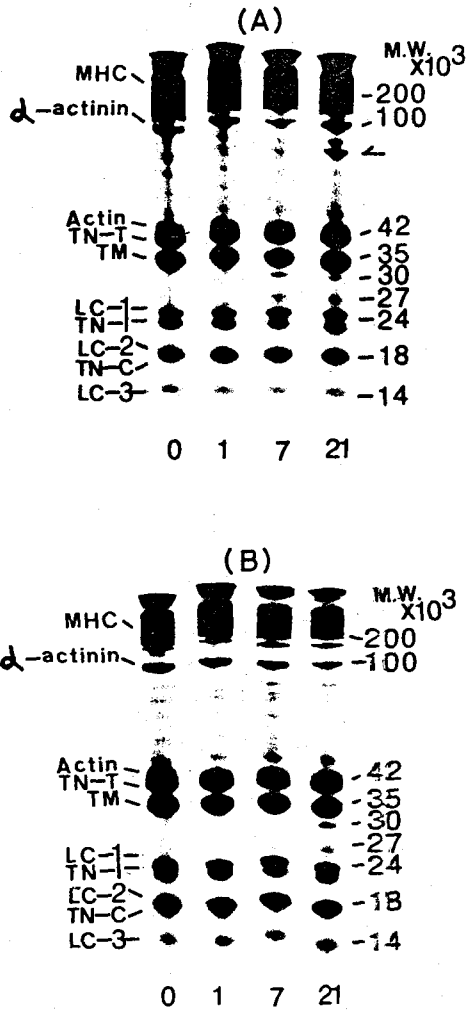


그림 5. 토끼고기 숙성중에 보이는 근원섬유단백질의 전기영동 패턴. (A, 전기자극; B, 자극하지 않음) 전기자극했을 때는 사후 저온에서 7일에 분자량 27,000과 30,000달톤 성분이 분해상으로 나타나고 있으나, 전기자극하지 않았을 때는 21일(B)에서 나타나고 있다. (필자등, J. Food Sci. 1983)

기자극은 해당작용의 가속화 뿐만 아니라 동시에 ATP의 소모로 Ca²⁺ 방출의 저온자극에 의한 저온단축 및 사후경직의 잔류ATP로 인한 해

동경직을 경감시키거나 막을 수 있다. 또한 해당작용의 가속화는 경직완료시간을 단축시키고 경직강도도 저수준으로 억제시킬 수 있다.

2) 숙성기간 단축

전기자극에 의한 PH의 급속한 저하는 주로 근원섬유단백질의 자연적 변성을 가속화하고 있다. 경직해제를 설명할 수 있는 두가지 요인중 그 하나인 근절(Sarcomere length)의 길이에 대해서는 부정적 견해도 있기는 하나 도체의 온도가 내려가기전의 세포막의 파괴 또는 기능상실한 근소포체의 Ca²⁺ 회수능력상실 등은 결과적으로 Ca단독, CAF(calcium-activated factor) 및 근육내 존재하고 있는 효소 즉 카텡신(Cathepsin)류의 효소에 의해 숙성중에 보이는 근원섬유단백질의 가수분해를 촉진하고 있다.

(그림5)

3) 근원섬유의 파손

전기자극의 조건에 따라 다소 다른 형태로 나타나고 있는 전자현미경상을 보면 잡아당겨서 끈어진 듯한 모양, 근원섬유 Z선 부근의 파손, 빈공간, 지그재그로 구부러지고 또는 엉켜진 모양, 전기자극을 하지 않았을 때는 섬유의 명확한 구조를 보이는데 반해 불분명한 수축구조등을 보여주고 있다(그림6, 7)

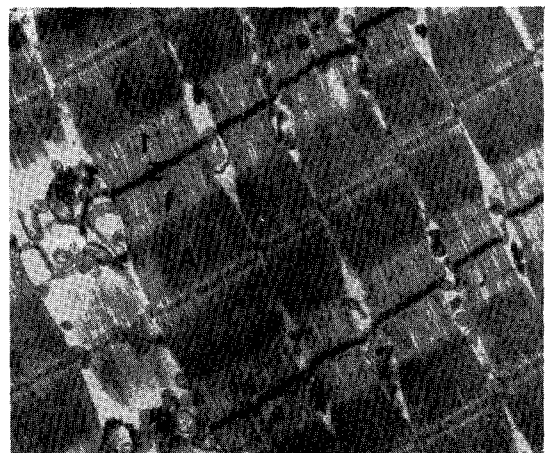


그림 6. 전기자극하지 않았을 때 근원섬유의 전자현미경상 (Muguruma 등, 1981)

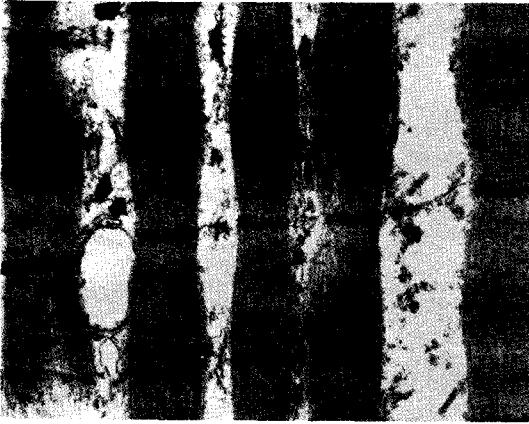


그림 7. 전기자극한 근원섬유의 전자현미경상
(필자, 1983)

하지 않은 지육보다 18~30%가 더 부드러운 것으로 나타나고 있다(표 1). 또 전기자극은 사후경직을 촉진 또는 종료효과가 있기 때문에 도체의 온도가 내려가기 전에 발골(拔骨 : hot deboning) 하면 7~10%의 노력절감과 30~50%의 냉각에너지 절약, 70~80%의 냉장고 공간을 줄일 수 있으며 세균상, 조직, 색조, 보존성, 관능평가 등의 총체적인 잇점도 큰 것으로 보고되고 있다.

표 1. 소 지육에 대한 전기자극의 효과

특 성	공시지육 및 시료수	개선된 비율
연화도	452	26%
절단치	656	23%
풍 미	349	6%
살코기 숙성도	1,261	23%
살코기 색조도	1,261	14%
Heat-ring firmnes	1,177	23%
지방 교잡도	1,251	11%
USDA 규격기준	1,086	8%

(Miura, 1982)

뒤면 사고난다

아오는 우리 사회

아지는 우리 가슴

차나, 온 세상이 밝아진다

〈양계협회 직장정화추진위원회〉