

저장온도에 따른 쇠고기 근원섬유의 형태적, 효소적 성질 변화

정 인 철

대구공업전문대학 식품공업과

Changes in Morphologic and Enzymatic Properties of Beef Myofibrillar Protein by Storage Temperature

In-Chul Jung

Dept. of Food Technology, Taegu Technical Junior College, Bon-dong, Dalseo-gu, Taegu 704-350, Korea

Abstract

This study was designed to investigate the changes in meat quality of beef shank, rib and loin during storage at 8°C. The shear force value(SFV) of beef shank and loin decreased significantly after 6 days storage, beef loin was no significant difference during storage. The SFV in early storage period was high in the order of beef rib, loin and shank, but the SFV of beef rib and loin was similar in course of storage period. The myofibrillar fragmentation index(MFI) of beef shank increased significantly after 6 days storage, but beef rib and loin increased continuously during storage. The myofibrillar fragmentation ratio was similar to MFI and the changes in beef rib and loin was different to beef shank. The actomyosin extractability in early storage was high in the order of beef rib, loin and shank. The actomyosin extractability after 3 days storage increased in all parts of beef, but beef loin decreased after 6 days storage. In case of Mg^{2+} -ATPase activity of actomyosin, beef shank increased to 3 days storage, and this reached the level of 0 day after 6 days. The Mg^{2+} -ATPase activity of beef rib and loin was similar, but beef rib in early storage was higher than beef loin. The Ca^{2+} -TPase activity of beef shank increased to 3 days and decreased after 6 days storage, beef rib was not different during storage and beef loin decreased slightly during storage.

Key words : shear force value, myofibrillar fragmentation, actomyosin extractability, ATPase activity.

서 론

도살직후의 골격근은 연하지만 일정한 시간이 지나면 굳어지기 시작하여 어느시점에서 최대의 강직현상을 일으켜 점탄성과 보수성이 낮아져서 질기고 기호성이 저하된 식육으로 변하여 간다. 그러나 빙결점 이상의 온도에서 계속 저장하여 두면 육은 연화되고 풍미도 개선된다. 이러한 육질의 저하 및 개선효과는 근육의 부위와 저장온도에 따라서 그 시기가 각기 달라지게 된다.

현재 우리나라는 쇠고기 수입증가, 식생활 변화에 따른 소비증가, 가격하락 등으로 인하여 식단의 쇠고기 편

성이 늘어나면서 소비량이 크게 신장하고 있다. 이제까지는 이러한 양적 증가가 쇠고기 시장을 주도하여 왔지만 지금부터는 고품질의 쇠고기를 이용할 수 있는 질적 향상을 도모해야 한다. 즉 사육과정에서부터 질 좋은 원료육을 생산해야함은 물론 도살후 유통과정에서도 질 좋은 상태의 쇠고기를 이용할 수 있는 방안이 체계화되어야 한다. 이런 질적 향상의 일환으로 쇠고기를 등급별, 부위별 판매하고 있지만 유통온도와 유통과정 중의 취급방법이 각기 다르기 때문에 생산시의 육질과 다르게 되고 또 어느정도 연화가 진행된 것인지도 모르고 이용하게 된다.

우리나라의 일반 슈퍼마켓, 백화점, 재래시장 등의 냉장고 온도가 8℃ 미만인 것이 68%이고, 온도를 실제로 측정했을 때 37%만이 8℃ 미만이라고 한다¹⁾. 쇠고기 저장온도에 따른 연화에 대한 연구에서 忠谷 등²⁾은 0℃에서, Smith 등³⁾은 1±1℃에서, 根岸 등⁴⁾은 2℃에서 그리고 성 등⁵⁾은 2±2℃에서 저장하였을 때에 10일에서 14일 사이가 최적 연화시점이라고 하였다. 그러나 이들의 실험결과들은 4℃ 이내에서 저장하면서 실험한 것들로서 우리나라의 유통구조와 비교하면 현실적이지 못하다.

식육은 같은 도체내에서도 red muscle과 white muscle로 분류되고 이 두 근육의 형태는 근세포를 이루는 성분의 조성 뿐만 아니라 근수축 속도도 차이가 있기 때문에 식육의 연도에 영향을 미치게 된다⁶⁻⁸⁾. 따라서 같은 도체에서 얻어진 쇠고기라도 부위에 따라서 육질이 다르고 저장에 의한 사후강직이나 해빙의 속도도 다르다고 추측할 수 있다. 본 실험은 우리가 많이 이용하고 있는 사태, 갈비 및 등심부위를 같은 도체에서 취하고 일반적으로 많이 유통되고 있는 온도인 8℃에서 저장하면서 연도의 변화와 부위별 차이점을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용한 시료는 34개월령의 한우(도체중량 226 kg, ♀)로서 도축장에서 도축하여 그 지육을 약 15℃에서 36시간이 경과한 것의 사태, 갈비 및 등심부위를 해체하고 400 g씩 선상저밀도 폴리에틸렌필름(식품포장용 랩필름, (주) 크린랩)으로 포장하여 8±1℃에서 저장하면서 시료로 하였다.

2. 전단력 측정

전단력 측정에는 쇠고기 각 부위를 근원섬유와 평행하게 두께×직경을 5 mm×20 mm로 자른 뒤 rheometer(Model No. CR-200D, Japan)를 사용하여 측정하였다. 감압축은 전단응력용(flanger No. 8)을 사용하였다. Rheometer의 측정조건은 table speed 120 mm/min, chart speed 80 mm/sec, sample height 5 mm 그리고 load cell 1 kg으로 하여 측정하였으며 전단력 측정의 표시는 g으로 표시하였다.

3. 근원섬유의 소편화

근원섬유의 소편화도(myofibrillar fragmentation index)는 Culler 등⁹⁾의 방법에 따라 근원섬유를 추출하고 540 nm에서 흡광도를 측정하여 구하는 비색법으로 하

였다. 근원섬유의 소편화율(myofibrillar fragmentation ratio)은 Olson 등¹⁰⁾의 방법으로 근원섬유를 조제하여 위상차현미경(Liker LEITZ Diaplan, Germany) 1,000배로 관찰하고 모든 근원섬유수에서 1-4근절이 차지하는 비율을 백분율로 나타낸 Takahashi 등¹¹⁾의 방법으로 하였다.

4. Actomyosin의 추출성 및 ATPase 활성 측정

Actomyosin은 시료를 마쇄하여 Szent-Györgyi법¹²⁾에 따라 추출하고 추출성은 550 nm에서 흡광도를 측정하여 구하였다. ATPase의 활성은 0.25 mg/ml의 actomyosin용액에 1 mM MgCl₂ 또는 1mM CaCl₂와 0.05 M KCl, 25 mM Tris-HCl buffer(pH 8.0), 1 mM ATP 혼합액을 30℃ 항온수조상에서 5분간 반응시키고 20% TCA용액을 이용하여 최종농도가 4%가 되도록 하여 ice bath상에서 반응을 정지시켰으며, 유리된 무기인산을 Fiske와 Subbarow법¹³⁾에 따라 정량하였다. 이상에서 얻어진 모든 자료에 대한 통계적 분석은 SAS program¹⁴⁾을 이용하여 Duncan의 다중검정 방법으로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 저장중 전단력가의 변화

Table 1은 쇠고기 사태, 갈비 및 등심부위를 8℃에서 냉장하면서 전단력가의 변화를 나타낸 것이다. 사태부위의 경우, 전단력가는 저장초기 584 g이던 것이 6일째 469 g으로 현저히 낮아졌으며, 갈비부위는 저장기간 동안 319~339 g으로 현저한 변화가 없었고 등심부위는 저장 6일째 326 g으로 0일째보다 감소하였다. 그리고 저장초기의 부위별 전단력가는 갈비, 등심 및 사태부위의 순으로 뚜렷한 차이가 있었으며 저장 3일과 6일에는 사태부위보다 갈비 및 등심부위가 현저하게 낮은 경향

Table 1. Changes in shear force value of beef meat during storage at 8℃ (unit : g)

Parts	Storage days		
	0	3	6
Shank	584 ± 33 ^{ax}	603 ± 27 ^{ax}	469 ± 47 ^{bx}
Rib	332 ± 53 ^{az}	339 ± 56 ^{ay}	319 ± 44 ^{ay}
Loin	430 ± 55 ^{ay}	376 ± 34 ^{aby}	326 ± 51 ^{by}

Mean ± S. D.

^{ab} Different superscripts are significantly different (p < 0.05) in each row

^{xz} Different superscripts are significantly different (p < 0.05) in each column

이었다.

전단력가는 쇠고기를 기계적으로 절단하였을 때에 소비되는 힘의 크기로서 전단력가가 낮은 것은 육이 연화되었다고 예상할 수 있다. 냉장중 전단력가의 변화에 관한 연구에서 根岸⁴⁾은 쇠고기 안심부위를 2℃에서 31일 동안 저장하였을 때에 저장 11일까지 전단력가가 현저히 감소하며, Crouse와 Koohmarie¹⁵⁾는 동결 쇠고기 등심을 해동하고 0, 2 및 6일간 냉장할 경우 전단력가가 현저히 감소한다고 보고하였다. 또 전단력가에 영향을 미칠 수 있는 요인으로서 collagen함량을 들 수 있겠는데 Cross 등¹⁶⁾은 육종의 가용성 collagen함량이 연도에 영향을 준다고 보고하였다. 따라서 8℃에서 쇠고기를 냉장하였을 때에 같은 개체에서 채취한 시료라도 전단력가의 변화가 다르며, 사태부위가 갈비 및 등심부위보다 불용성 collagen을 많이 함유하고 있든가 사후조직의 형태나 속도가 달라서 발생한 결과라고 생각된다.

2. 저장중 근원섬유 소편화의 변화

근원섬유의 소편화는 Culler 등⁹⁾에 의한 비색법(소편화도)과 Takahashi 등¹¹⁾에 의한 계수법(소편화율)으로 측정하였다. 쇠고기를 8℃에서 저장하면서 관찰한 근원섬유의 소편화도는 Table 2와 같다. 사태부위의 경우 저장 3일까지 변화가 없다가 6일째 소편화가 현저하게 진행되었으며, 갈비와 등심부위는 저장기간이 경과하면서 소편화가 계속적으로 진행되고 있었다. 그리고 부위에 따른 소편화도는 저장초기 갈비, 등심 및 사태의 순으로 높았으나 저장 3일과 6일에는 사태부위보다 갈비 및 등심부위의 소편화가 높게 진행되었고 갈비와 등심부위 사이에는 현저한 차이가 없었다.

Fig. 1은 근원섬유의 소편화가 진행되는 과정을 현미경으로 사진촬영한 것이다. 사태부위는 A, B 및 C 순으로, 갈비부위는 D, E 및 F 순으로, 그리고 등심부위는 G, H 및 I 순으로 소편화가 진행되고 있는데 사태부

위의 소편화가 가장 느리고 갈비부위의 소편화가 가장 빠르게 진행되고 있는 것을 볼 수 있다. 근원섬유의 소편화율은 현미경상에 나타난 소편화된 근원섬유를 헤아려 백분율로 나타낸 것인데 Table 3과 같다. 근원섬유의 소편화율은 사태부위가 저장 6일째 39.40%로 현저하게 증가하였으며, 갈비 및 등심부위는 저장기간이 경과하면서 계속적으로 증가하는 경향이였다. 그리고 부위에 따른 소편화율도 저장기간에 따라 사태부위보다 갈비 및 등심부위가 현저히 컸고, 갈비 및 등심부위는 저장기간의 경과에 의한 변화양상이 유사하였다.

식육의 소편화 현상에 대해서 Stromer와 Goll¹⁷⁾ 및 Takahashi 등¹⁸⁾은 근원섬유의 근절을 연결하고 있는 Z-line과 thin-filament의 접합부위가 저장중에 약화되어 소편화가 일어나고 또 그 식육은 연하게 된다고 하였다. 그리고 Olson 등^{19,20)}과 Parrish 등²¹⁾은 소편화율의 증가가 식육의 연화를 진행시킨다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서는 같은 개체내에 있는 사태부위와 갈비 및 등심부위의 연화정도가 다르게 이루어지고 있는 것을 알 수 있었다.

3. 저장중 actomyosin의 추출성과 ATPase 활성의 변화

쇠고기를 8℃에서 저장하면서 actomyosin을 추출하고 추출성을 Table 4에 나타내었다. 사태부위의 actomyosin의 추출성은 저장기간에 따라 각각 35.77, 37.87 및 42.60 mg/g으로 증가하였다. 갈비 및 등심부위는 저장 0일째 추출성이 각각 62.33 및 54.80 mg/g이던 것이 저장 3일째는 각각 72.67 및 76.23 mg/g으로 현저하게 증가하였으며, 갈비부위는 저장 3일 이후 현저한 변화가 없었으나 등심부위는 저장 6일째 66.90 mg/g으로 감소하는 경향이였다. Actomyosin은 근육 단백질에 15~20% 정도 존재하고 있는데 actin과 myosin이 1:4의 비율로 구성되어 있다²²⁾. Actomyosin은 고농도의 염용액에서 myosin과 actin이 thick filament와 thin filament로부터 유리되어 나와 형성되기 때문에 actomyosin의 추출량으로 근원섬유의 치밀성을 가늠할 수 있다. 따라서 사태부위보다 갈비나 등심부위의 근원섬유가 더 이완되어 있는 상태이고 저장기간에 따라 근원섬유의 치밀도가 느슨해져 가고 있는 것으로 예상할 수 있다.

Mg²⁺-ATPase 활성은 근원섬유의 변성정도를, Ca²⁺-ATPase 활성은 myosin의 변성정도를 나타내는 지표로 활용되고 있는데 본 실험에서는 쇠고기를 8℃에 저장하면서 경시적으로 actomyosin을 추출하고 Mg²⁺-ATPase 활성 및 Ca²⁺-ATPase 활성을 측정하여

Table 2. Changes in myofibrillar fragmentation index during storage at 8℃

Parts	Storage days		
	0	3	6
Shank	29.63±2.60 ^{bz}	27.90±2.91 ^{by}	41.90±1.90 ^{ay}
Rib	46.33±2.70 ^{cx}	52.80±3.16 ^{bx}	72.00±2.20 ^{ax}
Loin	41.90±2.10 ^{cy}	50.90±3.52 ^{bx}	70.03±2.20 ^{ax}

Mean±S.D.

^{a-c} Different superscripts are significantly different (p<0.05) in each row

^{x-z} Different superscripts are significantly different (p<0.05) in each column

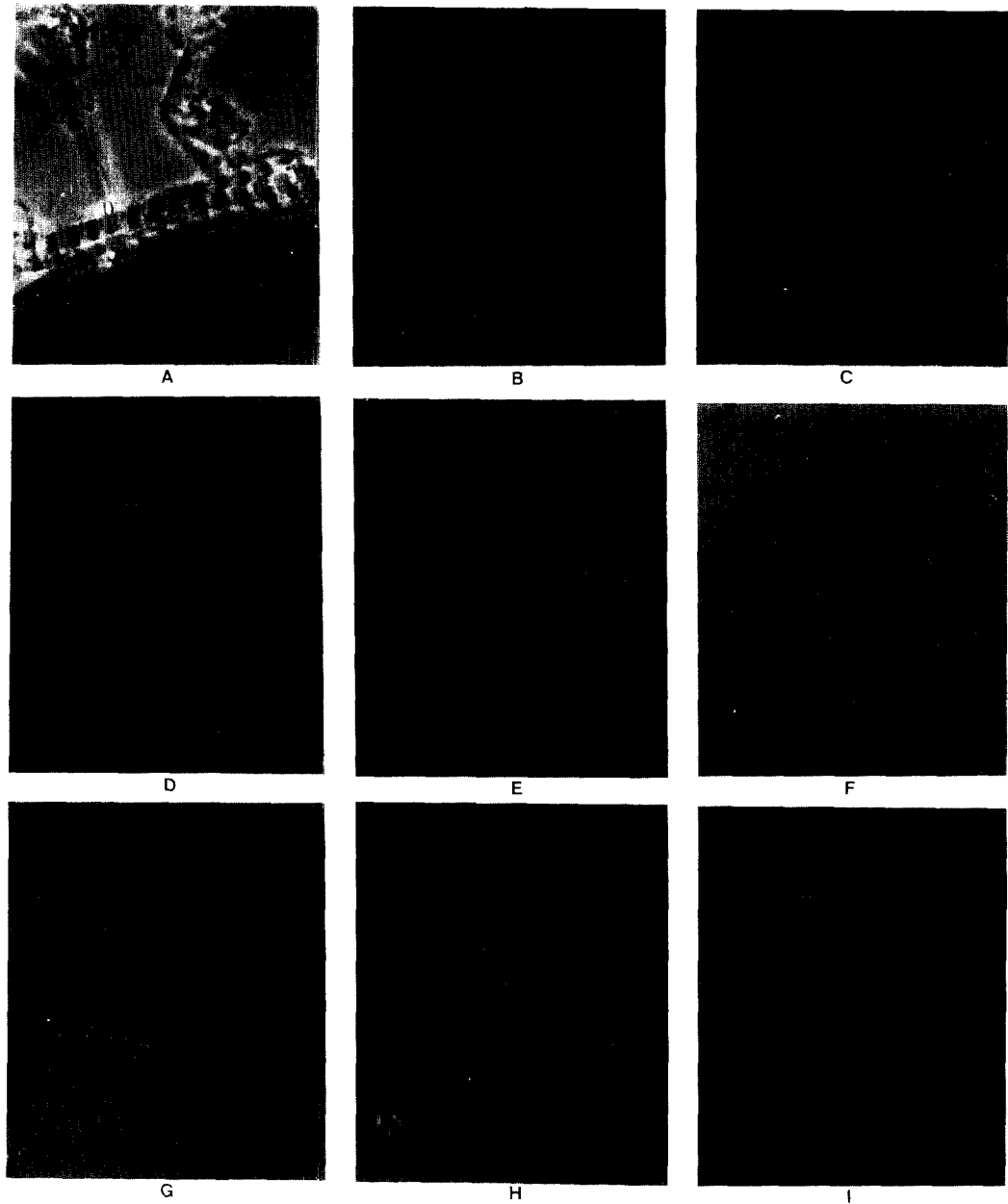


Fig. 1. Phase micrograph of myofibrils prepared from beef meat during storage at 8°C

A, B and C : shank ; D, E and F ; rib ; G, H and I ; loin

A, D and G : 0 day ; B, E and H : 3 days ; C, F and I : 6 days

Fig. 2 및 3에 나타내었다. 사태부위의 Mg^{2+} -ATPase 활성은 저장 3일째 증가하였다가 6일째는 저장 0일의 수준으로 회복되었고, 갈비 및 등심부위의 Mg^{2+} -ATPase 활성은 비슷한 수준을 나타내었지만 저장 0일째는 갈비부위의 활성이 등심부위보다 낮게 나타났다.

그리고 사태부위의 Ca^{2+} -ATPase 활성은 저장 3일째 증가하다가 저장 6일째 감소하는 경향이었고, 갈비부위는 저장중 변화가 없었으며 등심부위는 저장기간 동안 완만하게 감소하였다. 저장초기 Ca^{2+} -ATPase 활성은 사태 및 등심부위가 비슷하고 갈비부위는 이들보다 낮

Table 3. Changes in myofibrillar fragmentation ratio during storage at 8°C (unit : %)

Parts	Storage days		
	0	3	6
Shank	22.33 ± 2.60 ^{by}	20.07 ± 2.30 ^{by}	39.40 ± 2.72 ^{ay}
Rib	28.77 ± 2.60 ^{cx}	39.50 ± 2.40 ^{bx}	49.57 ± 3.35 ^{ax}
Loin	29.63 ± 2.45 ^{cx}	38.07 ± 2.41 ^{bx}	48.13 ± 3.48 ^{ax}

Mean ± S.D.

^{a-c} Different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) in each row

^{xy} Different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) in each column

Table 4. Changes in actomyosin extractability during storage at 8°C (unit : mg/g)

Parts	Storage days		
	0	3	6
Shank	35.77 ± 3.24 ^{az}	37.87 ± 2.11 ^{aby}	42.60 ± 3.26 ^{ay}
Rib	62.33 ± 3.60 ^{bx}	72.67 ± 4.86 ^{ax}	69.67 ± 2.65 ^{ax}
Loin	54.80 ± 4.64 ^{cy}	76.23 ± 3.52 ^{ax}	66.90 ± 3.97 ^{bx}

Mean ± S.D.

^{a-c} Different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) in each row

^{xy} Different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) in each column

은 경향이였다.

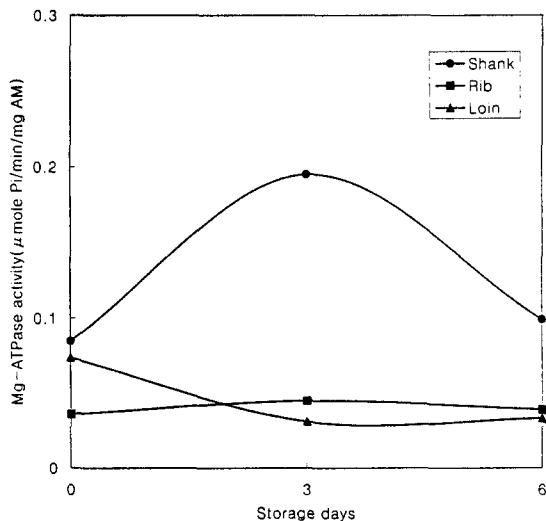


Fig. 2. Changes in Mg²⁺-ATPase activities of actomyosin prepared from beef shank, rib and loin during storage at 8°C. ATPase assay : 0.25mg/ml actomyosin, 1mM MgCl₂, 25mM Tris-HCl (pH 8.0), 1mM ATP, 0.05M KCl

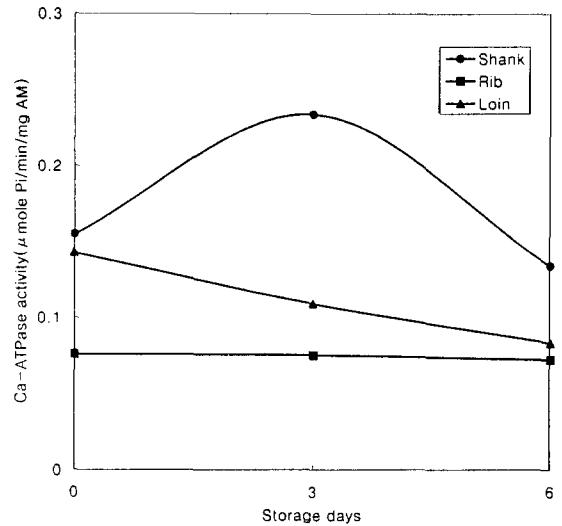


Fig. 3. Changes in Ca²⁺-ATPase activities of actomyosin prepared from beef shank, rib and loin during storage at 8°C. ATPase assay : 0.25mg/ml actomyosin, 1mM MgCl₂, 25mM Tris-HCl (pH 8.0), 1mM ATP, 0.05M KCl

쇠고기를 저장할 때에 ATPase 활성이 다르게 나타나고 있는 것은 근육 수축성 단백질에 어떤 변화가 일어나고 있다는 것을 암시하는데²³⁾ Herring 등²⁴⁾은 도살 직후의 actomyosin의 Mg²⁺-ATPase 활성이 사후 24 시간 지난 것보다 낮았으며, 이것은 myosin과 actin의 결합력의 차이라고 하였고, Goll 및 Robson²⁵⁾은 사후 1일된 쇠고기와 13일된 것의 Mg²⁺-ATPase 활성은 저장 1일째 증가하고 저장 13일째 0일 수준으로 회복된다고 하였다. 본 실험 결과 사태부위는 저장 3일째 actin과 myosin이 강하게 결합하였다가 저장기간이 경과하면서 해리되어 저장초기의 수준으로 회복되고 갈비와 등심부위는 저장초기에는 actin과 myosin의 결합력에 차이가 있었지만 저장 6일째에는 해리되는 정도가 비슷하게 나타났다.

이상의 결과에서 actin과 myosin의 결합과 해리의 정도와 전단력가, 근원섬유의 소편화를 종합하여 평가하면 저장중의 육질변화는 사태부위와 갈비 및 등심부위는 다르게 진행되고 8°C에 사태, 갈비 및 등심부위를 냉장할 때에 사태부위는 냉장 6일째, 갈비부위는 0일째 그리고 등심부위는 3일째에 육질이 향상되므로 이 때에 이용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

요 약

쇠고기의 사태, 갈비 및 등심부위를 8℃에 저장하면서 육질의 변화를 검토하기 위해 전단력가, 근원섬유의 소편화, actomyosin의 추출성 및 ATPase 활성을 측정하였다. 사태 및 등심부위의 전단력가는 저장 6일째 현저하게 낮아졌고, 갈비부위는 저장기간 동안 현저한 차이가 없었다. 저장초기 부위별 전단력가는 갈비, 등심 및 사태부위의 순으로 현저한 차이가 있었으나 저장기간이 경과하면서 갈비 및 등심부위는 비슷하였다. 근원섬유 소편화도의 경우 사태부위는 저장 6일째 현저한 증가를 보였지만 갈비와 등심부위는 저장기간동안 계속 증가하였다. 근원섬유의 소편화율도 소편화도와 비슷한 양상이었으며, 갈비와 등심부위는 사태부위와 다른 변화를 보였다. Actomyosin의 추출성은 저장초기 갈비, 등심 및 사태부위의 순으로 높게 나타났으며 3일째 모든 부위가 증가하다가 등심부위는 저장 6일째 감소하였다. Actomyosin의 Mg^{2+} -ATPase 활성의 경우, 사태부위는 저장 3일째 증가하다가 6일째 저장 0일의 수준으로 회복되었고, 갈비 및 등심부위는 비슷한 변화를 나타내었지만 0일째는 등심부위가 갈비부위보다 높게 나타났다. 그리고 사태부위의 Ca^{2+} -ATPase 활성도 저장 3일째 증가하다가 6일째 감소하였으며, 갈비부위는 저장중 변화가 없었고, 등심부위는 저장기간동안 완만하게 감소하였다.

참고문헌

1. 이수미, 엽건용, 장정옥, 민상기 : 국내 냉장, 냉동 쇼케이즈의 온도관리 실태와 문제점. 한국 축산식품학회 96 추계 심포지움 초록집. p. 94 (1996).
2. 忠谷明紘, 松石昌典, 根岸晴夫, 吉川純夫 : 凍結貯藏牛肉の解凍後貯藏による食味の向上. *日畜會報*, 61, 990 (1990).
3. Smith, G. C., Culp, G. R. and Carpenter, Z. L. : Postmortem aging of beef carcasses. *J. Food Sci.*, 43, 823 (1978).
4. 根岸晴夫, 夏野めぐみ, 吉川純夫 : 牛肉の熟度指標としての物理化學的性質. *日畜會報*, 62, 1095 (1991).
5. 성삼경, 안동현, 김수민 : 한우육의 물리적 및 형태적 변화에 미치는 고온 숙성의 효과. *한국축산학회지*, 30, 666 (1988).
6. Cassens, R. G. and Cooper, C. C. : Red and white muscle. *Adv. Food Res.*, 19, 1 (1971).
7. Beecher, G. R., Cassens, R. G., Hoekstra, W. G. and Briskey, E. J. : Red and White fiber content and associated post-mortem properties of seven porcine muscle. *J. Food Sci.*, 30, 969 (1965).
8. Bendall, J. R. : Cold contracture and ATP-turnover

- in the red and white muscle of the pig, post-mortem. *J. Sci. Food Agric.*, (1975).
9. Culler, R. D., Parrish, F. C. Jr., Smith, G. C. and Cross, R. D. : Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *longissimus muscle*. *J. Food Sci.*, 43, 1177 (1978).
 10. Olson, D. G., Parrish, F. C. Jr. and Stromer, M. H. : Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.*, 41, 1036 (1976).
 11. Takahashi, K., Fukazawa, T. and Yasui, T. : Formation of myofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomers in chicken muscle. *J. Food Sci.*, 32, 409 (1967).
 12. Szent-Györgyi, A. : The chemistry of muscular contraction. 2nd ed. Academic Press, New York, p. 1 (1951).
 13. Fiske, C. H. and Subbarow, Y. : The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 66, 375 (1925).
 14. SAS / ATAT User's guide : Release 6. 03 edition SAS institute Inc., Cary, NC. USA (1988).
 15. Crouse, J. D. and Koohmaraie, M. : Effect of freezing of beef on subsequent postmortem aging and shear force. *J. Food Sci.*, 55, 573 (1990).
 16. Cross, H. R., Carpenter, Z. L. and Smith, G. C. : Effect of intramuscular collagen and elastin upon bovine muscle tenderness. *J. Anim. Sci.* (abstract), 37, 258 (1973).
 17. Stromer, M. H. and Goll, D. E. : Molecular properties of postmortem muscle. 2. Phase microscopy of myofibrils from bovine muscle. *J. Food Sci.*, 32, 329 (1976).
 18. Takahashi, K., Nakamura, F. and Inoue, A. : Post-mortem changes in the actin-myosin interaction of rabbit skeletal muscle. *J. Biochem.*, 89, 321 (1981).
 19. Olson, D. G., Parrish, F. C. Jr. and Stromer, M. H. : Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.*, 41, 1036 (1976).
 20. Olson, D. G., Parrish, F. C. Jr., Dayton, W. R. and Goll, D. E. : Effect of postmortem storage and calcium activated factor on the myofibrillar proteins of bovine skeletal muscle. *J. Food Sci.*, 42, 117 (1977).
 21. Parrish, F. C. Jr., Young, R. B., Miner, B. E. and Andersen, L. D. : Effect of postmortem conditions on certain chemical, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. *J. Food Sci.*, 38, 690 (1973).
 22. Pearson, A. M. : *Advance in meat research*. AVI Pub., New York. p. 48 (1987).
 23. Fujimaki, M., Okitani, A. and Arakawa, N. : The changes of "myosin B" during storage of rabbit muscle. 1. Physico-chemical studies on "myosin B". *Agric Biol. Chem.*, 29, 581 (1965).
 24. Herring, H. K., Cassens, R. G. and Briskey, E. J. : Studies on bovine natural actomyosin. 1. Relation of ATPase and contractility to tenderness of muscle. *J. Food Sci.*, 34, 389 (1969).

25. Goll, D. E. and Robson, R. M. : Molecular properties of postmortem muscle. I. Myofibrillar nucleoside triphosphatase activity of bovine muscle. *J.*

Food Sci., **32**, 323 (1967).

(1997년 9월 23일 접수)