

## 한우암소고기의 연령이 등심 및 우둔부위 일반성분 및 육질에 미치는 영향

조수현\* · 성필남 · 강근호 · 최순호 · 장선식 · 강선문 · 박경미 · 김영춘 · 홍성구 · 박범영  
농촌진흥청 국립축산과학원

### Effect of Age on Chemical Composition and Meat Quality for Loin and Top Round of Hanwoo Cow Beef

Soohyun Cho\*, Pilnam Seong, Geunho Kang, Soonho Choi, Sunsik Chang, Sun Moon Kang, Kyung Mi Park, Youngchun Kim, Sunggu Hong, and Beom Young Park

Animal Products Research and Development Division, National Institute of Animal Science, Suwon 441-706, Korea

#### Abstract

This study investigated the chemical composition, meat quality and volatile flavor compounds in loin and top round of Hanwoo beef (n=126) depending on different age groups (G1, <5; G2, 6-8; G3, >9 years old). The intramuscular fat content (%) was higher for loin and top round of G1 ( $p<0.05$ ) than that in the other groups. There was no difference in age groups for the top round; however, the loin of G1 had lower protein content ( $p>0.05$ ). Total collagen content was lower in the top round of G3 ( $p<0.05$ ). The loin and top round muscles of G1 had higher  $a^*$  values and lower Warner Bratzler shear force values than that in the other age groups ( $p<0.05$ ). The loin muscles of G1 were lower in percentage of cooking loss and higher in the water holding capacity than the loin in the other groups ( $p<0.05$ ). The loin of G1 had lower total content of saturated fatty acids, whereas the top round of G1 had higher total content of monounsaturated fatty acids and lower total content of polyunsaturated fatty acids than that in the other age groups ( $p<0.05$ ). Alanine was the highest free amino acid in the loin of Hanwoo beef, followed by glutamine, glycine, isoleucine and proline. The loin of G1 had higher contents of threonine, alanine, valine, methionine, phenylalanine, leucine and lysine than those in the other groups ( $p<0.05$ ). The loin of G3 contained higher 3-methylbutanal, furfural, octanal, 1-(acetyloxy)-2-propanone, 1-octanol, 2,5-dimethylpyrazine and 2-ethyl-2,5-dimethylpyrazine in volatile flavor components than the loin in G1 ( $p<0.05$ ).

**Key words:** Hanwoo cow beef, age, meat quality, nutritional composition, flavor compounds

#### 서 론

최근 FTA 등 국제무역 개방화가 급격히 진전되는 가운데 한국의 축산물 소비는 지속적으로 증가하여 2000년에 1인당 31.9 kg이었던 총 고기 소비량은 2010년에 38.7 kg으로 약 21.3% 증가하였다(KMTA, 2012). 그러나 다른 축종육에 비하여 쇠고기는 1인당 8.5 kg에서 8.8 kg 수준으로 10년간 약 3.5%의 저조한 증가 추세를 보여 이에 대한 소비촉진 방안 마련이 시급하다. 우리나라에서 암소고기 생산은 전체 한우 도축물량의 약 41%를 차지하고 있는데(KAPE, 2011), 이것은 유럽과 미국이 각각 총 쇠고기 소비량의 30% 또는 15% 수준을 감안했을 때 상당히 높

은 수준이다. 젊은 암소고기와 비교했을 때 연령이 많은 암소고기는 더 질기고(Bouton *et al.*, 1978) 처음 씹었을 때 더 건조하다고 보고된 바 있었다(Shorthose and Harris, 1990). 쇠고기 연도는 소비자들이 고기를 평가할 때 가장 중요한 영향을 미치는 미각과 후각을 자극하는 특징 중의 하나인 만큼 암소의 경우 연령에 의한 질긴 육질을 개선 시키고자 자연숙성, 천연 및 인공효소의 사용, 전기자극(Dransfield *et al.*, 1992; Hwang *et al.*, 2003), 도체현수방법(Herring *et al.*, 1992), tendercut(Ludwig *et al.*, 1997), blade tenderisation(Benito-Delgado *et al.*, 1994), 다양한 천연 또는 인공대사물질 및 연화제 주입(Morgan *et al.*, 1991) 등의 다양한 방법들이 시도되었다. 한편 사양효과에 있어서도 연령의 영향을 받는데 어린 암소가 나이 든 암소보다 비육효과가 더 있으며 이로 인하여 비육기간도 더 짧아는데 특히 미경산우는 촘촘한 근육구조와 생산성이 높아 더 좋은 도체등급을 받는 경향이 있었다고 하였다(Graham

\*Corresponding author: Soohyun Cho, Animal Products Research and Development Division, National Institute of Animal Science, Suwon 441-706, Korea. Tel: 82-31-290-1703 Fax: 82-31-290-1697, E-mail: shc0915@korea.kr

and Price, 1982). 이런 점을 감안하여 몇몇 연구자들에 의하여 노령 암소들을 대상으로 고강도 사양시스템 적용으로 중량개선 효과(Cranwell *et al.*, 1996; Matulis *et al.*, 1987)와 사양시스템을 통한 도체의 생산성을 균일하게 개선하는 효과에 대한 연구도 수행된 바 있었다(Matulis *et al.*, 1987; Pritchard and Burg, 1993). 현재까지 국내외적으로 암소고기에 대한 연구는 제한된 품종에 한정하여 연구 결과가 발표되었다. Jurie 등(2006)은 4-9세 범위의 암소에 대하여 4개의 품종별로 도체 및 근육특성에 대하여 조사하였으며 Dransfield 등(2003)은 젊은 수소고기와 나이드는 암소고기의 육질비교 결과를 발표한 바 있었다. 한편, 한국의 쇠고기 육질등급제는 거의 마블링 수준에 따라 결정되는데(Moon *et al.*, 2006), 암소의 경우 마블링 이외에도 연령, 산차, 및 성숙도와도 연관성이 있다고 하였다(Hilton *et al.*, 1998). 국내에서 암소고기는 대체적으로 연하고 부드러운 것으로 알려져 있어 소비자들의 선호도가 높은 편이지만 사실상 수소나 거세우와는 달리 암소고기는 출하 연령대 범위가 다양한 점을 고려했을 때 현재까지 이러한 연령을 기준으로 암소고기의 품질을 예측할 수 있는 기준은 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 한우암소의 연령그룹별 등심(loin) 또는 우둔(top round) 부위의 이화학적 육질특성을 조사하여 한우암소고기의 육질을 판단할 수 있는 기초자료를 제시하고자 본 연구를 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 연구에 사용된 한우고기 시료는 국립축산과학원 한우시험장에서 사육된 암소(2-15세) 총 126두를 공시축으로 하여 3개의 연령그룹(그룹 1, 64두; 그룹 2, 35두; 그룹 3, 27두)으로 나누어 분석에 사용하였다. 공시축으로 사용된 소들은 정상적인 방법으로 도축하여 1°C 냉장실에 24시간 냉장 후 농림부고시 제 2005-82호(MIFAFF, 2007) 기준에 따라 발골하였으며 그 중에서 2개 부위 등심(loin), 우둔(top round)을 분리하여 진공 포장하고 2°C에서 7일간 숙성시킨 후 분석에 이용하였다. 한우 암소는 연령별로 3 그룹(그룹 1, 5세 이하; 그룹 2, 6-8세; 그룹 3, 9세 이상)으로 구분하여 분석하였다.

### 일반성분 분석

단백질, 수분, 지방 및 콜라겐 함량 분석은 AOAC(2006)에 승인된 근적외선분광기(Food Scan™ Lab, Foss tecator, DK) 측정법을 이용하여 측정하였다.

### 육색 측정

육색은 근육을 절단하여 공기 중에 30분 정도 노출시킨

후 Chromameter(CR301, Minolta Co., Germany)로 명도(L\*), 적색도(a\*), 황색도(b\*)를 CIE (Commision Internationale de Leclairage) 값으로 3반복 측정하여 평균값을 적용하였으며 이때 사용한 기준색인 표준판은 Y=92.40, x=0.3136, y=0.3196의 백색타일을 이용하였다.

### 가열감량 측정

가열감량(Cooking loss, %)은 부위별 근육을 2.5 cm 두께의 스테이크 모양으로 절단하고 80°C 항온수조에서 시료의 심부온도가 70°C에 도달할 때까지 가열한 후 가열 전후 중량 차를 백분율로 계산하였다(Honikel, 1998).

### 보수력 측정

보수력(Water holding capacity; WHC)은 원심분리법(Ryoichi *et al.*, 1993)으로 측정하였다. 보수력은 Laakkonen 등(1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2 mL filter관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막(힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5±0.5 g을 원심분리관의 상부 filter관에 넣고 무게를 측정하였다. filter관을 80°C의 water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨 다음 filter관을 원심분리관 하부에 넣고 4°C에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 Filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보수력}(\%) = \frac{\text{전수분}(\%) - \text{유리수분}(\%)}{\text{전수분}(\%)} \times 100$$

$$\text{유리수분}(\%)$$

$$= \frac{\text{원심분리 전 무게}(\text{g}) - \text{원심분리 후 무게}(\text{g})}{\text{시료무게}(\text{g}) \times \text{지방계수}} \times 100$$

$$\text{지방계수} = \frac{\text{지방}(\%)}{100}$$

### 전단력 측정

전단력은 Wheeler 등(2000)의 방법으로 시료를 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 전단하여 육 내부온도 70°C까지 가열한 후 흐르는 물에 10분간 방냉하였다. 방냉한 시료에서 직경 1.27 cm 코어(core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine(Model 5543, USA)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 5회 반복 측정하였다.

### 지방산 분석

Folch 등(1957)의 방법으로 methanol: Chloroform (1:2, v/v)로 지방을 추출하였으며 가수분해는 Morrison과 Smith

(1964)의 방법으로 분석하였다. 지방산 조성은 Gas Chromatography(Varian 3800, Varian, USA)을 사용하여 분석하였으며 Gas Chromatography(GC) 조건은 silica capillary column(Omegawax 205, 30 m×0.32 mm I.D., 0.25 µm film thickness)을 이용하였고 Injection port 온도는 250°C이었으며 검출기 온도는 260°C로 유지하였다. 분석결과는 전체 피크면적에 대한 비율(%)로 계산하였다.

#### 유리아미노산 분석

유리아미노산 함량은 Henderson 등(2000)의 방법에 준하여 분석하였다. 분쇄된 고기 시료 1 g을 원심분리 튜브에 취한 다음 0.01 N HCl을 5 mL 넣고 10,000×g에서 각각 20초간 균질하였다. 상층액을 거즈로 걸러낸 뒤 시료 300 µL에 내부표준물질(ISTD)로 L-Citruline(98% purity, Sigma-aldrich, USA) stock 10 µL를 넣고, 여기에 acetonitrile 690 µL를 넣고 30분 동안 정치시킨 다음 10,000×g에 15분간 원심 분리하고 상층액을 필터링하여 Diode array detector가 장착된 HPLC(Agilent 1100, Agilent Technologies, USA)에 주입하였다. Column은 Zorbax Eclipse AAA(4.6 mm×150 mm, thickness 5 µm)를 사용하였으며 이동상 A는 40 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>(pH 7.8), B는 Acetonitrile:MeOH:중류수=45:45:10(v/v/v)을 제조하여 사용하였다. 외부표준물질(ESTD)으로 Agilent Technologies사(USA)에서 생산되는 Amino acid standard(0.25 nM/µL)와 glutamine(Sigma-aldrich, USA)를 사용하였고 OPA(ortho-phthalaldehyde) reagent, FMOX(flourenyl-methoxy carbonylchloride) reagent(Agilent technologies, USA)를 각각 유도체로 사용하였다.

#### 휘발성 향기분석

결체조직과 지방을 제거한 시료 100-150 g을 액체질소와 함께 분쇄하여 사용 전까지 -20°C에 보관한다. 각각 1 g의 시료를 40 mL SPME 병에 넣어 121°C에서 30분 동안 가열하였다. 1 µL의 내부표준물질(2-methyl-3-heptanone, 0.816 mg/mL in methanol)을 분석 전 시료에 첨가하였다. 60°C의 항온수조에서 탕진하면서 SPME 섬유(Carboxen/PDMS, 75 µm, Supelco Co., USA)에 향기 관련 휘발성 성분을 흡착시켰다. 흡착 직후 GC/MS(Agilent Technologies 6890N, 5973MSD, USA)의 250°C에 5분 동안 노출시켰다. 성분은 DB-5MS capillary column (3 m×0.25 mm i.d.×0.25 µm film thickness, Agilent J & W Scientific, Model No. 122-5532, Folcom, USA)로 분석하였다. 정량을 위하여 분석된 피크들은 Chem Station(Agilent Technologies, Version D.01.00, USA)을 이용하여 면적을 구하였고, 향기성분의 동정은 Wiley Registry of Mass Spectral Data 7th edition (McLafferty, 2000; Agilent part no. G1035B)과 비교하여 결정하였다. 또한 Kovats 인덱스를 alkanes C80C20C8-C20 (Fluka, Cat. No. 04070, New Zealand)을 활용하여 계산하

여 동정하였다. 성분의 정량은 내부표준물질을 fact 1로 하여 정량하였다. 분석시 시료의 split는 10:1이고 split flow는 10 mL/min으로 헬륨을 캐리어로 압력 7.03 psi 1.0 mL/min 속도로 실시하였으며, 평균 velocity는 36 cm/sec이었다. 검출된 피크는 다시 동일화학물질(pentanal, hexanal, heptanal, octanal, octenal, nonanal, E-2-hetenal, E-2-octenal, E,E-2,4-nonadienal, E,E-2,4-decadienal, E-2-nonenal, phenylacetaldehyde, 2-octanone, 1-octanol, pyrazine, 2-methylpyrazine and 1-pentanol(Aldrich, USA), 1-octen-3-ol, naphthalene, 2-heptanone and 2-hexanone(Fluka, Switzerland) and decanal(Sigma, USA))을 분석하여 확인하였다. 이 표준성분은 아세톤에 100배 희석하여 1 µL을 GC/MS로 분석하였다. 장비조건은 다음과 같았다.

- Maximum temperature: 325°C
- Initial temperature: 40°C
- Holding time: 5 min.
- Temperature/min: 8 min.
- Raise temp: 250°C
- Holding time: 5 min.
- Total running time: 36.25 min.

#### 통계분석

분석결과는 SAS(2005) program을 이용하여 Student-Newman-Keul's 다중 검정법으로 각 요인간의 유의성 ( $p < 0.05$ )을 비교하였다.

## 결과 및 고찰

#### 일반성분

한우암소의 등심과 우둔부위의 일반조성을 분석한 결과는 Table 1과 같았다. 등심과 우둔부위 모두 5세 이하 연령그룹 1이 그 보다 연령이 더 많은 그룹 2 또는 3과 비교했을 때 근내지방 함량은 높고 수분함량이 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ). 단백질함량은 등심에서는 연령그룹 1이

**Table 1. Chemical compositions of loin and top round muscles from Hanwoo cows by different age groups**

Cut	Age group*	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Collagen (%)
Loin	1	63.47±0.31** <sup>b</sup>	20.06±0.09 <sup>b</sup>	13.46±0.33 <sup>a</sup>	1.87±0.02
	2	64.86±0.30 <sup>a</sup>	20.53±0.09 <sup>a</sup>	10.95±0.25 <sup>b</sup>	1.83±0.02
	3	65.08±0.35 <sup>a</sup>	20.49±0.10 <sup>a</sup>	10.86±0.45 <sup>b</sup>	1.81±0.04
Top round	1	67.22±0.31 <sup>b</sup>	20.81±0.10	8.23±0.35 <sup>a</sup>	1.87±0.02 <sup>a</sup>
	2	68.23±0.28 <sup>a</sup>	21.04±0.15	6.92±0.39 <sup>b</sup>	1.76±0.02 <sup>a</sup>
	3	68.37±0.31 <sup>a</sup>	21.08±0.19	6.30±0.46 <sup>b</sup>	1.72±0.03 <sup>b</sup>

\*Group 1, <5; Group 2, 6-8; Group 3, >9 years old

\*\*Mean±SE

<sup>a-c</sup>Means in the same column within the same category with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

연령그룹 2와 3보다 유의적으로 높았던 반면 우둔부위에서는 3개의 연령그룹간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 콜라겐 함량은 등심부위에서는 연령그룹간의 유의적인 차이가 없었으나 우둔부위에서는 9세 이상의 연령그룹 3이 그룹 1과 2보다 유의적으로 낮은 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 근내지방도는 육색과 함께 소비자에게 있어 가장 중요한 구매지표가 되는 연도(tenderness)와 매우 밀접한 관계가 있다(Miller *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2002). 쇠고기의 맛이 일반적으로 마블링이 증가할수록 향상되는 것(Tatum *et al.*, 1980)으로 알려져 있으나 이는 원산지별 소비자 기호도 뿐 아니라 품종, 연령, 성별 및 부위에 따라서도 맛에 미치는 영향력은 차이가 있는 것으로 나타났다(Savell *et al.*, 1987; Kim and Lee, 2003). Fiems 등(2003)은 double muscle begium 수소와 암소 채끝등심의 일반성분 및 육질을 비교한 결과 지방함량은 암소가 수소보다 2배 이상 높은 것으로 보고되었다. Moon 등(2006)은 한우암소에 대한 연구결과에서 성숙도가 낮은 암소일수록 성숙도가 높은 암소보다 마블링 점수가 더 높았으며 마블링이 많은 도체가 더 높은 육질등급을 받았다고 하였다. 한편, Hilton 등(1998)은 암소고기의 육질은 마블링과 성숙도의 영향력이 더 크다고 하였다.

#### 육색, 가열감량, 근질길이, 전단력, 보수력

육색에서 등심부위는 5세 이하의 연령 그룹 1이 9세 이상의 연령 그룹 3과 비교하여 L\*값(백색도)과 a\*값(적색도)이 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ )(Table 2). 한편 우둔부위는 그룹 3이 그룹 1보다 a\*값이 유의적으로 낮았으며 L\*값과 b\*값에서는 유의적인 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 육색은 주로 마이오글로빈(myoglobin) 함량에 의존하는데(Ibanez *et al.*, 1995; Sakata and Nagata, 1992) 쇠고기의 마이오글로빈 함량은 전체 육색소의 90% 이상을 차지하는 마이오글로빈은 가축의 연령이 증가함에 따라 증가하지만 적색의 살코기는 마블링의 영향을 받아 육색소의 양이 증가한다 하더라도 근내지방이 증가하면 백색도(L\*) 수치가 증

가할 수 있다(Fiem *et al.*, 2000). Moon 등(2006)의 보고에 의하면 성숙도 조건(2년 이하, 2-5년, 5년 이상)에 따른 한우암소고기의 육질비교 결과 성숙도가 증가할수록 적색도(a\*)와 황색도(b\*값)이 증가하였으며( $p < 0.05$ ) 백색도(L\*값)은 유의적인 차이가 없었다고 보고한 바 있다( $p > 0.05$ ). 본 연구에서도 연령그룹 1의 육색값(L\*, a\*, b\*)이 연령그룹 3(9세 이상)과 유의적인 차이가 있는 것은 Moon 등(2006)의 연구에 사용된 공시축보다 연령이 훨씬 더 높은 공시축을 포함하여 비롯된 차이로 사료된다. 한편, Xiong 등(2007)은 암소의 연령그룹별(2-4, 6-8, 10-12) ST, SM 근육의 육색 비교에서 10-12세 암소의 L\*값이 수치상으로 낮은 경향이었으며 연령이 젊은 암소육과 비교했을 때 metmyoglobin의 양이 더 높았고 또한 상대적으로 어두운 색을 띄었으나 유의적인 차이가 없었다고 하였다. Table 2에 나타난 바와 같이 한우암소의 등심부위는 연령이 적은 그룹 1이 연령이 많은 그룹 3보다 가열감량(%) 및 전단력이 낮고 보수력이 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 우둔부위에서는 연령이 많은 그룹 3이 연령이 적은 그룹 1과 2보다 전단력이 유의적으로 높게 나타나( $p < 0.05$ ) 등심과 우둔부위 모두 연령이 증가할수록 생산되는 고기는 질겨지는 것을 알 수 있었다. Fiems 등(2003)이 암소와 수소고기의 육질을 비교한 결과 double muscle begium 수소와 암소 채끝등심의 육질을 비교한 결과 암소가 수소보다 육색 L\*값이 낮았고 a\*값이 유의적으로 높았으며, 가열감량 및 전단력은 암소가 수소보다 더 낮았던 반면 보수력은 암소가 더 높았다고 보고된 바 있었다. 그 밖의 대부분의 연구에서도 헤어포드, 리무진 및 교잡종 암소고기의 연도가 동일한 품종의 수소고기보다 더 우수하였으며, Rigg 등(1967)은 암소에서 일반적으로 경산우가 더 연하다고 하였다(Martin *et al.*, 1971; Fiems *et al.*, 2003).

한편, 근질길이(sarcomere)는 근섬유의 수축단위로서 길이는 온도, pH 및 ATP 농도에 영향을 받는다고 하였는데(Honikel *et al.*, 1986), 본 연구에서는 암소고기의 등심과

**Table 2. Meat color (CIE L\*, a\*, b\*), cooking loss (%), Warner-Bratzler shear force (WBS), water holding capacity (WHC), sarcomere length of loin and top round muscles from Hanwoo cows by different age groups**

Cut	Age group*	Meat color			Cooking loss (%)	WBS (kg/0.5 inch <sup>2</sup> )	WHC (%)	Sarcomere Length (μm)
		L	a	b				
Loin	1	34.84±0.33** <sup>a</sup>	20.18±0.24 <sup>a</sup>	8.98±0.16	23.44±0.49 <sup>b</sup>	3.42±0.11 <sup>b</sup>	54.67±0.26 <sup>a</sup>	2.47±0.02
	2	35.68±0.42 <sup>a</sup>	19.78±0.21 <sup>ab</sup>	9.21±0.27	24.42±1.02 <sup>ab</sup>	3.64±0.13 <sup>ab</sup>	54.14±0.46 <sup>a</sup>	2.46±0.02
	3	33.66±0.36 <sup>b</sup>	19.20±0.26 <sup>b</sup>	9.31±0.21	26.30±0.62 <sup>a</sup>	3.98±0.14 <sup>a</sup>	53.11±0.34 <sup>b</sup>	2.51±0.02
Top round	1	34.33±0.23	20.67±0.21 <sup>a</sup>	9.61±0.17	26.54±0.43	4.70±0.15 <sup>b</sup>	54.16±0.31	2.48±0.01
	2	34.10±0.31	20.28±0.30 <sup>ab</sup>	9.54±0.20	27.46±0.59	4.83±0.12 <sup>b</sup>	53.38±0.46	2.49±0.02
	3	33.42±0.26	19.62±0.30 <sup>b</sup>	9.04±0.21	28.08±0.63	5.41±0.18 <sup>a</sup>	53.80±0.33	2.53±0.03

\*Group 1, <5; Group 2, 6-8; Group 3, >9 years old

\*\*Mean±SE

<sup>a-b</sup>Means in the same column within the same category with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

우둔부위 모두 연령그룹간에 근절길이의 유의적인 차이가 없었다( $p>0.05$ ). Wulf 등(1996)은 쇠고기 연도가 암소의 연령이 증가할수록 감소하였다고 하였다. 일부 연구자들에 의하여 가축의 연령이 고기연도에 연관된 사후 단백질분해 과정에 미치는 영향에 대하여 조사한 바 있었다. 생리적으로 연령이 높은 암소는 도축 후 근육내 myofibrillar protein을 분해하는 속도가 연령이 젊은 암소고기보다 떨어지는데(Parrish *et al.*, 1981; Koochmarai *et al.*, 1984), 이것은 생리적 연령층이 다양한 암소고기의 연도 편차가 발생하는 이유와 연관된다고 하였다. Xiong 등(2007)은 연령그룹별 암소(2-4세, 6-8세, 10-12세)의 육질특성을 분석한 결과 연령이 증가할수록 등심육의 전단력이 높았으며, 등심육을 10일간 숙성하면서 SDS-PAGE 및 digital image 분석으로 관찰한 결과 연도관련 단백질인 troponin-T와 concomitant appearance 33 kDa peptide의 분해속도가 troponin-T 분해속도가 낮았다고 보고하였다. Xiong 등(2007)의 암소의 연령그룹 및 부위별 저장실험에서 지방산화도 역시 연령이 증가할수록 지방산화도가 증가하였는데 부위별로는 안심으로 제조한 패티육이 우둔보다 연령증가에 따른 지방산화도가 더 높았다고 하였다. 이러한 결과는 성숙도 수준이 높을수록 질기다고 한 Hilton 등(1998) 및 Smith 등(1982)의 결과와도 일치하는 경향이였다. 몇 가지 근육내 endogenous enzyme system이 cathepsins, calpains proteasomes를 포함한 식육의 연화와 연관이 있는 것으로 추정되고 있다(Dutaud *et al.*, 2006; Goll *et al.*, 1983; Rowe *et al.*, 2004). 여러 연구결과에서 밝혀졌듯이 사후 식육의 연도개선이 전반적인 근육세포 cytoskeleton의 본질로서 중심적 역할을 하는 myofibrillar protein의 calpain-mediated degradation 과 연관이 있다고 한다(Christensen *et al.*, 2004; Rhee *et al.*, 2006). Huff-Lonergan 등(1995)은 나이 많은 소의 등심육이 질긴 이유가 아마도 사후 calpain-mediated protein 분해를 방해하는 calpastatin 활성이 더 높을 것으로 추론하였다. 최근 연구에서 산화환경에 노출되면 m-calpain이 불활성화되면서 사후 쇠고기 근육의 연화를 감소시킨다고 한다(Rowe *et al.*, 2004). 따라서 이러한 사실들과 본 연구결과를 종합해보면 나이가 많은 암소는 연령이 젊은 암소와 비교했을 때 상대적으로 더 많은 산화스트레스를 받으며 이로 인하여 calpain 활성이 감소하여 사후 산화안정성과 연화기능이 감소되어 질겨지고 또한 전반적인 육질이 저하된다는 것을 알 수 있다. 육색은 소비자가 식육구매시 영향을 주는 첫 번째 육질요인이라면(Risvik, 1994) 연도를 비롯한 육질과 맛은 그 소비자가 동일한 제품을 재구매할지 여부를 결정하게 해준다. 연도는 소비자들이 고기의 품질을 판단케 하는 가장 중요한 특성 중의 하나인데 암소고기의 경우 연령이 증가할수록 질겨지는 경향을 나타냈다.

### 지방산조성

지방산조성을 비교한 결과는 Table 3-4와 같다. 등심부위의 지방산 조성은 연령그룹간 유의적인 차이가 없었으나 C18:1n7 및 C18:1n9 함량은 연령그룹 1이 유의적으로 더 높았고 총포화지방산(SFA) 함량은 연령이 많은 그룹 3이 그룹 1보다 유의적으로 더 높은 것으로 나타났다(Table 3). 반면 우둔부위는 연령그룹 1이 C16:1n7, C18:1n7, C18:1n9의 및 총단일불포화지방산(MUFA) 함량이 연령그룹 3보다 유의적으로 높았다( $p<0.05$ ). 반대로 다가불포화지방산(PUFA) 함량은 연령그룹 3이 연령그룹 1보다 더 높아 결과적으로 우둔부위의 단일불포화지방산/포화지방산 비율이 그룹 1이 유의적으로 더 높은 것으로 나타났다( $p<0.05$ )(Table 4). 지방산조성은 영양적인 가치뿐만 아니라 유통기한이나 향미 등 육질에 다양한 영향을 미치는 요인이라는 점에서 쇠고기 근육내 지방산 조성은 중요하다(Wood *et al.*, 2003). Wood 등(2008)은 미경산우는 총 지방산의 14.7%가 C18:0인 반면에 비육시킨 11세의 거세우는 2.7% 수준으로 보고되었다. 비육을 많이 시킨 소의 지방은 단단하지 않은 특성이 있었는데 이것은 포화지방산인 C18:0과 C16:0의 비율에 비하여 단일불포화지방산인 C18:1 지방산 비율이 상대적으로 증가한 때문이라고 한다. 또한 선행연구에서도 연령이 중성지방, 총지방 및 지방산 조성비율에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 근육내 지방증가는 총 지방에서 인지질 함량은 일정수준 유지되면서 중성지방만 함량이 증가되는 것으로 나타났는데, 예를 들어 총 지방량에 대한 인지질의 비율이 30% 수준

**Table 3. Fatty acid compositions (%) of loin muscles for Hanwoo cows by different age groups**

Fatty acid	Age group*		
	1	2	3
C14:0	4.33±1.33	3.17±0.09	2.96±0.14
C16:0	29.35±0.98	30.94±0.26	31.46±0.48
C18:0	13.02±0.47	13.83±0.31	14.25±0.58
C16:1n7	3.97±0.22	3.87±0.11	3.46±0.20
C18:1n7	0.38±0.03 <sup>a</sup>	0.28±0.02 <sup>b</sup>	0.27±0.03 <sup>b</sup>
C18:1n9	46.75±1.02 <sup>a</sup>	46.20±0.37 <sup>a</sup>	45.06±0.92 <sup>b</sup>
C18:2n6	1.92±0.19	1.41±0.07	1.68±0.28
C18:3n3	0.18±0.09	0.09±0.01	0.20±0.09
C18:3n6	0.14±0.06	0.08±0.00	0.10±0.07
C20:1n9	0.14±0.02	0.09±0.01	0.12±0.03
C20:4n6	0.40±0.24	0.33±0.01	0.36±0.27
SFA	45.21±1.48 <sup>b</sup>	47.89±0.45 <sup>ab</sup>	48.75±0.73 <sup>a</sup>
MUFA	52.46±1.17	50.49±0.44	48.85±0.94
PUFA	3.64±1.08	1.94±0.08	2.40±0.76
MUFA/SFA	1.64±0.49	1.06±0.02	1.01±0.03
PUFA/SFA	0.08±0.20	0.04±0.00	0.05±0.02

\*Group 1, <5; Group 2, 6-8; Group 3, >9 years old

\*\*Mean±SE

<sup>a-b</sup>Means in the same row within the same category with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).

**Table 4. Fatty acid compositions (%) of top round muscles for Hanwoo cows by different age groups**

Fatty acid	Age group*		
	1	2	3
C14:0	2.37±0.09	2.40±0.08	2.23±0.11
C16:0	28.52±0.78	28.52±0.41	29.14±0.54
C18:0	10.51±0.51 <sup>b</sup>	11.03±0.31 <sup>ab</sup>	12.24±0.51 <sup>a</sup>
C16:1n7	4.97±0.22 <sup>a</sup>	4.73±0.18 <sup>ab</sup>	4.13±0.26 <sup>b</sup>
C18:1n7	0.49±0.04 <sup>a</sup>	0.42±0.03 <sup>ab</sup>	0.35±0.03 <sup>b</sup>
C18:1n9	49.45±1.39 <sup>a</sup>	49.09±0.68 <sup>a</sup>	47.26±1.10 <sup>b</sup>
C18:2n6	2.49±0.20	2.31±0.21	2.71±0.39
C18:3n3	0.17±0.08	0.20±0.07	0.30±0.13
C18:3n6	0.10±0.05	0.11±0.05	0.18±0.10
C20:1n9	0.20±0.03	0.17±0.02	0.15±0.03
C20:4n6	0.65±0.23	0.91±0.23	1.09±0.37
SFA	41.40±1.22	41.95±0.54	43.62±0.63
MUFA	55.10±1.03 <sup>a</sup>	54.41±0.78 <sup>a</sup>	51.89±0.91 <sup>b</sup>
PUFA	3.50±0.41 <sup>b</sup>	3.64±0.61 <sup>b</sup>	4.50±1.11 <sup>a</sup>
MUFA/SFA	1.39±0.05 <sup>a</sup>	1.32±0.04 <sup>ab</sup>	1.20±0.04 <sup>b</sup>
PUFA/SFA	0.08±0.01	0.09±0.01	0.11±0.03

\*Group 1, &lt;5; Group 2, 6-8; Group 3, &gt;9 years old

\*\*Mean±SE

<sup>a-b</sup>Means in the same row within the same category with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).

에서 24개월에는 12%까지 떨어지는 반면 C18:1n9 함량의 증가와 C18:2n6 함량비율의 감소성향을 동반하였다(Wood *et al.*, 2008). 한편, 본 연구에서는 암소의 연령층이 증가할수록 총 포화지방산 함량은 증가하였고 C18:1n9 함량은 감소하였으며 C18:2n6 함량은 유의적인 차이가 없었는데 이러한 차이는 선행연구 대상인 공시축보다 분석한 대상의 암소 연령층이 9세 이상으로 매우 높고 국가별 사양조건이 다른 차이에서 비롯된 것으로 사료된다. Warren 등 (2008)은 14, 19, 24개월간 사양실험에서 농후사료를 급여한 쇠고기 그룹이 사일리지를 급여한 쇠고기 그룹보다 n-6 계열 다가불포화지방산 함량 수치가 더 높았다는 보고하였는데 이것은 농후사료를 급여한 쇠고기는 C18:2n6과 C20:22의 n-6계열 지방산의 비율을 증가시키기 때문이라고 하였다. 본 연구결과에서 등심부위 보다는 우둔부위에서 이러한 경향이 뚜렷하였는데 이것은 연령이 많을수록 농후사료 급여기간이 증가하면서 나타날 수 있는 현상으로 사료된다.

### 유리아미노산

한우암소의 연령그룹별 유리아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 한우 암소고기의 등심에는 연령그룹에 관계없이 alanine이 가장 많았고 다음이 glutamine, glycine, isoleucine, proline 등 이었다. Glutamine, glycine, proline은 단맛과 관련된 아미노산으로 알려져 있는데 특히 glutamine은 우둔보다 등심에 더 많이 존재하는 것으로 분

**Table 5. Free amino acid compositions (%) of loin muscles for Hanwoo cows by different age groups**

FAA	Age group*		
	1	2	3
Glutamate	0.779±0.03	0.674±0.040	0.740±0.044
Aspartate	0.133±0.014	0.089±0.009	0.124±0.009
Serin	0.675±0.034	0.579±0.030	0.611±0.026
Glutamine	4.691±0.139	4.800±0.183	4.716±0.194
Histidine	0.338±0.011	0.322±0.009	0.330±0.009
Glycine	0.933±0.047	0.770±0.043	0.886±0.051
Threonine	0.528±0.027 <sup>a</sup>	0.411±0.024 <sup>b</sup>	0.435±0.025 <sup>b</sup>
Arginine	0.598±0.020	0.533±0.017	0.561±0.017
Alanine	15.686±0.435 <sup>a</sup>	13.975±0.356 <sup>b</sup>	13.936±0.416 <sup>b</sup>
Tyrosine	0.444±0.044	0.358±0.030	0.359±0.034
Cystine	0.104±0.014	0.138±0.021	0.131±0.018
Valine	0.495±0.028 <sup>a</sup>	0.401±0.020 <sup>b</sup>	0.431±0.019 <sup>ab</sup>
Methionine	0.773±0.040 <sup>a</sup>	0.628±0.017 <sup>b</sup>	0.626±0.030 <sup>b</sup>
Phenylalanine	0.870±0.044 <sup>a</sup>	0.718±0.030 <sup>b</sup>	0.643±0.031 <sup>b</sup>
Isoleucine	0.915±0.017 <sup>ab</sup>	0.873±0.024 <sup>b</sup>	0.948±0.016 <sup>a</sup>
Leucine	0.655±0.025 <sup>a</sup>	0.518±0.013 <sup>b</sup>	0.541±0.022 <sup>b</sup>
Lysine	0.812±0.033 <sup>a</sup>	0.672±0.035 <sup>b</sup>	0.703±0.031 <sup>b</sup>
Proline	0.873±0.045	1.024±0.076	0.881±0.041

\*Group 1, &lt;5; Group 2, 6-8; Group 3, &gt;9 years old

\*\*Mean±SE

<sup>a-b</sup>Means in the same row within the same category with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).

석되었다. 한편, 맛 물질 유리아미노산 중에서 threonine, alanine, valine, methionine, phenylalanine, leucine 및 lysine 함량은 연령그룹 1이 가장 높았다( $p<0.05$ ). 연령그룹 3은 isoleucine 함량만 유의적으로 높았고 glutamine, aspartate, serine, glycine, histidine, arginine, tyrosine, cysteine, proline 함량은 연령그룹간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다( $p>0.05$ ). Batzer 등(1960)은 아미노산들이 가열육의 맛과 향기 전구물질로서 관여하고 있으나 어느 아미노산도 단독으로 가열하면 특유의 고기향기가 없고 여러 종류의 아미노산과 당과의 성분혼합이 이루어질 때에 특유의 고기향기가 생성된다고 하였다. Cho 등(2011)은 식육의 맛을 내는데 글루타민산과 이노신산나트륨이 크게 관여하지만 식육의 기호성에는 그 이외의 아미노산과 펩티드들의 효과도 중요하다고 하였다. 그 밖에도 Feidt 등 (1996)에 의하면 고기 내 유리아미노산의 함량은 부위 및 숙성조건과 관련이 있었으며 특히 숙성일수가 경과함에 따라 단백질 분해과정에서 생성되는 펩티드와 유리아미노산 함량도 증가되었다고 보고하였다.

### 향기성분

한우암소의 연령그룹별 향기성분을 분석한 결과 알데히드류(16종) 케톤류(6종), 알코올류(5종), 히드록시카본류(11종), 피라진류(2종), 퓨란류(3종)으로 총 45종이 검출되었다(Table 6). 그 중에서도 알데히드류의 3-methylbutanal,

furfural, octanal, 케톤류의 1-(acetyloxy)-2-propanone, 알코올류의 1-octanol, 피라진류의 2,5-dimethylpyrazine, 2-ethyl-2,5-dimethylpyrazine 등 향기성분 함량이 연령층이 증가할

**Table 6. Volatile flavor compounds of loin muscles for Hanwoo cows by different age groups**

Flavor compounds	Age group*		
	1	2	3
Aldehyde			
acetaldehyde	0.08	0.08	0.09
2-methylpropanal	0.02	0.02	0.02
3-methylbutanal	0.18 <sup>b</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.27 <sup>a</sup>
2-methylbutanal	0.05	0.05	0.05
pentanal	0.03	0.03	0.03
hexanal	0.06	0.02	0.02
furfural	0.31 <sup>b</sup>	0.40 <sup>ab</sup>	0.69 <sup>a</sup>
heptanal	0.03	0.02	0.03
methional	0.04	0.04	0.04
E-2-heptenal	0.03	0.03	0.03
benzaldehyde	0.03	0.03	0.03
octanal	0.04 <sup>b</sup>	0.05 <sup>ab</sup>	0.08 <sup>a</sup>
benzenacetaldehyde	0.02	0.02	0.02
nonanal	0.11	0.08	0.11
2-octenal	0.03	0.02	0.03
2-butenal	0.09	0.08	0.09
Ketone			
2-propanone	0.02	0.02	0.03
2,3-butanedione	0.08	0.07	0.08
2-butanone	0.17	0.15	0.16
3-hydroxy-2-butanone	0.06	0.04	0.05
2-heptanone	0.13	0.07	0.14
1-(acetyloxy)-2-propanone	0.03 <sup>b</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>
Alcohol			
1-pentanol	0.02	0.02	0.03
2-furanmethanol	0.02 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.02 <sup>a</sup>
1-hexanol	1.06	0.98	0.97
1-octen-3-ol	0.04	0.03	0.04
1-octanol	0.02 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>
Hydro-carbon			
2-acetylpyrrole	0.86	0.03	0.03
methanethiol	0.04	0.04	0.06
toluene	0.03 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>
dimethyldisulfide	0.88	0.91	1.06
dimethyltrisulfide	0.03	0.07	0.08
2-acetylthiazole	0.02	0.03	0.03
3-ethyl-2-methyl-1, undecane	0.06	0.10	0.08
undecane	0.02	0.02	0.03
2,6,7-trimethyldecane	0.05	0.06	0.11
1,3-dimethylbenzene	0.19	0.16	0.18
1,4-dimethylbenzene	0.42	0.53	0.76
Pyrazine			
2,5-dimethylpyrazine	0.03 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>
2-ethyl-2,5-dimethylpyrazine	0.03 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>
Furan			
2-pentylfuran	0.46	0.51	0.70
2-hexylfuran	0.02	0.02	0.02
2-butylfuran	0.80	0.75	0.79

\*Group 1, <5; Group 2, 6-8; Group 3, >9 years old

\*\*Mean±SE

<sup>a-b</sup>Means in the same row within the same category with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

수록 증가하는 경향을 나타냈다( $p < 0.05$ ). Wood 등(2003)은 n-3 PUFA 지방산 함량이 높은 고기가 지방 분해산물 특히 포화 및 불포화 알데히드류, 알코올 및 케톤류 물질이 많이 생성되었다고 하였으며 그 중에서 알데히드류는 주로 C18:3 보다는 C18:1 또는 C18:2에서 더 많이 생성된다고 하였다. 이것은 불포화지방산으로부터 형성된 자유레디칼이 n-3 계열 불포화지방산을 산화시키고 더 많은 불포화지방산의 산화를 유도시킨다고 한다. 본 연구에서도 연령이 증가할수록 대부분의 향기성분들의 함량이 증가하는 경향을 보였는데 이것은 지방산화가 증가하면서 상대적으로 연령이 적은 그룹보다 더 많은 향기성분들을 생성하여 도출된 결과로 사료된다. 한편, Campo 등(2003)은 C18:1, C18:2, C18:3은 각기 다른 향기 프로파일을 생성하는데 모델시스템을 통한 연구에서 개별 지방산이 향미에 미치는 영향력에 대하여 조사한 결과 단독보다는 maillard reaction으로 생성된 분해산물과 지방산간의 상호작용에서 유래한 cysteine 과 ribose가 함께 가열처리되었을 때 고기향이 더 강하였다고 하였다.

## 요 약

본 연구의 목적은 한우 암소(2-15세) 총 126두를 연령 그룹별(그룹 1, 5세 이하; 그룹 2, 6-8세; 그룹 3, 9세 이상)로 구분하여 등심(loin) 또는 우둔(top round) 부위의 이화학적 육질특성을 조사하여 비교하고자 실시하였다. 등심과 우둔 모두 연령그룹 1이 연령그룹 2 또는 3 보다 근 내지방 함량이 높았고( $p < 0.05$ ) 단백질함량은 등심에서는 연령그룹 1이 유의적으로 낮았으나 우둔부위에서는 연령 그룹간에 차이가 없었다. 콜라겐 함량은 등심은 연령그룹 간 유의적인 차이가 없었으나 우둔은 연령그룹 3이 다른 연령그룹들보다 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ). 육색은 등심의 경우 연령그룹 1이 연령그룹 3 보다 L\*값(백색도)과 a\*값(적색도)이 유의적으로 높았고( $p < 0.05$ ) 우둔은 a\*값만 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 또한 연령 그룹 1의 등심이 연령그룹 3보다 가열감량(%)이 낮고 보수력은 높았다( $p < 0.05$ ). 전단력은 등심과 우둔 모두 연령그룹 3이 연령그룹 1과 2보다 높았다( $p < 0.05$ ). 지방산 조성에서 총포화 지방산(SFA) 함량은 등심은 연령그룹 3이 그룹 1보다 유의적으로 더 높았고 우둔은 연령그룹 1이 총단일불포화 지방산(MUFA) 함량이 연령그룹 3보다 높았고( $p < 0.05$ ), 다가불포화 지방산(PUFA) 함량은 낮았다( $p < 0.05$ ). 유리아미노산 함량 비교에서 연령그룹에 관계없이 alanine이 가장 많았고 다음이 glutamine, glycine, isoleucine, proline 등이었다. 한편, threonine, alanine, valine, methionine, phenylalanine, leucine 및 lysine 함량은 연령그룹 1이 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 향기성분은 3-methylbutanal, furfural, octanal, 케톤류의 1-(acetyloxy)-2-propanone, 알코올류의 1-octanol,

피라진류의 2,5-dimethylpyrazine, 2-ethyl-2,5-dimethylpyrazine 성분함량이 연령층이 증가할수록 증가하는 경향을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 결론적으로 한우암소고기는 연령대에 따라 고기내 성분조성 및 육질에 차이가 있었으므로 이러한 특성을 고려하여 부위 또는 요리방법에 적합한 활용 또는 가공방법을 결정해야 할 것이다.

### 감사의 글

이 논문은 2010-2011년도 농촌진흥청 국립축산과학원 경상연구비에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. AOAC (2006) *Official Methods of Analysis*. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., 210-219.
2. Batzer, O. F., Santoro, A. T., Tan, M. C., Landmann, W. A., and Schweigert, B. S. (1960) Precursors of beef flavor. *J. Agric. Food Chem.* **8**, 498-501.
3. Benito-Delgado, J., Marriott, N. G., Claus, J. R., Wang, H., and Graham, P. P. (1994) Chuck longissimus and infraspinatus muscle characteristics as affected by rigor state, blade tenderization and calcium, chloride injection. *J. Food Sci.* **59**, 295-299.
4. Bouton, P. E., Ford, A. I., Harris, P. V., Shorthose, W. R., Ratcliff, D., Morgan, J. H. L. (1978) Influence of animal age on the tenderness of beef muscle differences. *Meat Sci.* **2**, 301-311
5. Campo, M. M., Nute, G. R., Wood, J. D., Elmore, S. J., Mottram, D. S., and Enser, M. (2003) Modeling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in vitro. Part I-sensory perception, *Meat Sci.* **63**, 367-375.
6. Cho, S. H., Seong, P. N., Kang, G. H., Jung, S. G., Kim, H. S., Park, B. Y., Kang, S. M., and Kim, D. H. (2011) Comparison of volatile flavor profile for Hanwoo and imported beef. *An. Anim. Resour. Sci.* **22**, 42-51.
7. Christensen, M., Young, R. D., Lawson, M. A., Larsen, L. M., and Purslow, P. P. (2004) Effect of added  $\mu$ -calpain and post-mortem storage on the mechanical properties of bovine single muscle fibers extended to fracture. *Meat Sci.* **66**, 105-112.
8. CIE (1986) *Colorimetry*. 2<sup>nd</sup> ed., Commission Internationale de Leclairage l'Eclairage, Publication CIE No. 15.2. Vienna.
9. Cranwell, C. D., Unruh, J. A., Brethour, J. R., and Simms, D. D. (1996) Influence of steroid implants and concentrate feeding on carcass and longissimus muscle sensory and collagen characteristics of cull beef cows. *J. Anim. Sci.* **74**, 1777-1783.
10. Dransfield, E., Martin, J-F., Bauchart, D., Abouelkaram, S., Lepetit, J., and Culioli, J. (2003) Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. *Animal Sci.* **76**, 387-399.
11. Dransfield, E., Wadefield, D. K., and Parkman, I. D. (1992) Modelling post-mortem tenderisation-I: texture of electrically stimulated and non-stimulated beef. *Meat Sci.* **31**, 57-73.
12. Dutaud, D., Aubry, L., Guignot, F., Vignon, X., Monin, G., and Ouali, A. (2006) Bovine muscle 20S proteasome. II: Contribution of the 20S proteasome to meat tenderization as revealed by an ultrastructural approach. *Meat Sci.* **74**, 337-344
13. 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.
14. Fiems, L. O., De Campeneere, S., De Smct, S., Van de Voorde, G., and Boucqué, Ch. V. (2000) Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat color and tenderness. *Meat Sci.* **56**, 41-47.
15. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *J. Bio. Chem.* **226**, 497-500.
16. Frems, L. O., De Campeneere, S., Van Calenbergh, W., De Boever, J. L., and Vanacker, J. M. (2003) Carcass and meat quality in double-muscle Belgian Blue bulls and cows. *Meat Sci.* **63**, 345-352.
17. Goll, D. E., Otsuka, Y., Nagainis, P. A., Shannon, J. D., Sathe, S. K., and Muguruma, M. (1983) Role of muscle proteases in maintenance of muscle integrity and mass. *J. Food Biochem.* **7**, 137-177
18. Graham, W. C. and Price, M. A. (1982) Feedlot performance and carcass composition of cull cows of different ages. *Canadian J. Anim. Sci.* **62**, 845-854.
19. Henderson, J. W., Ricker, R. D., Bidlingmeyer, B. A., and Woodward, C. (2000) Rapid, accurate, sensitive and reproducible HPLC analysis of amino acids. Agilent Technologies. <http://www.agilent.com> (assessed on August 3, 2004)
20. Herring, H. K., Cassens, R. G., and Briskey, E. J. (1992) Further studies on bovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length, and fibre diameter. *J. Food Sci.* **30**, 1049-1054.
21. Hilton, G. G., Tatum, J. D., Williams, S. E., Belk, K. E., Williams, F. L., Wise, J. W., and Smith, G. C. (1998) An evaluation of current and alternative systems for quality grading carcasses of mature slaughter cows. *J. Anim. Sci.* **76**, 2094-2103.
22. Honikel, K. O. (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* **49**, 447-457.
23. Huff-Lonergan, E., Parrish, F. C., Jr., and Robson, R. M. (1995) Effects of postmortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* **73**, 1064-1073.
24. Hwang, I. H., Devine, C. E., and Hopkins, D. L. (2003) The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. *Meat Sci.* **65**, 677-691.
25. Hwang, I. H., Park, B. Y., Cho, S. H., Kim, J. H. and Lee, J. M. (2004) Meat quality of highly marbled imported beef with reference to Hanwoo. *Kor. J. Food Sci. An.* **46**, 1-8.
26. Ibanez, C., Quintanilla, L., Irigoyen, A., Garcia-Jalon, I., Cid,



- C., Astiasaran, I., and Bello, J. (1995) Partial replacement of sodium chloride with potassium chloride in dry fermented sausage : influence on carbohydrate fermentation and the nitrosation process. *Meat Sci.* **40**, 45-53.
27. Jurie, C., Martin, J. F., Lustrat, A., Jailler, R., Culioli, J., and Picard, B. (2006) Carcass and muscle characteristics of beef cull cows between 4 and 9 years of age. *J. Anim. Sci.* **82**, 415-421.
28. 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.
29. Koohmaraie, M., Kennick, W. H., Elgasim, E. A., and Anglemier, A. F. (1984) Effects of postmortem storage on muscle protein degradation: Analysis by SDS-polyacrylamide gel electrophoresis. *J. Food Sci.* **49**, 292-293.
30. Korea Institute for Animal Product's Quality Evaluation (KAPE) (2011) Animal Products Grading Statistical Yearbook.
31. Korea Meat Trade Association (KMTA). (2012) Information and data of agricultural statistics of Korea. Available from <http://kmta.or.kr/html/sub6-1.html?scode=6>. accessed on July 12, 2011
32. Laakkonen, E., Wellington, G. H., and Skerbon, J. W. (1970) Low temperature onetime heating of bovine. I. Changes in tenderness, water binding capacity, pH and amount of water-soluble component. *J. Food Sci.* **35**, 175-177.
33. Ludwig, C. J., Claus, J. R., Marriott, N. G., Johnson, J., and Wang, H. (1997) Skeletal alteration to improve beef *longissimus* muscle tenderness. *J. Anim. Sci.* **75**, 2404-2410.
34. Martin, A. H., Fredeen, H. T., and Weiss, G. M. (1971) Tenderness of beef *Longissimus dorsi* muscle from steers, heifers and bulls as influenced by source, post-mortem aging and carcass characteristics. *J. Food Sci.* **36**, 619-623.
35. Matulis, R. J., McKeith, F. K., Faulkner, D. B., Berger, L. L., and George, P. (1987) Growth and carcass characteristics of cull cows after different times-on-feed. *J. Anim. Sci.* **65**, 669-674.
36. MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forest and Fisheries). (2007) Processing standard for meat products Act 2007-82, Grading, fabrication and cutting of beef carcass.
37. 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.
38. Moon, S. S., Yang, H. S., Park, G. B., and Joo, S. T. (2006) The relationship of physiological maturity and marbling judged according to Korean grading system to meat quality traits of Hanwoo beef females. *Meat Sci.* **74**, 516-521.
39. Morgan, J. B., Miller, R. K., Mendez, F. M., Hale, D. S., and Savell, J. W. (1991) Using calcium chloride injection to improve tenderness of beef from mature cows. *J. Anim. Sci.* **69**, 4469-4476.
40. Morrison, W. R. and Smith, L. M. (1964) Preparation of fatty acid methylesters and dimethylacetals from lipid with boron fluoridemethanol. *J. Lipid Resour.* **5**, 600-608.
41. Park, G. B., Moon, S. S., Ko, Y. D., Ha, J. K., Chang, H. H., and Joo, S. T. (2002) Influence of slaughter weight and sex on quality and yield grade of Hanwoo steer beef. *Asian-Australian J. Anim. Sci.* **16**, 1049-1054.
42. Parrish, F. C. (1981) Relationship between beef carcass quality indicators and palatability. In proceedings of the National Beef Grading Conference. Iowa State University, Ames, IA.
43. Pritchard, R. H. and Burg, P. T. (1993) Feedlot performance and carcass traits of cull cows fed for slaughter. *Department of animal and range science., South Dakota State University. Beef Report, Cattle.* **93-20**, 101-107.
44. Rhee, M. S., Ryu, Y. C., and Kim, B. C. (2006) Post-mortem metabolic rate and calpain system activities on beef longissimus tenderness classifications. *Bio.Biotech.Biochem.* **70**, 1166-1172.
45. Riggs, J. K., Conrad, B. E., Marion, P. T., and Allen, J. H. (1967) Young bulls, steers and heifers for slaughter beef production. *J. Anim. Sci.* **26**, 211.
46. Risvik, E. (1994) Sensory properties and preference. *Meat Sci.* **36**, 67-77.
47. Rowe, L. J., Maddock, K. R., Lonergan, S. M., and Huff-Lonergan, E. (2004) Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of m-calpain. *J. Anim. Sci.* **82**, 3254-3266.
48. Ryoichi, S., Deguchi, T., and Nagata, Y. (1993) Effectiveness of the filter paper press methods for determining the water holding capacity of meat. *Fleischwirtsch* **73**, 1399
49. Sakata, R. and Nagata, Y. (1992) Heme pigment content in meat as affected by the addition curing agents. *Meat Sci.* **32**, 343-350.
50. SAS (2005) SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
51. 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 beef retail study: palatability evaluations of beef loin steaks that differed in marbling. *J. Food Sci.* **52**, 517-519.
52. Shorthose, W. R., and Harris, P. V. (1990) Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *J. Food Sci.* **55**, 1-8.
53. Smith, G. C., Cross, H. R., Carpenter, Z. L., Murphey, C. E., Savell, J. W., Abraham, H. C., and Davis, G. W. (1982) Relationship of USDA maturity group to palatability of cooked beef. *J. Food Sci.* **47**, 1100-1107.
54. Tatum, J. D., G. C. Smith, B. W. Berry, C. E. Murphey, F. L. Williams, and Z. L. Carpenter. (1980) Carcass characteristics, time on feed and cooked beef palatability attributes. *J. Anim. Sci.* **50**, 833-840.
55. Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., and Wood, J. D. (2008) Effect of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Sci.* **78**, 256-269.
56. Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., and Koohmaraie, M. (2000) Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *J. Anim. Sci.* **78**, 958-965.
57. Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P.

- R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., and Whittington, F. M. (2008) Fat deposition, fatty acid composition and meat quality : review. *Meat Sci.* **78**, 343-358.
58. Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E. K., Sheard, P. R., and Enser, M. (2003) Effect of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Sci.* **66**, 21-32.
59. Wulf, D. M., Morgan, J. M., Tatum, J. B., and Smith, G. C. (1996) Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. *J. Anim.Sci.* **74**, 569-576.
60. Xiong, Y. L., Mullins, O. E., Stika, Chen, J., Blanchard, S. P., Moody, W. G. (2007) Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. *Meat Sci.* **77**, 105-113.

---

(Received 2012.9.17/Revised 2012.10.22/Accepted 2012.11.12)