



## 냉수침지 숙성법이 진공포장 한우육의 연도 및 미생물 증식에 미치는 효과

주선태 · 이한기 · 강근호 · 신철우 · 양한술 · 문성실\* · 이정일\*\* · 김영환\*\*\* · 박구부  
경상대학교 축산과학부, \*축산물등급판정소, \*\*경상남도 첨단양돈연구소, \*\*\*순천대학교 식품공학과

### Effects of Submersion Aging in Chilled Water on Tenderness and Microbial Growth of Vacuum-Packed Hanwoo Meat

Seon-Tea Joo, Han-Ki Lee, Geun-Ho Kang, Chul-Woo Shin, Han-Sul Yang, Sung-Sil Moon\*,  
Jeong-Ill Lee\*\*, Young-Hwan Kim\*\*\* and Gu-Boo Park

Meat Science Laboratory, Division of Animal Science, Collage of Agriculture, Gyeongsang National University,  
\*Animal Products Grading Service, \*\*Advanced Swine Research Institute,  
\*\*\*Department of Food Science and Technology, Collage of Agriculture, Suncheon National University

#### Abstract

To investigate the effects of submersion aging in chilled water on tenderness and microbial growth of vacuum-packed beef, the *semimembranosus muscles* of Hanwoo (Korean cattle) was sampled at a commercial meat plant at 24 hrs postmortem. The samples were cut to 2.5 cm thick steaks and randomly assigned to following two treatments. The samples were stored in conventional refrigerator at 4°C after vacuum packaging for control whereas the other vacuum-packed samples were submersed in chilled water at 1°C for treatment, and both samples were stored for 14 days to measure total plate counts (TPC), sarcomere length, free calcium concentration, shear force value and myofibrillar fragmentation index (MFI). The sarcomere length of treatment was significantly ( $p<0.05$ ) longer than that of control at 3 days aging. Result suggested that submersion in chilled water of vacuum-packed beef might be effective to improve tenderness of meat compared to storage in conventional refrigerator. There were no significant differences in the shear force and MFI between control and treatment during storage. However, the free calcium concentration of samples from treatment was significantly ( $p<0.05$ ) higher than that of control at 7 days of ageing. This result indicated that the lower shear force value and the longer sarcomere length of samples from treatment might be due to increasing the free calcium ion concentration in sarcoplasm during storage. On the other hands, samples from control showed significantly ( $p<0.05$ ) higher number of microbial (TPC) compared to treatment during storage. From results obtained, submersion in chilled water of vacuum-packed beef could be recommended as a desirable aging method to improve tenderness of Hanwoo compared to aging in conventional refrigerator.

Key words : submersion chilling, vacuum-packed, Hanwoo, TPC, tenderness.

#### 서론

수입우육 시장의 완전 개방에 따라 저가의 외국산 우육의 수입이 증가되고 있어 한우육의 경쟁력 확보가 시급한 실정이다. 한우육이 수입우육과의 경쟁에서 우위를 차지하기 위

해서는 품질, 특히 연도를 증진시켜야 하는데, 연도증진은 냉장숙성을 통하여 증진시킬 수 있다(Kim 등, 1996). 국내에서도 최근 식육의 소비가 냉장육 위주로 빠르게 전환되면서 숙성에 대한 관심이 높아지고 있지만, 숙성에 대한 인식 및 기술 부족으로 품질 저하를 초래하는 문제점이 있다(Choi 등, 1995).

일반적으로 숙성은 사후 강직으로 질겨진 근육을 빙결점 이상의 온도에서 저장할 때 자연적으로 연화되는 현상을 말한다. 현재 국내에서 시행되고 있는 한우육의 숙성은 대부분

Corresponding author : Gu-Boo Park, Meat Science Laboratory, Division of Animal Science, Collage of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea. Tel: 82-55-751-5515, Fax: 82-55-757-2519, E-mail : gbpark@gsnu.ac.kr

습도가 조절되지 않는 공기순환냉장고를 이용하고 있는데, 열악한 도축으로 인해 초기미생물 수가 높은 지육의 경우 숙성 중 식육이 종종 부패하거나 공기순환에 따른 많은 건조감량이 발생하기도 한다. 또한 사후강직근을 발골, 분할 정형하여 진공포장한 후 숙성을 실시하여도 다량의 육즙감량을 피할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 문제의 원인은 국내의 식육소매판매점에 설치된 공기순환냉장고의 경우 잦은 개폐를 피할 수 없어 숙성고 내의 온도를 일정하게 유지시키지 못하기 때문으로 사료된다. 이러한 단점을 보완하고자 최근 Joo 등(2001)은 사후강직육을 진공포장한 후 냉수에 침지하여 숙성하는 냉수침지숙성법 및 장치를 개발하였다. 냉수침지숙성법은 일반공기순환냉장고에 비해 일정한 온도유지가 가능하며, 전력공급 중단시 냉수를 이용하기 때문에 식육표면의 온도변이를 최소화 할 수 있다는 장점이 있을 것으로 사료된다. 이를 실험하기 위하여, 본 연구에서는 일반공기순환냉장고에서 실시하는 숙성법과 냉수침지숙성법이 진공포장 한우육의 연도 및 미생물 증식에 미치는 효과에 대해 비교 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 시료처리

일반 상업용 도축장에서 도축된 한우 도체 6두를 무작위로 선택하여 사후 24시간에 반막양근(*semitendinosus muscles*)을 시료로 채취하여 냉장상태로 실험실로 이송하였다. 실험실에 도착한 시료는 근막과 과도한 체지방을 제거한 후, 동일한 규격의 원통형 모양으로 잘라(두께 2.5cm, 지름 6cm) 공시재료로 사용하였다. 준비된 시료는 진공포장지(산소투과율: 1500cc/24hr/m<sup>2</sup>/20℃)로 포장하여 14일 동안 두 가지 처

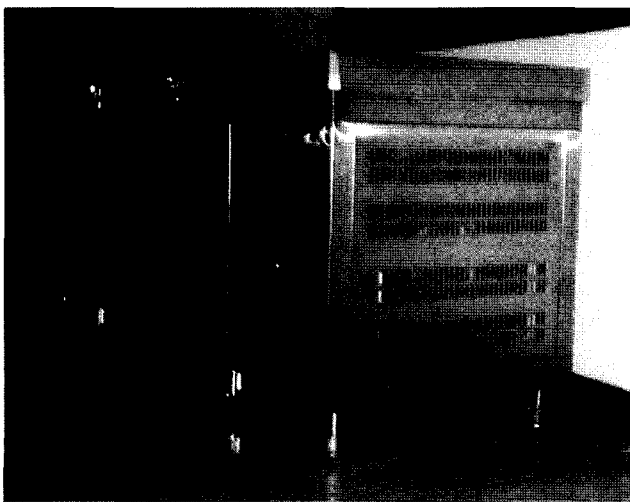


Fig. 1. Instrument for meat aging.

리로 구분하여 냉장저장하면서 식육의 이화학적 특성 및 미생물 변화를 조사하였다. 시험구 설정은 일반소매점의 저장 조건과 동일한 일반공기순환 냉장실(4℃)에 저장한 것을 대조구로 하였고, 1℃의 냉수침지 숙성고에 저장한 것을 처리구로 하였다. Fig. 1은 실험을 위해 제작된 냉수침지숙성고 사진이다.

## 실험방법

### 1) 근절길이

근절길이는 Cross 등(1980)의 방법에 따라 시료를 일정한 크기(3×3×3cm)로 자르고 A 용액(0.1M KCl, 0.039M boric acid, 2.5% glutaraldehyde, 5mM EDTA)에서 2시간 방치한 후, B용액(0.25M KCl, 0.29M boric acid, 2.5% glutaraldehyde, 5mM EDTA)에서 17~19시간 방치한 다음 균질화를 시킨 후, 헬륨네온레이저를 사용하여 측정된 다음 아래의 계산식을 이용하여 근절 길이를 산출하였다.

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

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

### 2) 유리 칼슘 농도

유리 칼슘 이온 측정은 Hopkins와 Thompson(2001)의 방법을 변형하여 DX-120 이온크로마토그래피기기를 이용하여 측정하였다. 시료 3g을 50ml 튜브에 증류수 27ml과 함께 넣어 균질기(IKA T25basic, Malaysia)를 이용하여 13,500 rpm에서 10초간 균질시킨 후 여과지(Whatman No.1)로 걸러내어, 그 여과액을 다시 0.2μm MFS(micro filtration systems)로 여과 후, DX-120 이온크로마토그래피(USA)에 주입하여 측정하였다. 측정된 양은 다시 몰농도로 환산하여 표시하였다.

분석조건인 표준물질은 다이오넥스사의 양이온 Six Cation Standard: DIONEX P/N 43162를 희석하여 사용하였고, 용리액은 20mM Methane Sulfonic Acid를 사용하였으며, 칼럼은 IonPac CS12를 사용하였다.

### 3) 전단가

전단가는 진공포장을 개봉하여 시료를 폴리에틸렌 봉지에 넣어 항온수조에서 가열(심부 온도 70℃/30min)후 시료를 꺼내어 실온에서 1시간 냉각을 실시한 다음, 근섬유 방향과 평행하게 직경 1.5cm의 원통형의 절편으로 시료를 채취한 후, 인스트론 기기(Model 4443, Instron, USA)를 이용하여 시료의 근섬유 방향과 직각으로 절단하여 측정하였다. 이때 인스

트론의 조건은 transducer 50kg, crosshead speed 100mm/min, load range 20kg으로 실시하였다. 최대값을 전단력(kg/cm<sup>2</sup>)으로 나타내었다.

#### 4) 근원섬유 소편화 지수

근원섬유 소편화 지수는 Olson 등(1976)의 방법을 응용하여 측정하였다. 잘게 썰은 근육 4g에 100mM KCl, 20mM K phosphate, 1mM EDTA, 1mM MgCl<sub>2</sub>와 1mM sodium azide로 이루어진 시약을 10배 첨가하여 30초간 균질화 시켰다. 균질화 된 용액은 1000×G에서 15분간 원심분리시키고 상층액을 회수하였다. 다시 침전물에 대해 10배의 시약을 넣고 교반시킨 뒤, 1000×G에서 15분간 원심분리시킨 후 상층액을 회수하였다. 침전물에 대해 2.5배의 시약을 넣어 현탁시킨 뒤 폴리에틸렌 체(18 mesh)에 결합조직과 파편 잔여물질을 남기고 여과시켰다. 근원섬유 현탁액의 단백질 농도는 Gornall 등(1949)의 뷰렛 방법에 의해 측정되었다. 희석된 근원섬유 현탁액은 교반시켜 흡광도기(Genesys 5, USA)를 이용하여 540nm에서 즉시 측정하였다.

#### 5) 총세균수

총세균수 측정은 표면 미생물수로 측정하였다. 육의 표면에 멸균한 3.5cm<sup>2</sup>의 템플레이트를 대고 멸균시킨 면봉을 0.1% 펩톤수(bacto-peptone 1g+999ml 증류수)에 적신 후 일정한 회수와 방향(가로, 세로 각 10회)으로 문지른 후에 희석용 0.1% peptone수에 넣어 충분히 교반시켜 주었다. 고압멸균기에서 멸균된 페트리 디쉬에 멸균된 배양액인 배지(23.5g/l 증류수, pH 7.0±0.2, 25℃)를 약 15~20ml씩 분주하여 균한 후, 검액 1ml를 접종하여 멸균된 유리병으로 균일하게 혼합하였다. 총 세균은 배양된 페트리 디쉬를 37℃ 배양기에서 2일간 배양한 후 세균 집락 측정기를 이용하여 균락수를 측정하였다.

#### 6) 통계분석

실험에서 측정된 값들은 SAS/PC(SAS, 1996)을 이용하여 처리구간에 t-test를 통해 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

실험에 사용된 시료들의 저장기간 동안 근절길이 변화를 Table 1에 나타내었다. 사후 우육의 경우 숙성기간이 경과할수록 근절길이는 길어진다(Takahashi 등, 1996). 본 실험의 결과도 대조구와 처리구 모두 숙성기간에 따라 근절의 길이는 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 두 처리구간의 근절의 길이는 저장 3일째를 제외하고는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 사후강직전 근육의 경우에는 온도에 많은 영향을 받으며, 저장 온도가 낮을수록 근절의 단축은 심하게 이루어진다(Olsson 등, 1994). 그러나 사후 24시간에 채취된 시료를 이용한 본 실험에서는 일반공기순환냉장고(4℃)에서 저장한 것과 냉수침지숙성(1℃)에서 저장한 것의 근절길이는 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과로부터, 사후강직이 완료된 우육의 경우 저장온도와 방법에 따라 근절의 길이는 크게 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

한편 두 처리구간의 근형질내 유리칼슘농도의 변화를 Table 2에 나타내었다. 우육의 숙성에서, 냉장상태로 7~10일간 저장하는 동안 일어나는 식육의 연화는 근형질내 유리되어 나오는 칼슘에 의해 활성도가 영향을 받는 카텝신과 칼파인 등의 효소작용이며, 따라서 사후 우육에 칼슘이온을 주입하면 숙성시간을 단축시키고 식육의 연도는 증진될 수 있다(Wheeler 등, 1997). 최근 Takahashi 등(1996)은 식육의 숙성 중 일어나는 연화기작은 단백질분해효소의 작용 때문이 아니고 근형질내 칼슘의 농도에 의해 직접적으로 영향을 받는다고 주장하였다. 이러한 이유로 본 연구에서는 진공포장 우육을 냉수에 침지시켜 숙성시킬 경우 일반공기순환냉장고에서 숙성시키는 것과 비교하여 근형질내 칼슘의 농도가 변화되는지 측정하였다. 그 결과, 두 처리구 모두 숙성기간이 길어짐에 따라 칼슘의 양은 증가하였는데, 냉수침지처리구가 저장 7일에 대조구에 비해 유의적(p<0.05)으로 많은 칼슘농도를 나타내었다. 이 같은 결과로부터 냉수침지 숙성법이 온도의 변화를 적게 할 수 있다는 장점을 감안하여 저장온도를 다소 높인다면 보다 많은 칼슘을 근형질내에 빠른 시간내에

Table 1. Effect of submersion aging on sarcomere length of Hanwoo meat

( $\mu\text{m}$ )

Treatment <sup>1)</sup>	Storage days				
	0	3	7	10	14
CA	1.79±0.04	1.84±0.02 <sup>B2)</sup>	1.92±0.03	1.98±0.04	2.00±0.02
SA	1.80±0.03	1.88±0.01 <sup>A</sup>	1.94±0.02	2.00±0.03	2.00±0.03

Means±S.D.

<sup>1)</sup> CA(conventional aging): stored in conventional refrigerator at 4℃, SA(submersion aging): submersed in chilled water at 1℃.

<sup>2)</sup> Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

Table 2. Effect of submersion aging on free calcium concentration in sarcoplasm of Hanwoo meat (m mol/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage days				
	0	3	7	10	14
CA	0.17±0.01	0.20±0.01	0.21±0.01 <sup>B2)</sup>	0.24±0.03	0.28±0.03
SA	0.17±0.01	0.19±0.02	0.25±0.01 <sup>A</sup>	0.26±0.02	0.26±0.02

Means±S.D.

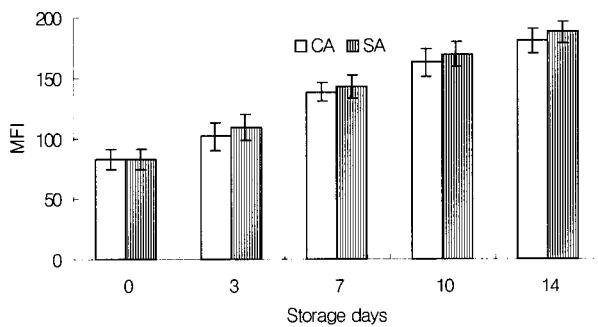
<sup>1)</sup> CA(conventional aging): stored in conventional refrigerator at 4°C, SA(submersion aging): submersed in chilled water at 1°C.<sup>2)</sup> Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

Fig. 2. Effect of submersion aging on myofibril fragmentation index of Hanwoo meat. □ : CA(conventional aging) : stored in conventional refrigerator at 4°C, ▨ : SA(submersion aging) : submersed in chilled water at 1°C.

유리시킬 수 있어 숙성기간 및 효과를 증진시킬 수 있을 것으로 생각된다.

숙성방법에 따른 근원섬유 소편화 지수의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 두 처리구 모두 저장기간이 경과할수록 근원섬유 소편화 지수는 유의적(p<0.05)으로 증가하는 것으로 나타나 숙성이 진행됨에 따라 근원섬유 소편화 지수가 증가한다는 Feidt 등(1996)의 결과와 일치하였다. 일반적으로 숙성 중 식육의 연도가 증가하는 주요한 요인은 근원섬유 구조의 약화와 근육내 결합조직의 약화에 의한 것이라고 보고되고 있다(Liu 등, 1995; Nishimura 등, 1995). 또한 식육의 연화는 두 단계에 걸쳐 발생하는데, 첫 단계는 급격한 상태로 그 이후에는 느린 상태로 일어난다(Takahashi, 1996). 본 실험의 결과 근원섬유 소편화 지수에 있어서 저장 기간에 따른 두 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 냉수침지 처리구의 소편화 지수가 상대적으로 다소 높은 경향을 보였다. 이 같은 경향의 이유는 냉수침지 처리구가 일반공기순환 냉장실에 저장한 것에 비해 근절길이가 길게 나타나고 근형질내 칼슘의 농도도 높은 경향을 보인 것에 기인하여 소편화 지수도 대조구에 비해 높은 경향을 보인 것으로 사료된다.

진공포장 한우육의 냉수침지 숙성이 전단가에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타내었다. 저장기간이 길어질수록 두 처리구 모두 전단가가 낮아졌으며 처리구간의 유의적인 차이는 없

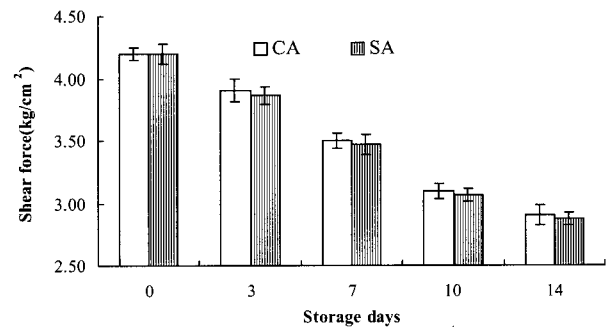
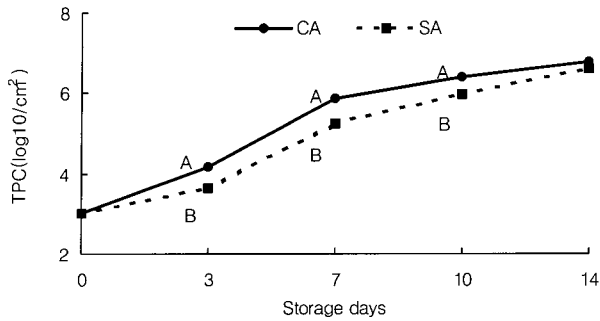


Fig. 3. Effect of submersion aging on shear force values of Hanwoo meat. □ : CA(conventional aging) : stored in conventional refrigerator at 4°C, ▨ : SA(submersion aging) : submersed in chilled water at 1°C.

었지만 냉수침지 처리구의 전단가가 다소 낮은 경향을 보였다. 이는 일반적으로 사후 24시간에서 14일까지 전단가는 감소한다는 보고(Shackelford 등, 1999)와 같은 결과이다. 식육의 연도는 육질을 평가하는 가장 중요한 요소 중의 하나로 식육의 연도 증진을 위한 많은 연구들이 진행되어 왔다. 특히 사후장작이 완료된 식육의 숙성에 따른 연화기작을 밝히는데 많은 관심이 집중되고 있는데, Koochmaraic(1992)는 숙성 중 식육의 연화는 대부분 칼파인 단백질 분해효소에 의한 근원섬유단백질의 분해 때문이라고 주장하였다. 한편 Nishimura 등(1995)은 숙성중 콜라겐 용해성 증가로 근육조직의 손상이 일어나 연도가 개선된다고 보고하였다. 본 실험 결과, 숙성기간이 경과할수록 전단가가 낮아지는 경향은 상기 근절의 길이, 근형질내 칼슘이온 농도 및 근원섬유의 소편화 지수 변화와 정확히 일치하는 것으로, 특히 비록 통계적으로 두 처리구간의 유의적인 차이가 인정되지는 않았지만 냉수침지 처리구가 대조구에 비해 보다 연화에 다소 긍정적인 것으로 사료된다.

저장 14일 동안 총균수의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 두 처리구가 저장 기간이 경과할수록 총균수는 유의적(p<0.05)으로 증가하는 경향을 보였다. 식육에서 미생물은 부패의 원인으로 숙성 중 부패 미생물의 성장을 억제시키는 것은 식육 품질의 향상을 위해 매우 중요한 일이다. 본 실험 결과, 냉수



**Fig. 4. Effect of submersion aging on total plate count Hanwoo meat.** A, B : Means with different superscript are significantly different ( $p < 0.05$ ). —●—: CA (conventional aging) : stored in conventional refrigerator at 4°C, --■--: SA (submersion aging) : submersed in chilled water at 1°C.

침지 처리구는 대조구에 비해 저장 14일 동안 미생물의 성장을 효과적으로 억제한 것으로 나타났는데, 특히 저장 3일부터 저장 10일까지 냉수침지 처리구가 일반공기순환냉장실에 저장한 것보다 유의적( $p < 0.05$ )으로 낮은 총균수를 나타냈다. 이 같은 결과는 냉수침지 처리시 온도의 변이를 상대적으로 최소화한 것에 기인한 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구는 진공포장 한우육의 냉수침지 숙성방법이 한우육의 연도 및 미생물증식에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다. 저장기간이 경과함에 따라 근질길이는 냉수침지 처리구가 저장 3일째 유의적( $p < 0.05$ )으로 긴 것으로 나타났으며, 저장 3일째를 제외한 저장기간 동안 유의적인 차이는 없었으나 대조구에 비해 긴 경향을 보였다. 또한 유리칼슘 농도에 있어서도 저장 7일째 냉수침지 처리구가 유의적( $p < 0.05$ )으로 높게 나타났으며, 역시 저장 7일째를 제외한 저장기간 동안 유의적인 차이는 없었으나 대조구에 비해 높은 경향을 보였다. 한편 전단가와 근원섬유 소편화 지수에 있어서는 저장기간이 경과함에 따라 두 처리구간에 있어서 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 냉수침지 처리구가 상대적으로 낮은 전단가와 높은 소편화 지수의 경향을 보였다. 이 같은 결과는 냉수침지 숙성이 일반공기순환냉장고의 숙성보다 근질의 길이를 길게 하고, 근형질내 칼슘의 농도를 높이며, 소편화 지수를 높게 한 결과 연도를 향상시킬 수 있다는 가능성을 제시한 것으로 사료된다. 덧붙여, 총세균수는 일반공기순환냉장실에 저장한 것에 비해 냉수침지 처리구가 유의적( $p < 0.05$ )으로 낮은 것으로 나타나, 온도의 변이를 줄이는 것에 기인하여 미생물의 성장억제에도 효과적인 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 교육부 BK21 사업의 지원으로 수행되었기에 이에 감사 드립니다.

## 참고문헌

- Choi, Y. I., Kim, Y. K., and Lee, C. L. (1995) Effects of packaging methods and aging temperature on color, tenderness and storage characteristics of Korean beef. *Korean J. Anim. Sci.*, **37**(6), 639-650.
- Cross, H. R., West, R. L., and Dutson, T. R. (1980) Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Sci.*, **5**, 261-266.
- Feidt, C., Petit, A., Bruas-Reignier, F., and Brun-Bellut, J. (1996) Release of free amino-acids during ageing in bovine meat. *Meat Sci.*, **44**, 19-25.
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., and David, M. M. (1949) Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biology and Chemistry*, **177**, 751-766.
- Hopkins, D. L., and Thompson, J. M. (2001) Inhibition of protease activity 2. Degradation of myofibrillar proteins, myofibril examination and determination of free calcium levels. *Meat Sci.*, **59**, 199-209.
- Joo, S. T., and Park, G. B. (2001) Instrument for meat aging. Korea Patent 0295552.
- Kim, S. Y., Kwon, Y. J., Kim, S. M., and Sung, S. K. (1996) Effects of castration and aging on the tenderness factors in Hanwoo beef. *Korean J. Anim. Sci.*, **38**(6), 621-628.
- Koohmaraie, M. (1992) The role of  $Ca^{2+}$ -dependent proteases (calpain) in postmortem proteolysis and meat tenderness. *Bioche.*, **74**, 239-245.
- Liu, A., Nishimura, T., and Takahashi, K. (1995) Structural weakening of intramuscular connective tissue during postmortem ageing of chicken semitendinosus muscle. *Meat Sci.*, **39**, 135.
- Nishimura, T., Hattori, A., and Takahashi, K. (1995) Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef. *Meat Sci.*, **39**, 127-133.
- Olson, D. G., Parrish, F. C. Jr., and Stromer, M. H. (1976) Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.*, **41**, 1036.
- Olsson, U., Hertzman, C., and Tornberg, E. (1994) The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. *Meat Sci.*, **37**, 115-131.
- SAS. (1996) SAS/STAT Software for PC. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., and Koohmaraie, M. (1999) Tenderness classification of beef: II. Design and analysis of a system to measure beef longissimus shear force under commercial processing conditions. *J. Anim. Sci.*, **77**, 1474-1481.
- Takahashi, K. (1996) Structural weakening of skeletal muscle

tissue during post-mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Sci.*, **43**, S67-80.

16. Wheeler, T. L., Koochmariaie, M., and Shackelford, S. D. (1997) Effect of postmortem injection time and postinjection aging time

on the calcium-activated tenderization process in beef. *J. Anim. Sci.*, **75**, 2652-2660.

---

(Accepted August 12, 2002)