

# 비타민 C 및 E 급여가 한우 거세우 육의 지방산화 및 육색 안정성에 미치는 영향

추교문 · 조희웅 · 안병홍  
경상대학교 동물자원과학부

## Effects of Dietary Vitamin C and E on Lipid Oxidation and Stability of Color in Hanwoo Steer Beef

G. M. Chu, H. W. Cho and B. H. Ahn

Faculty of Animal Science and Technology, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea

### ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the effects of dietary vitamin C and E on lipid oxidation and stability of color in Hanwoo steer beef. Thirty seven Hanwoo steers were randomly assigned to one of four treatments. The four treatments were control(vitamin E 20IU/kg feed), vitamin C(vitamin C 0.1%/kg feed and vitamin E 20IU/kg feed), vitamin E(vitamin E 220IU/kg feed) and vitamin C plus E(vitamin C 0.1%/kg feed and vitamin E 220IU/kg feed). Hanwoo steers were fed the experimental diets for 3 months at the last finishing period and pH, color, TBARS, concentration of myoglobin, water holding capacity, reduction by heat, drip loss and purge loss of *longissimus dorsi* were analyzed at 1, 3, 5, 7 and 10th day of storage, respectively.

pH value, Hue angle, metmyoglobin concentration, TBARS, drip loss and purge loss in *longissimus dorsi* were increased as the storage period elapsed. However, water holding capacity in *longissimus dorsi* was decreased as the storage period elapsed. The animals fed the vitamin C plus E diet were higher in pH value and oxymyoglobin concentration, and lower in metmyoglobin concentration than in those fed the other diets during the whole storage period and lowest in TBARS. TBARS and Hue angle in *longissimus dorsi* were lower( $P < 0.05$ ) in the animals fed the vitamin-supplemented diets than in those fed the control diet. Reduction by heat in *longissimus dorsi* was higher( $P < 0.05$ ) in the animals fed the diets supplemented with vitamin E or vitamin C plus E than in those fed the control diet or vitamin C-supplemented diet.

According to these results, it may be concluded that feeding the diets containing 0.1% vitamin C or 220IU vitamin E per kg feed or the diet mixed 0.1% vitamin C with 220IU vitamin E to Hanwoo steers can retard lipid oxidation of *longissimus dorsi* and stabilize beef color.

**(Key words :** Hanwoo steer, Vitamin C, Vitamin E, Lipid oxidation, Beef color)

### I 서 론

국가경제가 성장함에 따라 국민들의 식습관이 변화되면서 축산물의 소비가 점점 높아지고 있고 그 중에서도 쇠고기의 소비가 꾸준히 증가하고 있다. 국내 쇠고기 총 소비량은 1965년

에 27.3천톤에서 2001년에는 403천톤으로 14배 증가하였으나 국내생산은 214천톤으로 쇠고기 자급율은 53% 정도이다(농림부, 2002). 이러한 쇠고기의 소비 증가는 소비자들로 하여금 양적인 것보다는 질적인 것을 중요시하는 고급화 경향을 두드러지게 하였다.

Corresponding author : Byung H. Ahn, Faculty of Animal Science and Technology, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea, Tel : 82-55-751-5416, E-Mail : bhahn@nongae.gsnu.ac.kr

그러나 UR협상이 타결됨에 따라 2001년부터 쇠고기와 생우의 수입자유화가 실시되고 있고 쇠고기 수출국들의 현지 소 값은 우리 한우의 1/3 정도이므로 생산성을 향상시키고 생산비를 절감시키는 정도로는 쇠고기 수출국과의 경쟁이 거의 불가능하다고 해야겠다. 그러므로 외국산 고품질 냉장육과의 경쟁력에서 우위를 차지하기 위해서는 한우육의 고품질화와 냉장육 유통이 요구된다.

일반적으로 육색과 근내지방도는 등급판정뿐만 아니라 소비자의 구매에도 대단히 중요한 영향을 미치는데(Judge 등, 1989), 육색은 myoglobin의 화학적 상태, 근육의 종류, 연령 및 함량에 따라서도 다르게 나타나며(Demos와 Mandigo, 1996), 한우육은 수입육에 비하여 myoglobin 함량이 높은 것으로 알려져 있다(류 등, 1994).

한우육은 일반적으로 근내지방도 형성이 우수하고 근섬유가 가늘며 결체조직(collagen) 함량이 낮아 연하고 풍미가 우수하지만, 도축 후 유통 중 취급(냉장 및 냉동)의 잘못으로 육질에 있어 균일한 상품으로 인식되지 못하고 오히려 수입 쇠고기보다 질긴 것으로 인식되고 있다(김, 1994). 따라서 육용우로서 한우육의 경쟁력을 높이려면 한우육의 특성을 파악하여 품질개선, 보존 및 저장방법 등의 기초자료를 마련하여야 한다.

그러므로 본 연구에서는 한우 거세우에게 영양소 중에서 항산화 작용이 있다고 알려진 비타민 C와 E를 한우 거세우에게 급여하였을 때 이들 영양소가 쇠고기를 저장하는 동안 육색과 지질산화의 안정성에 영향을 미치는 육색소 함량, 지방의 산화도 및 pH 변화를 규명하고, 연도에 영향을 미치는 보수력, 육즙손실, 가열감량 및 포장감량에 관하여도 규명하고자 한다.

## II 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 시험설계

한우 거세우 37두를 공시동물로 사용하였고, 경상남도 남해군에서 2003년 2월 24일부터 5월 25일까지 출하 전 3개월(90일)간 사양시험을 실

시하였다. 시험구는 대조구(비타민 C 비급여 및 비타민 E 20IU/kg feed) 10두와 비타민 C 급여구(비타민 C 0.1%/kg feed 및 비타민 E 20IU/kg feed) 9두, 비타민 E 급여구(비타민 E 220IU/kg feed) 8두 및 비타민 C+E 급여구(비타민 C 0.1%/kg feed 및 비타민 E 220IU/kg feed) 10두의 네 처리구를 두었고 공시동물은 군사(group feeding)를 시켰다. 사료중의 비타민 C 수준은 육색의 안정성이나 TBARS value를 고려하여(Shivas 등, 1984; Okayama 등, 1987) 정하였고, 비타민 E 수준은 metmyoglobin 생성과 지방산화를 고려하여(Garber 등, 1996) 정하였다. Ascorbic acid는 10%의 수소 처리한 야채 오일로 코팅된 비타민 C(CVC™ F-90, Roche Vitamins Co., England)를 사용하였고, Vitamin E는  $\alpha$ -tocopheryl acetate (Rovimix E-50 SD, Roche Vitamins Co., France)를 사용하였다. 사료급여는 볏짚을 먼저 급여하고 다음에 농후사료를 하루 2회로 나누어 두당 10kg을 급여하였다. 비타민 C와 E는 농후사료에 완전 혼합하여 급여하였으며 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다. 기타 관리는 관행법에 준하였다.

분석에 사용된 시료는 사육 후 도축된 26개월령 공시우의 12번째와 13번째 흉추 사이의 배최장근(*M. longissimus dorsi*) 부위를 사용하였고, 도축 후 48시간 안에 시료를 1.5cm의 두께로 절단하여 polyethylene wrap film(thickness 0.01mm, 3M Co., Korea)으로 포장한 후 10일 동안 5°C에서 저온저장 하면서 1, 3, 5, 7 및 10일째 배최장근의 pH, TBARS, 표면색, 육색소 분포, 보수력, 가열감량, 육즙손실 및 포장감량을 조사하였다.

### 2. 조사항목 및 조사방법

pH는 pH 측정기로 측정을 하였으며, 육색(Color)은 색차계를 사용하여 CIE L\*(lightness), a\*(redness), b\*(yellowness), chroma value( $C^* = [a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$ ) 및 hue angle( $h^0 = \tan^{-1} [b^* / a^*]$ )을 측정하였으며, 이때 표준색판은  $L^* = 89.2$ ,  $a^* = 0.921$ ,  $b^* = 0.783$ 으로 하였다.

지방산패도(Thiobarbituric Acid Reactive Substances: TBARS)는 Burge와 Aust(1978)의 방법

으로 측정하였는데, 시료를 원심분리 한 다음 상층을 회수하여 Spectrophotometer로 531nm에서 흡광도를 측정하여 다음의 계산식을 사용하여 TBARS값을 구하였다.

$$TBARS(MDA \text{ mg/kg}) = \text{흡광도} \times 5.88$$

Myoglobin의 함량은 Warriss(1979)의 방법으로 측정하였는데, Spectrophotometer로 540nm에서 측정하였고 다음의 계산식에 의해서 myoglobin 값을 구하였다.

$$\text{Myoglobin(mg/g)} = \frac{\text{흡광도}}{11,300} \times \frac{17,000 \times 0.25 \times 1,000}{\text{시료무게(g)}}$$

육색소의 화학적 조성은 Warriss(1979) 및 Krzywicki(1982)의 방법으로 측정하였는데, Spectrophotometer로 572, 565, 545, 525nm에서 각각 흡광도를 측정하여 다음의 계산식을 이용하여 산출하였다.

$$\begin{aligned} \text{Oxymyoglobin(\%)} &= C_{\text{Oxy}}/C \\ &= (0.882R_1 - 1.267R_2 + 0.809R_3 - 0.361) \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Metmyoglobin(\%)} &= C_{\text{Met}}/C \\ &= (-2.514R_1 + 0.777R_2 + 0.800R_3 + 1.098) \times 100 \end{aligned}$$

여기서  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ 는 각각  $A^{572}/A^{525}$ ,  $A^{565}/A^{525}$ ,  $A^{545}/A^{525}$  비이다.

보수력(Water Holding Capacity)은 다음의 공식으로 구하였다.

$$\text{보수력(\%)} = \frac{[\text{수분함량}(\%)/100] \times [\text{시료의무게}(\text{g}) - \text{원심분리 후 무게}(\text{g})]}{[\text{수분함량}(\%)/100] \times \text{시료의 무게}(\text{g})} \times 100$$

가열감량(Reduction by heat)은 시료를 2cm 두께로 일정하게 절단하여 무게를 측정하고(A), 알루미늄 foil에 싸서 온도가 200℃인 오븐을 이용하여 심부 온도가 70℃에 도달할 때까지 조리한 후 식힌 다음 시료의 무게를 측정하여

(B) 산출하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

육즙손실(Drip loss)은 Honikel 등(1986)의 방법을 이용하여 측정하였다. 저장감량(Purge loss)은 시료를 200g 정도 채취하여 4℃의 냉장고에서 보관하여 각각 1, 3, 5, 7 및 10일간 저장한 후 무게를 측정하여 중량법에 의하여 감량을 환산하였다.

### 3. 통계분석

본 시험에서 얻은 결과들은 SAS(Strategic Application Software) 통계 package(2000)의 General linear model procedure를 이용하여 분산 분석을 하였고, Duncan's multiple range test로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

## III 결과 및 고찰

### 1. 배최장근 중의 pH와 지방의 산패도

한우 거세우에게 사료 중에 비타민 C를 0.1%, 비타민 E를 사료 kg당 220 IU 및 비타민 C 0.1%와 비타민 E 220IU를 혼합하여 90일 동안 각각 급여하였을 때, 비타민 C 및 E 급여에 따른 한우 거세우 배최장근 중의 pH 변화는 Table 1과 같다. 한우 거세우 배최장근 중의 pH는 저장기간별로는 저장기간이 길어질수록 증가하였으며( $P < 0.05$ ), 처리구간에는 저장 7일째까지는 vitamin C와 E 혼합 급여구가 대조구, 비타민 C 급여구 및 비타민 E 급여구보다 상당히 높았고( $P < 0.05$ ), 저장 10일째에는 비타민 E 처리구가 제일 낮았다.

이러한 결과는 한우육의 pH는 1등급 및 2등급은 5.47이고 3등급은 5.49이었다는 Kim과 Lee (2003)의 결과와 유사하였고, 강과 김(1999)은 24 ~ 30개월령의 한우 암소 배최장근의 pH는 5.39 ~ 5.43이라고 하였다. 김 등(1996)은 pH는 등급과 성별간에는 차이가 없다고 하였고, 문 등(2001)은 쇠고기는 냉장 저장기간이 길어질수록 pH는 높아진다고 하였다. 그런데 저장기간

이 경과할수록 pH가 높아지는 원인에 대해서는 숙성 중에 단백질 완충물질의 변화, 전해질 해리의 감소 및 암모니아의 생성(Deymer와 Vandekerckhove, 1979) 및 조직내 초기 glycogen 수준(강과 김, 1999)등이 중요한 요인이라고 하였다.

지방의 산패도(TBARS)에 미치는 영향은 Table 1에 제시된 바와 같이 TBARS는 저장기간별로는 저장기간이 길어질수록 유의적으로 증가하였고(P < 0.05), 처리구별로는 비타민 C와 E 혼합 급여구가 TBARS가 가장 낮았고, vitamin E 급여구, 비타민 C 급여구 및 대조구의 순으로 높게 나타났다.

이러한 결과는 쇠고기의 저장기간이 경과함에 따라 TBA 수치는 증가하였다는 문 등(2000)의 보고와 일치 하였으며, 또한 한우 쇠고기에 비타민 C를 0, 1% 및 비타민 E를 0.5% 분무하거나 또는 비타민 C 1%와 비타민 E 0.5%를 혼합분무하였을 때 비타민 C와 E를 동시에 처리한 구가 지방 산화를 억제하는데 효과가 가장 컸다는 김 등(1997)의 보고나, 5%의 비타민 C를 고기표면에 분무했을 때 고기 표면 육색의 탈색이 일어났으나 저 농도의 비타민 C를 분무하였을 때에는 쇠고기의 육색과 지방산화를 억제하여 저 농도의 비타민 C 분무가 더 효과적이었다는 Harbers 등

(1981)의 보고 및 비타민 E를 급여한 젖소와 고기소의 배최장근에 vitamin C 담금처리를 하면 육색유지와 지방산화 억제에 유효한 효과를 나타내었다는 Mitsumoto 등(1991)의 보고와도 유사하였다. 또한 일본 흑모화우 거세우에게 하루 한 마리당 5,000mg의 코팅 된 dl- $\alpha$ -tocopherol을 도축 전 7일 동안 급여하였을 때 지방 산화가 지연되었다는 Mitsumoto 등(1998)의 보고 및 Charolais 소에게 하루 한 마리 당 1,000mg의  $\alpha$ -tocopheryl acetate를 도축 전 111일간 급여하였을 때 지방산화를 지연시켰다는 Gatellier 등(2001)의 보고와도 유사하였다.

TBARS는 지질 산화의 여러 가지 생성 물질 중 malonaldehyde와 thiobarbituric acid가 결합하여 생성되는 붉은색의 강도를 측정할 값으로 지질산화가 많이 일어날수록 TBARS가 증가한다(김 등, 2002)고 하였다.

## 2. 배최장근 표면육색의 변화

한우 거세우에게 사료 중에 비타민 C를 0.1%, 비타민 E를 사료 kg당 220 IU 및 비타민 C 0.1%와 비타민 E 220 IU를 혼합하여 90일 동안 각각 급여하였을 때, 저장기간 중의 표면 육색의 변화는 Table 2와 같다. 육색의 명도(lightness)를

Table 1. Effect of dietary vitamin C and E on pH values and TBARS in *longissimus dorsi* of Hanwoo steers by storage period

Items	Storage days	Control	Vitamin C	Vitamin E	Vitamin C+E
pH	1	5.457±0.041 <sup>bd</sup>	5.487±0.052 <sup>bd</sup>	5.491±0.075 <sup>bc</sup>	5.648±0.168 <sup>ac</sup>
	3	5.534±0.101 <sup>bc,D</sup>	5.502±0.047 <sup>bd</sup>	5.516±0.065 <sup>bc</sup>	5.668±0.207 <sup>ac</sup>
	5	5.584±0.061 <sup>bb,C</sup>	5.561±0.101 <sup>bc</sup>	5.545±0.066 <sup>bc</sup>	5.756±0.216 <sup>ab,C</sup>
	7	5.673±0.110 <sup>bb</sup>	5.690±0.112 <sup>bb</sup>	5.613±0.094 <sup>bb</sup>	5.882±0.295 <sup>aa,B</sup>
	10	5.908±0.217 <sup>aa,BA</sup>	5.786±0.112 <sup>bc,CA</sup>	5.694±0.146 <sup>ca</sup>	6.007±0.341 <sup>aa</sup>
TBARS (MDA <sup>1)</sup> mg/kg)	1	0.819±0.242 <sup>ac</sup>	0.693±0.408 <sup>ab,bb</sup>	0.525±0.196 <sup>bd</sup>	0.489±0.237 <sup>bc</sup>
	3	1.326±0.736 <sup>ac</sup>	0.813±0.544 <sup>bb</sup>	0.897±0.294 <sup>bc,D</sup>	0.557±0.310 <sup>bb,C</sup>
	5	2.427±0.777 <sup>ab</sup>	1.909±0.693 <sup>aa</sup>	0.809±0.420 <sup>bb,C</sup>	0.657±0.294 <sup>bb,C</sup>
	7	2.490±0.808 <sup>ab</sup>	2.221±0.947 <sup>aa</sup>	1.188±0.506 <sup>ba,B</sup>	0.760±0.315 <sup>bb</sup>
	10	3.419±0.911 <sup>aa</sup>	2.186±1.147 <sup>ba</sup>	1.391±0.984 <sup>bc,CA</sup>	0.996±0.498 <sup>ca</sup>

Values mean ± SD.

<sup>A,B,C,D</sup> Values with different superscripts in the same column differ at P < 0.05.

<sup>a,b,c</sup> Values with different superscripts in the same row differ at P < 0.05.

<sup>1)</sup> Malondialdehyde.

나타내는 Hunter L\* 값은 대조구가 저장 3일째까지는 비타민 급여구보다 유의적으로(P<0.05) 높았으나, 저장 3일 이후에는 대조구와 비타민 급여구간에 차이가 나타나지 않았다. 이는 비거세우에게 도축하기 8개월전부터 하루 한 마리 당 2,500 IU의 비타민 E를 급여하였을 때 저장기간이 경과함에 따라 육색의 명도는 차이가 없었다는 김 등(2002)의 결과와 유사하였다.

육색을 결정하는데 중요한 역할을 하는 적색도(redness)를 나타내는 Hunter a\* 값은 비타민 C 처리구에서 저장 3일째까지는 적색도가 증가하였으나 저장 3일 이후에는 감소하였으며, 저

장 5일째 이후에는 대조구와 비타민 급여구에서 차이를 나타내지 않았다. 이는 하루 한 마리 당 2,500mg의 비타민 E를 28일간 급여하였을 때 저장기간이 경과할수록 적색도는 감소하였다는 Mitsumoto 등(1995)의 보고 및 하루 한 마리 당 5,000mg의 코팅된 비타민 E를 도축 전 7일간 급여하였을 때 적색도가 증가하였다는 Mitsumoto 등(1998)의 보고와는 달랐다.

황색도(yellowness)를 나타내는 Hunter b\* 값은 대조구가 비타민 급여구보다 저장 3일째까지는 상당히(P<0.05) 높았으나, 저장 3일 이후에는 대조구와 비타민 급여구간에 차이는 없었다.

Table 2. Effect of dietary vitamin C and E on surface color in *longissimus dorsi* of Hanwoo steers by storage period

Items	Storage days	Control	Vitamin C	Vitamin E	Vitamin C+E
Hunter L* (Lightness)	1	42.59±7.53 <sup>aA</sup>	30.81±2.51 <sup>bA</sup>	32.12±3.16 <sup>bA</sup>	30.76±2.31 <sup>bA</sup>
	3	37.11±5.39 <sup>aB</sup>	30.45±1.93 <sup>bA</sup>	31.11±4.02 <sup>bA,B</sup>	30.81±2.56 <sup>bA</sup>
	5	31.01±2.46 <sup>aC</sup>	30.07±2.70 <sup>aA</sup>	31.11±2.60 <sup>aA,B</sup>	30.21±2.07 <sup>aA</sup>
	7	30.23±2.56 <sup>aC</sup>	29.73±3.33 <sup>aA</sup>	29.88±2.81 <sup>aA,B</sup>	30.19±3.01 <sup>aA</sup>
	10	28.56±2.15 <sup>aC</sup>	28.79±3.03 <sup>aA</sup>	28.96±1.01 <sup>aB</sup>	29.87±1.79 <sup>aA</sup>
Hunter a* (Redness)	1	19.85±1.77 <sup>aA</sup>	17.89±1.76 <sup>a,bB</sup>	16.91±3.14 <sup>bA</sup>	16.99±2.32 <sup>bA</sup>
	3	21.16±3.12 <sup>aA</sup>	19.83±2.71 <sup>aA</sup>	16.92±2.50 <sup>bA</sup>	16.76±2.98 <sup>bA</sup>
	5	18.68±1.66 <sup>aA</sup>	16.38±2.02 <sup>bB,C</sup>	16.83±2.95 <sup>a,bA</sup>	16.86±2.45 <sup>a,bA</sup>
	7	15.87±2.38 <sup>aB</sup>	15.73±2.61 <sup>aC</sup>	15.15±4.10 <sup>aA</sup>	15.76±3.05 <sup>aA</sup>
	10	13.79±4.43 <sup>aB</sup>	15.77±2.18 <sup>aC</sup>	14.69±2.16 <sup>aA</sup>	15.69±3.86 <sup>aA</sup>
Hunter b* (Yellowness)	1	8.41±1.15 <sup>aB</sup>	5.76±1.26 <sup>bB,C</sup>	6.27±1.23 <sup>bA</sup>	6.21±1.06 <sup>bA</sup>
	3	9.60±1.12 <sup>aA</sup>	7.32±1.26 <sup>bA</sup>	6.54±1.44 <sup>bA</sup>	6.43±1.41 <sup>bA</sup>
	5	7.05±0.97 <sup>aD</sup>	6.69±0.86 <sup>aA,B</sup>	6.43±1.36 <sup>aA</sup>	6.30±1.00 <sup>aA</sup>
	7	6.39±0.83 <sup>aC,D</sup>	5.60±1.31 <sup>aC</sup>	6.15±1.27 <sup>aA</sup>	5.86±1.44 <sup>aA</sup>
	10	5.66±1.42 <sup>aD</sup>	5.35±1.04 <sup>aC</sup>	4.93±1.03 <sup>aB</sup>	5.56±1.47 <sup>aA</sup>
C* (Chroma value)	1	21.58±1.86 <sup>aA,B</sup>	18.84±1.58 <sup>bB</sup>	18.07±3.16 <sup>bA</sup>	18.14±2.14 <sup>bA</sup>
	3	23.27±3.02 <sup>aA</sup>	21.14±2.97 <sup>aA</sup>	18.20±2.49 <sup>bA</sup>	17.95±3.27 <sup>bA</sup>
	5	19.54±1.88 <sup>aB,C</sup>	17.73±1.83 <sup>aB,C</sup>	18.05±2.98 <sup>aA</sup>	18.00±2.64 <sup>aA</sup>
	7	17.12±2.48 <sup>aC,D</sup>	16.71±2.88 <sup>aC</sup>	16.45±3.80 <sup>aA</sup>	16.92±2.75 <sup>aA</sup>
	10	15.55±4.28 <sup>aD</sup>	16.66±2.36 <sup>aC</sup>	15.50±2.34 <sup>aA</sup>	16.65±4.12 <sup>aA</sup>
h° (Hue angle)	1	16.73±3.25 <sup>aB</sup>	18.66±1.87 <sup>aB</sup>	18.44±2.00 <sup>aB</sup>	19.47±0.98 <sup>aA</sup>
	3	22.01±1.62 <sup>aB</sup>	19.41±1.77 <sup>aB</sup>	23.24±7.01 <sup>aA</sup>	21.11±7.06 <sup>aA</sup>
	5	22.96±2.59 <sup>aC</sup>	17.98±4.61 <sup>bB</sup>	20.62±3.82 <sup>a,bA,B</sup>	20.34±4.43 <sup>a,bA</sup>
	7	24.68±3.54 <sup>aB</sup>	22.46±3.86 <sup>aA</sup>	21.05±4.15 <sup>aA,B</sup>	20.45±0.61 <sup>aA</sup>
	10	28.34±5.79 <sup>aA</sup>	20.15±0.95 <sup>bA,B</sup>	21.20±4.80 <sup>bA,B</sup>	20.91±1.35 <sup>bA</sup>

Values mean ± SD.

<sup>A,B,C,D</sup> Values with different superscripts in the same column differ at P<0.05.

<sup>a,b</sup> Values with different superscripts in the same row differ at P<0.05.

Chroma 값(C\*)은 높을수록 붉은색이 더 강함을 나타내는 지표로서, 저장기간이 경과할수록 감소하였고, 저장 1일째는 대조구가 비타민 급여구보다 상당히(P<0.05) 높았고, 저장 3일째는 대조구 및 비타민 C 급여구가 비타민 E 급여구 및 비타민 C와 E 혼합 급여구보다 유의적으로(P<0.05) 높았으나, 저장 3일째 이후에는 대조구와 비타민 급여구간에 차이가 없었다. 이러한 결과는 Chroma 값은 비거세우에게 도축하기 8개월전부터 하루 한 마리당 2,500 IU의 비타민 E를 급여하였을 때 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향이었다는 김 등(2002)의 보고와 유사하였다.

Hue angle(h°)은 값이 클수록 갈색을 나타내는 지표로서 저장기간이 길어질수록 점차적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 저장 10일째 대조구가 비타민 급여구보다 유의적으로(P < 0.05) 높았고, 또한 대조구가 저장기간이 길어질수록 더 유의적으로(P < 0.05) 높게 나타나 다른 처리구들에 비해 저장기간에 따른 갈색축척이 가속화됨을 알 수 있었다.

이와 같은 결과는 Hue angle 값은 비거세우에게 도축하기 8개월전부터 하루 한 마리당 2,500 IU의 비타민 E를 급여하였을 때 저장기간이 경과할수록 증가하였다는 김 등(2002)의 보고와 일치하였다. 또한 한우 쇠고기 1, 2 및 3등급의 CIE L, a 및 b는 각각 38.46 ~ 39.69, 14.51 ~ 16.54 및 2.73 ~ 3.07 이었다는 Kim과 Lee(2003)의 결과와 비교하였을 때 CIE L 및 a는 비슷하였으나 b는 높았다.

Faustman 등(1989)은 홀스타인 거세우에게 하루 한 마리 당 α-tocopheryl acetate 370 IU를 300일간 급여하였을 때 배최장근 중의 Hunter a값과 chroma value 값이 향상되었다고 하였고, Mitsumoto 등(1995)은 하루 한 마리 당 2,500mg의 비타민 E를 28일간 급여한 결과 육색 향상과 지질의 안정화에 효과적이었다고 하였다.

김 등(1997)은 한우육 배최장근에 비타민 C를 0%, 1%, 3%를 분무하였을 때 비타민 C 용액이 어느 정도 고기속으로 침투하여 고기 표면층에 존재하는 비타민 E와 결합하여 항산화제로서 역할을 함으로써 육색소의 안정을

증가시킨다고 하였고, Mitsumoto 등(1991)은 신선육에 비타민 C를 분무하게 되면 metmyoglobin 함량을 감소시키고, oxymyoglobin 함량을 증가시켜 육색을 밝게 유지시킨다고 하였다. Renerre(2000)은 저장 1일에서 3일째 사이는 육색소의 함량이 거의 일정한 값을 나타낸다고 하였다.

### 3. 배최장근 표면 육색소의 분포 변화

처리구별 myoglobin 함량과 metmyoglobin 및 oxymyoglobin의 상대적인 함량은 Table 3과 같다. 육색소 중 myoglobin 함량은 저장기간이 길어질수록 유의적으로(P < 0.05) 증가하였고 처리구간에도 동일하였다. 육색소의 분포 중 갈색을 나타내는 metmyoglobin의 함량은 저장기간이 길어질수록 증가하는 경향이었으며, 저장 1일째는 대조구와 비타민 처리구간에 차이는 나타나지 않았으나, 저장기간이 경과함에 따라 대조구의 metmyoglobin 형성율이 비타민 처리구보다 높아서 갈색화가 빠르게 진행되었다. 김 등(2002)은 쇠고기의 metmyoglobin 함량은 저장기간이 경과할수록 유의적으로(P<0.05) 증가한다고 하였고, 山津本 996)는 비타민 C와 E를 처리하였을 때 metmyoglobin 생성이 저하된다고 하였으며, 특히 비타민 C와 E를 동시에 처리하였을 때 metmyoglobin 생성이 더욱 저하된다고 하였다. 또한 거세우에게 비타민 E를 급여한 후 쇠고기를 비타민 C 수용액에 담갔을 때 metmyoglobin 생성이 더욱더 억제된다고 하였다. Arnold 등(1993)은 거세우에게 하루 한 마리 당 약 2,000 IU의 비타민 E를 급여하였을 때 metmyoglobin 생성이 억제된다고 하였다. 또한 Djenane 등(2002)은 쇠고기 저장 중에 비타민 C, 비타민 E, taurine 및 rosemary를 첨가하였을 때 metmyoglobin 생성은 rosemary와 비타민 C 첨가, taurine과 비타민 C 첨가, 비타민 E와 비타민 C 첨가 및 비타민 C 첨가순으로 억제되었다고 하였다.

육색소의 분포 중 적색을 나타내는 oxymyoglobin의 함량은 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향이었고, 대조구는 저장 1일째부터 비

Table 3. Effect of dietary vitamin C and E on myoglobin, metmyoglobin and oxymyoglobin in *longissimus dorsi* of Hanwoo steers by storage period

Items	Storage days	Control	Vitamin C	Vitamin E	Vitamin C+E
Myoglobin (%)	1	20.09±1.81 <sup>aC</sup>	14.01±5.65 <sup>bD</sup>	25.54±8.27 <sup>aA</sup>	8.89±1.59 <sup>cB</sup>
	3	21.65±1.68 <sup>aC</sup>	20.52±6.59 <sup>aC</sup>	16.48±2.55 <sup>bC</sup>	5.42±1.10 <sup>cC</sup>
	5	32.66±2.90 <sup>aB</sup>	33.35±8.76 <sup>aB</sup>	28.12±5.34 <sup>bA</sup>	6.12±1.26 <sup>cC</sup>
	7	36.65±2.26 <sup>aB</sup>	30.86±4.26 <sup>aB</sup>	24.73±5.69 <sup>bA,B</sup>	13.24±1.53 <sup>cA</sup>
	10	42.74±2.21 <sup>aA</sup>	38.21±3.81 <sup>aA</sup>	22.48±2.03 <sup>bB</sup>	8.45±1.03 <sup>cB</sup>
Metmyoglobin (%)	1	22.13±3.03 <sup>aC</sup>	19.85±3.25 <sup>aA</sup>	14.40±2.89 <sup>aA</sup>	15.16±5.30 <sup>aA</sup>
	3	30.19±6.65 <sup>aB</sup>	21.28±3.83 <sup>bA</sup>	15.36±2.73 <sup>bA</sup>	18.88±4.45 <sup>bA</sup>
	5	31.57±2.72 <sup>aA,B</sup>	21.85±3.78 <sup>bA</sup>	16.31±2.59 <sup>bA</sup>	19.18±5.34 <sup>bA</sup>
	7	31.99±6.29 <sup>aA,B</sup>	24.34±3.57 <sup>a,bA</sup>	20.52±2.86 <sup>bA</sup>	19.37±4.00 <sup>bA</sup>
	10	36.13±4.08 <sup>aA</sup>	24.80±4.71 <sup>aA</sup>	23.23±2.89 <sup>aA</sup>	25.98±4.40 <sup>aA</sup>
Oxymyoglobin (%)	1	57.78±6.66 <sup>aA</sup>	66.14±6.14 <sup>bA</sup>	60.06±6.47 <sup>bA</sup>	75.95±6.54 <sup>aA</sup>
	3	56.74±8.12 <sup>aA</sup>	59.20±5.50 <sup>cB</sup>	68.16±5.46 <sup>bA</sup>	75.71±6.39 <sup>aA</sup>
	5	47.10±5.97 <sup>cB</sup>	44.80±5.33 <sup>cC</sup>	55.57±5.70 <sup>bB</sup>	74.70±6.93 <sup>aA</sup>
	7	44.43±3.54 <sup>cB,C</sup>	44.27±5.66 <sup>cC</sup>	54.75±5.86 <sup>bB</sup>	67.39±6.29 <sup>aB</sup>
	10	40.22±4.49 <sup>cC</sup>	36.99±3.06 <sup>cD</sup>	54.29±5.38 <sup>bB</sup>	65.57±6.04 <sup>aB</sup>

Values mean ± SD.

<sup>A,B,C,D</sup> Values with different superscripts in the same column differ at P < 0.05.

<sup>a,b,c,d</sup> Values with different superscripts in the same row differ at P < 0.05.

타민 급여구보다 상당히(P < 0.05) 낮았으며, 저장기간이 경과할수록 대조구가 비타민 급여구보다 oxymyoglobin 함량이 크게(P < 0.05) 떨어졌다. 김 등(2002)은 쇠고기의 oxymyoglobin 함량은 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향이 있다고 하였다.

#### 4. 배최장근의 보수력, 가열감량, 육즙손실 및 저장감량의 변화

한우 거세우에게 사료 중에 비타민 C를 0.1%, 비타민 E를 사료 kg당 220 IU 및 비타민 C 0.1%와 비타민 E 220 IU를 혼합하여 90일 동안 각각 급여하였을 때, 보수력, 가열감량, 육즙손실 및 저장감량에 미치는 영향은 Table 4와 같다.

보수력은 저장기간이 경과할수록 감소하였고, 저장 7일째까지는 대조구 및 비타민 급여구에서 뚜렷한 차이는 나타나지 않았지만, 저장 10일째는 대조구가 비타민 급여구보다 높았다. Wu와 Smith(1987)는 근육의 숙성 중에는 단백질 구조의 변화나 이온강도의 변화 등에

따라 보수력이 증가한다고 하였지만 본 시험에서는 저장에 따른 보수력의 증가는 나타나지 않았다. Pearson과 Young(1989)은 근육의 보수력은 pH와 밀접한 관계가 있다고 하였으며, 근육의 pH가 myosin과 actomyosin 단백질의 등전점인 pH 5.0에 근접할수록 보수력이 가장 낮다고 하였다. Kauffman 등(1994)은 보수력이 육의 물리적 특성 중 가장 중요한 요인 중의 하나이며, 그 중요성은 가공제품의 수율과 관계가 깊고 영양소의 손실, 진열 중의 외관, 조리육의 다즙성 및 연도와도 밀접한 관계가 있다고 하였으며, Fennema(1990)는 육의 보수성은 도살 전 동물의 취급, 품종, 성, 나이, 근육의 형태 및 지방의 정도에 따라 차이가 있다고 하였다.

가열감량은 저장기간이 경과할수록 감소하였고, 저장기간 동안 비타민 E 급여구 및 비타민 C와 E 혼합 급여구가 대조구 및 비타민 C 급여구보다 높았다(P < 0.05).

육즙손실은 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향이였으며, 저장기간동안 대조구 및 비타민 급여구간에는 유의적인 차이는 나타나

Table 4. Effect of dietary vitamin C and E on drip loss, purge loss, reduction by heat and water holding capacity in *longissimus dorsi* of Hanwoo steers by storage period (Unit: %)

Items	Storage days	Control	Vitamin C	Vitamin E	Vitamin C+E
Water holding capacity	1	69.65±2.71 <sup>aA</sup>	66.58± 6.55 <sup>aA</sup>	69.73±1.42 <sup>aA</sup>	65.66±2.08 <sup>aA</sup>
	3	68.05±1.71 <sup>aA</sup>	65.88± 5.92 <sup>aA</sup>	67.99±2.26 <sup>aA</sup>	65.38±2.56 <sup>aA</sup>
	5	66.85±1.86 <sup>aA</sup>	64.11± 5.66 <sup>aA</sup>	66.82±2.12 <sup>aA</sup>	65.21±8.59 <sup>aA</sup>
	7	63.97±4.06 <sup>aB</sup>	62.22± 5.35 <sup>aA</sup>	62.51±2.73 <sup>aA</sup>	62.19±2.65 <sup>aA</sup>
	10	62.94±2.07 <sup>aB</sup>	53.63±10.24 <sup>bB</sup>	59.49±3.49 <sup>a,bB</sup>	55.40±0.01 <sup>a,bB</sup>
Reduction by heat	1	27.65±4.88 <sup>bA</sup>	28.04± 3.85 <sup>bA</sup>	37.52±4.60 <sup>aA</sup>	33.61±2.25 <sup>a,bA</sup>
	3	25.38±1.90 <sup>bA</sup>	27.75± 2.94 <sup>bA</sup>	34.53±3.33 <sup>aA</sup>	33.50±4.07 <sup>aA</sup>
	5	24.17±1.21 <sup>bA</sup>	26.14± 6.62 <sup>bA,B</sup>	33.28±2.38 <sup>aA</sup>	33.09±3.20 <sup>aA</sup>
	7	23.19±0.57 <sup>cA</sup>	25.28± 2.58 <sup>b,cAB</sup>	33.11±6.12 <sup>aA</sup>	31.67±4.16 <sup>a,bA</sup>
	10	21.60±0.65 <sup>bA</sup>	20.58± 2.66 <sup>bB</sup>	32.36±3.03 <sup>aA</sup>	29.56±2.60 <sup>aA</sup>
Drip loss	1	0.85±0.32 <sup>aC</sup>	0.89± 0.29 <sup>aA</sup>	0.89±0.17 <sup>aC</sup>	0.64±0.12 <sup>aC</sup>
	3	1.21±0.17 <sup>aB,C</sup>	1.19± 0.74 <sup>aA</sup>	1.09±0.41 <sup>aB,C</sup>	0.97±0.21 <sup>aB,C</sup>
	5	1.32±0.26 <sup>aB</sup>	1.31± 0.39 <sup>aA</sup>	1.38±0.23 <sup>aA,B,C</sup>	1.10±0.60 <sup>aB,C</sup>
	7	1.48±0.09 <sup>aA,B</sup>	1.50± 0.45 <sup>aA</sup>	1.54±0.15 <sup>aA,B</sup>	1.43±0.40 <sup>aB</sup>
	10	1.78±0.25 <sup>aA</sup>	1.65± 1.76 <sup>aA</sup>	1.64±0.48 <sup>aA</sup>	3.00±0.71 <sup>aA</sup>
Purge loss	1	0.95±0.20 <sup>aC</sup>	0.43± 0.20 <sup>bC</sup>	0.92±0.47 <sup>aB</sup>	0.58±0.16 <sup>a,bB</sup>
	3	1.11±0.51 <sup>aB,C</sup>	1.17± 0.48 <sup>aB,C</sup>	1.08±1.04 <sup>aB</sup>	0.66±0.37 <sup>aB</sup>
	5	1.11±0.33 <sup>a,bB,C</sup>	1.62± 0.58 <sup>aA,B</sup>	1.38±0.40 <sup>a,bB</sup>	0.75±0.53 <sup>bB</sup>
	7	1.74±0.34 <sup>aB</sup>	1.74± 0.72 <sup>aA,B</sup>	1.47±0.80 <sup>aB</sup>	1.09±0.26 <sup>aA,B</sup>
	10	4.10±0.54 <sup>aA</sup>	2.23± 0.71 <sup>bA</sup>	4.04±0.79 <sup>aA</sup>	1.44±0.66 <sup>bA</sup>

Values mean ± SD.

<sup>A,B,C</sup> Values with different superscripts in the same column differ at P < 0.05.

<sup>a,b,c</sup> Values with different superscripts in the same row differ at P < 0.05.

지 않았다.

이러한 결과는 지육을 4℃에서 7일간 저장 중에 발생한 육즙손실량은 평균 4.35%이라는 김 등(1994)의 보고보다는 낮았다. Van Laack 등(1994)은 유리 육즙량이 5% 이상이면 정상육에 속하지 않는다고 하였다.

저장감량은 저장기간이 경과할수록 증가하는 경향이였으며, 저장 10일째 대조구 및 비타민 E 급여구가 비타민 C 급여구 및 비타민 C와 E 혼합급여구보다 높았다. 이러한 결과는 육의 저장감량은 저장기간이 경과함에 따라 증가하였다는 문 등(2001)의 결과와 유사하였다. 문 등(2001)은 근내지방도가 높을수록 저장감량은 낮았다고 하였는데, 이는 근내지방도가 높을수록 상대적으로 낮은 수분 함량으로 인해 밖으로 유출되는 수분의 양이 낮기 때문이라고 하였다.

결론적으로 한우 비육시 비타민 C와 E를 단 기간 급여시에는 비타민 C는 0.1%, 비타민 E는 1800 ~ 2200 IU를 급여하거나 장기간 급여시에는 비타민 E를 370 ~ 1000 IU 정도 급여하면 pH는 낮아지고, 지방 산화는 억제되며, 육색은 안정화 되고, oxymyoglobin 함량은 증가하고 metmyoglobin 함량은 감소하며, 특히 비타민 C와 E를 혼합 급여하면 지방 산화를 더욱더 지연시킨다고 사료된다.

그러나 한우 거세우에게 비타민 C와 E를 비육후기에 급여하였을 때 우육의 이화학적 변화에 대하여 국내에서는 수행된 연구가 많지 않다. 따라서 항산화제로 알려진 비타민 C와 E를 이용한 지방산화와 육색의 안정성 증진에 대한 체계적인 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 본다.



## IV 요약

본 시험은 vitamin C와 E 급여가 한우 거세우 쇠고기의 보존에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시하였다. 시험구는 대조구(비타민 C 비급여 및 비타민 E 20 IU/kg feed), 비타민 C 급여구(비타민 C 0.1%/kg feed 및 비타민 E 20 IU/kg feed), 비타민 E 급여구(비타민 E 220 IU/kg feed) 및 비타민 C와 E 혼합 급여구(비타민 C 0.1%/kg feed 및 비타민 E 220 IU/kg feed)의 네 처리구로 나누어 출하전 90일 동안 사양시험을 실시하였고, 도축 후 5°C에서 저장하면서 1, 3, 5, 7 및 10일째 배최장근의 pH, TBARS, 표면색, 육색소 분포, 보수력, 가열감량, 육습손실 및 포장감량을 조사하였다.

pH는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였고, 비타민 C와 E 혼합 급여구가 저장 전 기간동안 높게 나타났다. 지방산패도는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였고, 비타민 급여구가 대조구보다 낮았고, 특히 비타민 C와 E를 혼합하여 급여하였을 때 지방산패도가 낮았다. Hue angle은 저장기간이 경과함에 따라 높아졌고, 특히 대조구가 비타민 급여구보다 상당히 증가하였다. Metmyoglobin 함량은 저장기간이 경과할수록 증가하였고, 특히 대조구가 비타민 급여구보다 유의적( $P < 0.05$ )으로 높았다.

Oxymyoglobin 함량은 저장기간이 경과하면 감소하였으나, 비타민 E 또는 C와 E 혼합 급여구가 대조구보다 유의적( $P < 0.05$ )으로 높았다. 이는 비타민 C와 E를 급여하면 쇠고기의 육색을 안정화시키는 것으로 사료된다. 보수력은 저장 7일째까지의 처리구간에 유의적인 차이는 없었고, 가열감량은 저장기간별로는 차이가 없었으나, 비타민 E 급여구 또는 비타민 C와 E 혼합 급여구가 대조구 및 비타민 C 급여구보다 저장 전기간 동안 유의적( $P < 0.05$ )으로 높았으며, 육습손실과 저장감량은 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

그러므로 본 시험결과에 의하면 사료 중에 비타민 C 0.1% 또는 사료 kg당 비타민 E 220 IU를 첨가하면 지방산화가 지연되고, 또한 사료 중에 비타민 C 0.1%와 사료 kg당 비타민 E

220 IU를 함께 첨가해주면 육색이 안정화되는 것으로 사료된다.

## V 인용 문헌

1. Arnold, R. N., Arp, S. C., Scheller, K. K., Williams, S. N. and Schaefer, D. M. 1993. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *J. Anim. Sci.* 71:105-118.
2. Burge, J. A. and Aust, S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Method in emzymol.* 105:302.
3. Demos, B. P. and Mandigo, R. W. 1996. Color of fresh, frozen and cooked ground beef patties manufactured with mechanically recovered neck bone lean. *Meat Sci.*, 42:415.
4. Deymer, D. I. and Vandekerckhove, P. 1979. Compounds determining pH in dry sausage. *Meat Sci.* 3:161.
5. Djenane, D., Escalante, A. S., Beltran, J. A. and Roncales, P. 2002. Ability of  $\alpha$ -tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmosphere. *Food Chemistry.* 76:407-415.
6. Faustman, C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Buege, D. R. and Scheller, K. K. 1989. Vitamin E supplementation of Holstein steer diet improved sirloin steak color. *J. Food Sci.* 54:485-486.
7. Fennema, O. R. 1990. Comparative water holding properties of various muscle foods. *J. Muscle Food.* 1:363.
8. Garber, M. J., Roeder, R. A., Davidson, P. M., Pumfrey, W. M. and Schelling, G. T. 1996. Dose-response effects of vitamin E supplementation on growth performance and meat characteristics in beef and dairy steers. *Can. J. Anim. Sci.*, 76:63-72.
9. Gatellier, P., Hamelin, C., Durand, Y. and Renner, M. 2001. Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere packaged beef. *Meat Sci.* 59:133-140.
10. Harbers, C. A. Z., Harrison, D. L. and Kropf, D. H. 1981. Ascorbic acid effects on bovine muscle in the presence of radiant energy. *J. Food Sci.* 46:7.
11. Honikel, K. O., Kim, C. J., Hamm, R. and Roncales, P. 1986. Sarcomere shortening of prerigor muscle and its influence on drip loss. *Meat Sci.* 16: 267-282.
12. Judge, M. D., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Hedrick, H. B. and Merkel, R. A. 1989. Principles

- of meat science. Second Edition, Kendall/Hunt Pub., Iowa, USA. 311.
13. Kauffman, R. G, Warner, R. D. and Joo, S. T. 1994. One step closer to providing ideal pork quality for consumers in 1994. Pork chain quality audit. National Pock Producers Council, USA. p. 143.
  14. 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.
  15. Krzywicki, K. 1982. The determination of haem pigments in meat. *Meat Sci.* 7:29-36.
  16. Mitsumoto, M., Cassens, R. G., Schaefer, D. M. and Scheller, K. K. 1991. Pigment stability improvement in beef steak by ascorbic acid application. *J. Food Sci.* 56:857.
  17. Mitsumoto, M., Ozawa, S., Mitsuhashi, T., Kono, S., Harada, T., Fujita, K. and Koide, K. 1995. Improvement of color and lipid stability during display in Japanese black steer beef by dietary vitamin E supplementation for 4 weeks before slaughter. *Jpn. Anim. Sci. Techn.* 66:962-968.
  18. Mitsumoto, M., Ozawa, S., Mitsuhashi, T. and Koide, K. 1998. Effects of dietary vitamin E supplementation for one week before slaughter on drip, colour and lipid stability during display in Japanese black steer beef. *Meat Sci.* 49(2):165-174.
  19. Okayama T., Imai, T. and Yamanoue, M. 1987. Effect of ascorbic acid and alpha-tocopherol on storage stability of beef steaks. *Meat Sci.*, 21:267-273.
  20. Pearson, A. M. and Young, R. B. 1989. Muscle and meat biochemistry. Academic Press. San Diego.
  21. Renerre, M. 2000. Review: biochemical basis of fresh meat color. Proceedings of the 45th international congress of meat science and technology. Yokohama. Japan. 344-352.
  22. S.A.S. 2000. SAS/STAT user's guide. Version 8, SAS Institute Inc., Cary, N.C., U. S. A.
  23. Shivas S. D., Kropf, D. H., Hunt, M. C., Kastner, C. L., Kendall, J. L. A. and Dayton, A. D. 1984. Effects of ascorbic acid on display life of ground beef. *J. Food Protect.*, 47:11-15,19.
  24. Van Laack, R. L. J. M., Kauffman, R. G., Sybesma, W., Smulder, F. J. M., Elikelenboom, G. and Pinheiro, J. C. 1994. Is colour brightness(L value) a reliable indicator of water holding capacity in porcine muscle. *Meat Sci.* 38:193.
  25. Warriss, P. D. 1979. The extraction of haem pigments from fresh meat. *J. Food Techn.* 14:75-80.
  26. Wu, F. Y. and Smith, S. B. 1987. Ionic strength and myofibrillar protein solubilization. *J. Anim. Sci.* 65:597.
  27. 강종옥, 김성희. 1999. 우육의 육질등급 표준지표에 관한 연구: I. 육색 및 근내지방도에 의한 국내산 우육과 수입우육과의 비교. *한국축산식품학회지.* 19(4):307-313.
  28. 김대곤, 정근기, 성삼경, 최창분, 김성겸, 김덕영, 최봉제. 1996. 거세가 한우 및 홀스타인 비육우 도체의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국축산학회지.* 38:239.
  29. 김수민, 이신호, 성삼경. 1997. Vitamin C와 Vitamin E 처리가 한우육의 육색 및 지방산화에 미치는 영향. *한국축산학회지.* 39(3):267-274.
  30. 김용선, 양성운, 김주용, 박연수, 황환섭, 이성기. 2002. Vitamin E와 selenium의 급여가 비거세우육의 진열저장 중 육색 안정성에 미치는 영향. *한국축산식품학회지.* 22(2):108-114.
  31. 김천제. 1994. 한우육의 고품질화를 위한 냉장·냉동저장에 관한 연구: I. 냉장·냉동저장에 따른 육색, 근질길이, 연도의 변화. *한국축산식품학회지.* 14(2):151-154.
  32. 김천제, 석진석, 고원식, 이의수. 1994. 한우육의 고품질화를 위한 냉장·냉동저장에 관한 연구 : II. 냉장·냉동저장에 따른 드립, 저장 및 가열감량의 변화. *한국축산식품학회지.* 14(2):155-158.
  33. 농림부. 2002. 축산물 생산비 통계자료. 번식우 및 비육우.
  34. 류준선, 이무하, 고경철. 1994. 등급제에 따른 한우육과 수입우육의 품질비교 연구. *한국축산학회지.* 36:340.
  35. 문성실, 주선태, 이정일, 박구부. 2001. 근내지방도와 성숙도가 저장기간에 따른 한우육의 이화학적 특성 변화에 미치는 영향. *한국축산식품학회지.* 21(1):47-55.
  36. 문윤희, 김미숙, 정인철. 2000. 동결기간과 해동 후 냉장이 우육의 지방산 조성과 TBA가에 미치는 영향. *한국축산식품학회지.* 20(4):288-295.
  37. 三津本 充 ビタミン による 牛肉品質の 改善と 保持 日本畜産學會報 67(12):1110-1126. (접수일자 : 2004. 4. 12. / 채택일자 : 2004. 6. 28.)