



강직 전 쇠고기 등심근의 신장(伸張)과 온도처리가 근절길이 및 연도에 미치는 영향

문성실¹ · 양한술 · 박구부 · 주선태*
경상대학교 동물자원과학부, ¹충남동물자원센터

The Effects of Stretching and Temperature of Pre-rigor *M. longissimus* on Sarcomere Length and Tenderness of Beef

Sung-Sil Moon¹, Han-Sul Yang, Gu-Boo Park, and Seon-Tea Joo*

Division of Animal Science, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University
¹The Chungnam Animal Science Center, Konyang University

Abstract

To investigate the effects of stretching and temperature of pre-rigor muscle on sarcomere length and tenderness of beef, hot boned *M. longissimus dorsi thoracis* were stretched or non-stretched, and stored at 0°C for 48 hrs (0°C stretched and 0°C non-stretched) or at 10°C for 7 hrs followed by 0°C for 41 hrs (10°C stretched and 10°C non-stretched). There was no significant difference in muscle pH and drip loss between 10°C stretched and 10°C non-stretched samples, but they were significantly ($p<0.05$) lower in pH and drip loss than 0°C stretched and 0°C non-stretched samples. Stretched muscles at 0°C showed significantly ($p<0.05$) higher cook loss than control muscles. Sarcomere length of 10°C stretched muscle was significantly ($p<0.05$) longer than that of control. However, control muscle showed significantly ($p<0.05$) higher value of shear force at 2 and 14 days postmortem compared to that of 10°C stretched muscle. Panels rated 10°C stretched muscle as having a significantly ($p<0.05$) better tenderness, flavor and overall acceptability compared to those of control muscle. Results suggest that longer sarcomere length and tender beef could be obtained by stretching of pre-rigor muscle and storing it at 10°C for 7 hrs followed by 0°C for 41 hrs.

Key words : pre-rigor muscle, muscle stretching, muscle temperature, sarcomere length

서론

쇠고기의 연도는 소비자가 쇠고기의 품질을 결정하는데 가장 중요하게 고려하는 요인 중 하나이다. 따라서 쇠고기 산업계에서는 소비자의 요구에 부응하고자 질긴 육의 생산을 억제하고 다양한 연도의 범위를 줄이기 위해 다각적인 노력을 기울이고 있다. 최근 미국의 쇠고기 소비는 점진적으로 감소되고 있는 추세인데, 이는 소비자들이 동일한 품종과 부위의 쇠고기를 섭취할 때 연도의 균일성이 부족하다고 평가

하기 때문이라고 보고된 바 있다(Marriott, 1999). Brooks 등 (2000)은 소매단계에서 소비자가 느끼는 쇠고기의 관능적인 연도와 기계적 연도 측정치인 전단가의 관련성 및 연도의 변이 정도를 알아본 결과, 한 도체로부터 생산되는 많은 근육에서 연도의 차이가 컸으며, 특히 엉덩이 부위의 근육들에서 이러한 현상이 많았다고 하였다.

일반적으로 쇠고기의 연도는 도축 방법, 도축 후 처리방법 및 냉각방법에 의해 개선될 수 있다. 이러한 방법들은 또한 도체의 미생물 오염수준을 줄이고 육즙감량의 억제를 통한 경제성 향상에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 도축단계에서 쇠고기의 연도를 향상시키기 위한 연구는 현재까지 광범위하게 이루어지고 있는데, Locker (1960)는 도축 후 근육이 강직상태에 들어갈 때 근육의 수축 정도가 한

* **Corresponding author** : Seon Tea Joo, Division of Animal Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea. Tel: 82-55-751-5511, Fax: 82-55-756-7171, E-mail: stjoo@gnu.ac.kr

도체에서 생산되는 다른 근육들 사이에서 매우 다양하게 나타나며, 이러한 것들이 소비자의 관능적 육질에 영향을 미친다고 보고하였다. 도축과정에서 인위적으로 근육을 신장(stretching)시키거나, 근육의 수축을 억제시키는 기술에 관한 연구는 1960년대 말부터 시작되었음에도 불구하고, 그 방법의 복잡성과 경제성의 이유로 산업화가 활발하게 이루어지지 않았다. 그러나 1990년대 말에 접어들어, 영국과 아일랜드에서 산업체 접목을 위한 새로운 연구들이 수행되었으며, 특히 아일랜드에서는 도축단계에서 육의 연도 향상을 위해 응용할 수 있는 도체의 골반골 현수기술이 개발되어 산업계에서 이용되어지고 있다(Tarrant, 1998).

근육의 수축 정도는 강직단계에서 근육의 온도에 따라 크게 영향을 받는다. 즉, 근육의 온도가 약 10~15℃일 때 수축은 최소로 일어나며, 이 보다 온도가 낮아질수록 수축 정도의 증가를 일으키는 저온단축 현상이 발생한다. 반면에 15℃보다 높은 온도에서도 근육의 수축 정도는 증가하는데, 이는 저온단축에 비해 낮은 것으로 알려져 있다(Locker and Hagyard, 1963). 근육의 저온단축은 근섬유 내 액틴과 마이오신의 결합력을 증대시켜 질긴 육을 만드는 원인으로 작용한다. 이를 방지하기 위한 방법으로, 강직 전 근육의 냉각을 천천히 하거나 연장하는 기술, 도축직후 높은 온도에 근육을 방치하거나, 전기가극을 통해 사후 해당 작용을 촉진시키는 기술, 그리고 사후 강직단계에서 근육의 수축을 억제시키거나, 또는 물리적으로 근육을 신장시키는 기술이 알려져 있다. 그러나 후자의 기술들은 산업체 적용단계에서 기술적, 경제적 문제로 인해 어려움을 가지고 있다. 따라서 본 연구는 도축 직후 온도체 상태에서 발골한 쇠고기 채끝근육을 이용하여 사후강직 전 근육의 신장처리 및 온도처리가 쇠고기의 육질에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

홀스타인 거세우 32두(350±10 kg, 약 20개월령)를 도축한 후 즉시 채끝근육을 분리하였다. 채끝 근육의 마블링 수준은 근내지방도 표준모델기준 1~2사이였다. 근육의 신장처리 효과를 알아보기 위해 상업적인 방법과 신장처리 방법에 따라 각각 8두씩 할당하였다(신장처리구와 무신장처리구). 각각의 방법으로부터 온도처리 효과(0℃와 10℃처리구)를 알아보기 위해 8두씩 할당하였으며, 0℃처리구는 채끝을 0℃에서 48시간동안 저장하였고, 10℃처리구는 10℃에서 7시간 동안 채끝을 저장한 후 0℃에서 41시간 동안 저장하였다. 근육의 신장처리 방법은 채끝의 상단(제1요추 쪽)을 클램퍼로 단단

하게 고정시킨 후, 하단(제 13흉추 쪽)은 5 kg의 추를 이용하여 떼달아 저장하였으며, 반면에 상업적 방법에 의한 채끝의 저장은 가로로 누인 상태로 저장하였다. 도축 후 48시간이 경과한 후 채끝근육들은 2.54 cm 스테이크로 만들어 pH, 육즙감량, 육색 및 근질길이 측정을 위해 이용되었으며, 가열감량, 전단가 및 관능평가를 위한 시료들은 진공포장하여 실험 때까지 -20℃의 온도에서 저장되었다.

온도 및 pH

사후 24시간 동안 근육의 온도 변화는 온도계(Delta TRAK FlashLink electronic data logger, USA)를 이용하여 측정하였다. 표면온도는 제 6번째 흉추에서 1 cm 안쪽에 탐침을 넣어서 측정하였고, 심부온도는 같은 부위에서 7 cm 안쪽 지점에서 측정하였다. 근육의 pH는 사후 48시간에 측정하였는데, 근막, 지방 등을 제거한 후 세절한 시료 10 g을 증류수 90 mL와 함께 1분간 균질(T25basic, IKA, Malaysia)하여 pH meter(Metrohm 632, Swiss)로 측정하였다.

육즙감량

스테이크의 중앙 부분에서 약 100 g의 시료를 정사각형 모양으로 자른 후 무게를 측정하였다. 시료를 PVC 포장지에 넣고 서로 접촉되지 않게 떼달아 2℃에서 96시간동안 저장한 후, 깨끗한 휴지를 이용하여 시료에 묻은 물기를 가볍게 제거하고 다시 무게를 측정하였다. 육즙감량은 원래 시료의 무게에 대한 비율로 나타내었다(Honikel and Hamm, 1994).

육색 측정

육색은 각 스테이크(2.54cm)의 근육단면을 절개하여 각 스테이크에 대해 네 번을 측정하여 평균하였으며, 이를 위해 Chromameter (Minolta Co. CR 301, Japan)를 사용하여 명도를 나타내는 L*(lightness), 적색도를 나타내는 a*(redness), 황색도를 나타내는 b*(yellowness)값을 조사하였다. 이때 기기의 표준화 작업은 Y=93.5, X=0.3132, y=0.3198인 표준색판을 사용하였다.

근질길이

근질길이는 Cross 등(1980)의 방법에 따라 도축 후 즉시 시료를 일정한 크기(3×3×3 cm³)로 절단하여 A 용액(0.1 M KCL, 0.039 M boric acid, 2.5% glutaraldehyde, 5 mM EDTA)에 침지시킨 후 2℃의 온도에서 2시간 방치한 후, B 용액(0.25 M KCL, 0.29 M boric acid, 2.5% glutaraldehyde, 5 mM EDTA)에서 17~19시간 방치한 다음 균질화 시킨 후, 헬륨 네온 레이저를 사용하여 측정된 다음 아래의 계산식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Sarcomere length}(\mu\text{m}) = \frac{632.8 \times 10^{-3} \times D \times \sqrt{(T/D)^2 + 1}}{T}$$

D: Stage와 Screen 거리(100 mm), T: 근절길이의 반지름

가열감량 및 전단가

흐르는 수돗물에서 진공포장된 스테이크 시료들을 해동시킨 후 표면의 수분을 가볍게 제거하고 각각의 시료 무게를 측정하였다. 그리고 70℃ 항온수조에서 50분간 가열한 후 시료에 묻은 물기를 가볍게 제거하고 무게를 측정하여 가열감량을 얻었다. 전단가를 위해 각각의 스테이크를 하룻 동안 냉장고에서 저장한 후 원통형 절편기(직경 1.27 cm)를 이용하여 근섬유 방향과 평행하게 시료를 채취하였다. 시료들은 인스트론 기기(Model 4443, Instron, USA)를 이용하여 시료의 근섬유 방향과 직각으로 절단하여 측정하였다. 이때의 조건은 V-blade를 이용하였으며, compression load cell 500 N, crosshead speed는 100 mm/min, chart speed는 20×10 mm/min으로 실시하였다.

관능적 특성

관능검사는 스테이크(2.54 cm)의 심부온도가 70℃로 될 때까지 전기오븐에서 가열하였다. 가열된 스테이크는 가장 자리를 제거하여 평가요원들에게 제공되었으며, 8명의 훈련된 관능요원에 의해 6점 척도 묘사법으로 실시하였다. 평가항목은 연도(tenderness), 다즙성(juiciness), 풍미(flavour), 육색 만족도(colour acceptability) 및 전체적인 만족도(overall acceptability)이며, 항목별 평가 중 연도는 1=매우 질김, 6=매우 연함, 다즙성은 1=매우 건조함, 6=매우 다즙함, 풍미, 육색 만족도 및 전체적인 만족도는 1=매우 나쁨, 6=매우 좋음으로 평가하였다.

통계처리

실험에서 얻어진 성적은 SAS/PC를 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 각각의 처리구(n=8)에 따른 비교는 Duncan의 다중검정(SAS, 1999)을 이용하여 5% 수준에서 유의성을 비교하였다.

결 과

사후강직 전 쇠고기 채끝의 신장처리와 온도처리가 육의 온도변화에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타낸 바와 같으며, 육의 pH, 육즙감량 및 가열감량에 미치는 영향은 Table 1에 나타낸 바와 같다. 예상한 바대로 0℃처리구가 10℃처리구에 비해 육의 표면온도와 심부온도가 급격히 강하하였는데, 사후 7시간에 0℃처리구의 심부온도가 약 4℃ 내외인 반면 10℃처리구는 약 13.5℃ 내외였다. 한편, 육의 pH는 신장처리와 온도처리에 의해 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 육즙감량과 가열감량은 처리구 사이에 유의적인(p<0.05) 차이가 나타났다. 즉, 육즙감량은 신장처리에 의해 영향을 받지 않았지만 0℃처리구가 10℃처리구 비해 유의적으로(p<0.05) 높은 육즙감량을 나타낸 반면, 가열감량은 온도처리보다 신장처리에 의해 영향을 받아 0℃ 신장처리구가 0℃ 신장무처리구에 비해 유의적으로(p<0.05) 높은 가열감량을 나타내었다.

사후강직 전 쇠고기 등심근육의 신장처리와 온도처리에 따른 근절길이의 변화는 Fig. 2에 나타내었고, 저장 2일 후의 전단가는 Fig. 3에 저장 14일 후의 전단가는 Fig. 4에 나타낸 바와 같다. 근육의 단축 정도를 나타내는 근절길이는 근육의

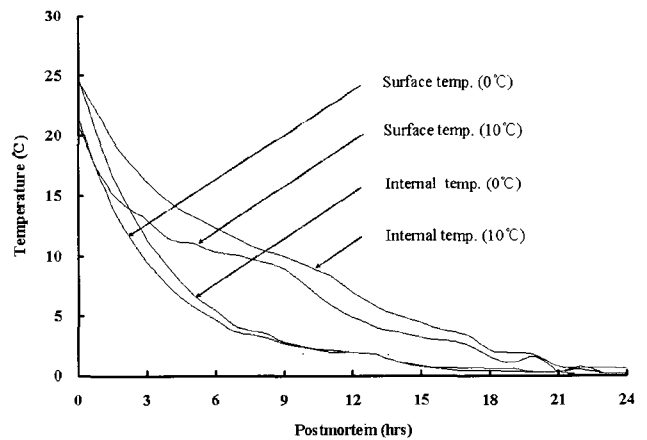


Fig. 1. The changes in surface and internal temperature of *M. longissimus dorsi thoracis* postmortem by storage temperature of 0℃ and 10℃.

Table 1. The effects of stretching and temperature on pH, drip loss and cook loss of *M. longissimus dorsi thoracis*

	Non-stretched		Stretched	
	0℃	10℃	0℃	10℃
pH	5.67±0.007	5.70±0.14	5.73±0.13	5.68±0.08
Drip loss (%)	2.12±0.91 ^a	1.58±0.24 ^b	2.02±0.51 ^a	1.33±0.32 ^b
Cook loss (%)	32.2 ±2.64 ^b	33.1 ±2.85 ^{ab}	35.4 ±2.70 ^a	34.8 ±2.68 ^{ab}

^{a,b} Means±S.D with different superscripts in the same row are significantly different (p<0.05).

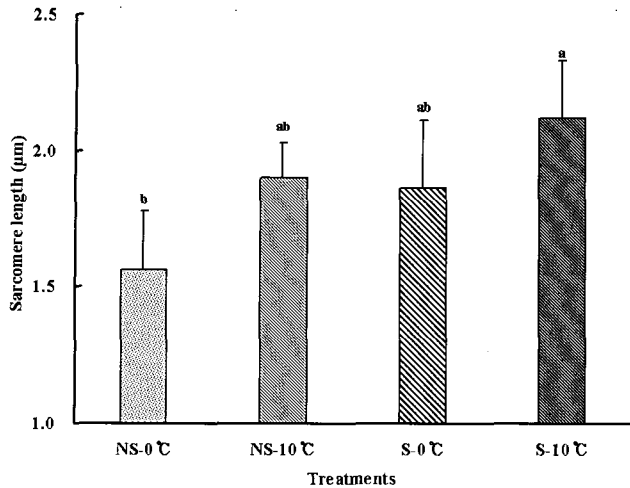


Fig. 2. The effect of stretching and temperature on sarcomere length of *M. longissimus dorsi thoracis*. NS-0°C : Non stretched muscle stored at 0°C for 48 hrs, S-0°C : Stretched muscle stored at 0°C for 48 hrs, NS-10°C : Non stretched muscle stored at 10°C for 7 hrs prior to storing at 0°C for 41 hrs, S-10°C : Stretched muscle stored at 10°C for 7 hrs prior to storing at 0°C for 41 hrs.

^{ab} Means±S.D with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

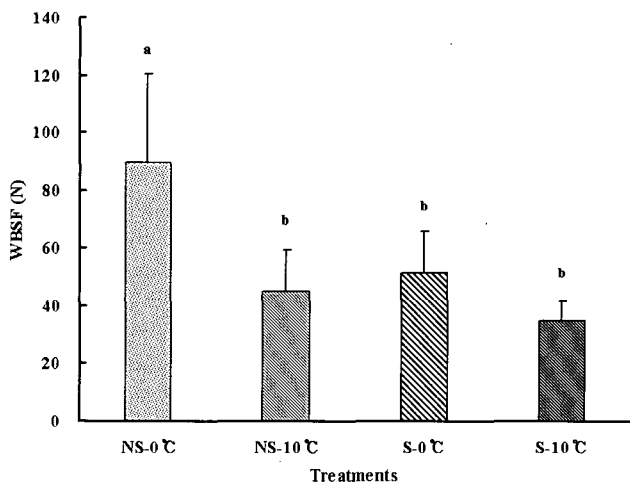


Fig. 3. The effect of stretching and temperature on Warner-Bratzler shear force (WBSF) of *M. longissimus dorsi thoracis* at 2 days of storage. NS-0°C : Non stretched muscle stored at 0°C for 48 hrs, S-0°C : Stretched muscle stored at 0°C for 48 hrs, NS-10°C : Non stretched muscle stored at 10°C for 7 hrs prior to storing at 0°C for 41 hrs, S-10°C : Stretched muscle stored at 10°C for 7 hrs prior to storing at 0°C for 41 hrs.

^{a-c} Means±S.D with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

신장처리와 온도처리에 의해 유의적인($p<0.05$) 차이를 나타

내었다. 즉, 10°C 신장처리가 다른 처리구들에 비해 근절 길이가 유의적으로($p<0.05$) 가장 긴 것으로 나타났고, 반면에 0°C 신장무처리구가 유의적으로($p<0.05$) 가장 짧은 것으로 나타났다. 이 같은 각 처리구 사이의 근절길이 차이는 사후 저장기간 동안 측정된 전단가에 영향을 미친 것으로 나타나, 저장 2일과 14일에 측정된 전단가에서 0°C 신장무처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로($p<0.05$) 가장 높은 값을 나타내었고, 반면 10°C 신장처리가 가장 낮은 전단가를 나타내었다.

한편, Table 2는 신장처리와 온도처리에 따른 육색의 차이를 나타낸 결과로, 각 처리구 사이에 명도(L*)와 황색도(b*)는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 적색도(a*)는 10°C 신장 처리구가 다른 처리구들에 비해 유의적으로($p<0.05$) 높은 것으로 나타났다. 다른 한편, Table 3은 신장처리와 온도처리가 관능적인 육질 평가에 미친 결과를 나타낸 것인데, 관능 평가 요인들은 처리구 사이에 연도, 풍미 및 전체적인 기호성에서 유의적인($p<0.05$) 차이가 있는 것으로 평가하였다. 특히, 연도의 경우 10°C 신장처리가 0°C 신장처리 및 0°C 신장무처리에 비해 유의적으로($p<0.05$) 높은 점수를 받았는데, 관능 평가 요인들은 10°C 신장처리가 0°C 신장무처리에 비해 약 두 배 정도 연한 것으로 평가하였다. 관능적인 풍미의 경우 10°C 신장무처리와 10°C 신장처리가 0°C 신장무처리에 비해 유의적으로($p<0.05$) 높은 점수를 얻었으며, 전체적인 기호성도 10°C 신장처리가 0°C 신장처리에 비해 유의적으로($p<0.05$) 높은 점수를 받았으며, 또한 0°C 신장처리가 0°C 신장무처리에 비해 유의적으로($p<0.05$) 높은 점수를 받았다. 하지만 10°C로 처리한 경우 모든 관능 평가 항목에서 신장처리의 유의적인 효과는 나타나지 않았다.

고 찰

쇠고기의 경우, 온도체 상태에서 근육을 강직 전에 발골하는 것은 근육의 수축 정도를 증가시키는 저온단축을 유발하여 육을 질기게 하는 주요 원인이 된다고 알려져 있다(Sørrheim et al., 2001). Honikel 등(1986)은 강직 전에 제거된 근육이 저온단축을 일으키기 위해서는 온도가 약 10~15°C 이하가 되어야 한다고 보고하였다. 또한 사후 근육의 pH가 6.2 이상이라고 가정할 때 사후 강직은 20°C 이상의 온도에서 증가하고, 저온단축은 10~15°C 이하의 온도에서 두드러지게 나타난다(Lawrie, 1998). 이런 점을 감안하면, 본 연구에서 Fig. 1의 결과는 0°C 처리구가 10°C 처리구에 비해 저온단축이 더욱 심하게 발생하여 질긴 육을 생산할 수 있다는 것을 추정케 한다. 본 연구 결과, 도축 직후 등심근을 발골하여 0°C

Table 2. The effect of stretching and temperature on CIE L*, a*, b*, of *M. longissimus dorsi thoracis*

	Non-stretched		Stretched	
	0℃	10℃	0℃	10℃
Lightness (L*)	42.3 ±3.56	43.5 ±4.75	42.8 ±4.23	46.3 ±6.28
Redness (a*)	15.60±1.32 ^b	15.68±0.24 ^b	15.11±1.53 ^b	17.13±1.44 ^a
Yellowness (b*)	13.3 ±2.21	13.6 ±1.22	12.3 ±0.88	13.9 ±2.21

^{a,b} Means±S.D with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

의 냉장온도에서 냉각한 경우, 사후 3시간에는 근육의 심부 온도가 13℃로 나타난 반면, 10℃에서는 사후 7시간에 심부 온도가 13.5℃를 나타내었다. 따라서 0℃처리구의 경우, 사후 초기 근육의 낮은 심부온도에 의해 근육단축을 더 많이 일으켰으며, 이것이 Table 1에 나타난 바와 같이 육즙 감량을 증가시킨 원인으로 작용한 것으로 사료된다. 그러나 근육의 단순한 신장처리는 육즙 감량에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다(Table 1). 한편, 가열 감량의 경우, 육즙 감량과는 달리 온도처리에 따라 차이가 나타나지 않았는데, 이러한 결과는 쇠고기의 가열 감량이 온도처리를 5℃에서 35℃까지 했을 때 차이가 없었다는 Geesink 등(2000)의 결과와 같은 것이다. 하지만 0℃처리구에서 신장처리구가 신장무처리구에 비해 높은 가열 감량을 나타낸 것으로 보아, 신장처리에 따른 근섬유 미세구조의 변화가 가열 감량을 증가시킨 원인으로 작용한 것으로 사료된다.

신장처리와 상관없이 0℃처리구가 10℃처리구에 비해 높은 육즙 감량을 나타낸 결과는 Honikel 등(1986)의 낮은 온도에서의 근육단축은 근섬유 내에서 수분이 차지할 수 있는 공간의 부족을 야기하여 육즙 감량을 증가시킨다는 보고를 확인하는 것으로, 사후강직 전 소의 근육을 발골하여 0℃에 저장하면 근육의 단축을 유발하여 육즙감량이 높아질 수 있다는 것을 의미한다. 이 같은 결과는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 0℃ 처리구의 근절길이가 10℃ 처리구와 비교하여 짧은 것

으로 나타난 증거로 명확히 설명된다. 그런데, 본 연구 결과 사후강직 전 등심근을 발골하여 온도처리를 달리하여도(0℃ 처리와 10℃ 처리) 사후 48시간에 측정된 최종 pH가 차이를 보이지 않은 것은 의외의 결과이다. Sørheim 등(2001)에 따르면, 사후 근육에서 근육의 단축 정도와 질감의 정도는 근본적으로 근육의 온도에 의존하며, 낮은 온도(0℃)가 높은 온도(4~36℃)에 비해 뚜렷하게 더 낮은 pH 감소율을 보이고, 더 높은 육즙 감량을 나타낸다고 하였다(Honikel *et al.*, 1983). 따라서 본 연구에서 나타난 처리구 사이의 육즙 감량의 차이는 아마도 pH에 기인한 것이 아니고 단지 근육의 단축 정도 차이에 의한 것으로 사료되며, 사후강직 전 등심근을 발골하여 10℃에 저장해도 0℃에 저장한 것에 비해 사후 해당작용은 큰 차이가 없을 것으로 생각된다.

본 연구 결과, 사후강직 전 근육을 발골하여 신장처리를 하면 근섬유의 근절길이는 신장처리를 하지 않은 것에 비해 긴 것으로 나타났으며, 0℃처리구에 비해 10℃처리구의 근절길이가 긴 경향을 보였다(Fig. 2). 이 같은 결과는 어느 정도 예상된 것이라 할 수 있는데, 온도체 상태에서 발골된 사후강직 전의 근육을 강제적으로 신장시킬 경우, 동일한 저장 온도에서 저온단축현상을 방지할 수 있다는 것을 의미한다. 지난 50년 동안, 도체의 현수방법 등을 이용하여 사후강직 전의 근육을 신장시키는 기술에 대한 연구가 수행되었는데, 많은 연구 결과들이 강직 전 근육을 고정시키거나 또는 신장

Table 3. The effect of stretching and temperature on sensory attributes of *M. longissimus dorsi thoracis*

	Non-streched		Streched	
	0℃	10℃	0℃	10℃
Tenderness	2.46±1.50 ^c	5.07±1.21 ^{ab}	4.53±0.82 ^b	5.72±0.45 ^a
Juiciness	5.59±0.72	6.16±0.40	5.68±0.83	6.00±0.45
Flavor	5.23±0.24 ^b	5.63±0.22 ^a	5.30±0.33 ^{ab}	5.71±0.13 ^a
Color acceptability	5.46±0.42	5.34±0.48	5.16±0.57	5.28±0.82
Overall acceptability	4.07±0.50 ^c	5.59±0.84 ^a	5.03±0.41 ^b	5.84±0.31 ^a

^{a-c} Means±S.D with different superscripts in the same row are significantly different ($p<0.05$).

시키면 근절길이가 최대 두 배 정도 늘어나고 연도가 향상된다고 하였다(Bruce and Ball, 1990; Buege and Stouffer, 1974; Herring *et al.*, 1967). 본 실험에서는 신장처리에 따라 근절길이는 0°C와 10°C처리구에서 각각 약 54%와 52.7% 증가했으며, 0°C의 냉장온도에서 근육을 신장시킨 방법이 근절길이 증가에 더 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 근절길이의 증가효과만을 고려할 때, 온도처리가 신장처리에 비해 더 좋은 효과를 나타낸다는 것을 의미하며, 이는 0°C냉장온도에 저장할 경우 저온단축이 상당부분 일어났기 때문인 것으로 사료된다.

일반적으로 근육의 근절길이와 연도와는 밀접한 상관관계가 있는 것으로 알려져 있는데, Goll 등(1995)은 사후 근육이 질겨지는 것은 사후 최초 24시간 내에 이루어지는 액틴과 마이오신의 교차결합의 강도와 정도에 의해 결정된다고 하였고, Bouton 등(1973)은 근절길이가 2.0 μm 보다 더 짧을 경우, 근육의 전단가와 근절길이 사이에는 매우 높은 상관관계가 나타난다고 하였다. 이와 관련하여 Simmons 등(1999)은 쇠고기 등심근을 20% 신장시켰을 경우, 전단가의 유의적인 감소가 나타났다고 하였다. 따라서 본 연구 결과 신장처리와 온도처리를 통해 나타난 근절길이의 증가가 Fig. 3과 4에 나타난 전단가 감소의 직접적인 원인으로 작용한 것으로 사료된다. 즉, 본 연구에서 전단가의 측정 결과, 근육의 신장처리에 관계없이, 10°C처리구가 0°C처리구에 비해 사후 2일과 14

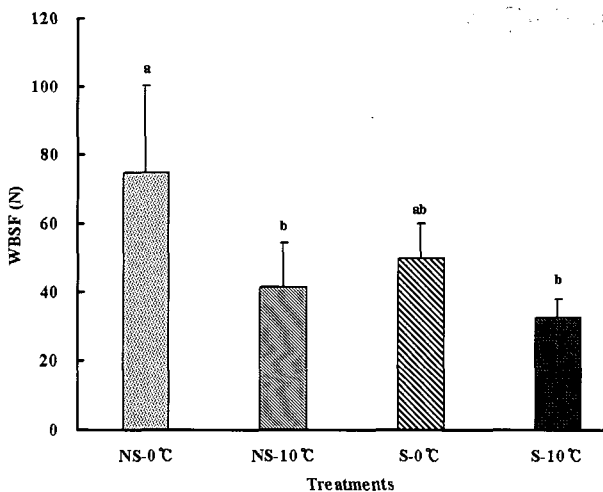


Fig. 4. The effect of stretching and temperature on Warner-Bratzler shear force (WBSF) of *M. longissimus dorsi thoracis* at 14 days of storage. NS-0°C : Non stretched muscle stored at 0°C for 48 hr, S-0°C : Stretched muscle stored at 0°C for 48 hr, NS-10°C : Non stretched muscle stored at 10°C for 7 hr prior to storing at 0°C for 41 hr, S-10°C : Stretched muscle stored at 10°C for 7 hr prior to storing at 0°C for 41 hr.

^{ab} Means \pm S.D with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

일에서 낮은 전단가를 나타냈는데, 이는 Fig. 2의 근절길이의 결과와 같은 경향이며 Table 3의 관능요원에 의해 평가된 연도의 결과와도 일치하는 것이다. 이 같은 결과는 빠른 도체냉각(2°C)이 등심근육의 심한 단축을 일으키지만 10°C에서 7시간 방치한 후 2°C로 냉각한 도체의 등심은 빠른 냉각(2°C)보다 전단가가 낮고 관능적인 연도가 우수하며 근절길이가 길게 나타났다는 Olsson 등(1994)의 결과와 유사한데, 사후 근육이 10°C에서 몇 시간 방치되는 동안 극단적인 냉각단축이 일어나지 않은 것에 기인하여 연도가 향상된 것으로 사료된다.

한편, 사후강직 전 등심근육의 신장처리와 온도처리가 육색과 관능적 평가에도 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 육색의 경우 근육을 신장시켜 10°C에서 7시간 저장 후 0°C에서 41시간 저장하면 적색도가 향상될 것으로 사료된다. 이는 고온에서의 근육 신장에 의한 해당작용의 촉진으로 근육내 산소의 침투를 용이하게 함으로써 표면의 산소화 마이오글로빈 층을 두껍게 했기 때문인 것으로 추정된다. Table 3에 나타난 바와 같이, 10°C 신장처리구가 0°C 신장무처리구에 비해 두 배 이상 연도가 좋은 것으로 평가되었는데, 이 같은 관능평가 결과는 기계적 연도 측정치인 전단가의 결과와 매우 유사한 것이다. 뿐만 아니라 풍미의 경우, 근육을 신장시켜 10°C에서 7시간 저장 후 0°C에서 41시간 저장하면 0°C에서 48시간 저장한 것에 비해 풍미가 우수해질 것으로 사료된다. 이러한 연도와 풍미의 관능적 특성은 전체적인 기호성에 영향을 미친 결과, 10°C 신장처리구가 0°C 신장무처리구에 비해 높게 평가된 것으로 사료된다. 본 실험의 관능 평가 결과는 외기온도가 14~20°C의 온도에서 20시간 동안 저장한 도체에서 얻은 등심 스테이크가 상업적인 방법으로 냉각시킨 도체에서 얻은 등심 스테이크보다 관능적인 연도와 전체적인 소비자 만족도가 높게 평가되었다는 Fields 등(1976)의 보고와 유사한 것이다. 또 Phoya와 Will (1986)도 스테이크를 16°C에서 4시간 저장 후 1°C에서 44시간 동안 저장한 처리구가 상업적 방법에 의해 저장(1°C에서 48시간)한 처리구에 비해 더 좋은 관능적 평가를 얻었다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다. 이 같은 결과는 사후 근육의 냉각이 급속히 진행되지 않는 동안 연도의 향상뿐만 아니라 풍미에 관련된 물질이 보다 많이 생성된 결과에 기인한 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 한국과학재단의 해외 Post-Doc. 연수지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

요 약

사후강직 전 쇠고기 등심근의 신장처리와 온도처리가 근절길이 및 연도에 미치는 영향을 알아본 결과, 근육의 pH는 신장처리와 온도처리에 의해 영향을 받지 않았지만 육즙 감량은 10℃ 신장처리가 0℃ 대조구에 비해 유의적으로 낮았고, 가열 감량은 0℃ 신장처리가 0℃ 대조구보다 유의적으로 높았다. 근절길이는 10℃ 신장처리가 0℃ 대조구에 비해 유의적으로 길었고, 그 결과 전단가도 10℃ 신장처리가 0℃ 대조구에 비해 유의적으로 낮았다. 뿐만 아니라 관능검사 결과, 10℃ 신장처리가 0℃ 대조구에 비해 유의적으로 높은 연도, 풍미 및 전체적인 기호성 만족도 점수를 얻었다. 이 같은 결과는 사후강직 전 쇠고기 등심근을 발골하여 10℃에서 7시간 동안 신장시킨 후 냉장보관하면, 곧바로 냉장보관한 것과 비교하여 긴 근절길이와 연관 쇠고기를 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 육의 안전성 확보를 위해 이러한 조건에서 냉장보관동안 미생물의 변화 과정에 대한 연구가 향후 필요하리라 사료된다.

참고문헌

1. Brooks, J. C., Belew, J. B., Griffin, D. B., Gwartney, B. L., Hale, D. S., Henning, W. R., Johnson, D. D., Morgan, J. B., Jr, Parrish, F. C., Reagan J. O., and Savell, J. W. (2000) National beef tenderness survey—1998. *J. Anim. Sci.* **78**, 1852-1860.
2. Bouton, P. E., Fisher, A. L., Harris, P. V., and Baxter, R. I. (1973) A comparison of the effects of some post-slaughter treatments on the tenderness of beef. *J. Food Tech.* **8**, 39-49.
3. Bruce, H. L. and Ball, R. O. (1990) Postmortem interactions of muscle temperature, pH and extension on beef quality. *J. Anim. Sci.* **68**, 4167-4175.
4. Buege, D. R. and Stouffer, J. R. (1974) Effects of pre-rigor tension on tenderness of intact bovine and ovine muscles. *J. Food Sci.* **39**, 396-401.
5. Cross, H. R., West, R. L., and Dutson, T. R. (1980) Comparisons for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Sci.* **5**, 261-266.
6. Fields, P. A., Carpenter, Z. L., and Smith, G. C. (1976) Effects of elevated temperature conditioning on youthful and mature beef carcasses, *J. Anim. Sci.* **42**, 72-83.
7. Geesink, G. H., Bekhit, A. D., and Bickerstaffe, R. (2000) Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* **78**, 2842-2848.

8. Goll, D. E., Geesink, G. H., Taylor, R. G., and Thompson, V. F. (1995) Does proteolysis cause all postmortem tenderization, or are changes in the actin/myosin interaction involved? In Proceedings of the 41st International Congress of Meat Science and Technology, San Antonio, TX, USA. **20**, 537-544.
9. Honikel, K. O. and Hamm, R. (1994) Measurement of water-holding capacity and juiciness. In Pearson, A. M. and Dutson, T. R. (eds.), Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Wester Cleddans, Bishopbriggs, Glasgow: Blackie Academic and Professional. pp. 125-161.
10. Honikel, K. O., Kim, C. J., and Hamm, R. (1986) Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Sci.* **16**, 267-282.
11. Herring, H. K., Cassens, R. G., Suess, G. G., Brungardt V. H., and Briskey, E. J. (1967) Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. *J. Food Sci.* **32**, 317-323.
12. Locker, R. H. (1960) Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. *Food Res.* **25**, 304-307.
13. Locker, R. H. and Hagyard, C. J. A. (1963) Cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food and Agri.* **14**, 787-793.
14. Lawrie, R. A. (1998) Lawrie's meat science, Woodhead, Ltd, Cambridge, England. 6, 216.
15. Marriott, N. (1999) How to tenderize meat. *Meat & Poultry.* **45**, 68.
16. Olsson, U., Herzman, C., and Tornberg, E. (1994) The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor mortis, ageing and tenderness on beef muscles. *Meat Sci.* **37**, 115-131.
17. Phoya, R. K. D. and Will, P. A. (1986) The influence of hot-boning and delay chilling on tenderness of mature cow carcasses hung by the obturator foramen, *J. Food Qual.* **9**, 67-75.
18. SAS (1999) The SAS program for window. Cary, NC: The SAS Institute, Inc, USA.
19. Sørheim, O., Idland, J., Halvorsen, E. C., Frøystein, T., Lea P., and Hildrum, K. I. (2001) Influence of beef carcass stretching and chilling rate on tenderness of *m. longissimus dorsi*. *Meat Sci.* **57**, 79-85.
20. Simmons, N. J., Cairney, J. M., Auld, M. M., Nagle, T. A., and Mudford, C. R. (1999) Effect of pre-rigor

stretching of beef *M. longissimus thoracis* muscles on structural changes and key meat quality attributes. In Proceedings of the 45th International Congress of Meat Science and Technology, Yokohama. **1**, 464-465.

21. Tarrant, P. V. (1998) Some recent advances and future

priorities in research for the meat industry. In Proceedings of the 44th international congress of meat science and technology, Barcelona, Spain. **30**, 2-13.

(2006. 2. 20. 접수 ; 2006. 3. 18. 채택)