

한우 육질등급에 따른 도체등급 요인, 이화학적 및 관능특성

이종문* · 최주희 · 이현경 · 나재천 · 김윤호 · 천동원 · 서상철 · 황규석
농촌진흥청 국립축산과학원

Effect of Quality Grades on Carcass Characteristics, Physico-chemical and Sensory Traits of *Longissimus Dorsi* in Hanwoo

Jong-Moon Lee*, Ju-Hui Choe, Hyeon-Kyeong Lee, Jae-Cheon Na, Yuen-Ho Kim,
Dong-Won Cheon, Sang-Chul Sea, and Kyu-Seok Hwang
National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea

Abstract

Analyses were conducted to estimate the effect of quality grade on the carcass characteristics, physico-chemical and sensory traits of *Longissimus dorsi* in Hanwoo. A total of 42,113 carcasses were selected on the basis of five quality grades (grade 1⁺⁺, 1⁺, 1, 2, and 3) and an additional 258 samples of *Longissimus dorsi* were used to evaluate the beef quality. The increase in quality grade from grade 3 to grade 1⁺⁺ was significant ($p < 0.05$) for carcass weight (from 338.7 kg to 387.2 kg), backfat thickness (from 7.45 mm to 12.23 mm) and marbling score (from 1.09 to 8.31). In contrast, significantly decreased levels of meat color, fat color, texture and maturity were apparent with increasing quality grade ($p < 0.05$). Increasing quality grade was also correlated with significant increases ($p < 0.05$) in crude fat contents (from 3.57% to 25.68%) and water holding capacity (from 52.41% to 58.03), and a decrease of the Warner-Bratzler shear force from 8.29 kg to 2.83 kg. The highest L* value (41.53) and highest cooking loss (22.11%) were observed with grade 1⁺⁺ and 3 beef, respectively. There was no difference observed on pH₂₄ (5.53 to 5.66) among the quality grades, which were within the normal range. Sensory evaluation experiments revealed that quality grades were associated with significantly altered (all $p < 0.05$) tenderness, juiciness, flavor, and overall acceptability. The crude fat contents showed significant correlation with juiciness ($r = 0.59$), tenderness ($r = 0.71$), flavor ($r = 0.55$), and overall acceptability ($r = 0.69$). The lower sensory trait scores were related to higher WBs. Grade 1⁺ Hanwoo beef had a significantly higher WBs and lower fat contents when compared to grade 1⁺⁺ Hanwoo beef ($p < 0.05$).

Key words: Hanwoo, quality grade, carcass characteristics, physico-chemical traits, overall acceptability

서론

소 도체등급제도는 미국, 일본의 경우 육량 및 육질등급제를 유럽은 SEUROP 제도를 적용하고 있으며 호주는 AUS-MEAT 등급과 브랜드 프로그램인 MSA(Meat Standards Australia) 등급을 적용하고 있다(AUS-MEAT, 2005; Polkinghorne *et al.*, 2008; Verbeke *et al.*, 2010). 이와 같은 등급제도는 자국의 시장여건 변화에 따라 개정되어 왔으며, 등급판정요인은 각국의 쇠고기 산업 발전 전략 수립을 위한 목표형질로써 역할을 하여 왔다.

일본은 안정적인 고품질 쇠고기 생산을 목표로 2015년

도에는 흑모화우의 출하시기를 30개월에서 24-26 개월령으로 단축시키고 출하체중 및 육질등급은 2005년과 비슷한 수준을 달성하는 목표를 추진하고 있다(日本 農林水産省; 2005).

미국은 5년 주기의 국가 쇠고기품질 평가(NBQA: National Beef Quality Audit)를 통하여 도체의 생산성과 품질을 향상시켜 왔으나(Boleman *et al.*, 1998; Garcia *et al.*, 2008; Lorenzen *et al.*, 1993; Mckenna *et al.*, 2002) 여전히 육질등급이 소비자의 요구를 충분히 반영하지 못한다고 보고되고 있다(Ferrier *et al.*, 2007).

우리나라의 경우 1993년도에 3개의 육질등급이 적용되면서 거세우 사육 등 체계적인 고급육 사육시스템이 도입되었으며, 그간 사양기술의 발전 및 출하체중의 증가로 2004년 12월에 5개 등급으로 확대 개정되어 적용되고 있다. 더욱이 농식품부는 한우사육의 비용절감 및 경영효율

*Corresponding author : Jong-Moon Lee, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea. Tel: 82-31-290-1252, Fax: 82-31-290-1780, E-mail: jm9758@korea.kr

증진을 목적으로 출하월령을 현행 30개월 내외에서 27개월령으로 단축시키는 목표를 설정하고 근내지방도 등 등급판정기준의 개편을 추진하고 있어 국내 소 산업은 새로운 전환기를 맞이하고 있다.

쇠고기의 품질을 향상 시키기 위한 연구는 육질등급과 도체조성 관련 연구(Garcia *et al.*, 2008; Gruber, *et al.*, 2006), 쇠고기의 화학적 특성연구(Gotoh, *et al.*, 2009; Nelson, *et al.*, 2004; Voges, *et al.*, 2007), 물리적 특성연구(Brooks, *et al.*, 2009; Kim, *et al.*, 2008; Schmidt, *et al.*, 2010), 관능특성(Behrends, *et al.*, 2005; Laster, *et al.*, 2008) 및 이화학특성과 관능특성요인 간의 상관관계 연구(Banoviæ, *et al.*, 2009; Caine, *et al.*, 2003; Destefanis, *et al.*, 2008) 등 여러 분야에 걸쳐 연구가 진행되어 왔으며, 쇠고기 품질은 근내지방함량, 전단력, 보수성, 가열감량, pH, 도체냉각 방법 및 숙성 등 여러가지 요인이 작용된다고 보고되고 있다(George-Evins *et al.*, 2004; Lorenzen *et al.*, 2003; Muchenje *et al.*, 2009; Rhee *et al.*, 2004). 이들 연구 결과에서는 육질등급과 연도증진이 쇠고기 품질에 영향을 주는 주요요인으로 제시되고 있으나, 쇠고기의 식문화는 국가별로 다르고 향미, 연도, 다즙성 등 맛 관련 오감이 다르며, 국가별로 육질등급 판정기준 및 평가체계가 다르기 때문에 한우고기의 품질 차별화를 위해서는 우리 식문화에 적합한 과학적이고 체계적인 연구가 필요하다고 생각된다. 그 동안 한우고기의 품질 관련연구는 Kim과 Lee(2003), Kim 등(2008), Moon 등(2006), Song 등(2010) 및 Yu 등(2008) 여러 연구가 있으나 전국단위의 육질등급의 비교연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 한우의 육질등급이 5개 등급으로 개정되어 적용된 2005년도를 기점으로 육질등급별 도체특성과 이화학적 특성 및 관능적 특성을 구명하여 한우산업 발전을 위한 기초 자료를 도출하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

한우의 육질등급별 도체조성 조사는 2005년도에 제주도를 포함한 전국에서 농협 서울 공판장에 출하된 42,113두(1⁺⁺등급=5,337두, 1⁺등급=10,311두, 1등급=10,722두, 2등급=9,897두, 3등급=5,846두)에 대하여 조사하였으며 한우고기 품질평가는 국립축산과학원 부설 도축장에서 2005년부터 2008년까지 도축한 238두의 등심육과 시중 대형유통점에서 구입한 20개 등심, 총 258개의 등심시료를 분석하였다. 쇠고기 시료는 갈비 12마디부터 13마디 사이의 등심(*M. longissimus dorsi*)부위의 냉장육 2.5 kg을 이용하였다. 시중 대형 유통점에서 구입한 시료의 육질등급은 축산물등급(소)판정 확인서에 의하여 확인하였다.

육질등급 요인 조사

농협 서울 공판장에 출하된 한우 및 국립축산과학원 부설 도축장에서 도축된 공시축의 도체등급판정은 축산물품질평가원 소속 축산물품질평가사가 측정하였다. 공시축의 육질등급요인(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도)은 20-22시간 냉장된 반도체의 13마디 갈비부위를 절개하여 측정하였다.

일반성분 분석

쇠고기 시료의 일반성분은 AOAC(2000) 분석방법에 준하여 수행하였다. 지방 및 수분함량은 CEM 자동추출장치(Labwave 9000/FAS 9001, CEM Corp., Matthews, NC, USA)를 이용하여 측정하였다. 단백질은 Kjeltex System(Kjeltex Auto 2400/2460, Foss Tecator AB, Höganäs, Sweden)을 이용하여 분석하였으며, 회분은 회분분석기(MAS 7000, CEM Corp., Matthews, NC, USA)를 이용하여 측정하였다.

육색

기계적 육색 측정은 근육의 절단면에서 Chroma meter(CR 301, Minolta Co, Japan)를 사용하여 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 CIE(Commision Internationale de Leclairage, 1978)값으로 측정하였고, 표준판은 Y=92.40, x=0.3136, y=0.3196의 백색타일을 사용하였다.

가열감량 및 전단력

신선육 시료를 2 cm 두께로 일정하게 절단하여 무게를 측정하고, 80°C 항온수조에서 시료 내부 중심온도가 70°C가 될 때까지 가열한 다음 냉각 후 감량된 무게를 백분율로 산출하여 가열감량(Cooking loss)을 계산하였으며, 전단력(Warner-Bratzler shear force)은 Wheeler 등(2000)의 방법에 따라 가열 후 냉각시킨 고기시료를 직경 0.5 inch로 근섬유 방향으로 채취한 후 전단력 측정기(Warner-Bratzler Shear Meter, G-R Elec. Mfg. Co., USA)로 3번 이상 측정하여 평균값을 이용하였다.

pH 및 보수력

pH는 도축 후 24시간이 경과된 시점에서 근육시료에 직접 pH meter(NWKninar pH K-21, Germany)를 접촉하여 측정하였으며, 보수력(Water holding capacity, WHC)은 원심분리법(Laakkonen *et al.*, 1970)으로 측정하였다.

관능검사

15명의 훈련된 관능검사 요원들에 의하여 6점 평가법으로 실시하였으며 전체기호도(1=대단히 싫다, 6=대단히 좋다), 연도(1=대단히 질기다, 6=대단히 연하다), 다즙성(1=대단히 건조하다, 6=대단히 다즙하다) 및 향미(1=대단히

않다, 6=대단히 좋다)를 평가하였다.

통계분석

본 연구에서 이용한 자료에 대한 통계분석을 위해 SAS@9.1 Package/PC(SAS, 2004)의 일반선형모형 분석절차인 PROC GLM을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 추정된 최소제곱평균(least square mean)에 대한 성별 유의성 검정을 위해 던컨 다중범위검정(DMRT; Duncan's multiple range test)을 실시하였다. 또한 상관관계는 Pearson's correlation coefficient를 구하고 이에 대한 유의성 검증을 하였다.

결과 및 고찰

도체등급요인

육질등급별 도체등급요인에 대한 분석 결과는 Table 1에 보는 바와 같이 육질등급이 3등급에서 1⁺⁺등급으로 높아지면서 육량등급 판정요인인 도체중은 338.7 kg에서 387.2 kg으로 증가되었으며, 도체율은 58.6%에서 60.5%로, 등지방두께는 7.45 mm에서 12.23 mm로 증가되었다($p<0.05$). 갈비 13마디의 배장근단면적은 2등급과 3등급 간에는 차이가 있었으나 1등급에서 1⁺⁺등급으로 증가 될수록 넓은 것으로 분석되었다($p<0.05$). 최종 육량등급 지수는 1.49-1.90 범위로서 육질 3등급이 가장 많았다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 거세한우 도체중이 471.5 kg였다는 Moon 등(2006)의 보고 및 Song 등(2010)의 거세한우의 도체율, 등

지방두께 및 배장근 단면적이 각각 61.79%, 1.6 cm 및 90.0 cm²에 비하여 낮은 수준이었으나, Moon 등(2006)이 한우 경산우의 배장근 단면적은 근내지방이 높을수록 72.76 cm²에서 75.29 cm²로 증가하였다는 결과와 유사한 경향이 었다. 외국품종에 대한 연구에서 육질등급이 높아질수록 도체중 및 등지방두께가 증가($p<0.05$)하였다는 Garcia 등(2008), Gruber 등(2006) 및 Mckenna(2004)의 결과와 일치하고 있으나 육질등급(Choice와 Select 등급)과 도체중간에는 차이가 없다는 보고(Jennifer *et al.*, 2000; Luchak *et al.*, 1998; Nelson *et al.*, 2004), 등지방층에서 차이가 없다는 보고(Jennifer *et al.*, 2000), 도체율에 차이가 없다는 보고(Voges *et al.*, 2006) 및 육질등급이 높아질수록 배장근 단면적은 감소하였다는 보고(Garcia *et al.*, 2008; Gruber *et al.*, 2006; Luchak *et al.*, 1998)와 다른 결과였다.

근내지방도는 육질등급이 높아 질수록 1.09에서 8.31로 증가하였으나($p<0.05$), 육색(5.14-4.67), 지방색(3.02-2.85), 조직감(2.03-1.01) 및 성숙도(2.77-2.39)는 감소하였다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 육질등급이 Standard 등급에서 Prime 등급으로 높아질수록 근내지방도가 유의적으로 증가($p<0.05$)하였다는(Garcia *et al.*, 2008; Gruber *et al.*, 2006; Nelson *et al.*, 2004) 보고와 일치하였다. 육색은 Moon 등(2006)이 한우경산우의 육색은 4.86-5.05범위로 근내지방도가 높을수록 낮은 육색을 나타내었다는 결과와 같았다. 지방색은 Moon 등(2006)이 한우 경산우에서 4.86-5.10으로 근내지방도가 높을수록 높았다는 결과와 다른 경향이 었다. 조직감은 Song 등(2010)이 한우거세우에서 보

Table 1. Carcass characteristics of *M. longissimus dorsi* from Hanwoo by quality grades

Items	Quality grades					SEM ¹⁾	P>F
	1 ⁺⁺ (n=5,337)	1 ⁺ (n=10,311)	1 (n=10,722)	2 (n=9,897)	3 (n=5,846)		
Live weight (kg)	640.4 ^a	637.7 ^b	628.4 ^c	617.2 ^d	577.7 ^e	0.35	<0.0001
Hot carcass weight (kg)	387.2 ^a	383.4 ^b	375.5 ^c	366.7 ^d	338.7 ^e	0.23	<0.0001
Dressing percentage	60.5 ^a	60.1 ^b	59.8 ^c	59.4 ^d	58.6 ^e	0.00	<0.0001
Backfat thickness (mm)	12.23 ^a	12.09 ^a	12.13 ^a	11.70 ^b	7.45 ^c	0.03	<0.0001
Loineye area (cm ²)	84.78 ^a	81.86 ^b	79.81 ^c	78.07 ^d	78.31 ^d	0.05	<0.0001
Marbling score ²⁾	8.31 ^a	6.51 ^b	4.62 ^c	2.60 ^d	1.09 ^e	0.02	<0.0001
Meat color ³⁾	4.67 ^e	4.77 ^d	4.81 ^c	4.88 ^b	5.14 ^a	0.01	<0.0001
Fat color ⁴⁾	2.85 ^d	2.89 ^c	2.95 ^b	2.95 ^b	3.02 ^a	0.00	<0.0001
Texture ⁵⁾	1.01 ^e	1.03 ^d	1.14 ^c	1.95 ^b	2.03 ^a	0.00	<0.0001
Skeletal maturity ⁶⁾	2.39 ^d	2.33 ^e	2.49 ^b	2.45 ^c	2.77 ^a	0.00	<0.0001
Yield grade ⁷⁾	1.84 ^c	1.86 ^c	1.90 ^a	1.88 ^b	1.49 ^d	0.00	<0.0001

¹⁾SEM is the standard error of the means.

²⁾Marbling score : 1= devoid, 9= very abundant.

³⁾Meat color : 1= bright red, 7= dark red.

⁴⁾Fat color : 1= white, 7= yellowish.

⁵⁾Texture : 1= very fine, 3= very coarse.

⁶⁾Skeletal maturity : 1= youthful, 9= mature.

⁷⁾Yield grade : A=1, B=2, C=3.

^{a-e}Means within a row with different superscript differ significantly ($p<0.05$).

고한 1.0과 비슷한 수준이었으나, Moon 등(2006)이 한우 경산우에서 보고한 3.53-4.63에 비하여 낮았다.

성숙도는 Song 등(2010)이 거세한우에서 보고한 2.5보다 낮았으며 Gracia 등(2008)이 육질등급이 높아질수록 성숙도가 낮아졌다는 결과와 유사하였다. 육량등급지수는 육질등급이 높아질수록 낮아진다는 Garcia 등(2008), Luchak 등(1998) 및 Nelson 등(2004)의 결과와 같은 경향이였다.

도체등급 판정요인과 최종 육질등급 및 육량등급간의 상관관계는 Table 2에서 보는 바와 같이 도체중, 등지방두께 및 배장근 단면적이 증가 할수록 육질등급은 높아지고 (0.27, 0.27, 0.21), 근내지방도가 육질등급에 가장 큰 영향 (0.96)을 미치는 것으로 나타났으나, 기타 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도와 육질등급간의 상관계수는 각각 -0.22, -0.11, -0.79 및 -0.09로서 판정지수가 높아질수록 육질등급이 낮아졌다($p<0.01$). 이와 같은 결과는 Moon 등(2006)이 육질등급은 근내지방도(0.71) 및 성숙도(-0.37)의 상관관계가 높다는 결과와 Harris 등(1995)이 미국의 육질등급은 근내지방도 상관관계가 가장 높다(0.99)는 결과와 일치하고 있다. 한편 한우의 육량등급은 등지방두께가 높을수록 낮으며(-0.79) 배장근단면적이 넓을수록 육량등급이 높은(0.31)것으로 분석된 결과(Table 1)는 육량등급과 등지방

두께는 상관관계가 가장 높다(0.91)는 Jones 등(1990)의 결과와 같았으나 Harris 등(1995)이 일본의 육량등급은 배장근 단면적과 상관관계가 가장 높다(0.78)는 결과와는 다른 경향이였다.

화학적 조성

한우고기의 육질등급별 화학적 조성은 Table 3에 나타나 있다. 육질등급이 3등급에서 1⁺⁺등급으로 증가될수록 수분 함량은 73.23%에서 55.56%로 감소($p<0.05$)하였다. 수분 함량은 Davis 등(1979)이 미국Choice⁺(Cho.⁺), Choice⁰(Cho.⁰), Choice⁻(Cho.⁻)등급의 수분함량이 각각 70.2%, 71.2%, 72.8%였다는 결과와 Delgado 등(2005)이 Cho. (choice) 등급의 수분함량 69.9%이었다는 보고, 및 Nelson 등(2004)이 Angus 종 Cho.등급의 수분함량이 71.9%, Select (Sel.) 등급이 73.6%이었다는 결과와 한우 2등급과 3등급 육의 수분함량은 비슷하였고 한우 1⁺등급육의 수분함량은 Luchak 등(1998)이 보고한 미국 Sel. 등급의 수분함량 63.0%와 비슷하였다.

조지방함량은 육질등급이 3등급에서 1⁺⁺등급으로 높아질수록 3.57%에서 25.68%로 증가하였으며($p<0.05$) 육질등급간 조지방 증가치는 3등급에서 1⁺등급의 4개 등급간의 평균증가량 3.76%(3.57-14.84%)에 비하여, 1⁺등급에서 1⁺⁺등급의 1개 등급간 조지방 증가량(14.84-25.68)은 10.84%로 급격한 증가를 나타내었다. 한우고기의 조지방 함량은 Gotoh 등(2009)이 흑모화우에서 보고한 21.1-24.9%와 한우 1⁺⁺등급 조지방 함량이 비슷하였으며 Luchak 등(1998) 및 Voges 등(2006)이 미국 Cho.등급의 조지방 함량이 각각 11.2%와 11.26%였다는 결과와 한우 1등급육의 조지방 함량이 비슷하였다. 그 외에 Delgado 등(2005), Nelson 등(2004)이 보고한 미국 Cho.등급의 근내지방 함량 4.9-6.3%에 비하여 한우 2등급육의 조지방 함량이 높았다. 이와 같이 미국 Cho. 등급의 조지방 함량 범위가 넓은 것은 Cho. 등급은 3개 등급으로 세분되기 때문인 것으로 생각되나 미국 Cho.등급 중 가장 높은 Cho.⁺등급의 조지방 함량이 한우고기 1등급육의 조지방 함량과 비슷함을 알 수 있다. 한편 Wheeler 등(1994)이 제시한 7% 이상의 근내지방은

Table 2. Simple correlation coefficients between carcass grade and carcass traits of *M. Longissimus dorsi* from Hanwoo (n=42,113)

Traits	Quality grade ¹⁾	Yield grade ²⁾
Live weight (kg)	0.23**	-0.08**
Hot carcass weight (kg)	0.27**	-0.12**
Backfat thickness (mm)	0.27**	-0.79**
Loineye area (cm ²)	0.21**	0.31**
Marbling score	0.96**	-0.11**
Meat color	-0.22**	0.05**
Fat color	-0.11**	-0.04**
Texture	-0.79**	0.06**
Skeletal maturity	-0.09**	-0.16**

¹⁾Quality grade : 1⁺⁺=1, 1⁺=2, 1=3, 2=4, 3=5.

²⁾Yield grade : A=1, B=2, C=3.

** $p<0.01$.

Table 3. Proximate composition of *M. longissimus dorsi* from Hanwoo by quality grades

Composition	Quality grades ¹⁾					SEM ²⁾	P>F
	1 ⁺⁺ (n=30)	1 ⁺ (n=14)	1 (n=25)	2 (n=69)	3 (n=120)		
Moisture (%)	55.56 ^a	63.79 ^d	67.68 ^c	70.26 ^b	73.23 ^a	0.23	<0.0001
Crude fat (%)	25.68 ^a	14.84 ^b	10.69 ^c	7.41 ^d	3.57 ^e	0.48	<0.0001
Crude protein (%)	17.13 ^b	19.69 ^a	20.15 ^a	20.16 ^a	21.08 ^a	0.01	<0.0001
Crude ash (%)	0.63 ^b	0.96 ^a	0.94 ^a	0.93 ^a	0.95 ^a	0.23	<0.0001

¹⁾Korean carcass quality grading system (Grade 1⁺⁺, Grade 1⁺, Grade 1, Grade 2 and Grade 3).

²⁾SEM is the standard error of the means.

^{a-e}Means within a row with different superscript differ significantly ($p<0.05$).

쇠고기의 맛에 영향을 주지 못한다는 결과에 비하여 한우 1⁺⁺등급의 조지방 함량 25.68%은 높은 수준이라고 하겠다.

단백질함량은 1⁺등급, 1등급, 2등급 및 3등급에서 19.69-21.08%로 유사한 수준이었으나 1⁺⁺등급에서는 17.13%로 감소하였다($p<0.05$). 이와 같이 육질등급간에 단백질 함량에 차이가 나타나는 것은 지방함량 및 수분함량의 차이에 의한 것으로 사료된다. 단백질함량은 Luchak 등(1998) 및 Nelson 등(2004)이 육질등급이 높을수록 낮아진다는 결과와 유사한 경향이었으나 Cho.등급에서 21.9-27.9%였다는 결과보다는 낮은 수준이었다.

회분함량은 1⁺등급에서 3등급에서는 0.93-0.95%로 비슷하였으며 1⁺⁺등급에서 0.63% 감소하였다. 회분함량은 Luchak 등(1998)이 육질등급이 낮을수록 높아진다는 결과와 비슷하였다.

물리적 성분

한우고기의 육질등급별 물리적 특성은 Table 4에 나타나 있다. 기계적으로 측정된 육색에서 명도(L*), 적색도(a*) 및 황색도(b*)는 값은 각각 41.53, 24.20 및 12.82로 1⁺⁺등급육이 가장 높았으며($p<0.05$), CIE L*, a* 및 b* 값은 육질등급이 1⁺⁺등급에서 3등급으로 낮아질수록 감소하였다($p<0.05$).

이와 같은 결과는 Kim 등(2008)이 한우 고급육의 L*, a* 및 b*값이 각각 42.8, 24.7 및 12.6으로 근내지방도가 높을수록 L*, a* 및 b*값이 높았다는 결과와 유사한 경향이었으나, Delgado 등(2005)이 보고한 Cho.등급의 L*, a*, 및 b* 값이 각각 39.1, 14.1 및 7.0에 비하여 L*값은 한우 1⁺등급과 비슷하였으나, a*값 및 b*값 한우고기 3등급육 보다 낮은 수준이었다.

전단력은 육질등급이 3등급에서 1⁺⁺등급으로 높아질수록 8.29 kg에서 2.83 kg으로 감소하였다($p<0.05$). 전단력

은 육질등급이 높을수록 낮았다는 Laster 등(2008), Obuz 등(2004) 및 Schmidt 등(2010)의 결과와 비슷한 경향이었으나 Belew 등(2003)이 쇠고기의 연한 정도를 판단하는 기준으로 제시한 전단력이 3.9 kg 이하 및 Destefanis 등(2008)이 제시한 4.36 kg 이하와 비교할 때 한우고기 1⁺등급육 이하의 한우고기의 전단력이 4.49 kg 이상으로 높게 나타난 결과는 연도증진을 위한 체계적인 연구가 필요하다고 생각된다.

육질등급에 따른 가열감량은 21.34-22.11%의 범위였으며 등급별로는 3등급쇠고기가 22.11%로 가장 높았다. 가열감량은 Davis 등(1979), George-Evins 등(2004), Luchak 등(1998) 및 Nelson 등(2004)이 육질등급간에 비슷하였다는 결과와 유사한 결과였으나, Moon 등(2006) 및 Schmidt 등(2010)이 저등급육의 가열감량이 높았다는 결과와는 다른 경향이였으며 이들이 보고한 23.8%-30.4%에 비하여 한우고기의 가열감량은 낮은 수준이었다.

도축 후 24시간에 측정된 pH는 5.53-5.66 범위로 정상적인 pH값을 나타내었다. pH는 Kim 등(2008)이 한우에서 저등급육과 고급육간에 차이가 없다는 결과와 일치하고 있으며 Young 등(2005)이 정상 pH범위로 제시한 5.4 및 Wulf와 Page(2000)가 제시한 5.75 이하에 비추어 볼 때 모든 등급육의 pH는 정상범위에 속하였다.

보수력은 1⁺⁺등급이 58.03%로 가장 높았으며 3등급 쇠고기의 보수력은 52.41%로 육질등급이 낮을수록 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 보수력은 Kim 등(2008)이 한우에서 저등급육과 고급육간에 55.8-56.1%로 차이가 없다는 보고와는 다른 결과였다.

관능특성

한우고기의 육질등급별 물리적 특성은 Table 5에 나타나 있다. 훈련된 관능검사 요원에 의하여 6점 만점으로 평

Table 4. Meat color, Warner-Bratzler shear force, cooking loss, pH and water holding capacity of *M. longissimus dorsi* from Hanwoo by quality grades

Items	Quality grades ¹⁾					SEM ²⁾	P>F
	1 ⁺⁺ (n=30)	1 ⁺ (n=14)	1 (n=25)	2 (n=69)	3 (n=120)		
CIE L*	41.53 ^a	37.53 ^b	37.53 ^b	35.31 ^c	33.89 ^c	0.19	<0.0001
CIE a*	24.20 ^a	19.39 ^{bc}	20.06 ^b	19.43 ^{bc}	18.25 ^c	0.14	<0.0001
CIE b*	12.82 ^a	8.88 ^b	8.75 ^b	8.48 ^{bc}	7.70 ^c	0.99	<0.0001
WBs ³⁾ (kg)	2.83 ^c	4.49 ^d	5.83 ^c	7.10 ^b	8.29 ^a	0.24	<0.0001
Cooking loss (%)	21.34 ^{ab}	20.79 ^{ab}	19.75 ^b	20.34 ^{ab}	22.11 ^a	0.17	<0.0037
pH ₂₄	5.53	5.65	5.60	5.66	5.65	0.26	<0.1601
WHC ⁴⁾ (%)	58.03 ^a	56.79 ^{ab}	55.41 ^{bc}	53.92 ^{cd}	52.41 ^d	0.26	<0.0001

¹⁾Korean carcass quality grading system (Grade 1⁺⁺, Grade 1⁺, Grade 1, Grade 2, and Grade 3).

²⁾SEM is the standard error of the means.

³⁾WBs, Warner-Bratzler shear force.

⁴⁾WHC, Water-holding capacity.

^{a-c}Means within a row with different superscript differ significantly ($p<0.05$).

Table 5. Sensory characteristics of *M. longissimus dorsi* from Hanwoo by quality grades

Items	Quality grades ¹⁾					SEM ²⁾	P>F
	1 ⁺⁺ (n=30)	1 ⁺ (n=14)	1 (n=25)	2 (n=69)	3 (n=120)		
Acceptability ³⁾	5.28 ^a	4.74 ^b	4.65 ^{bc}	4.46 ^c	4.06 ^d	0.05	<0.0001
Tenderness ⁴⁾	5.41 ^a	4.65 ^b	4.62 ^b	4.29 ^c	3.64 ^d	0.03	<0.0001
Juiciness ⁵⁾	5.34 ^a	4.85 ^b	4.66 ^{bc}	4.49 ^c	4.21 ^d	0.04	<0.0001
Flavor ⁶⁾	5.10 ^a	4.73 ^b	4.68 ^b	4.59 ^b	4.31 ^c	0.01	<0.0001

¹⁾Korean carcass quality grading system (Grade 1⁺⁺, Grade 1⁺, Grade 1, Grade 2, Grade 3).

²⁾SEM is the standard error of the means.

³⁾Acceptability; 1=dislike extremely, 6=like extremely.

⁴⁾Tenderness; 1=not tender at all, 6=very tender.

⁵⁾Juiciness; 1=not at all juicy, 6=very juicy.

⁶⁾Flavor; 1=none at all, 6=extreme amount.

^{a-d}Means within a row with different superscript differ significantly ($p < 0.05$).

가된 관능검사 결과 육질등급이 3등급에서 1⁺⁺등급으로 높아질수록 연도는 3.64에서 5.41로, 다즙성은 4.21에서 5.34로, 향미는 4.31에서 5.10으로 증가되었으며 전체평점에서 4.06에서 5.28로 증가하였다($p < 0.05$). 연도와 다즙성은 1⁺⁺등급과 1등급간에 비슷하였고, 향미는 1⁺등급, 1등급 및 2등급간에 비슷하였다. 이와 같은 결과는 한우 경산우에서 Moon 등(2006)이 근내지방도가 높을수록 연도, 향미, 다즙성 및 전체관능점수에서 우수하였다($p < 0.05$)는 결과와 Behrends 등(2005)이 Cho.등급이 Sel.등급보다 우수하였다는 보고 및 Neely 등(1998)의 육질등급이 높을수록 관능특성이 우수하였다는 보고와 일치하고 있다.

반면에 Brooks 등(2009) 및 Voges 등(2007)은 육질등급이 Sel.등급에서 Pri.등급으로 높아질수록 등심스테이크의 향미는 유의적으로 좋아졌으나($p < 0.05$) 연도, 다즙성 및 전체관능점수는 차이가 없었다는 보고와 Luchak 등(1998), Mckenna 등(2004) 및 Schmidt 등(2010)의 Cho.등급과 Sel.

등급간에 관능특성은 차이가 없다는 보고와 다른 결과였다.

관능특성과 이화학특성간의 상관관계는 Table 6에 나타나 있다. 조지방 함량은 다즙성(0.59), 연도(0.71), 향미(0.55) 및 전체평점(0.69)과 상관관계가 높았다.

전단력(WBs)은 다즙성, 연도, 향미 및 전체평점과 각각 -0.47, -0.64, -0.52 및 -0.61의 상관관계가 있었으며 보수력(WHC)은 다즙성, 연도, 향미 및 전체평점과 각각 0.21, 0.44, 0.19 및 0.33의 상관관계가 있었다. 이와 같은 결과는 전단력가와 연도의 상관관계에 대하여 보고한 Destefanis 등(2008)의 -0.72, Lorenzen 등(2003)의 -0.26, Caine 등(2003)의 -0.60 및 Banoviæ 등(2009)의 -0.73 및 Roeber 등(2000)의 -0.34와 유사한 결과를 나타내었다. 또한, Jeremiah 등(2003)은 다즙성은 수분과(-0.48), 지방함량과(0.62)의 상관관계가 있으며 Wulf와 Page(2000)은 근내지방함량과 전단력은 -0.26의 상관관계가 있다는 보고와도 유사한 결과였다.

Table 6. Simple correlation coefficients between physico-chemical and sensory characteristics of *M. longissimus dorsi* from Hanwoo(n=258)

Traits	Moisture	Crude protein	Crude fat	CL ¹⁾	WBs ²⁾	WHC ³⁾	Juiciness	Tenderness	Flavor	Overall acceptability	pH
1)	-	0.38**	-0.98**	0.21**	0.63**	-0.53**	-0.57**	-0.71**	-0.54*	-0.68**	0.11**
2)	-	-	-0.41**	0.06**	0.38**	-0.17**	-0.27**	-0.29**	-0.23**	-0.30**	-0.04**
3)	-	-	-	-0.19**	-0.64**	0.52**	0.59**	0.71**	0.55**	0.69**	-0.10**
4)	-	-	-	-	-0.04**	-0.19**	-0.16**	-0.28**	-0.15**	-0.23**	-0.18**
5)	-	-	-	-	-	-0.47**	-0.47**	-0.64**	-0.52**	-0.61**	-0.03**
6)	-	-	-	-	-	-	0.21**	0.44**	0.19**	0.33**	-0.02**
7)	-	-	-	-	-	-	-	0.73**	0.73**	0.90**	0.25**
8)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75**	0.93**	0.14**
9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88**	0.04**
10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17**
11)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾CL, cooking loss.

²⁾WBs, Warner-Bratzler shear force.

³⁾WHC, water-holding capacity.

** $p < 0.01$.

전체 관능점수는 전단력과 -0.56의 상관관계가 있고, 관능특성요인 중에는 연도가 0.82로 전체관능점수에 기여도가 가장 높다는 Wulf와 Page(2000)의 결과로 볼 때 한우고기의 관능특성을 증진시키기 위해서는 연도증진에 관한 연구가 중요하다고 생각된다.

요 약

육질등급별 도체등급요인에 대한 분석 결과는 육질등급이 3등급에서 1⁺⁺등급으로 높아지면서 도체중, 등지방두께, 근내지방도는 증가하였으며($p<0.05$) 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도는 낮아지는 경향이 있었다($p<0.05$).

한우고기의 이화학적 특성에서, 육질등급이 3등급에서 1⁺⁺등급으로 증가될수록 전단력은 8.29 kg에서 2.83 kg으로 감소하였고, 보수력은 52.41%에서 58.03%로, 조지방 함량은 3.57%에서 25.68%로 증가하였다($p<0.05$). 기계적으로 측정된 육색에서 명도는 1⁺⁺등급 쇠고기가 41.53으로 가장 높았고 가열감량은 3등급 쇠고기가 22.11%로 가장 높았다($p<0.05$). 도축 후 24시간에 측정된 pH는 5.53-5.66범위로 정상적인 pH 값을 나타내었다

6점 만점으로 평가된 관능특성에서, 육질등급이 3등급에서 1⁺⁺등급으로 높아질수록 연도, 다즙성, 향미 및 전체평점은 증가하였다($p<0.05$). 조지방 함량은 다즙성(0.59), 연도(0.71), 향미(0.55) 및 전체평점(0.6)과 상관관계가 있었으며. 전단력은 다즙성, 연도, 향미 및 전체평점과 각각 -0.47, -0.64, -0.52 및 -0.61의 상관관계가 있었다.

이상의 연구결과에서 1⁺⁺ 등급 쇠고기에 비하여 1⁺등급 이하 등급은 전단력이 높고, 조지방 함량이 낮은($p<0.05$) 것은 한우고기의 연도증진과 근내지방함량에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

감사의 글

본 연구를 2006년부터 2008년까지 공동으로 수행하고 전국등급관정 자료를 제공해 주신 축산물품질평가원 임직원께 감사드립니다.

참고문헌

1. AOAC (2000) Official methods of analysis. 17th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, pp. 13-15.
2. AUS-MEAT (2005) International red meat manual. AUS-MEAT, Limited. pp. 11-12.
3. Banoviæ, M., Grunert, K. G., Barreira, M. M., and Fontes, M. A. (2009) Beef quality perception at the point of purchase: A study from Portugal. *Food Qual. Prefer.* **20**, 335-342.
4. Behrends, J. M., Goodson, K. J., Koohmaraie, M., Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., Morgan, W. W., Reagan, J. O., Gwartney, B. L., Wise, J. W., and Savell, J. W. (2005) Beef customer satisfaction: USDA quality grade and marination effects on consumer evaluations of top round steaks. *J. Anim. Sci.* **83**, 662-670.
5. Belew, J. B., Brook, J. C., Mckenna, D. R., and Savell, J. W. (2003) Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Sci.* **64**, 505-512.
6. Boleman, S. L., Boleman, S. J., Morgan, W. W., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J. W., Ames, R. P., Smith, M. T., Tatum, J. D., Field, T. G., Smith, G. C., Gardner, B. A., Morgant, J. B., Northcutt, S. L., Dolezal, H. G., Gill, D. R., and Ray, F. K. (1998) National Beef Quality Audit-1995: Survey of producer-related defects and carcass quality and quantity attributes. *J. Anim. Sci.* **76**, 96-103.
7. Brooks, J. C., Claus, H. C., Dikeman, M. E., Shook, J., Hilton, G. G., Lawrence, T. E., Mehaffey, J. M., Johnson, B. J., Allen, D. M., Streeter, M. N., Nichols, W. T., Hutcheson, J. P., Yates, D. A., and Miller, M. F. (2009) Effects of zilpaterol hydrochloride feeding duration and postmortem aging on Warner-Bratzler shear force of three muscles from beef steers and heifers. *J. Anim. Sci.* **87**, 3764-3769.
8. Caine, W. R., Aalhus, J. L., Best, D. R., Dugan, M. E. R., and Jeremiah, L. E. (2003) Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. *Meat Sci.* **64**, 333-339.
9. Commission Internationale de l'Eclairage. (1978) Recommendations on uniform color spaces -color difference equations - psychometric color terms(CIE publication no.15(E-1.3.3)1971/(TC-1.3)). Paris, France, pp. 8-12.
10. Davis, G. W., Smith, G. C., Carpenter, Z. L., Dutson, T. R., and Cross, H. R. (1979) Tenderness variations among beef steaks from carcasses of the same USDA quality grade. *J. Anim. Sci.* **49**, 103-114.
11. Delgado, E. J., Rubio, M. S., Iturbe, F. A., Méndez, R. D., Cassis, L., and Rosiles, R. (2005) Comparison and quality of Mexican and imported retail beef in Mexico. *Meat Sci.* **69**, 465-471.
12. Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M. T., and Dal Molin, E. (2008) Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Sci.* **78**, 153-156.
13. Ferrier, P. and Lamb, R. (2007) Government regulation and quality in the US beef market. *Food Policy* **32**, 84-97.
14. Garcia, L. G., Nicholson, K. L., Hoffman, T. W., Lawrence, T. E., Hale, D. S., Griffin, D. S., Savell, D. S., Morgan, J. B., Belk, K. E., Field, T. J., Scanga, J. A., Tatum, J. D., and Smith, G. C. (2008) National Beef Quality Audit-2005: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *J. Anim. Sci.* **86**, 3533-3543.
15. George-Evins, C. D., Unruh, J. A., Waylan, A. T., and Marsden, J. L. (2004) Influence of quality classification, aging period, blade tenderization, and endpoint cooking temperature on cooking characteristics and tenderness of beef glu-

- teus medius steaks. *J. Anim. Sci.* **82**, 1863-1867.
16. Gotoh, T., Albrecht, E., Teuscher, F., Kawabata, K., Sakashita, K., Iwamoto, H., and Wegner, J. (2009) Differences in muscle and fat accretion in Japanese Black and European cattle. *Meat Sci.* **82**, 300-308.
 17. 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.
 18. Harris, J. J., Lunt, D. K., Savell, J. W., Hawkins, E. W., and Orme, L. E. (1995) Relationship between USDA and Japanese beef grades. *Meat Sci.* **39**, 87-95.
 19. Jeremiah, L. E., Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., and Gibson, L. L. (2003) Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Sci.* **65**, 1013-1019.
 20. Jennifer, L. W., Harris, K. B., and Savell, J. W. (2000) Beef retail cut composition: 1 Separable tissue components. *J. Food Comp. Anal.* **13**, 233-242.
 21. Jones, D. K., Savell, J. W., and Cross, H. R. (1990) The influence of sex-class, USDA yield grade and USDA quality grade on seam fat trim from the primal of beef carcasses. *J. Anim. Sci.* **68**, 1987-1991.
 22. 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.
 23. Kim, N. K., Cho, S., Lee, S. H., Park, H. R., Lee, C. S., Cho, Y. M., Choy, Y. H., Yoon, D., Im, S. K., and Park, E. W. (2008) Proteins in *longissimus* muscle of Korean native cattle and their relationship to meat quality. *Meat Sci.* **80**, 1068-1073.
 24. Laakkonen, E., Wellington, G. H., and Skerbon, J. W. (1970) Low temperature longtime heating of bovine. 1. Change in tenderness, water binding capacity, pH and amount of water soluble component. *J. Food Sci.* **35**, 175-177.
 25. Laster, M. A., Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Miller, R. K., Griffin, D. B., Harris, K. B., and Savell, J. W. (2008) Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Sci.* **80**, 795-804.
 26. Lorenzen, C. L., Miller, R. K., Taylor, J. F., Neely, T. R., Tatum, J. D., Wise, J. W., Buyck, M. J., Reagan, J. O., and Savell, J. W. (2003) Beef customer satisfaction: trained sensory panel ratings and Warner-Bratzler shear force value. *J. Anim. Sci.* **81**, 143-149.
 27. Lorenzen, C., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J. W., Belk, K. E., Frederick, T. L., Miller, M. F., Montgomery T. H., and Smith, G. C. (1993) National Beef Quality Audit- 1991: Survey of producer-related defects and carcass quality and quantity attributes. *J. Anim. Sci.* **71**, 1495-1502.
 28. Luchak, G. L., Miller, R. K., Belk, K. E., Hale, D. S., Michaelsen, S. A., Johnson, D. D., West, R. L., Leak, F. W., Cross, H. R., and Savell, J. W. (1998) Determination of sensory, chemical and cooking characteristics of retail beef cuts differing in intramuscular and external fat. *Meat Sci.* **50**, 55-72.
 29. McKenna, D. R., Lorenzen, C. L., Pollok, K. D., Morgan, W. W., Mies, W. L., Harris, J. J., Murphy, R., McAdams, M., Hale, D. S., and Savell, J. W. (2004) Interrelationships of breed type, USDA quality grade, cooking method, and degree of doneness on consumer evaluations of beef in Dallas and San Antonio, Texas, USA. *Meat Sci.* **66**, 399-406.
 30. Mckenna, D. R., Roeber, D. L., Bates, P. K., Schmidt, T. B., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J. W., Brooks, J. C., Morgan, J. B., Montgomery, T. H., Belkand, K. E., and Smith, G. C. (2002) National Beef Quality Audit-2000: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *J. Anim. Sci.* **80**, 1212-1222.
 31. 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.
 32. Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P. E., Hugo, A., and Ratts, J. G. (2009) Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chem.* **112**, 279-289.
 33. Neely, T. R., Lorenzen, C. L., Miller, R. K., Tatum, J. D., Wise, J. W., Taylor, J. F., Buyck, M. J., Reagan, J. O., and Savell, J. W. (1998) Beef customer satisfaction: Role of cut, USDA quality grade, and city on in-home consumer ratings. *J. Anim. Sci.* **76**, 1027-1032.
 34. Nelson, J. L., Dolezal, H. G., Ray, F. K., and Morgan, J. B. (2004) Characterization of certified Angus beef steaks from the round, loin, and chuck. *J. Anim. Sci.* **82**, 1437-1444.
 35. Obuz, E., Dikeman, M. E., Grobbel, J. P., Stephens, J. W., and Loughin, T. M. (2004) Beef longissimus lumborum, biceps femoris, and deep pectoralis Warner-Bratzler shear force is affected differently by endpoint temperature, cooking method, and USDA quality grade. *Meat Sci.* **68**, 243-248.
 36. Polkinghorne, R., Watson, R., Thompson, J. M., and Pthick, D. W. (2008) Current usage and further development of the Meat Standards Australia (MSA) beef grading system. *Australian J. Expri. Agri.* **48**, 1459-1464.
 37. Rhee, M. S., Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., and Koohmaraie, M. (2004) Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *J. Anim. Sci.* **82**, 534-550.
 38. Roeber, D. L., Cannell, R. C., Belk, K. E., Miller, R. K., Tatum, J. D., and Smith, G. C. (2000) Implant strategies during feeding: Impact on carcass grades and consumer acceptability. *J. Anim. Sci.* **78**, 1867-1874.
 39. SAS (2004) SAS user's guide; Statistics. SAS for Windows, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 40. Schmidt, T. B., Schilling, M. W., Behrends, J. M., Battula, V., Jackson, V., Sekhon, R. K., and Lawrence, T. E. (2010) Use of cluster analysis and preference mapping to evaluate consumer acceptability of choice and select bovine *M. Longissimus Lumborum* steaks cooked to various end-point temperatures. *Meat Sci.* **84**, 46-53.

41. Song, M. K., Jin, G. L., Ji, B. J., Chang, S. S., Jeong, J., Smith, S. B., and Choi, S. H. (2010) Conjugated linoleic acids content in *M. longissimus dorsi* of Hanwoo steers fed a concentrate supplemented with soybean oil, sodium bicarbonate-based monensin, fish oil. *Meat Sci.* (in press).
42. Verbeke, W., Wezemaël, L. V., Barcellos, M. D., Kügler, J. O., Hocquette, J. F., Ueland, Ø., and Grunert, K. G. (2010) European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee insights from a qualitative study in four EU countries. *Meat Sci.* **54**, 289-296.
43. Voges, K. L., Mason, C. L., Brooks, J. C., Delmore, R. J., Griffin, D. B., Hale, D. S., Henning, W. R., Johnson, D. D., Lorenzen, C. L., Maddock, R. J., Miller, R. K., Morgan, J. B., Baird, B. E., Gwartney, B. L., and Savell, J. W. (2007) National beef tenderness survey – 2006: Assessment of Warner–Bratzler shear and sensory panel ratings for beef from US retail and foodservice establishments. *Meat Sci.* **77**, 357-364.
44. Voges, K. L., Pfeiffer, K. D., Baird, B. E., King, D. A., Johnson, H. K., Griffin, D. B., and Savell, J. W. (2006) Retail cutting characteristics for US Choice and US Select beef subprimals. *Meat Sci.* **73**, 116-131.
45. Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., and Koch, R. M. (1994) Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.* **72**, 3145-3151.
46. Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., and Koohmaraie, M. (2000) Relationship of beef longissimus tenderness classes to tenderness of gluteus medius, semimembranosus and biceps femoris. *J. Anim. Sci.* **78**, 2856-2861.
47. Wulf, D. M. and Page, J. K. (2000) Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *J. Anim. Sci.* **78**, 2595-2607.
48. Young, O. A., Zhang, S. X., Farouk, M. M., and Podmore, C. (2005) Effects of pH adjustment with phosphates on attributes and functionalities of normal and high pH beef. *Meat Sci.* **70**, 133-139.
49. Yu, L. H., Lim, D. G., Jeong, S. G., In, T. S., Kim, J. H., Ahn, C. N., Kim C. J., and Park, B. Y. (2008) Effects of temperature conditioning on postmortem changes in physico-chemical properties in Korean native cattle (Hanwoo). *Meat Sci.* **79**, 64-70.
50. 日本 農林水産省 (2005) 家畜改良 増殖目標. pp. 13-16.

(Received 2010.3.24/Revised 2010.6./Accepted 2010.6.10)