

숙성온도와 기간이 한우 거세우 배최장근의 육질 특성에 미치는 영향

김진형* · 조수현 · 성필남 · 하경희 · 김학균¹ · 박범영 · 이종문 · 김동훈 · 안종남
농촌진흥청 축산과학원, ¹단양군 농업기술센터

Effect of Ageing Temperature and Time on the Meat Quality of *Longissimus* Muscle from Hanwoo Steer

Jin-Hyoung Kim*, Soo-Hyun Cho, Pil-Nam Seong, Kyung-Hee Hah, Hak-Kyun Kim¹,
Beom-Young Park, Jong-Moon Lee, Dong-Hun Kim, and Chong-Nam Ahn
National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea
¹Danyang Agrotechnology, Danyang 395-805, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of ageing temperature (0 and 4°C) and time (2, 7, 14, 21, 28, and 49 days) on the meat quality of *longissimus* muscle from Hanwoo steer. The pH, Warner-Bratzler shear force (WBSF), myofibrillar fragmentation index (MFI), cooking and purge loss, sensory, morphological changes, and amino acid composition were assessed. The pH of *longissimus* muscle increased significantly ($p<0.05$) for 21 days at 0°C and 14 days at 4°C, but decreased thereafter. *Longissimus* muscle aged from 14 days to 28 days at 4°C had a lower WBSF than *longissimus* muscle aged at 0°C ($p<0.05$). The WBSF of *longissimus* muscle decreased significantly ($p<0.05$) with ageing time. The MFI, cooking and purge loss, tenderness, and juiciness scores were higher for *longissimus* muscle aged at 4°C than at 0°C. As ageing time increased, the MFI, cooking and purge loss, tenderness, juiciness, and amino acid composition of *longissimus* muscle increased significantly ($p<0.05$) with ageing at 0 or 4°C. Transmission electron microscopy showed Z-disk degradation and morphological changes of the myofibrils correlating with increased tenderness during the ageing time. Based on these results, the proper ageing conditions of *longissimus* muscle of Hanwoo steer were 14 days of ageing at 0°C or 7 days of ageing at 4°C. However, further study on the application of ageing technology to this industry is necessary for the optimization of ageing conditions for the sub-primals or muscles from Hanwoo beef.

Key words : Hanwoo steer, ageing temperature, ageing time, meat quality

서 론

연도는 소비자가 느끼는 맛에 가장 큰 영향을 미치는 요소이며(Savell *et al.*, 1987, 1989), 쇠고기에 대한 외국 소비자의 연구에서 연도는 전체 스테이크 만족도를 측정하기 위한 관능시험 중 가장 중요한 척도이다(Huffman *et al.*, 1996; Platter *et al.*, 2003). 우리나라 소비자의 경우도, 쇠고기 맛에 대한 만족도를 연도, 향미, 다즙성 기준으로 분석한 결과 연도가 가장 영향력이 높은 것으로 나타났다(Cho, 2003). 또한 소비자들은 쇠고기 연도의 차이를 느낄 수 있고, 연도가 더욱 향상된 쇠고기에 대하여 비용을 더

지불할 의지가 있다고 조사되었다(Miller *et al.*, 2001).

쇠고기의 잠재적인 품질 특성은 품종, 나이, 성별, 급육 방법 및 도축전 관리 등의 요인에 따라 달라질 수 있지만, 온도와 저장조건이 가장 중요한 요인이며(Van Moeseke *et al.*, 2001), 사후 숙성은 연도를 향상시키는 가장 인기 있는 방법 중 하나이다(Dransfield, 1994).

쇠고기의 연도를 향상시키기 위하여 사후 쇠고기를 저장하는 방법이 수십년동안 이용되어 왔었고, 금세기가 시작된 이래로 체계적으로 연구되어 왔었다. 국외에서 숙성에 관한 연구는 소의 품종(Spanish Holstein, Old Brown Swiss, Limousin, Blonde d'Aquitaine)별로 등심을 냉장온도에서 35일간 숙성시켜 조직특성 변화를 구명하였고(Monsón *et al.*, 2004), 소의 성별, 연령, 사후 숙성시간이 등심의 연도에 미치는 영향을 분석(Huff and Parrish, 1993)한 연구 외에도 숙성과정에서 발생하는 연화기작 구명

*Corresponding author : Jin-Hyoung Kim, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea. Tel: 82-31-290-1745. Fax: 82-31-290-1697. E-mail: jhkim702@rda.go.kr

(Geesink *et al.*, 2006), 부분육 또는 근육별 최적 숙성일 설정(Gruber *et al.*, 2006) 등 다양하게 연구되어 왔다.

국내에서 수행된 숙성에 관한 연구는 등급에 따라 한우 수소 등심을 2°C에서 14일간 숙성한 다음 이화학 및 관능적 특성을 조사한 연구(Kim and Lee, 2003)와 육질 등급 1등급인 한우 암소와 거세우, 육질등급 3등급인 한우 수소의 등심과 우둔을 숙성온도 2°C에서 15일까지 숙성하면서 나타나는 이화학 및 형태학적 특성 변화를 비교한 연구(Han *et al.*, 1996)가 이루어졌고, 한우 수소의 등심근을 포장방법(PVC-wrap, Cryo-vac)과 숙성온도(0, 5, 10°C) 별로 14일간 숙성하면서 이화학적 및 저장 특성을 분석한 연구가 수행되었다(Choi *et al.*, 1995).

이와 같이 숙성과 관련된 다양한 연구가 수행되어 왔지만, 한우 거세우에 대하여 숙성온도와 장기간 숙성기간동안의 육질 특성을 구명한 연구는 드문 편이다. 따라서 본 연구는 한우 거세우 배최장근의 숙성온도(0, 4°C)를 달리 하여 2, 7, 14, 21, 28, 49일 숙성하였을 때의 육질 특성을 구명하여 한우 거세우 등심의 적정 숙성 조건을 확립하기 위한 기초 자료를 확보하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

한우 거세우 6두(약 27개월령)를 축산과학원 도축장으로 운송하여 12시간 계류(질식체중 507.17±30.93 kg)시킨 후 도축하였다. 도체(냉도체중 304.00±24.91 kg)는 예냉실(0±1°C)에서 24시간 냉장시켰고, 시료는 좌도체의 배최장근을 분할하여 3 cm 두께로 절단한 후 진공포장하여 0°C와 4°C 냉장고에서 각각 2, 7, 14, 21, 28, 49일간 숙성한 후 분석에 공시하였다.

실험방법

1) pH 측정

pH는 숙성된 배최장근의 중심부에 pH meter(pH*K21, NWK-Binär GmbH Co., Germany)를 이용하여 측정하였다.

2) 전단력 측정

전단력 측정(kg/0.5 inch²)은 배최장근을 심부온도 70°C에서 10분간 가열한 후 전단력 측정기(Warner-Bratzler shear meter; G-R Elec. Mfg. Co., USA)로 측정하였다(Park *et al.*, 2005).

3) 근소편화지수(Myofibrillar fragmentation index; MFI) 측정

Culler 등(1978)과 Hopkins 등(2000)의 방법에 따라 시료에서 추출한 후 540 nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다.

4) 가열감량 및 육즙감량 측정

가열감량(cooking loss, %)은 시료의 가열 전, 후 중량차로 계산하였고, 육즙감량(purge loss, %)은 진공포장된 시료를 냉장고(4°C)에서 2시간 보관한 후 무게 감량을 백분율로 계산하였다.

5) 관능검사

관능검사는 시료(49일간 숙성한 시료 제외)를 4 mm 두께로 잘라서 구운 후 10명의 관능검사 요원들이 7점법으로 측정하였다(연도 : 1 = 매우 질기다, 7 = 매우 연하다. 풍미, 다즙성 : 1 = 매우 나쁘다, 7 = 매우 좋다.).

6) 아미노산 조성 분석

아미노산 조성(mg%) 분석은 시료 2 g을 취해 분해병에 넣고 6 N HCl 40 mL을 가하여 질소가스를 주입한 후, 밀봉하여 110°C에서 24시간 가수분해시킨 후, 증발플라스크에 옮겨 증발농축기로 50°C에서 염산을 증발시켰다. 증발이 완료되면, 증류수로 분해병을 씻어 증발플라스크로 옮겨 증발시키는 것을 3회 반복하고, 최종 증발 건조되어 있는 증발플라스크에 0.2 N sodium citrate buffer(pH 2.2)로 50 mL이 되게 한 후 희석시킨 용액을 membrane filter(0.45 μm)로 여과하여 아미노산 자동 분석기(ALPHA:LKB-4150)에 30 μL 주입하여 분석하였다. Cysteine과 methionine은 6 N HCl로 가수분해시키면 파괴되므로 산 가수분해이전에 과과메산으로 일단 안정상태인 cysteic acid와 methionine sulfone으로 전환시킨 후 상기의 아미노산 분석방법으로 분석하였다(Kim, 2001).

7) 미세조직 관찰

전자현미경을 통한 조직관찰은 Kim 등(2005)의 방법에 따라 숙성된 각 시료를 다른 위치에서 5개 이상 채취(3 mm × 1 mm × 1 mm)하여 10배 부피의 2.5% glutaraldehyde에 2일간 고정하였다. 고정 후 0.1 M cacodylate buffer(pH 7.2)로 15분씩 2회 수세한 다음 1% osmium tetroxide 용액에 2시간동안 고정시켰다. 다시 0.1 M cacodylate buffer(pH 7.2)로 15분씩 2회 수세하고, 탈수과정을 거쳐 Epon mixture(EMbed-812)로 포매하였다. 포매 후 1 μm의 두께로 박절하여 1% toluidin blue로 염색하고 관찰부위를 선정하였다. 선정된 부위를 초박절편기(MT-6000, RMC, USA)로 50-70 nm의 두께로 초박절편하여 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색한 다음 공기중에 건조시켰다. 건조시킨 시료를 electron microscope(TEM H-800, Hitachi, Japan)로 75 kV에서 관찰하였다.

통계분석

결과는 SAS(1998) program을 이용하여 Duncan의 다중 검정법과 T-test 법으로 각 요인간의 유의성($p < 0.05$)을 비

교 분석하였고, 피어슨의 상관계수를 이용하여 변수들간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

pH, 전단력 및 근소편화지수 변화

숙성온도와 숙성기간에 따른 한우 거세우 배최장근의 pH, 전단력 및 근소편화지수를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 숙성온도가 0°C일 때 pH 값은 숙성 21일까지 증가하다가 감소하였고, 숙성온도가 4°C일 때 pH 값은 숙성 14일까지 증가하다가 감소하였다($p < 0.05$). Choi 등(1995)의 결과에 의하면, 한우 수소의 등심을 숙성온도 0, 5, 10°C로 하고 14일간 숙성하였을 때, pH 값이 증가하는 것으로 나타났고, Han 등(1996)은 한우 수소, 암소, 거세우의 등심을 15일간 숙성하면서 pH를 측정된 결과, 숙성기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 전단력 값은 숙성기간이 14일부터 28일까지 4°C에서 숙성한 배최장근이 0°C에서 숙성한 배최장근보다 유의적으로 낮았고, 숙성기간이 경과함에 따라 유의적으로 연도가 향상되었다($p < 0.05$). Gruber 등(2006)은 USDA Select 급 쇠고기 등심을 2°C에서 28일간 숙성하였을 때 연도가 유의적으로 향상되었다고 보고하였고, Weatherly 등(1998)은 strip loin과 short loin의 적정 숙성기간이 13일이라고 보고하였는데 본 연구의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 숙성온도 4°C일 때 숙성 14일 이후는 연화가 충분히 진행되어 유의적인 차이가 나타나지 않아, 적정 숙성기간은 14일로 설정하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

연도를 예측할 수 있는 척도로써 많이 이용되는 근소편화지수(MFI)의 경우 0°C에서 숙성한 배최장근보다 4°C에서 숙성한 배최장근이 높은 경향을 보였고, 숙성기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). Kim과 Lee(2003)는 등급별로 한우 등심육을 2°C에서 14일간 숙성하면서 MFI를 측정된 결과 숙성기간이 경과하면서 MFI도 유의적으로 증가하였다고 보고하였고, Olson 등(1976)

은 사후 숙성시간이 길어짐에 따라 MFI가 증가한다고 보고하였는데 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다. 이러한 결과는 사후 숙성기간이 경과함에 따라 근육내 근원섬유에서 Z-disk가 붕괴되어 소편화가 일어나기 때문인 것으로 사료된다.

pH와 전단력, MFI의 간단한 상관관계를 분석한 결과, pH와 전단력($r = -0.53, p < 0.0001$), pH와 MFI($r = -0.29, p < 0.0024$), 전단력과 MFI($r = -0.53, p < 0.0001$)은 각각 부의 상관관계를 나타내었는데, Purchas 등(1999)은 pH, 전단력, MFI의 상호관계를 구명하기 위하여 쇠고기 등심을 냉장온도에서 1일과 20일 숙성한 결과, 전단력과 MFI의 상관관계가 숙성 1일과 20일에 부의 상관($r = -0.28, p < 0.01$; $r = -0.61, p < 0.01$)을 나타내었다고 보고하였다.

가열감량과 육즙감량 변화

Table 2는 숙성온도와 숙성기간에 따른 한우 거세우 배최장근의 가열 감량 및 육즙 감량 변화를 나타낸 결과이다. 0°C에서 숙성한 배최장근의 가열감량이 4°C로 숙성한 배최장근 보다 적은 경향이었고, 유의적인 차이는 숙성 7일과 21일 이후부터 나타났으며($p < 0.05$), 숙성기간이 경과함에 따라 가열감량은 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). Boakye와 Mittal(1993)의 보고에 의하면, 소 등심을 16일간 숙성하면서 측정된 가열감량의 결과, 숙성기간이 경과함에 따라 가열감량이 유의적으로 증가하였다고 하여 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다. 0°C에서 숙성한 배최장근의 육즙감량이 4°C에서 숙성한 배최장근 보다 낮은 경향을 보였고, 숙성 49일째를 제외하고 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 숙성기간이 경과함에 따라 육즙 감량이 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). Kim과 Lee(2003)는 등급별로 한우 등심육을 2°C에서 14일간 숙성하면서 육즙 감량을 측정된 결과 숙성기간이 경과하면서 감량이 유의적으로 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 가열감량과 육즙감량이 MFI와 정의 상관관계(각각 $r = 0.72, p < 0.0001$; $r = 0.79, p < 0.0001$)가 높게 나타나는 것으로 보아 배최장근의 숙성이 진행되

Table 1. Effect of different ageing temperature and time on pH, WBSF, and MFI of longissimus muscle from Hanwoo steer carcass

Item		Ageing time (days)					
		2	7	14	21	28	49
pH	0	5.41±0.06 ^d	5.48±0.03 ^{cdB}	5.58±0.03 ^{abB}	5.65±0.02 ^{aA}	5.56±0.02 ^{abc}	5.54±0.02 ^{bc}
	4	5.40±0.03 ^d	5.57±0.02 ^{bcA}	5.70±0.02 ^{aA}	5.59±0.01 ^{bb}	5.58±0.04 ^b	5.51±0.01 ^c
WBSF*	0	6.09±0.29 ^a	5.38±0.48 ^{ab}	4.64±0.60 ^{bcA}	4.19±0.46 ^{bcA}	4.12±0.46 ^{bcA}	3.31±0.39 ^c
	4	6.22±0.21 ^a	4.71±0.41 ^b	3.05±0.19 ^{cB}	2.65±0.14 ^{cB}	2.96±0.30 ^{cB}	3.01±0.25 ^c
MFI*	0	40.12±2.28 ^{fB}	62.89±2.64 ^{eB}	75.94±1.72 ^d	83.04±2.23 ^c	97.92±0.64 ^{bB}	108.74±0.62 ^a
	4	69.44±3.63 ^{eA}	72.36±1.88 ^{eA}	80.26±1.17 ^d	91.37±3.97 ^c	100.42±0.51 ^{bA}	112.92±2.69 ^a

* WBSF : Warner-Bratzler shear force (kg/0.5 inch²), MFI : Myofibril fragmentation index.

^{a-f} : Means with different letter in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{A,B} : Means with different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Effect of different ageing temperature and time on cooking and purge loss (%) of longissimus muscle from Hanwoo steer carcass

Item		Ageing time (days)					
		2	7	14	21	28	49
CL*	0	22.83±0.27 ^b	23.67±0.67 ^{bB}	23.80±1.09 ^b	24.09±0.23 ^{bB}	24.48±0.73 ^{bB}	26.77±0.33 ^{AB}
	4	23.50±0.56 ^c	25.75±0.10 ^{bcA}	26.25±2.15 ^{abc}	27.56±0.62 ^{abA}	28.20±0.63 ^{abA}	29.31±0.46 ^{aA}
PL*	0	0.97±0.32 ^d	1.62±0.35 ^{cd}	2.40±0.67 ^{bcd}	2.78±0.34 ^{bc}	3.37±0.44 ^b	4.97±0.78 ^{AB}
	4	0.71±0.08 ^c	1.90±0.35 ^d	2.52±0.09 ^{cd}	3.20±0.16 ^{bc}	4.14±0.25 ^b	10.38±0.65 ^{aA}

* CL : Cooking loss, PL : Purge loss.

^{a-c} : Means with different letter in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{A,B} : Means with different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Effect of different ageing temperature and time on sensory properties of longissimus muscle from Hanwoo steer carcass

Item		Ageing period (days)				
		2	7	14	21	28
Tenderness*	0	4.27±0.51 ^b	4.60±0.27 ^{bB}	5.50±0.23 ^a	5.67±0.21 ^a	6.33±0.19 ^{AB}
	4	4.27±0.37 ^c	5.53±0.31 ^{bA}	5.73±0.21 ^b	6.07±0.30 ^b	7.00±0.00 ^{aA}
Flavor*	0	5.40±0.24 ^{abA}	4.93±0.18 ^b	4.92±0.38 ^b	5.60±0.13 ^a	5.73±0.15 ^{aA}
	4	4.60±0.21 ^{bb}	5.27±0.32 ^{ab}	5.40±0.25 ^a	5.53±0.19 ^a	5.13±0.24 ^{abB}
Juiciness*	0	5.27±0.15 ^{abA}	4.53±0.17 ^{cB}	4.75±0.30 ^{bc}	5.00±0.22 ^{abc}	5.40±0.16 ^{AB}
	4	4.40±0.24 ^{cB}	5.20±0.17 ^{bA}	5.27±0.25 ^{ab}	5.47±0.24 ^{ab}	5.87±0.13 ^{aA}

*Tenderness (1 = extremely tough, 7 = extremely tender), flavor (1 = undesirable flavor, 7 = desirable flavor), juiciness (1 = dry, 7 = juicy).

^{a-c} : Means with different letter in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{A,B} : Means with different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

면서 근소편화로 인하여 감량이 증가하는 것으로 사료된다.

관능특성 변화

Table 3은 숙성온도와 숙성기간에 따른 한우 거세우 배최장근의 관능검사 결과를 나타내었다. 0°C에서 숙성한 배최장근의 연도는 숙성 14일에 5.50점인 반면 4°C에서 숙성한 배최장근의 연도는 숙성 7일에 5.53점을 평가 받아 숙성온도의 차이가 1주일 숙성기간 차이로 나타났으며, 숙성기간이 경과함에 따라 연도가 유의적으로 높게 평가 받았다($p < 0.05$). 풍미를 평가한 결과, 4°C에서 숙성한 배최장근이 0°C에서 숙성한 배최장근 보다 숙성 7일, 14일에 높은 경향을 보인 반면, 21일과 28일에는 낮은 평가를 얻었으며, 숙성기간이 경과할수록 대체로 풍미가 개선되는 것으로 나타났다. 다즙성 평가 결과의 경우, 4°C에서 숙성한 배최장근이 0°C에서 숙성한 배최장근 보다 높은 경향을 보였고, 숙성기간이 경과할수록 유의적으로 다즙한 것으로 평가되었다($p < 0.05$). Kim과 Lee(2003)는 등급별로 한우 등심육을 2°C에서 14일간 숙성하면서 관능적 특성을 조사한 결과, 연도에서 숙성기간이 경과함에 따라 유의적으로 높게 평가되었지만, 풍미와 다즙성은 유의적인 차이가 없었다고 보고하였고, 또한 Campo 등(1999)의 보고에 의하면, 장기간 숙성이 고기를 더욱 연하게 만드는 것은 근육의 섬유질과 잔존물의 양이 적기 때문이라고 하였다. 관능검사에 의한 연도 평가와 기계적 연도 측정인 전단

력, MFI의 상관관계는 각각 부의 상관($r = -0.49$, $p < 0.0001$)과 정의 상관($r = 0.52$, $p < 0.0001$)을 나타내었다.

미세구조 변화

숙성온도와 숙성기간에 따라 한우 거세우 배최장근의 미세한 구조 변화를 관찰하기 위하여 투과전자현미경 촬영을 하였다(Fig. 1). 0°C에서 숙성한 배최장근의 근원섬유 조직은 숙성 14일에 약간의 Z-disk 붕괴가 나타났으나 숙성 21일부터 Z-disk의 붕괴가 확실하게 관찰되었다. 4°C에서 숙성한 배최장근의 근원섬유 조직은 숙성 14일부터 Z-disk 붕괴가 나타나기 시작하였다. Choi 등(1995)의 결과에 의하면, 한우 수소의 배최장근을 숙성온도 0, 5, 10°C로 하고 14일간 숙성하였을 때, 숙성온도가 높을수록 Z-선이 불분명하였고, 숙성 14일에 Z-선의 붕괴가 관찰되었다는 보고와 유사한 결과를 보였다. 또한 이러한 형태적인 변화는 연도의 증가(Table 1)와 일치하여 숙성온도가 높고, 숙성기간이 길어질수록 연도가 확실하게 개선되었다.

아미노산 조성 변화

0°C에서 숙성기간별로 숙성한 한우 거세우 배최장근의 아미노산 조성 변화를 살펴보면(Table 4), cystine을 제외한 모든 아미노산에서 숙성기간이 경과함에 따라 그 함량이 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 또한 2일간 숙성한 배최장근의 아미노산 중 함량이 10 mg% 이상인 것이

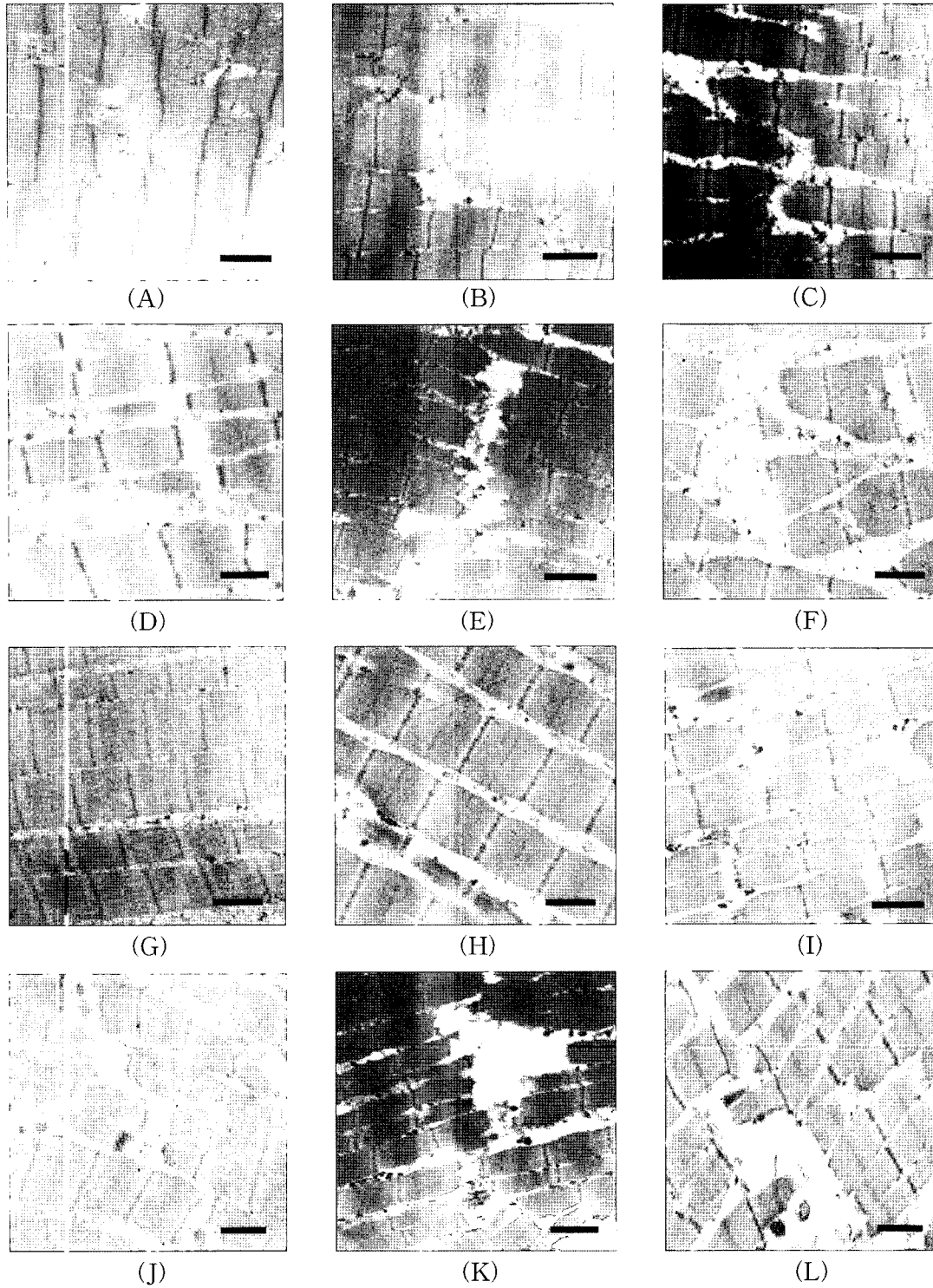


Fig. 1. Transmission electron micrographs of *longissimus* muscle from hanwoo steer at different ageing temperature and time (magnification: $\times 10,000$, Bar = 952.4 nm). (A) 2 days of ageing at 0°C, (B) 7 days of ageing at 0°C, (C) 14 days of ageing at 0°C, (D) 21 days of ageing at 0°C, (E) 28 days of ageing at 0°C, (F) 49 days of ageing at 0°C, (G) 2 days of ageing at 4°C, (H) 7 days of ageing at 4°C, (I) 14 days of ageing at 4°C, (J) 21 days of ageing at 4, (K) 28 days of ageing at 4°C, (L) 49 days of ageing at 4°C.

threonine과 alanine이었지만, 14일 숙성한 배최장근의 아미노산의 경우, threonine, alanine, valine, leucine, tyrosine, phenylalanine, lysine, arginine으로 늘어났는데, 이는 Fig.

1처럼 숙성 14일부터 근원섬유에서 Z-disk가 서서히 붕괴되어 아미노산 함량이 증가하는 것으로 사료되며, 아미노산 함량의 증가는 숙성된 등심의 풍미와 기호도를 향상시

Table 4. Effect of ageing time on amino acid composition (mg%) of longissimus muscle from Hanwoo steer carcass stored at 0°C

Item	Ageing time (days)					
	2	7	14	21	28	49
Cystine	0.36±0.14	0.55±0.12	0.36±0.15	0.46±0.19	0.15±0.10	0.58±0.28
Methionine	2.22±0.59 ^b	5.39±0.72 ^{ab}	5.26±1.65 ^{ab}	7.05±3.47 ^{ab}	10.12±3.79 ^{ab}	15.39±5.65 ^a
Aspartic acid	0.00±0.00 ^c	0.66±0.66 ^c	0.42±0.42 ^c	1.53±0.83 ^c	3.38±0.19 ^b	5.85±0.89 ^a
Threonine	36.65±7.14 ^c	45.55±7.11 ^{abc}	44.86±4.50 ^{bc}	57.98±7.79 ^{abc}	66.86±11.64 ^{ab}	72.95±9.93 ^a
Serine	3.71±0.41 ^d	6.47±0.60 ^{cd}	9.37±0.95 ^c	15.31±1.25 ^b	18.87±1.05 ^b	30.44±2.25 ^a
Glutamic acid	3.88±0.63 ^d	5.89±0.64 ^{cd}	9.75±1.16 ^c	15.52±1.44 ^b	19.56±1.43 ^b	34.42±2.70 ^a
Glycine	5.05±0.02 ^c	6.26±0.12 ^c	7.12±0.41 ^c	10.02±0.68 ^b	12.27±0.85 ^b	18.12±1.46 ^a
Aanine	29.92±3.01 ^c	37.41±1.07 ^c	40.73±1.69 ^c	51.99±2.92 ^b	58.10±5.37 ^b	72.18±5.19 ^a
Valine	4.50±0.94 ^d	6.87±1.39 ^{cd}	10.20±1.71 ^c	16.17±1.75 ^b	20.10±1.29 ^b	34.47±2.14 ^a
Iso-leucine	3.07±0.81 ^d	4.83±1.03 ^{cd}	7.34±1.29 ^c	10.99±1.21 ^b	13.98±1.16 ^b	24.60±1.37 ^a
Leucine	5.60±1.22 ^e	9.43±1.80 ^{de}	14.90±2.53 ^{cd}	21.63±2.34 ^{bc}	27.20±2.18 ^b	46.71±2.98 ^a
Tyrosine	4.85±1.27 ^e	8.14±1.78 ^{de}	12.49±2.59 ^{cd}	17.19±1.86 ^{bc}	20.88±1.23 ^b	31.75±1.40 ^a
Phenylalanine	4.77±1.66 ^e	8.53±2.18 ^{de}	13.11±1.95 ^{cd}	16.79±1.33 ^{bc}	20.40±0.75 ^b	30.58±1.77 ^a
Lysine	5.66±1.29 ^e	9.41±1.71 ^e	10.58±0.96 ^c	23.36±4.19 ^b	32.23±5.07 ^b	53.60±5.35 ^a
Histidine	5.53±1.65 ^e	7.15±1.30 ^c	8.84±1.02 ^c	11.48±0.98 ^{bc}	15.32±2.38 ^{ab}	20.67±3.23 ^a
Arginine	6.36±0.67 ^d	10.23±1.57 ^{cd}	13.61±2.37 ^c	20.78±2.48 ^b	23.19±1.24 ^b	39.07±0.68 ^a
Proline	2.75±0.11 ^c	3.67±0.22 ^c	3.99±0.22 ^c	7.09±0.60 ^b	8.86±0.62 ^b	15.53±1.50 ^a

^{a-c} : Means with different letter in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. Effect of ageing time on amino acid composition (mg%) of longissimus muscle from Hanwoo steer carcass stored at 4°C

Item	Ageing time (days)					
	2	7	14	21	28	49
Cystine	0.36±0.04 ^b	0.32±0.09 ^b	0.42±0.05 ^b	0.52±0.09 ^b	0.39±0.21 ^b	1.50±0.36 ^a
Methionine	3.84±0.80 ^d	4.87±1.16 ^d	7.48±1.77 ^{cd}	10.55±0.76 ^c	14.47±0.84 ^b	24.18±1.25 ^a
Aspartic acid	2.48±1.38 ^{cd}	0.31±0.31 ^d	3.49±1.38 ^{bcd}	5.27±1.79 ^{bc}	7.04±1.91 ^b	12.07±0.31 ^a
Threonine	43.50±5.99	44.67±5.70	51.89±10.25	58.55±10.58	71.23±10.28	77.42±20.85
Serine	4.63±1.28 ^d	7.45±1.80 ^{cd}	11.84±3.33 ^{bcd}	16.54±2.55 ^{bc}	22.29±2.09 ^b	32.67±6.28 ^a
Glutamic acid	4.65±1.47 ^c	7.08±1.21 ^c	13.86±2.84 ^{bc}	16.84±4.43 ^{bc}	25.33±2.95 ^b	44.20±11.06 ^a
Glycine	6.12±0.72 ^d	6.98±1.05 ^d	9.21±1.27 ^{cd}	11.47±1.06 ^{bc}	14.25±1.01 ^b	31.68±2.07 ^a
Alanine	31.81±1.76 ^e	35.82±3.70 ^{de}	46.07±6.84 ^{cd}	50.20±4.35 ^c	63.90±1.62 ^b	94.19±3.41 ^a
Valine	5.63±1.16 ^d	8.12±1.81 ^d	12.36±2.91 ^{cd}	17.14±1.74 ^{bc}	23.65±1.82 ^b	45.59±2.82 ^a
Iso-leucine	3.82±0.65 ^d	5.14±0.99 ^d	8.37±2.04 ^{cd}	11.61±1.42 ^{bc}	16.33±1.13 ^b	36.10±2.30 ^a
Leucine	7.60±1.25 ^e	10.27±1.89 ^{de}	16.61±3.90 ^{cd}	21.76±2.28 ^c	30.55±1.68 ^b	62.62±3.27 ^a
Tyrosine	5.21±0.88 ^d	7.79±1.86 ^{cd}	12.49±3.25 ^{bc}	16.28±1.56 ^{ab}	22.55±0.68 ^a	20.98±3.03 ^a
Phenylalanine	4.53±0.55 ^e	7.08±1.75 ^{de}	10.90±2.51 ^{cd}	14.73±0.73 ^c	20.63±0.93 ^b	37.61±2.24 ^a
Lysine	11.67±3.38 ^c	17.90±3.49 ^{bc}	25.18±5.62 ^{bc}	30.85±2.66 ^{bc}	38.61±2.70 ^{ab}	56.15±13.58 ^a
Histidine	5.58±1.57 ^d	5.87±1.41 ^d	8.62±1.83 ^{cd}	11.32±0.78 ^{bc}	14.48±0.33 ^b	29.53±0.61 ^a
Arginine	7.41±1.33 ^d	9.89±2.00 ^{cd}	14.88±3.83 ^{cd}	19.54±2.55 ^{bc}	28.14±0.64 ^b	39.63±6.69 ^a
Proline	4.96±1.07 ^c	5.44±1.44 ^c	8.52±2.59 ^{bc}	10.12±0.85 ^{bc}	12.65±2.54 ^b	34.60±1.63 ^a

^{a-c} : Means with different letter in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

킬 것으로 생각된다.

Table 5는 4°C에서 숙성기간별로 숙성한 한우 거세우 배최장근의 아미노산 조성 변화를 나타내었다. 모든 아미노산에서 숙성기간이 경과함에 따라 그 함량이 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 또한 2일간 숙성한 배최장근의 아미노산 중 함량이 10 mg% 이상인 것이 threonine, alanine, lysine이었지만, 14일 숙성한 배최장근의 아미노산의 경우, threonine, serine, glutamic acid, alanine, valine, leucine,

tyrosine, phenylalanine, lysine, arginine으로 늘어났다. 숙성온도에 따른 간접적인 아미노산 함량 변화는 4°C에서 숙성된 배최장근의 아미노산 함량이 0°C에서 숙성된 아미노산 함량보다 더 높은 경향을 보였다. 아미노산 각 조성 함량과 다른 분석 항목간의 상관관계 결과를 보면, MFI와 육즙감량이 정의 상관이 높게 나타났고, 그 중 serine 함량과 MFI, glycine 함량과 육즙감량이 각각 가장 높은 상관관계($r = 0.89$, $p < 0.0001$; $r = 0.93$, $p < 0.0001$)를 나타내었다.

요 약

본 연구는 숙성온도와 숙성기간이 한우 거세우 배최장근의 육질 특성에 미치는 영향을 구명하고자 숙성온도를 0, 4°C로 하여 2, 7, 14, 21, 28, 49일 동안 숙성하면서 한우 거세우 배최장근의 pH, 전단력, MFI, 가열 및 육즙감량, 전자현미경 관찰, 관능검사 및 아미노산 조성을 분석하였다. pH는 숙성온도가 0°C일 때 숙성 21일까지, 숙성온도가 4°C일 때 숙성 14일까지 증가하다가 감소하였다($p < 0.05$). 전단력 값은 숙성 14일부터 28일까지 4°C에서 숙성한 배최장근이 0°C보다 유의적으로 낮았고, 숙성기간이 경과함에 따라 유의적으로 연도가 향상되었다($p < 0.05$). MFI의 경우 4°C에서 숙성한 배최장근 보다 0°C에서 높은 경향을 보였고, 숙성기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 0°C에서 숙성한 배최장근의 가열 및 육즙감량이 4°C보다 적은 경향이었고, 숙성기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 관능검사에서 연도와 다즙성은 0°C에서 숙성한 배최장근이 4°C 보다 좋은 평가를 보였고, 숙성기간이 경과하면서 유의적으로 높은 평가를 얻었다($p < 0.05$). 전자현미경에 의한 미세구조 변화는 4°C에서 숙성한 배최장근이 0°C보다 1주일 빠르게 Z-disk의 붕괴가 확실하게 관찰되었고, 숙성기간이 경과하면서 Z-disk의 붕괴정도가 많아졌다. 아미노산 함량 변화는 4°C에서 숙성한 배최장근이 0°C보다 높은 경향이었고, 숙성기간이 경과하면서 각 아미노산 조성의 함량이 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 이상의 결과를 종합하면, 한우 거세우 등심의 최적 숙성 조건은 0°C에서는 14일간, 4°C에서는 7일간 숙성하는 것이 바람직한 것으로 사료되며, 향후 숙성기술의 산업적 적용을 위하여 한우의 부위 및 근육별 적정 숙성기간 설정 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Boakye, K. and Mittal, G. S. (1993) Changes in pH and water holding properties of *longissimus dorsi* muscle during beef ageing. *Meat Sci.* **34**, 335-349.
- Campo, M. M., Sanudo, C., Panea, B., Alberti, P., and Santolaria, P. (1999) Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Sci.* **51**, 383-390.
- Cho, S. H. (2003) Technology development of livestock food products in the 21st century. Rural Development Administration, National Livestock Research Institute, pp. 171-206.
- Choi, Y. I., Kim, Y. K., and Lee, C. L. (1995) Effects of packaging method and aging temperature on color, tenderness and storage characteristics of Korean beef. *Korean J. Anim. Sci.* **37**, 639-650.
- Culler, R. D., Parrish F. C. Jr., Smith G. C., and Cross H. R. (1978) Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *J. Food Sci.* **43**, 1177-1180.
- Dransfield, E. (1994) Optimisation of tenderisation, ageing, and tenderness. *Meat Sci.* **36**, 105-121.
- Geesink, G. H., Kuchay, S., Chishti, A. H., and Koochmaraie, M. (2006) u-Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. *J. Anim. Sci.* **84**, 2834-2840.
- Gruber, S. L., Tatum, J. D., Scanga, J. A., Chapman, P. L., Smith, G. C., and Belk, K. E. (2006) Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *J. Anim. Sci.* **84**, 3387-3396.
- Han, G. D., Kim, D. G., Kim, S. M., Ahn, D. H., Sung, S. K. (1996) Effects of aging on the physico-chemical and morphological properties in the Hanwoo beef by the grade. *Korean J. Anim. Sci.* **38**, 589-596.
- Hopkins, D. L., Littlefield, P. J., and Thompson, J. M. (2000) A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Sci.* **56**, 19-22.
- Huff, E. J. and Parrish, JR. F. C. (1993) Bovine *longissimus* muscle tenderness as affected by postmortem aging time, animal age and sex. *J. Food Sci.* **58**, 713-716.
- Huffman, K. L., Miller, M. F., Hoover, L. C., Wu, C. K. Brittin, H. C., and Ramsey, C. B. (1996) Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *J. Anim. Sci.* **74**, 91-97.
- Kim, C. J. and Lee, E. S. (2003) Effects of quality grade on the chemical, physical and sensory characteristics of Hanwoo (Korean native cattle) beef. *Meat Sci.* **63**, 397-405.
- Kim, J. H., Kim, H. K., Park, B. Y., Cho, S. H., Hwang, I. H., Kim, D. H., and Lee, J. M. (2005) Changes in pH, temperature, *R*-values and calpain activity of *m. longissimus* from Hanwoo steer during rigor development. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **25**, 310-315.
- Miller, M. F., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Crockett, K. L., and Hoover, L. C. (2001) Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *J. Anim. Sci.* **79**, 3062-3068.
- Monsón, F., Sanudo, C., and Sierra, I. (2004) Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.* **68**, 595-602.
- 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**, 1036-1041.
- Park, B. Y., Cho, S. H., Kim, J. H., Lee, S. H., Hwang, I. H., Kim, D. H., Kim, W. Y., and Lee, J. M. (2005) Effects of organic selenium supplementation on meat quality of Hanwoo steers. *J. Anim. Sci. Technol.* **47**, 277-282.
- Platter, W. J., Tatum, J. D., Belk K. E., Chapman, P. L., Scanga, J. A., and Smith, G. C. (2003) Relationships of consumer sensory ratings, marbling score, and shear force value to consumer acceptance of beef strip loin steaks. *J. Anim. Sci.* **81**, 2741-2750.
- Purchas, R. W., Yan, X., and Hartley, D. G. (1999) The influence of a period of ageing on the relationship between ultimate pH and shear values of beef *m. longissimus thoracis*.

- Meat Sci.* **51**, 135-141.
21. SAS. (1996) SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 22. Savell, J. W., Branson, R. E., Cross, H. R., Stiffler, D. M., Wise, J. W., Griffin, D. B., and Smith, G. C. (1987) National consumer retail beef study: palatability evaluations of beef loin steaks that differed in marbling. *J. Food Sci.* **52**, 517-519, 532.
 23. Savell, J. W., Cross, H. R., Francis, J. J., Wise, J. W., Hale, D. S., Wilkes, D. L., and Smith, G. C. (1989) National consumer retail beef study: Interaction of trim level, price and grade on consumer acceptance of beef steaks and roasts. *J. Food Qual.* **12**, 251-274.
 24. Van Moeseke, W., De Smet, S., Claeys, E., and Demeyer, D. (2001) Very fast chilling of beef: Effect on meat quality. *Meat Sci.* **59**, 31-37.
 25. Weatherly, B. H., Lorenzen, C. L., and Savell, J. W. (1998) Determining optimal aging times for beef subprimals. *J. Anim. Sci.* **76(Supl.1)**, 598(Abstract).
 26. 김경남 (2001) 제2판 사료표준분석방법. 농촌진흥청 축산기술연구소. pp. 40-47.

(2007. 3. 8. 접수/2007. 4. 25. 채택)