



옷나무 분말, 규산염 및 크롬메티오닌을 급여한 한우육의 냉장저장 중 육질 비교

강선문 · 이익선 · 송영한¹ · 이성기*

강원대학교 동물식품응용과학과, ¹강원대학교 동물자원과학전공

Meat Quality Comparison of Beef from Hanwoo Supplemented with Dietary *Rhus verniciflua* Stokes Meal, Silicate, and Chromium-Methionine during Refrigerated Storage

Sun Moon Kang, Ik Sun Lee, Young Han Song¹, and Sung Ki Lee*

Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

¹Department of Animal Resources Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract

This study was carried out to compare the meat quality of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) meal, silicate (Si), and chromium-methionine (Cr-Met) during refrigerated storage. The 26 mon-aged Hanwoo steers were fed basal diets containing 4% RVS, 4% RVS+400 ppm Cr-Met, 1.4% SiO₂, or 0.14% SiO₂+400 ppm Cr-Met for 4 mon prior to slaughter. The *M. longissimus* from carcasses were then stored at 4±0.2°C for 7 d. The crude fat content was higher in the Si and Si+Cr-Met groups ($p<0.05$). The water-holding capacity (WHC) and tenderness were highest in the Si+Cr-Met group ($p<0.05$). With regard to fatty acids, the polyunsaturated fatty acid (PUFA) content was lower in the Si and Si+Cr-Met groups ($p<0.05$), and the monounsaturated fatty acid (MUFA) content was lowest in the Si+Cr-Met group ($p<0.05$). The TBARS and MetMb contents were decreased in the Si, Si+Cr-Met, and RVS+Cr-Met groups. Regarding meat color during storage, the Si+Cr-Met group showed the highest L, a, b, C values and total color, and those of the Si and RVS+Cr-Met groups were higher than the RVS group ($p<0.05$). Consequently, beef from Si-fed Hanwoo had higher fat content, color and oxidation stability, and lower PUFA content than RVS-fed beef. And beef from Si+Cr-Met-fed Hanwoo had higher WHC, tenderness and color stability, and lower MUFA content than Si-fed beef.

Key words : *Rhus verniciflua* Stokes, silicate, chromium-methionine, Hanwoo beef

서 론

최근 국민들의 소득 수준이 향상되고 건강 증진과 색생활의 질에 대한 관심이 높아지면서 소비자들은 양보다는 질적으로 향상된 식육을 요구하게 되었다. 식육의 품질은 식육을 구매할 때 고려하는 사항으로서 소비자에 따라 차이를 보이나, 기본적으로 외관을 비롯한 관능적 기호도, 영양가, 기능성, 안전성 등에 의해 결정된다. 식육의 품질은 가축의 품종, 유전, 근섬유 형태 등의 내부적 요인 및 사료, 사육환경, 도축전 절식 및 취급방법, 도축후 전기자극, 도체현수, 냉각, 포장 등의 외부적 요인과 같은 다양

한 요인들에 의해 영향을 받으나(Lindahl *et al.*, 2006; Luño *et al.*, 2000; Rosenvold *et al.*, 2003), 이중 가장 직접적이면서 효과적인 영향 요인은 사료라 할 수 있다.

현재까지 많은 연구자들이 가축에게 식물(Kang *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2006; Pugliese *et al.*, 2004), 지방산(Hur *et al.*, 2004; Scollan *et al.*, 2006), 광물질(Kang *et al.*, 2002; Kong *et al.*, 2004; Matthews *et al.*, 2005; Van de Ligt *et al.*, 2002), 비타민(Oka *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2002) 등 다양한 종류의 사료 성분들을 급여하여 식육의 품질을 향상시키고자 하였다. 이중 옷나무 사료의 급여에 관한 연구로서, Kim 등(2006)은 22개월령 한우에게 도축전 4개월 동안 옷나무를 기초사료의 0, 2, 4 및 6%로 급여했을 때, 무급여구보다 쇠고기의 육색 및 지방 산화안정성, 보수력 및 불포화지방산이 증가하였으며, 특히, 4% 급여수준이 가장 높은 산화 안정성을 보여 주었다고 보고

*Corresponding author : Sung Ki Lee, Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea. Tel: 82-33-250-8646, Fax: 82-33-251-7719, E-mail: skilee@kangwon.ac.kr

하였다. 광물질 급여에 대한 연구로서, Kang 등(2002)은 6개월령 송아지에게 18개월 동안 규산염을 급여했을 때, 무급여구보다 지방 함량이 높고, 단백질 및 회분 함량, 전단력이 낮았으며, 지방산 및 아미노산 조성에 큰 영향을 미치지 못했다고 보고하였다. 또한 Matthews 등(2005)은 돼지에게 육성, 비육기 동안 크롬프로피온산을 급여했을 때, 급여구와 무급여구 간에 근내지방도, 사후 24시간 pH, 드립감량, 가열감량, 전단력 및 표면육색의 차이가 없었다고 보고하였다.

이와 같이 현재까지 옷나무, 규산염 및 크롬 급여에 대한 연구들은 동일한 급여 수준 또는 급여 유무에 따라 식육의 품질을 비교한 것들이다. 하지만 이 세 종류의 성분들을 급여하여 생산된 식육의 품질을 비교한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 옷나무 분말, 규산염 및 크롬메티오닌을 첨가, 혼합한 사료를 급여하여 생산된 한우육을 냉장저장하는 동안 각각의 육질을 비교하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험동물 및 사료

26개월령 거세한우 14두(평균 571.8 kg)를 경기도 가평 소재 A농장 및 강원도 춘천소재 B농장에서 30개월령(평균 648.3 kg)까지 공시하였다. 본 시험의 처리구들은 옷나무 분말 4%(4두), 옷나무 분말 4%+크롬메티오닌 400 ppm(4두), 규산염 1.4%(3두), 그리고 규산염 0.14%+크롬메티오닌 400 ppm(3두)으로 나누어 사육을 실시하였다. 사료용 옷나무 분말(수분 24.03%, 조지방 0.23%, 조단백질 0.73% 및 조회분 1.32%)은 강원도 원주에서 8년 동안 재배된 옷나무를 절단하고 자연건조시킨 다음 수목과 수피를 목재칩 제조기(Poonglim Co., Korea)와 분말기를 이용하여 순차적으로 분쇄하여 제조하였다. 규산염은 Pozolia 사(Korea)의 Pozolan(SiO₂ 68.9%, Al₂O₃ 15.6%, Fe₂O₃ 4.74%, MgO 1.24%, K₂O 3.55%, Na₂O 1.66%, CaO 0.36%, TiO₂ 0.62% 및 MnO 0.01%), 크롬메티오닌은 Innobio사(Korea)의 Cramin 1*(100 ppm chromium-methionine/kg)를 사용하였으며, 농후사료와 조사료(볏짚)는 자유채식시켰다.

공시재료

비육완료된 시험동물들을 도축하고 2°C에서 48시간 동안 예냉한 다음 발골하여 얻은 등심(*M. longissimus*) 부위를 본 실험의 재료로 이용하였다. 우선, 4°C 저온실에서 등지방, 결체조직 및 혈액을 위생적으로 제거한 후 살코기를 1 cm 두께로 절단하였다. MetMb 및 표면육색 측정용 시료는 선상 저밀도 폴리에틸렌 랩(Oxygen transmission rate=35,273 cc/m²·24 hr·atm, 0.01 mm thickness, 3M Co., Korea)에 포장하였으며, 드립감량, 총환원력 및 TBARS 측

정용 시료는 식품포장용 저밀도 폴리에틸렌 지퍼백(LDPE cleanwrap zipper bag, Cleanwrap Co., Ltd., Korea)에 넣어 4±0.2°C에서 7일 동안 저장하였다.

일반성분 및 총육색소 함량

일반성분 함량은 AOAC(1995) 방법에 의해 실시하였다. 수분은 105°C dry oven을 이용한 상압 가열건조법, 조지방은 diethyl ether에 의한 Soxhlet 추출법, 조단백질은 Kjeltac system(2200 Kjeltac Auto Distillation Unit, Foss Tecator Co., Sweden)에 의한 micro-Kjeldahl법, 조회분은 550°C 회화로에 의한 건식회화법을 이용하였다.

총육색소 함량은 Sammel 등(2002)의 방법에 의해 실시하였다. 시료 5 g과 4°C 증류수 15 mL를 homogenizer(Ultra Turrax T25 basic, Ika Werke GmbH & Co., Germany)로 13,500 rpm에서 10초 동안 균질한 다음 4°C, 30,000×g에서 30분 동안 원심분리(J2-21 Centrifuge, Beckman, USA)하였다. 상등액의 흡광도를 525 nm에서 UV-vis spectrophotometer(UV-mini-1240, Shimadzu Co., Japan)로 측정 후 다음의 수식에 의해 산출하였다.

$$Mb \text{ (mg/g meat)} = \frac{(OD \times Mb \text{의 MW} \times \text{dilution factor})}{(\text{molar extinction coefficient} \times 1000)}$$

Mb의 MW(Drabkin, 1978) : 16,110

Molar extinction coefficient(Bowen, 1949) : 7.6

지방산 조성

Folch 등(1957)의 방법에 의해 추출한 지질을 AOAC(1995)의 방법에 의해 fatty acid methyl ester화 시킨 다음 GC(Agilent 6890N, Agilent Technologies Co., USA)에 의해 분석하였으며, 각각의 fatty acid methyl ester standard 들(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)의 retention time과 비교하여 정량하였다. 이때 GC의 분석 조건은 Table 1과 같다.

pH 및 산화환원전위

pH는 시료 10 g과 증류수 100 mL를 가정용 믹서(MX-2000, Brawn Co., Germany)로 속도 2단계에서 30초 동안 균질한 다음 pH meter(SevenEasy pH, Mettler-Toledo GmbH, Switzerland)로 측정하였다.

산화환원전위(oxidation-reduction potential, ORP)는 Nam과 Ahn(2003)의 방법을 수정하여 실시하였다. 시료 10 g과 증류수 30 mL, 7.2%(w/v) BHT 100 µL를 hand blender(HR1372, Philips Co., Netherland)로 속도 5단계에서 15초 동안 균질하였다. 이후 즉시 pH meter(SevenEasy pH, Mettler-Toledo GmbH, Switzerland)의 전극봉을 균질액에 담근 다음 정확히 3분 후에 mV를 측정하였다.

Table 1. Analysis method of fatty acid composition using GC

Instrumentation	
Inlet	Split/splitless
Detector	FID
Chromatographic system	Agilent 6890N (Agilent Technologies Co., USA)
Automatic sampler	Agilent 7683 (Agilent Technologies Co., USA)
Column	HP-Innowax (30 m length×0.32 mm id×0.25 µm film thickness, Agilent Technologies Co., USA)
Experimental conditions GC/FID	
Inlet temperature	260°C
Injection volume	1 µL
Split ratio	10:1
Carrier	He, 1 mL/min constant flow
Oven temperature	150°C for 1°C/min 150~200°C at 15°C/min 200~250°C at 3°C/min, 250°C for 5 min
FID temperature	280°C

보수력, 드립감량 및 가열감량

보수력(water-holding capacity, WHC)은 Hofmann 등(1982)의 여지압착법에 의해 실시하였다. 우선, plexi-glass plate(11.5×5.0×0.8 cm³) 위에 놓인 여과지(No. 2, Whatman International Ltd, England)의 중앙에 시료 0.3 g을 올려놓고 나머지 plexi-glass plate로 덮은 다음 동일한 힘으로 나사를 조여 5분 동안 방치하였다. 이후 digitizing area-line meter(Super PLANIX-a, Tamaya Technics Inc., Japan)를 이용하여 내부의 시료면적과 총면적을 측정하여 백분율(%)로 산출하였다.

드립감량 및 가열감량은 Honikel(1998)의 방법에 준하여 실시하였다. 드립감량은 저장 3일에 발생한 육즙의 양을 초기무게의 백분율(%)로 산출하였다. 가열감량은 2 cm 두께의 시료를 식품포장용 저밀도 폴리에틸렌 지퍼백에 넣고 75°C water bath(OB-25E, Jeio Tech Co., Korea)에 담가 45분 동안 가열하였으며, 이때 발생한 육즙의 양을 시료 초기무게의 백분율(%)로 산출하였다.

전단력

가열감량을 측정하는 시료들을 각각 1×1×1.5 cm³로 성형한 다음 Warner-Bratzler shear blade를 장착한 texture analyser(TA-XT2i version 6.06, Stable Micro Systems Co., Ltd., UK)로 전단력(Warner-Bratzler shear force, WBSF)을 측정하였으며, blade와 근섬유 방향이 평행하도록 절단하였다. 이때 분석조건은 load cell 25 kg, pretest speed 5.0 mm/sec, test speed 2.0 mm/sec, posttest speed 5.0 mm/sec 이었으며, 분석된 결과는 kg으로 산출하였다.

총환원력 및 지질산패도

총환원력(total reducing ability, TRA)은 Lee 등(1981)의 방법을 수정하여 실시하였다. 우선, 시료 2 g과 25 mM PIPES buffer(pH 5.8) 10 mL를 homogenizer(Ultra Turrax T25 basic, Ika Werke GmbH & Co., Germany)로 13,500 rpm에서 10초 동안 균질하였다. 균질액 5 mL와 5 mM potassium ferricyanide 2 mL, 0.5%(w/v) ammonium sulfate 0.1 mL, 0.5 M lead acetate 0.2 mL, 20%(w/v) trichloroacetic acid 5 mL 및 증류수 0.2 mL를 순차적으로 혼합하고, 0.45 µm syringe filter로 여과한 후 420 nm에서 흡광도를 측정(UV-mini-1240, Shimadzu Co., Japan)하였다. 최종적으로 총환원력은 1 mM potassium ferricyanide의 흡광도에서 시료의 흡광도를 뺀 수치로 산출하였다.

지질산패도(2-thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)는 Sinnhuber와 Yu(1977)의 방법을 약간 수정하여 실시하였다. 시료의 흡광도를 532 nm에서 UV-vis spectrophotometer(UV-mini-1240, Shimadzu Co., Japan)로 측정하였으며, 최종수치는 시료 1 kg당 mg malonaldehyde(MA)로 산출하였다.

MetMb의 함량

시료 표면의 MetMb 함량은 Krzywicki(1979)의 방법에 의해 측정하였으며, 한 반복당 25회씩 실시하였다. 시료 표면의 반사율을 reflectospectrophotometer(UV-2401PC, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 525, 572 및 730 nm에서 측정하였으며, 이때 측정된 반사율은 2-log(% reflectance)로 변환하여 Demos 등(1996)의 방법에 의해 백분율(%)로 산출하였다.

표면육색

시료의 표면육색은 chroma meter(CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan)를 이용하여 CIE L(lightness), a(redness), b(yellowness) 및 C(chroma=[a²+b²]^{1/2})를 측정하였으며, Eagerman 등(1977)의 방법에 따라 총육색(total color={L·a²}/b)을 산출하였다. 이때 calibrate plate(2° observer)의 illuminant C는 L=97.46, a=0.08, b=1.81이었다.

통계처리

실험결과는 SAS(1999) program의 General Linear Model procedure에 따라 처리되었으며, 각 처리구 간에 유의성 검증을 위해 분산분석을 실시한 후 Duncan's multiple range test로 5% 수준에서 유의성 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 총육색소 함량

웃나무 분말, 규산염 및 크롬메티오닌 급여에 따른 한우육의 일반성분 및 총육색소 함량을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 수분, 조단백질, 조회분 및 총육색소 함량은 규산염 및 규산염+크롬메티오닌 급여구들이 웃나무 및 웃나무+크롬메티오닌 급여구들보다 유의적으로 낮게 나타난 반면($p<0.05$), 조지방은 규산염 및 규산염+크롬메티오닌 급여구들이 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 하지만 규산염 및 웃나무 급여구들 내에서 크롬메티오닌 급여에 따른 차이는 나타나지 않았다. 따라서 한우에게 규산염을 급여시 근내 지방 함량이 높아졌으며, 이에 따라 상대적으로 단백질 함량과 총육색소 함량이 낮아진 것으로 사료된다. 현재까지 규산염 및 크롬메티오닌 급여가 고기의 총육색소 함량에 미치는 영향에 대해서는 보고된 바 없다. 하지만 Kang 등(2002)은 6개월령 한우들에게 규산염을 18개월 동안 급여시 급여구의 지방 함량이 무급여구보다 높았으나, 단백질 및 회분 함량은 낮았다고 동일하게 보고하였으며, Van de Ligt 등(2002)은 생체중이 26 kg인 돼지들에게 크롬트리피콜린산을 육성기 동안 급여시 처리구들 간에 일반성분 함량의 차이가 없었다고 동일한 보고를 한 바 있다.

pH, 보수력, 드립감량, 가열감량 및 전단력

pH, 드립감량 및 가열감량(Table 3)은 급여구들 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 보수력(Table 3)

은 규산염+크롬메티오닌 급여구가 다른 급여구들보다 유의적으로 높게 나타났으나($p<0.05$), 전단력(Table 3)은 규산염+크롬메티오닌 급여구가 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 따라서 한우육의 pH가 규산염 및 크롬메티오닌의 급여에 따른 차이가 없었음에도 불구하고, 규산염과 크롬메티오닌을 복합 급여했을 때 보수력과 연도가 가장 높게 나타났다. 이러한 이유는 고기의 근내지방도가 높을수록 보수력과 연도가 높기 때문이다(Wood, 1993). 또한 본 실험결과는 송아지에게 18개월 동안 규산염을 급여시 처리구들 간에 pH, 가열감량, 보수력의 차이가 없었으나, 급여구의 전단력이 무급여구보다 낮았다는 Kang 등(2002)의 보고 및 돼지에게 육성, 비육기 동안 크롬프로피온산을 급여시 처리구들 간에 사후 24시간 pH, 드립감량, 가열감량, 전단력의 차이가 없었다는 Matthews 등(2005)의 보고와 유사한 경향을 보였다.

지방산 조성

지방산 조성(Table 4)을 살펴보면, C14:0, C18:0, C18:1n7, C18:3n3 및 C20:1n9는 처리구들 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 C18:0 및 포화지방산(SFA) 총량은 규산염+크롬메티오닌 급여구가 다른 급여구들보다 유의적으로 높게 나타난 반면($p<0.05$), C18:1n9 및 단가불포화지방산(MUFA) 총량은 규산염+크롬메티오닌 급여구가 유의적으로 낮게 나타났으나($p<0.05$). 한편, C18:2n6, C20:4n6 및 다가불포화지방산(PUFA) 총량은 규산염 및 규산염+크롬메티오닌 급여구들이 다른 급여구들보다 유의적으로 낮게 나타났으나($p<0.05$), 규산염 및 웃나무 급여구들 내에서는

Table 2. Comparison of the proximate composition and total Mb content of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) meal, silicate (Si), and chromium-methionine (Cr-Met)

Trait	RVS	RVS+Cr-Met	Si	Si+Cr-Met
Proximate composition (%)				
Moisture	68.73±2.16 ^a	67.55±2.45 ^a	60.48±3.17 ^b	61.41±3.74 ^b
Crude fat	11.78±3.21 ^b	11.92±3.22 ^b	18.76±3.74 ^a	21.50±5.75 ^a
Crude protein	19.92±0.76 ^a	20.55±0.75 ^a	18.54±0.96 ^b	18.18±1.07 ^b
Crude ash	0.89±0.07 ^a	0.93±0.06 ^a	0.81±0.06 ^b	0.79±0.06 ^b
Mb (mg/g meat)	5.73±0.37 ^a	5.88±0.45 ^a	5.27±0.13 ^b	5.16±0.69 ^b

^{a-b} Means±standard deviation in the same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Comparison of the pH, water-holding capacity (WHC), drip loss, cooking loss, and Warner-Bratzler shear force (WBSF) of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) meal, silicate (Si), and chromium-methionine (Cr-Met)

Trait	RVS	RVS+Cr-Met	Si	Si+Cr-Met
pH	5.50±0.04	5.54±0.05	5.55±0.01	5.59±0.13
WHC (%)	45.44±7.76 ^b	45.25±3.74 ^b	46.54±3.07 ^b	51.87±4.82 ^a
Drip loss (%)	2.30±0.45	2.04±0.65	1.85±0.36	1.93±0.48
Cooking loss (%)	28.04±2.25	29.12±1.85	24.96±3.82	26.51±2.34
WBSF (kg)	4.29±1.98 ^a	4.44±1.29 ^a	3.90±0.95 ^a	2.32±0.67 ^b

^{a-b} Means±standard deviation in the same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 4. Comparison of the fatty acid composition (%) of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) meal, silicate (Si), and chromium-methionine (Cr-Met)

Trait	RVS	RVS+Cr-Met	Si	Si+Cr-Met
C14:0 (Myristic acid)	3.69±1.06	4.11±0.40	4.61±0.42	4.10±0.36
C16:0 (Palmitic acid)	29.39±3.56	30.04±1.09	31.07±1.75	32.37±1.03
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	0.55±0.06	0.54±0.08	0.62±0.07	0.58±0.03
C18:0 (Stearic acid)	16.13±4.06 ^b	15.40±5.86 ^b	14.25±4.04 ^b	22.06±2.32 ^a
C18:1n9 (Oleic acid)	46.61±6.19 ^a	46.56±5.25 ^a	47.11±4.71 ^a	38.42±2.52 ^b
C18:2n6 (Linoleic acid)	2.50±0.37 ^a	2.35±0.46 ^a	1.46±0.07 ^b	1.65±0.28 ^b
C18:3n3 (Linolenic acid)	0.26±0.04	0.25±0.03	0.28±0.01	0.27±0.02
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	0.44±0.11	0.39±0.05	0.47±0.05	0.40±0.01
C20:4n6 (Arachidonic acid)	0.43±0.21 ^a	0.39±0.12 ^a	0.15±0.02 ^b	0.16±0.04 ^b
SFA ¹⁾	49.21±6.62 ^b	49.54±4.98 ^b	49.92±4.77 ^b	58.54±2.24 ^a
MUFA ²⁾	47.60±6.27 ^a	47.48±5.24 ^a	48.19±4.75 ^a	39.39±2.54 ^b
PUFA ³⁾	3.19±0.55 ^a	2.98±0.55 ^a	1.89±0.08 ^b	2.07±0.33 ^b
MUFA/SFA	1.00±0.24 ^a	0.98±0.19 ^a	0.98±0.18 ^a	0.68±0.07 ^b
PUFA/SFA	0.07±0.02 ^a	0.06±0.01 ^a	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b

^{a-b} Means±standard deviations in the same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾ Saturated fatty acids.

²⁾ Monounsaturated fatty acid.

³⁾ Polyunsaturated fatty acid.

크롬메티오닌 급여에 따른 차이는 나타나지 않았다.

또한 MUFA/SFA는 규산염+크롬메티오닌 급여구가 다른 급여구들보다 유의적으로 낮게 나타났으며($p<0.05$), PUFA/SFA는 규산염 및 규산염+크롬메티오닌 급여구들이 다른 급여구들보다 유의적으로 낮게 나타났으며($p<0.05$). 따라서 한우에게 규산염을 단독 급여시 쇠고기의 PUFA가 낮았다. 또한 규산염과 크롬메티오닌을 복합 급여시에는 MUFA가 낮았고, SFA는 높았다. 하지만 본 실험결과는 송아지와 돼지에게 규산염을 급여했을 때 처리구들의 지방산 조성에서 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다는 Kang 등(2002) 및 Kong 등(2004)의 보고와는 다르게 나타났다.

산화환원전위, 총환원력 및 지질산패도

산화환원전위(Fig. 1)는 규산염, 규산염+크롬메티오닌 및 옷나무+크롬메티오닌 급여구들이 옷나무 급여구보다 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$). 고기에서 산화환원전위는 그 수치가 낮을수록 산화안정성이 높다는 것을 의미하며(Nam and Ahn, 2003), 본 실험결과에서 규산염, 규산염+크롬메티오닌 및 옷나무+크롬메티오닌 급여구들의 산화안정성이 옷나무 급여구보다 높다는 것을 알 수 있다.

총환원력(Fig. 2a)은 저장기간 동안 규산염 및 규산염+크롬메티오닌 급여구들이 다른 급여구들보다 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$). 크롬메티오닌 급여에 따른 차이는 옷나무+크롬메티오닌 급여구가 저장기간 동안 옷나무 급여구보다 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$).

TBARS(Fig. 2b)는 저장 3일부터 규산염, 규산염+크롬메티오닌 및 옷나무+크롬메티오닌 급여구들이 옷나무 급여구보다 유의적으로 낮게 나타났으며($p<0.05$). 또한 크롬메티

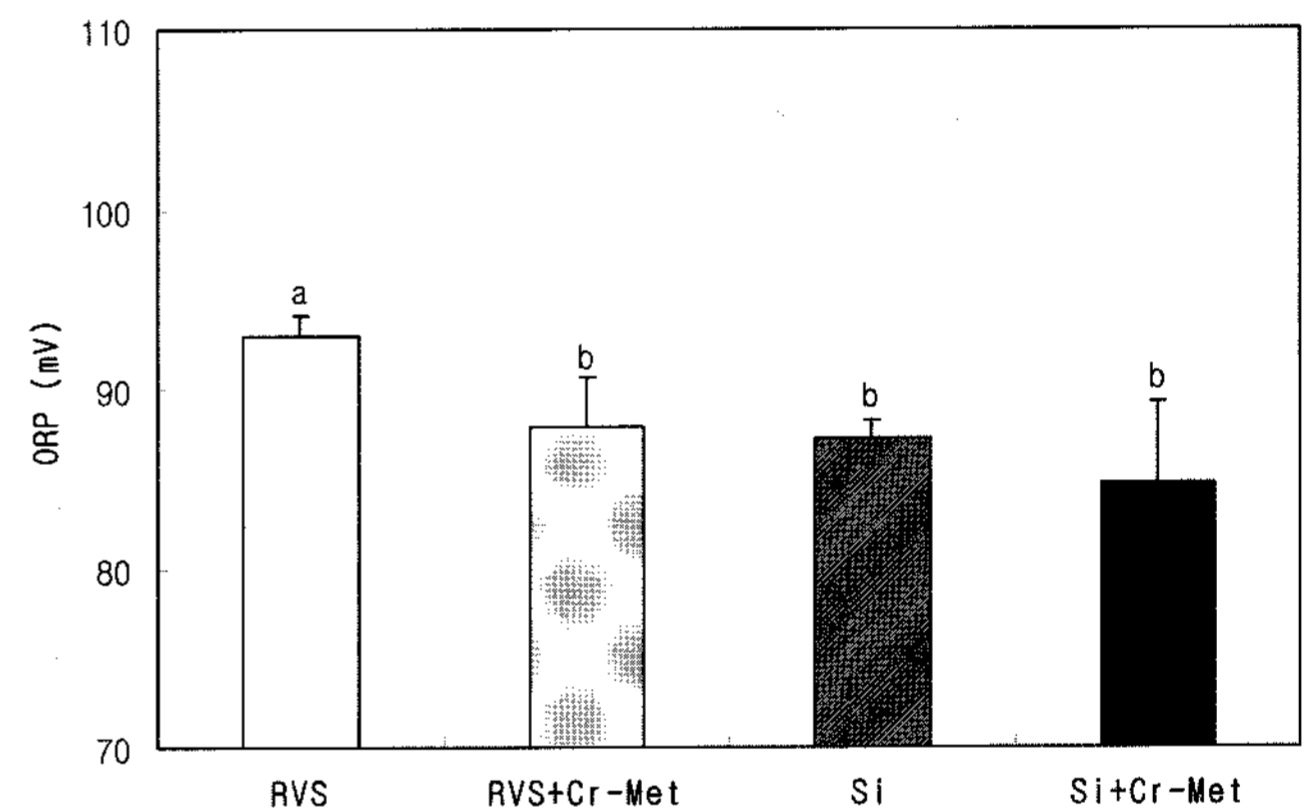


Fig. 1. Comparison of the oxidation-reduction potential (ORP) of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) meal, silicate (Si), and chromium-methionine (Cr-Met). Values are means±S.E..

오닌 급여에 따른 차이는 저장 7일째에 규산염+크롬메티오닌 급여구가 규산염 급여구보다 유의적으로 낮게 나타났으며($p<0.05$). 따라서 저장 중 TBARS의 결과는 산화환원전위 및 총환원력과 동일하였으며, 한우에게 규산염을 급여했을 때 쇠고기의 지방 산화 안정성이 높게 나타났다. 또한 본 실험결과는 한우 및 돼지에게 규산염을 급여시 저장중 급여구의 TBARS가 무급여구보다 낮았다는 Lee 등(2004) 및 Kong 등(2004)의 보고와 동일하였다. Papas (1999)는 광물질 섭취가 체내 항산화 효소의 활성화에 영향을 미친다고 보고하였으며, 이로 미루어 보아 규산염 급여가 한우의 근육 내 항산화 효소의 활성을 증가시키는 것으로 사료된다.

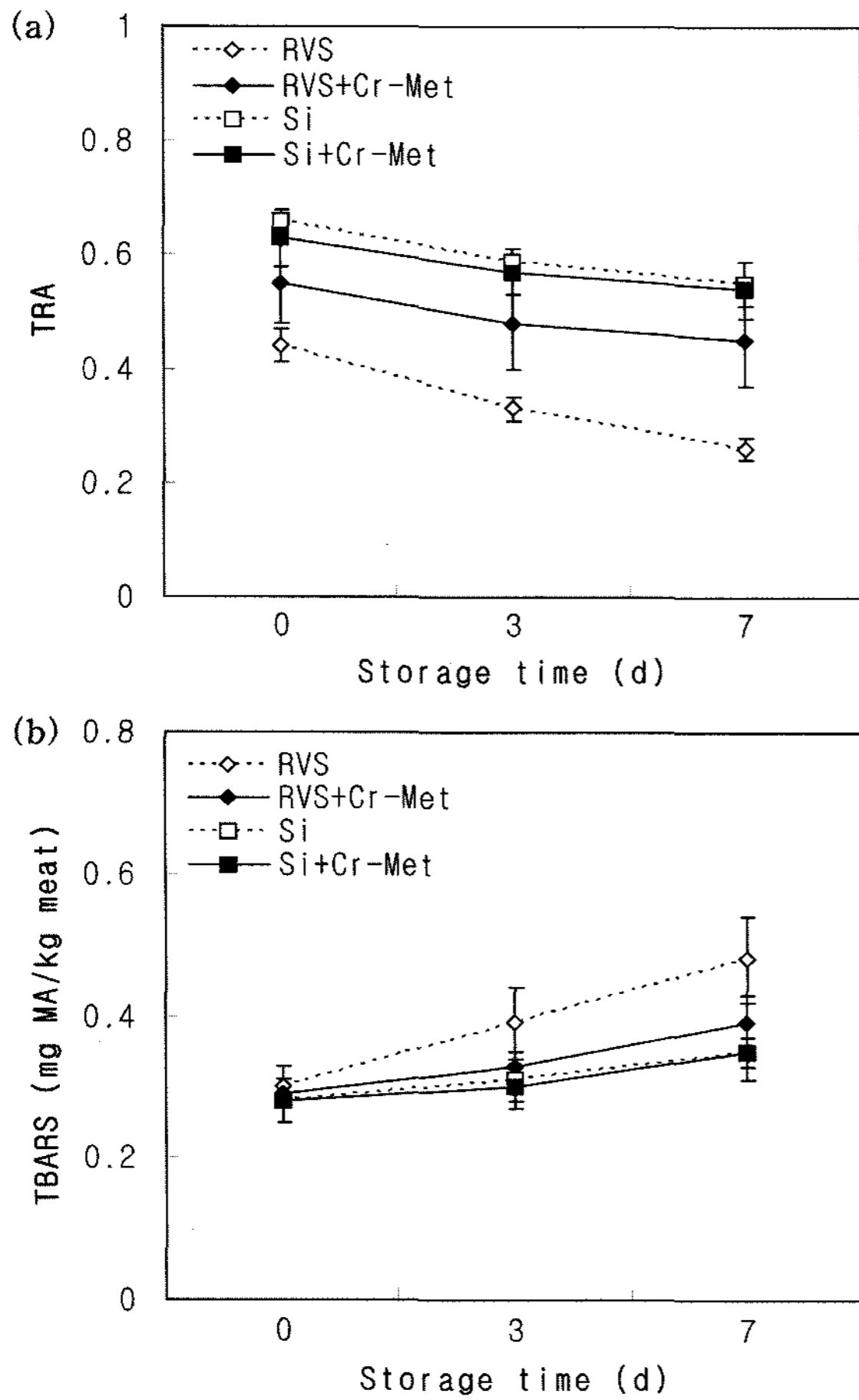


Fig. 2. Comparison of the total reducing ability (TRA) and TBARS content of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) meal, silicate (Si), and chromium-methionine (Cr-Met) during refrigerated storage. Values are means±S.E..

MetMb 함량 및 표면육색

MetMb 함량(Fig. 3)은 저장 3일부터 규산염, 규산염+크롬메티오닌 및 웃나무+크롬메티오닌급여구들이 웃나무 급여구보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 하지만 규산염 급여구들과 웃나무+크롬메티오닌 급여구 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 따라서 한우에게 규산염을 단독 급여하거나 웃나무와 크롬메티오닌을 복합 급여하면 쇠고기의 육색소 산화 안정성이 높게 나타났다. 이러한 이유는 고기 내 총육색소 함량이 낮았기 때문보다는 육색소 산화와 밀접한 지방 산화가 저장기간 동안 지연되었기 때문으로 사료된다. 또한 본 실험결과는 한우에게 규산염 급

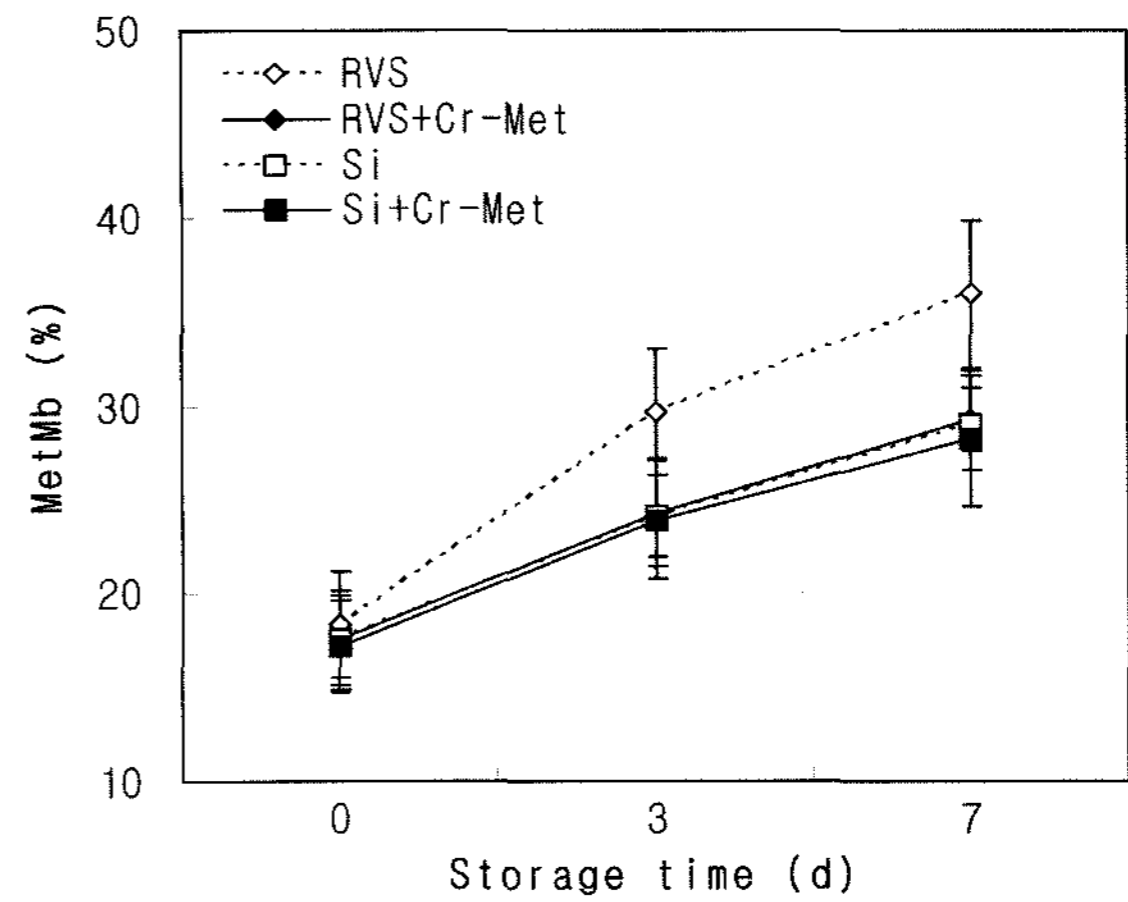


Fig. 3. Comparison of the MetMb content of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) meal, silicate (Si), and chromium-methionine (Cr-Met) during refrigerated storage. Values are means ±S.E..

Table 5. Comparison of the color of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) meal, silicate (Si), and chromium-methionine (Cr -Met) during refrigerated storage

Trait	Storage time (d)	RVS	RVS+Cr-Met	Si	Si+Cr-Met
L (Lightness)	0	39.49±1.18 ^c	42.05±2.87 ^b	42.44±2.60 ^b	43.38±1.71 ^a
	3	38.83±1.25 ^d	41.21±3.00 ^c	42.39±2.39 ^b	43.97±1.34 ^a
	7	39.96±1.40 ^d	40.90±2.43 ^c	42.58±2.71 ^b	43.58±1.51 ^a
a (Redness)	0	18.45±1.27 ^c	20.75±2.09 ^b	22.77±2.41 ^a	23.25±1.53 ^a
	3	18.10±2.14 ^c	20.04±1.17 ^b	20.30±1.42 ^b	22.38±1.33 ^a
	7	14.81±1.40 ^c	18.18±0.87 ^b	18.34±0.88 ^b	19.95±1.00 ^a
b (Yellowness)	0	8.86±0.82 ^c	10.20±1.59 ^b	11.50±1.64 ^a	11.75±1.13 ^a
	3	9.65±1.36 ^c	10.88±0.68 ^b	10.43±1.07 ^b	11.58±0.74 ^a
	7	8.53±0.85 ^c	9.99±0.52 ^b	9.85±1.02 ^b	10.66±0.65 ^a
C (Chroma)	0	20.46±1.48 ^c	23.13±2.56 ^b	25.51±2.88 ^a	26.05±1.85 ^a
	3	20.51±2.50 ^c	22.81±1.33 ^b	22.84±1.66 ^b	25.20±1.46 ^a
	7	17.10±1.48 ^c	20.75±0.95 ^b	20.83±1.14 ^b	22.62±1.11 ^a
Total color (L·a ² /b)	0	1520.07±120.16 ^d	1785.17±199.57 ^c	1922.49±245.71 ^b	1999.13±129.56 ^a
	3	1319.89±151.35 ^d	1522.83±137.49 ^c	1680.21±153.83 ^b	1904.36±155.93 ^a
	7	1036.66±168.29 ^d	1355.16±120.40 ^c	1457.62± 94.61 ^b	1628.93±125.36 ^a

^{a-d} Means±standard deviation in the same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

여했을 때 저장중 급여구의 MetMb이 무급여구보다 낮았다는 Lee 등(2004)의 보고와 동일하였다.

표면육색(Table 5)을 살펴보면, L 값(명도)은 저장기간 동안 규산염 및 규산염+크롬메티오닌 급여구들이 다른 급여구들보다 높은 경향을 보였으며, 특히, 크롬메티오닌 급여구 시 유의적으로 더 높은 값을 보였다($p<0.05$). a 값(적색도), b 값(황색도) 및 C 값(chroma)은 저장기간 동안 규산염+크롬메티오닌 급여구가 다른 급여구들보다 높은 경향을 보였으며, 규산염 및 옷나무+크롬메티오닌 급여구들이 옷나무 급여구보다 유의적으로 높은 값을 보였다($p<0.05$). 총육색은 저장기간 동안 규산염+크롬메티오닌>규산염>옷나무+크롬메티오닌>옷나무 순으로 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). Eagerman 등(1977)에 따르면, 총육색은 소비자들에 의한 신선육의 색깔 기호도와 높은 상관관계를 가졌다고 보고한 바 있다. 그러므로 이를 통해 규산염을 급여한 한우육의 색깔 기호도가 옷나무 급여구보다 높았으며, 크롬메티오닌을 함께 급여하면 더 높아짐을 알 수 있다. 이상의 결과를 종합해 보면, 한우에게 규산염을 급여했을 때 저장중 선명하면서 붉은 육색이 유지되었으며, 크롬메티오닌을 함께 급여하면 육색이 더욱 향상되는 것으로 나타났다. 하지만 일반적으로 총육색소 함량이 낮을수록 고기의 색깔이 덜 붉어짐에도 불구하고, 본 실험결과에서는 이와 반대로 나타났다. 이러한 이유는 고기의 적색 강도와 밀접한 OxyMb 함량과 관계있을 것으로 사료된다. 또한 본 실험결과는 한우에게 규산염을 급여했을 때 저장중 급여구의 L 값, a 값, b 값 및 C 값이 무급여구보다 높게 유지되었다는 Lee 등(2004)의 보고와는 동일하였다. 하지만 돼지에게 규산염을 급여시 도축후 24시간과 7일의 L 값, a 값 및 b 값이 처리구들간에 차이가 없었다는 Kong 등(2004)의 보고 및 돼지에게 크롬프로피온산 급여시 도축후 44시간의 L 값, a 값 및 b 값이 처리구들간에 차이가 없었다는 Matthews 등(2005)의 보고와는 약간 다른 경향을 나타내었다.

요 약

본 연구는 한우에게 옷나무 분말, 규산염 및 크롬메티오닌을 급여하고 도축하여 생산한 쇠고기의 육질을 비교하고자 실시하였다. 26개월령 거세 한우들에게 각각 옷나무 분말 4%, 옷나무 분말 4%+크롬메티오닌 400 ppm, 규산염 1.4%, 그리고 규산염 0.14%+크롬메티오닌 400 ppm이 혼합된 사료를 도축전 4개월 동안 급여한 다음 등심(*M. longissimus*) 부위를 $4\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 에서 7일 동안 저장하였다. 조지방 함량은 규산염 및 규산염+크롬메티오닌 급여구들에서 높았으며($p<0.05$), 보수력 및 연도는 규산염+크롬메티오닌 급여구가 가장 높았다($p<0.05$). 지방산 조성은 규산염 및 규산염+크롬메티오닌 급여구들의 다가불포화지

방산 함량이 낮았으며($p<0.05$), 다가불포화지방산은 규산염+크롬메티오닌 급여구가 가장 낮았다($p<0.05$). 저장중 TBARS 및 MetMb은 규산염, 규산염+크롬메티오닌 및 옷나무+크롬메티오닌 급여구들에서 억제되었다. 표면육색은 저장기간 동안 규산염+크롬메티오닌 급여구가 가장 높은 L 값, a 값, b 값, C 값 및 총육색을 보였으며, 규산염 및 옷나무+크롬메티오닌 급여구들의 L, a, b, C 및 총육색이 옷나무 급여구보다 높았다($p<0.05$). 결론적으로 한우에게 규산염을 급여하면 옷나무 급여보다 지방 함량, 선택 및 산화안정성이 높았지만, 다가불포화지방산은 낮았다. 또한 규산염과 크롬메티오닌을 함께 급여하면 규산염 단독 급여보다 보수력, 연도 및 선택이 높았지만, 다가불포화지방산은 낮았다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업특정연구사업(과제번호: 2007020103303001)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 920.153, 950.46, 981.10, 991.36.
2. Bowen, W. J. (1949) The absorption spectra and extinction coefficients of myoglobin. *J. Biol. Chem.* **179**, 235-245.
3. Demos, B. P., Gerrard, D. E., Mandigo, R. W., Gao, X., and Tan, J. (1996) Mechanically recovered neck bone lean and ascorbic acid improve color stability of ground beef patties. *J. Food Sci.* **61**, 656-659.
4. Drabkin, D. L. (1978) Selected landmarks in the history of porphyrins and their biologically functional derivatives. In: The porphyrins. Dolphin, D. (ed), Academic Press, Inc., NY, USA, Vol. 1, pp. 29-83.
5. Eagerman, B. A., Clydesdale, F. M., and Francis, F. J. (1977) Determination of fresh meat color by objective methods. *J. Food Sci.* **42**, 707-713.
6. Folch, J. M., Lees, M., and Stanley, G. H. S. (1957) A simple method for the isolation and purification and total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
7. Hofmann, K., Hamm, R., and Blüchel, E. (1982) Neues Über die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mit Hilfe der Filterpapierpressmethode. *Fleischwirt.* **62**, 87-92.
8. Honikel, K. O. (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* **49**, 447-457.
9. Hur, S. J., Ye, B. W., Lee, J. L., Ha, Y. L., Park, G. B., and Joo, S. T. (2004) Effects of conjugated linoleic acid on color and lipid oxidation of beef patties during cold storage. *Meat Sci.* **66**, 771-775.
10. Kang, S. M., Kim, D. W., and Lee, S. K. (2006) Effect of feeding levels and periods of dietary *Rhus verniciflua* Stokes

- at finishing stage on the meat quality of pigs during refrigerated storage. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* **48**, 727-738.
11. Kang, S. W., Kim, J. S., Cho, W. M., Ahn, B. S., Ki, K. S., and Son, Y. S. (2002) Effect of domestic clay minerals on growth performance and carcass characteristics in growing-fattening Hanwoo steers. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* **44**, 327-340.
 12. Kim, Y. S., Liang, C. Y., Song, Y. H., and Lee, S. K. (2006) Effects of dietary *Rhus verniciflua* Stokes supplementation on meat quality characteristics of Hanwoo (Korea cattle) beef during refrigerated storage. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **19**, 113-118.
 13. Kong, C. S., Ju, W. S., Kil, D. Y., Lim, J. S., Yun, M. S., and Kim, Y. Y. (2004) Effect of silicate mineral filtered water and silicate mineral additive on growth performance and pork quality. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* **46**, 743-752.
 14. Krzywicki, K. (1979) Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of the beef. *Meat Sci.* **3**, 1-10.
 15. Lee, M., Cassens, R. G., and Fennema, O. R. (1981) Effect of meat ions on residual nitrite. *J. Food Proc. Preservat.* **5**, 191-205.
 16. Lee, S. K., Kim, Y. S., Liang, C. Y., Ju, M. K., and Park, Y. S. (2004) Effect of dietary clay mineral on meat quality of Hanwoo (Korean cattle) bull beef during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **24**, 253-259.
 17. Lindahl, G., Henckel, P., Karsson, A. H., and Andersen, H. J. (2006) Significance of early postmortem temperature and pH decline on colour characteristics of pork loin from different crossbreeds. *Meat Sci.* **72**, 613-623.
 18. Luño, M., Roncalés, P., Djenane, D., and Beltrán, J. A. (2000) Beef shelf life in low O₂ and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. *Meat Sci.* **55**, 413-419.
 19. Matthews, J. O., Guzik, A. C., LeMieux, F. M., Southern, L. L., and Bidner, T. D. (2005) Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* **83**, 858-862.
 20. Nam, K. C. and Ahn, D. U. (2003) Effects of ascorbic acid and antioxidants on the color of irradiated ground beef. *J. Food Sci.* **68**, 1686-1690.
 21. Oka, A., Maruo, Y., Miki, T., Yamasaki, T., and Saito, T. (1998) Influence of vitamin A on the quality of beef from the Tajima strain of Japanese Black cattle. *Meat Sci.* **48**, 159-167.
 22. Papas, A. M. (1999) Diet and antioxidant status. *Food Chem. Tox.* **37**, 999-1007.
 23. Pugliese, C., Bozzi, R., Campodoni, G., Acciaioli, A., Franci, O., and Gandini, G. (2004) Performance of Cinta Sense pigs reared outdoors and indoors. 1. Meat and subcutaneous fat characteristics. *Meat Sci.* **69**, 459-464.
 24. Rosenvold, K. and Andersen, H. J. (2003) Factors of significance for pork quality-a review. *Meat Sci.* **64**, 219-237.
 25. Sammel, L. M., Hunt, M. C., Kropf, D. H., Hachmeister, K. A., and Johnson, D. E. (2002) Comparison of assays for metmyoglobin reducing ability in beef inside and outside semimembranosus muscle. *J. Food Sci.* **67**, 978-984.
 26. SAS (1999) SAS/STAT Software for PC. Release 8.01, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 27. Scollan, N., Hocquette, J. J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., and Moloney, A. (2006) Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* **74**, 17-33.
 28. Sinnhuber, R. O. and Yu, T. C. (1977) The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *J. Jpn. Soc. Fish. Sci.* **26**, 259-267.
 29. Van de Ligt, C. P. A., Lindemann, M. D., and Cromwell, G. L. (2002) Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary protein level on growth, carcass, and blood criteria in growing pigs. *J. Anim. Sci.* **80**, 2412-2419.
 30. Wood, J. D. (1993) Production and processing practices to meet consumer needs. In: Manipulating pig production IV. Batterham, E. (ed), Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia, pp. 135-147.
 31. Yang, A., Lanari, M. C., Brewster, M., and Tume, R. K. (2002) Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Sci.* **60**, 41-50.

(2008. 4. 18 접수/2008. 5. 16 수정/2008. 5. 23 채택)