

Vitamin E 경구투여가 한우 거세비육우의 혈액 및 근육내 지질과산화 작용에 미치는 영향

도재철, 조민희, 이영미, 장지택, 이양수, 손재권, 송희종*, 정종식

경상북도 가축위생시험소, 전북대학교 생체안전성연구소*

Effects of vitamin E oral administration on the lipid peroxidation in blood and sirloin of castrated Korean indigenous beef cattle

Jae-Cheul Do, Min-Hee Cho, Young-Mi Lee, Jee-Taek Jang, Yang-Soo Lee, Jae-Kwon Son, Hee-Jong Song*, Jong-Sik Jyeong

*Kyongbuk Veterinary Service Laboratory
Bio-Safety Research Institute, Chonbuk National University**

Abstract

This study was evaluated to know the effects of vitamin E(VE) on the lipid peroxidation in blood and sirloin of castrated korean indigenous beef cattle. Experimental groups were divided into VE 500 IU(A), 1,500 IU additive feeding group(B) and non-VE-treated control group(C). After oral administration to the cattle for 120 and 150 days, body weight gains, VE contents in plasma and sirloin, and thiobarbituric acid(TBA) value were examined according to the exhibition period(1-7 days) in refrigerated showcase between aging and non-aging group. The results obtained from this study were summarized as follows ;

1. Body weight gain per day of control compared with VE additive feeding A and B groups were showed no significantly differences.
2. The concentrations of VE in plasma after oral administration with VE for 120 days were significantly increased($p < 0.05$) in A and B groups. There were higher($p < 0.05$) $4.22\mu\text{g/ml}$ in A and $6.22\mu\text{g/ml}$ in B group than the control($3.0\mu\text{g/ml}$). And the concentrations of VE in plasma for 150 days were significantly increased($p < 0.05$) in VE additive feeding groups. There were higher $4.89\mu\text{g/ml}$ in A and $7.05\mu\text{g/ml}$ in B group than the control($3.15\mu\text{g/ml}$).

3. The concentrations of VE in sirloin for 120 days were significantly increased($p<0.05$) in A and B groups. There were higher $1.84\mu\text{g/g}$ in A group and $2.40\mu\text{g/g}$ in B group than the control($0.78\mu\text{g/g}$). And the concentrations of VE in sirloin for 150 days were significantly increased($p<0.05$) in A and B groups. There were higher $1.94\mu\text{g/g}$ in A group and $2.63\mu\text{g/g}$ in B group than the control($1.00\mu\text{g/g}$).
4. TBA values, the indicator of lipid peroxidation, in non-aging sirloin according to the exhibition period(1-7 days) in refrigerated showcase after oral administration with VE additive feed for 120 days were lower 0.73 in A and B groups than 0.82 in control at the third day after exhibition. In the same group, TBA values were significantly($p<0.05$) lower 0.77 and 0.75 in A and B groups than 1.22 in control at the seventh day after exhibition. Equally, in the aging group, there were significantly($p<0.05$) showed lower TBA values 1.05 and 0.99 in A and B groups than 1.87 in control at the seventh day after exhibition.
5. After oral administration with VE additive feed to the cattle for 150 days, TBA values in non-aging sirloin according to the exhibition period(1-7 days) in refrigerated showcase were significantly($p<0.05$) decreased to 0.84 and 0.88 in A and B groups than 1.26 in control at the seventh day after exhibition. In the aging group, there were significantly($p<0.05$) showed lower TBA values 0.95 and 0.99 in A and B groups than 1.79 in control at the seventh day after exhibition.

Key words : Vitamin E (VE), TBA value, Lipid peroxidation, Antioxidant, Beef cattle.

서 론

최근 축산물의 수입개방과 국민들의 의식수준 향상에 따라 소비자들은 청정하고 고 영양가의 고급육을 요구하고 있으며, 생산자들도 예전과는 달리 국제경쟁력을 갖출 수 있는 고품질육을 생산하기 위하여 부단히 노력을 하고 있는 실정이다. 한우 도체의 육질등급은 도체 등급기준에 따라 근육내 지방함량, 지방색, 조직감 및 성숙도에 따라 결정되며, 이 중 등급판정에 가장 영향을 미치는 것은 근육내 지방함량이고, 소비자가 쇠고기를 구매할 때 육질, 즉 신선도를 판단하는 기준은 육색이다. 육색은 산화에 의해 쉽게 변색되기 때문에 산화를 방지하거나 지연시키는 것이 소비자가 선호하는 육색을 장기간 유지하는 관건이 된다¹⁻⁵⁾.

지방의 산화는 신선육의 산패를 야기시키고, 가열된 고기에 warmed-over flavor를 생성시키는 원인이 되며 육색산화와 연관이 높다. 지질 산화중에 생성되는 지질과산화물인 free radical 물질들은 육색산화를 직접 촉진시키기도 하고 육색발현에 관련된 기전에 간접적으로 영향을 미치기도 한다. 신선육의 육질은 세포라는 단위로 구성되어 있고 세포는 세포막으로 둘러 쌓여 있으며 세포막은 지질(phospholipid, glycolipid, cholesterol) 이중층과 단백질로 구성되어 있으므로, 세포막 지질성분이 과산화작용을 받게되면 peroxide가 생성되어 세포막 기능을 원활히 수행할 수 없으므로 세포는 기능적, 구조적인 손상을 받아 노화가 촉진되고 육질의 변화가 일어나는 것으로 알려져 있다. 또한 항산화제인 vitamin E(VE)의 결핍시에도 적혈구막 및 세포

막지질에 결합된 다불포화지방산이 비효소성 과산화작용을 받아 불포화지방산의 이중결합 부분이 절단되어 짧은사슬의 thiobarbituric acid (TBA) 반응성 malondialdehyde 등의 지질과산화물이 많이 생성되어 축적되며, 세포 또는 세포소기관의 지질과산화에 의해 mitochondria, microsome 등의 세포소기관 손상, 효소단백질중 아미노산 잔기의 산화 등을 일으키게 된다. 따라서 동물체내의 lipid peroxidation 과정을 억제하기 위해서는 지방식품의 산화방지에 사용되는 천연 항산화제로 VE, vitamin C, cobalamine(B₁₂), folic acid 등을 사용하여 지질의 과산화작용을 지연시키게 된다⁶⁾.

항산화제는 작용기전에 따라 free radical의 생성을 미리 예방하는 system I과 이미 체내에 생성된 free radical을 포착하여 소거시키는 system II가 있으며, 때로는 효소적 antioxidant와 비효소적인 antioxidant로 구별하기도 한다⁷⁾. 즉 ceruloplasmin, lactoferrin, transferrin, catalase 등은 지질과산화물이나 lipid peroxidation을 유도하는 lipid alkoxyl radical 또는 lipid hydroxyl radical 등과 같은 free radical의 산생을 막는 system I이다. 한편 VE, vitamin C, uric acid 등은 free radical을 포착하여 지질과산화 유도반응을 억제하거나 lipid peroxy radical을 포착하여 지질과산화의 증폭반응을 정지시켜 free radical 소거제로 작용하는 system II antioxidant 이다⁸⁻¹⁰⁾. 이러한 system II antioxidant는 식이를 통해 보충이 가능하며 생체막에 주로 존재하는 지용성 vitamin인 tocopherol은 세포막 지질에서 생성되는 free radical을 포착하여 항산화 작용을 하게 된다.

VE는 생체세포막에서 항산화작용을 가지는 물질로서 지질산화를 방지하고, 쇠고기 색소의 산화를 억제하는 효과가 뚜렷한 것으로 알려져 있다. 지금까지 여러 연구자들의 가설은 VE를 소에게 급여했을 때 근육내에 VE의 농도가 증

가하고 따라서 근육내 지질의 과산화작용을 방지하며, 근 형질내에 존재하는 근육색소인 myoglobin을 환원상태에서 산화적 상태로 전환되는 것을 억제한다고 하였다. 그러나 VE가 myoglobin의 산화작용을 억제하는 기전에 대해서는 아직 명확하게 밝혀져 있지 않았다^{6,9)}.

따라서 비육단계의 소에게 천연 항산화제인 VE를 사료에 첨가하여 급여했을 때 급여단계 별로 혈액 및 근육내에 VE의 잔류농도를 조사함과 아울러, 도축 후 숙성군과 비숙성군으로 나누어 냉장 진열시 진열시간에 따른 근육내 지질성분의 과산화정도를 조사하여 VE의 항산화 효과를 확인함으로써 한우육이 국제경쟁력을 갖춘 고품질 우육으로서 갖추어야 할 기초 자료를 마련하고자 본 실험을 실시하게 되었다.

재료 및 방법

실험동물

약 18개월령의 비육후기의 한우거세우 40두를 공시하여 vitamin E (VE) 첨가수준에 따라 대조군 14두, VE 500 IU 사료첨가(실험 A)군 및 1,500 IU 사료첨가(실험 B)군에 각각 13두씩 완전 임의 배치하고 120일과 150일간 VE 첨가 사료를 급여하였다. 실험우는 각 처리군별로 9m × 9m크기의 우사에 군사(group feeding) 하면서, (주) 제일사료의 비육후기 사양프로그램에 따라 배합사료를 급여하였으며, 조사료는 볏짚을 자유 채식시켰다. 증체량은 실험개시시부터 실험 종료시 까지 매월 1회씩 일정시각에 계측하였다.

실험설계

실험개시 후 120일과 150일째에 각 처리군별로 3두씩을 도축하고 도체등급 판정이 끝난 후 각 도체별로 13번째 늑골부위의 배최장근(등심)을 채취한 다음, 비숙성처리군과 숙성처리군

으로 나누어 소매 전시진열장에 0, 1, 3, 5 및 7 일간 저장하였다. 채취한 배최장근은 직경 약 10cm, 두께 약 1cm의 크기로 절단하였으며, 비숙성군은 절단 즉시 진열용 접시에 담아 PVC 랩으로 포장한 다음, 소매 전시용 진열장에 전시하였다. 숙성군은 채취한 시료를 진공포장하여 $0 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 7일간 숙성 시킨 후 비숙성군과 동일한 방법으로 진열하였다. 진열장내의 온도는 $0 \pm 1^\circ\text{C}$ 이었고, 조명은 백색형광등으로 하였으며, 진열장내의 조도는 조도계 (Yew type 3281, Yokogawa, Japan)로 측정하였을 때 1,950 - 2,450 lux를 나타내었다.

배합사료 및 vitamin E 공급원

농후사료는 (주)제일사료의 비육후기용 배합사료를 사용하였고, 조사료는 벃짚을 이용하였다. 실험사료의 화학적 조성은 Table 1에서와 같으며 VE 공급원으로는 Hoffman LaRoche사의 DL- α -tocopheryl acetate를 사용하였다.

시료채취 및 분석방법

1) 시료채취 : 각 실험군 별로 시료채취는 실험사료 급여 개시직전과 급여 120일 및 150일째 실시하였으며, 혈액은 각 처리군 별로 각각 6두씩을 선발하여 사료급여전과 도축 전에 각각 채취한 다음 즉시 혈장을 분리하였으며, 도체의 시료는 도체등급판정을 받은 후 절개된 13번째 늑골부위의 배최장근을 채취하였다. 모

든 채취시료는 분석시까지 -60°C 초저온 냉동고에 보관하였다.

2) 분석방법

가. 일반조성분 : 사료의 조성분, 칼슘과 인 및 도체의 수분과 조지방은 AOAC 방법¹³⁾에 따라 분석하였다.

나. VE 함량분석 : 사료, 혈장 및 도체중의 VE 함량은 Liu 등의 방법¹⁴⁾에 따라 실시하였다. 즉 근육 1g(혈장 0.5ml, 사료 1g)을 2개의 $20 \times 150\text{mm}$ 시험관에 넣고 각 시험관에 ascorbic acid 0.25g과 saponification 용액 7.3 ml을 함께 넣고 ascorbic acid가 완전히 용해될 때까지 가볍게 혼합하였다. 이들 각 시험관을 80°C shaking water bath에서 15분간 가온 후 얼음에 시험관을 냉각시키고, isooctane 4ml을 가하여 2분간 혼합하였다. 이들 시험관을 약 10분 정도 정치시켜 isooctane층이 분리되게 하고 상층의 isooctane층을 분취하여 $0.45\mu\text{m}$ syringe filter로 여과한 후 microcentrifuge tube에 넣어 고성능액체크로마토그래피(HPLC)로 분석하였다. 이때 HPLC 분석조건은 Table 2와 같으며, 표준곡선은 외부표준법을 사용하여 $0.5\mu\text{g}$ 에서 $4\mu\text{g}$ tocopherol을 isooctane에 용해시켜 회귀분석한 후 표준곡선을 만들어 각 시료내의 농도를 구하였다.

다. 지방의 산패도 측정 : 지방 산패도의 측정은 Salih 등의 방법¹⁵⁾에 따라 thiobarbituric

Table 1. General composition in experimental ration

Components	Vitamin E additive level			Rice straw
	Control	500 IU	1,500 IU	
Moisture (%)	13.85	14.12	13.51	11.07
Crude protein (%)	11.93	11.72	12.22	4.33
Crude fat (%)	3.34	3.02	3.51	2.19
Crude fiber (%)	6.13	5.84	5.58	30.37
Calcium (mg/g)	0.73	0.72	0.74	0.39
Phosphorus (mg/g)	0.46	0.41	0.48	0.09

Table 2. HPLC conditions for determining vitamin E

Pump	Waters 510
Injector	Waters U6K
Column	Waters μ -Bondapak silica (60Å, 4 μ m, 3.9×150 mm)
Detector	JASCO FP 920 fluorescence detector
Sensitivity	Gain 10
Wavelength	Excitation 296nm, Emission 323nm
Injection volume	50 μ l
Flow rate	1.0mL/min
Run time	10 minutes
Data processor	Waters Maxima 810
Mobile phase	96% isooctane : 4% tetrahydrofuran (V/V)

acid (TBA) 값을 측정하여 나타내었다. 즉 시료 10g을 정확히 칭량 후 homogenized flask에 3.86% perchloric acid 35ml과 함께 넣어 1분간 Virtis homogenizer로 균질화한 후 시험관으로 옮기고, homogenized flask를 증류수 5ml로 세척 후 상기 시험관에 함께 넣었다. 균질화된 시료는 50ml용 원심관에 Whatmann No. 2 filter paper로 여과하고, 동일시료에 대하여 3개의 screw capped tube에 상기 여과액 2.5ml와 0.02M 수용성 TBA 2.5ml을 넣어 마개를 닫은 후 boiling water bath에서 30분간 가열하였다. 이것을 흐르는 물에서 완전히 식힌 후 spectrophotometer(Shimadzu Model 160A, Japan)로 531nm에서 흡광도를 측정하였다.

표준곡선은 1×10^{-7} -1,1,3,3 tetraethoxypropane (TEP)을 증류수에 용해시킨 후 stock solution을 만들고 1×10^{-8} 에서 8×10^{-8} 까지 희석하여 작성하였으며, 농도는 회귀분석 후 표준곡선에서 나온 malondialdehyde농도에 0.77을 곱하여 TBA 값을 구하였다.

통계처리

본 실험의 통계처리는 SAS-package의 일반 선형 모델¹⁶⁾에 의한 분산분석을 하고 유의성은 5% 수준에서 검정하였다.

결 과

Vitamin E (VE) 급여가 증체에 미치는 영향

VE 급여가 거세한우의 증체에 미치는 영향은 Table 3에서와 같다. 즉, 일당 증체량은 대조군, 실험 A군 및 실험 B군에서 각각 0.94, 0.95, 0.96kg이었고, 총 증체량은 79.3, 79.7 및 80.3kg으로 각 실험군 간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

사료내 VE 함량의 변화

실험사료내의 VE 함량 변화는 Table 4와 같다. 사료내의 함량은 대조군에서 8.76 μ g/g, A군은 38.36 μ g/g, B군은 70.15 μ g/g이었다.

혈장내 VE 함량의 변화

혈장내의 VE 함량은 Table 5에서 보는바와 같이 실험개시 이전의 혈장내 VE 농도는 2.02 ~ 2.20 μ g/ml 수준으로 각 실험군간에 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 그러나 VE를 120일간 첨가급여한 경우 대조군에서 3.0 μ g/ml, A군에서는 평균 4.22 μ g/ml, B군에서 6.22 μ g/ml로서 VE 급여량이 높을수록 비육우의 혈장내 농도는 증가하였으며, 특히 B군이 A군과 대조군에 비해서 혈장내의 농도가 증가하였다. 또한 150일간 첨가급여한 경우에서도 대조군에서 3.15 μ g/ml, A군에서 4.89 μ g/ml, B군에서 7.05 μ g/ml로 실험군별로 유의성 있는 차이를 보였다(p<0.05).

이와 같이 VE 급여기간에 따른 혈장내 VE의 농도변화를 조사한 결과 대조군도 사양기간이 증가함에 따라 점차 그 농도가 증가하는

Table 3. Body weight gain in experimental groups for feeding period (84 days)

Experimental group	Control	A	B
Total body weight gain (kg)	79.3 ± 3.30	79.7 ± 4.10	80.3 ± 3.80
Body weight gain daily (kg)	0.94 ± 0.04	0.95 ± 0.05	0.96 ± 0.05

Control : Vitamin E not additive ration.

A : 500 IU vitamin E additive ration, B : 1,500 IU vitamin E additive ration.

Table 4. Vitamin E concentration within experimental groups in ration

Experimental group*	Control	A	B
Concentration (µg/g)	8.76 ± 0.92 ^a	38.36 ± 2.56 ^b	70.15 ± 3.25 ^c

^{a,b,c} Means with different superscripts within groups are different (p<0.05).

* : See footnote in Table 3.

Table 5. Changes of vitamin E concentrations within experimental groups in plasma of Korean indigenous cattle according to the period of feeding with vitamin E additive ration

Feeding period (day)*	Vitamin E concentration (µg/ml)		
	Control**	A**	B**
Before feeding	2.18 ± 0.20 ^a	2.20 ± 0.28 ^a	2.02 ± 2.05 ^a
120 days	3.00 ± 0.27 ^a	4.22 ± 0.10 ^b	6.22 ± 0.24 ^c
150 days	3.15 ± 0.20 ^a	4.89 ± 0.32 ^b	7.05 ± 1.20 ^c

^{a,b,c} Means with different superscripts within experimental groups are different (p<0.05).

* : Feeding period (day) with vitamin E additive ration.

** : See footnote in Table 3.

경향을 나타내었으나 유의성은 인정되지 않았고, A군 및 B군에서는 모두 VE 급여개시전보다 120일째에 각각 2~3배 증가하였으며, 120일과 150일 사이에서도 그 농도가 증가하는 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다.

배최장근내의 VE 농도의 변화

배최장근내의 VE의 농도는 Table 6에서 보는 바와 같다. 120일 급여군의 대조군은 0.78µg/g인데 비하여 A군에서는 1.84µg/g, B

군에서 2.40µg/g으로 급여수준에 따라 실험군 간에 각각 유의성있는 차이를 보였으며 (p<0.05), 급여수준이 높을수록 근육내에 축적되는 VE의 농도는 높게 증가하였다.

또한 150일 급여군의 경우 대조군은 1.00µg/g, A군은 1.94µg/g, B군은 2.63µg/g으로 120일 급여군에서와 같이 급여수준이 높을수록 근육내에 축적되는 VE의 농도는 증가하였다. 그러나 VE 급여기간에 따른 차이는 150일간 급여한 것이 120일간 급여한 것보다 그 농도가 높은 경향을 보였지만 유의성은 인정되지 않았다.

Table 6. Changes of vitamin E concentration within experimental groups in muscle(sirloin) of Korean indigenous cattle according to the period of feeding with vitamin E additive ration

Feeding period (day)*	Vitamin E concentration($\mu\text{g/g}$)		
	Control**	A**	B**
120 days	0.78 ± 0.07^a	1.84 ± 0.07^b	2.40 ± 0.17^c
150 days	1.00 ± 0.07^a	1.94 ± 0.17^b	2.63 ± 0.28^c

^{a,b,c} Means with different superscripts within groups are different ($p < 0.05$).

* : Feeding period (day) with vitamin E additive ration.

** : See footnote in Table 3.

Table 7. Changes of TBA value in non-aging groups according to the time lapsed for keeping refrigeratory exhibition in muscle (sirloin) of Korean indigenous cattle feeded with vitamin E additive ration for 120 days

Classification	Experimental group**	Time lapsed (days)***				
		0	1	3	5	7
Not-aging*	Control	0.73 ± 0.09^a	0.77 ± 0.09^a	$0.82 \pm 0.08^{a,b}$	$1.12 \pm 0.12^{b,c}$	1.22 ± 0.14^c
	A	0.71 ± 0.08^a	0.74 ± 0.09^a	0.73 ± 0.09^a	0.75 ± 0.08^a	0.77 ± 0.10^a
	B	0.60 ± 0.07^a	0.70 ± 0.09^a	0.73 ± 0.07^a	0.75 ± 0.10^a	0.75 ± 0.12^a

^{a,b,c} Means with different superscripts within experimental groups are different ($p < 0.05$).

* : Not-aging means experimental groups not to keep muscle (sirloin) for 7 days in refrigerator ($0 \pm 1^\circ\text{C}$).

** : See footnote in Table 3.

*** : Time lapsed (days) means the lapsed time to keep muscle on a showcase in refrigerator ($0 \pm 1^\circ\text{C}$) for 7 days.

120일간 VE 첨가급여가 냉장진열중의 비숙성 및 숙성 배최장근의 TBA값에 미치는 영향

120일간 VE 첨가급여 수준에 따른 거세한우 비숙성 배최장근의 냉장 진열중 지방산패 정도를 나타내는 TBA값의 변화는 Table 7과 같다. 즉, 진열개시 직후와 진열 1일째에는 처리군 간에 TBA값의 차이가 인정되지 않았으나, 진열개시 3일째부터 대조군이 0.82, A 및 B군이 각각 0.73이었으며, 진열 7일째에는 대조군

이 1.22, A 및 B군이 각각 0.77, 0.75로 VE 첨가 급여군의 TBA값이 낮게 나타났다. 그러나 진열시간이 경과함에 따라 점차 TBA값이 증가되었으나 A 및 B군간에는 유의성이 인정되지 않았다.

150일간 VE 첨가급여가 냉장진열중의 비숙성 및 숙성 배최장근의 TBA값에 미치는 영향

150일간 VE 첨가급여 수준에 따른 거세한

Table 8. Changes of TBA value in aging groups according to the time lapsed for keeping refrigeratory exhibition in muscle (sirloin) of Korean indigenous cattle fed with vitamin E additive ration for 120 days

Classification	Experimental group**	Time lapsed(days)***				
		0	1	3	5	7
Aging*	Control	0.86±0.06 ^a	0.99±0.06 ^a	1.03±0.09 ^a	1.44±0.13 ^b	1.87±0.13 ^c
	A	0.81±0.03 ^a	0.90±0.05 ^a	0.96±0.07 ^a	0.96±0.11 ^a	1.05±0.10 ^b
	B	0.78±0.03 ^a	0.83±0.04 ^a	0.89±0.08 ^a	0.96±0.10 ^a	0.99±0.07 ^a

^{a,b,c} Means with different superscripts within experimental groups are different(p<0.05).

*: Aging means experimental groups to keep muscle(sirloin) for 7 days in refrigerator (0±1℃).

** : See footnote in Table 3.

*** : Time lapsed (days) means the lapsed time to keep muscle a showcase in refrigerator (0±1℃) for 7 days after aging.

Table 9. Changes of TBA value in non-aging groups according to the time lapsed for keeping refrigeratory exhibition in muscle (sirloin) of Korean indigenous cattle fed with vitamin E additive ration for 150 days

Classification	Experimental group**	Time lapsed (days)***				
		0	1	3	5	7
Not-aging*	Control	0.56±0.02 ^a	0.79±0.06 ^b	0.88±0.08 ^{b,c}	1.14±0.14 ^d	1.26±0.12 ^d
	A	0.55±0.02 ^a	0.66±0.04 ^{a,b}	0.79±0.07 ^b	0.81±0.13 ^{b,c}	0.84±0.10 ^{b,c}
	B	0.53±0.02 ^a	0.70±0.05 ^b	0.73±0.06 ^b	0.76±0.12 ^b	0.88±0.11 ^{b,c}

^{a,b,c,d} Means with different superscripts within experimental groups are different (p<0.05).

*: Not-aging means experimental groups not to keep muscle (sirloin) for 7 days in refrigerator (0±1℃).

** : See footnote in Table 3.

*** : Time lapsed (days) means the lapsed time to keep muscle on a showcase in refrigerator(0±1℃) for 7 days.

우 비숙성 배최장근의 냉장 진열중 TBA값의 변화는 Table 9에서와 같이 진열개시 직후에 대조군에서 0.56, A 및 B군에서 0.55, 0.53이었으나 진열 1일째에는 대조군이 0.79, A군이 0.66, B군이 0.70으로 TBA값이 점차 증가하기 시작하여 진열 7일째에는 대조군이 1.26, A 및

B군에서는 0.84, 0.88로 시간이 경과함에 따라 점차 TBA값이 유의성있게 증가되었으며 (p<0.05), 동일진열시간내에 VE를 첨가급여한 A, B군간에 TBA값의 차이는 유의성이 인정되지는 않았으나 대조군 보다는 VE 첨가급여군의 TBA 값이 낮았다.

Table 10. Changes of TBA value in aging groups according to the time lapsed for keeping refrigeratory exhibition in muscle (sirloin) of Korean indigenous cattle fed with vitamin E additive ration for 150 days

Classification	Experimental group**	Time lapsed (days)***				
		0	1	3	5	7
Aging*	Control	0.72±0.02 ^a	0.79±0.04 ^a	0.99±0.07 ^b	1.34±0.13 ^c	1.79±0.11 ^d
	A	0.74±0.02 ^a	0.75±0.03 ^a	0.85±0.05 ^a	0.93±0.12 ^b	0.95±0.09 ^b
	B	0.73±0.02 ^a	0.73±0.02 ^a	0.92±0.06 ^b	0.89±0.11 ^b	0.99±0.10 ^b

^{a,b,c,d} Means with different superscripts within experimental groups are different ($p < 0.05$).

*: Aging means experimental groups to keep muscle (sirloin) for 7 days in refrigerator ($0 \pm 1^\circ\text{C}$).

** : See footnote in Table 3.

***: Time lapsed (days) means the lapsed time to keep muscle a showcase in refrigerator ($0 \pm 1^\circ\text{C}$) for 7 days after aging.

150일간 사료내에 VE 첨가급여에 따른 거세한우의 숙성된 배최장근의 냉장 진열중의 TBA값의 변화는 Table 10과 같다. 진열개시 직후와 진열 2일째까지 처리군간에 TBA값의 차이는 유의성이 인정되지 않았으나 진열개시 3일째부터 대조군은 0.99, A 및 B군은 각각 0.85, 0.92이고, 진열 7일째에는 대조군은 1.79이었으나 A 및 B군은 각각 0.95, 0.99로 나타나 대조군보다 VE 첨가 급여군의 TBA값이 유의성있게 낮게 나타났다 ($p < 0.05$). 각 군별로 진열시간이 경과됨에 따라 점차 TBA값이 증가하는 경향을 보였으나, A 및 B군 간에는 유의성있는 차이가 인정되지 않았다.

고 찰

천연 vitamin E (VE)는 6종이 존재하며 이들은 소장을 통해서 체내에 흡수된 후 chylomicron으로 간에 운반되며 말초조직에는 지단백질을 통해서 운반된다. 세포소기관인 mitochondria, endoplasmic reticulum 및 원형질막의 인지질은 VE에 대하여 특이한 친화력을 지녀 각종 free

radical과 lipid peroxide로부터의 세포손상을 막아주는 천연항산화제로 널리 알려져 있으며 최근에는 노화와 연관지어 이에 대한 많은 연구가 진행중이다¹⁷⁾. 이와 같은 작용을 하는 VE를 농후사료에 일정농도로 첨가하여 일정기간 한우 거세 비육우에 급여하였을 때 혈액 및 근육중에 VE의 잔류농도와 이에 따른 지질과산화 작용에 미치는 항산화 영향을 조사하여 한우 고급육 생산의 기초자료를 마련하고자 본 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

VE 급여가 한우거세우의 증체에 미치는 영향을 살펴본 결과 일당 증체량은 대조군, VE 500 IU 첨가급여(실험 A)군 및 1,500 IU 첨가급여(실험 B)군에서 각각 0.94, 0.95 0.96kg이었고 총 증체량은 79.3, 79.7 및 80.3kg으로 각 실험군간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과로 볼 때 증체량은 VE 급여수준에 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다. 그러나 이 결과는 VE가 비육능력에 영향을 미치지 않았다는 Kobayashi와 Takasaki¹⁸⁾ 및 Arnold 등^{19,20)}의 보고와는 일치하였으나, VE첨가에 의해 일당증체량과 사료요구율의 개선이 뚜렷하게 나

타났다는 Hill 등²¹⁾의 보고와는 상반되는 결과를 보였다.

사료, 혈장 및 근육내 VE 함량의 변화를 살펴본 결과 사료내의 함량은 대조군에서 VE 함량은 8.76 $\mu\text{g/g}$, A군은 38.36 $\mu\text{g/g}$, B군은 70.15 $\mu\text{g/g}$ 수준이었다. 혈장내 VE의 함량을 분석한 결과 실험개시 이전에 혈장내 VE농도는 2.02 - 2.20 $\mu\text{g/ml}$ 수준으로 각 실험군간에 유의성있는 차이를 보이지 않았으나, VE를 120일간 첨가 급여한 경우 대조군에서 3.0 $\mu\text{g/ml}$, A군에서는 평균 4.22 $\mu\text{g/ml}$, B군에서 6.22 $\mu\text{g/ml}$ 로서 VE 급여량이 높을수록 비육우의 혈장내 VE의 농도는 증가하였으며 B군이 A군과 대조군에 비해서 혈장내 VE의 농도는 증가하였다. 또한 150일간 VE를 첨가급여한 경우에서도 혈장내 VE 농도는 대조군에서 3.15 $\mu\text{g/ml}$, A군에서 4.89 $\mu\text{g/ml}$, B군에서 7.05 $\mu\text{g/ml}$ 로 실험군별로 유의성있는 차이를 보였다. 이와 같이 VE 급여기간에 따른 혈장내 VE의 농도변화를 조사한 결과 대조군도 사양기간이 증가함에 따라 점차 그 농도가 증가하는 경향을 나타내었으나, 유의성은 인정되지 않았고, A군 및 B군에서는 모두 VE 급여개시전보다 120일째에 각각 2 - 3배 증가하였으며, 120일과 150일 사이에서도 그 농도가 증가하는 경향을 나타냈으나 유의성있는 차이는 인정되지 않았다.

三津本²²⁾은 일본의 거세 흑모화우에 VE를 4주간 2,500mg 사료를 투여하였을 때, 혈장내 VE의 농도는 대조군에서 1.3mg/l 인데 반하여 실험군은 6.8mg/l 이었으며, 반건양군에서는 대조군이 1.3mg/kg인데 반하여 실험군은 2.41mg/kg으로서 대조군에 비하여 유의성있게 높았다고 한 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

배최장근내의 VE의 농도는 120일 급여군의 대조군은 0.78 $\mu\text{g/g}$ 인데 비하여 A군에서는 1.84 $\mu\text{g/g}$, B군에서 2.40 $\mu\text{g/g}$ 으로 VE 급여수준에 따른 실험군간에 각각 유의성있는 차이를 보였으

며 VE의 급여수준이 높을수록 근육내에 축적되는 VE의 농도는 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 150일 급여군의 경우 대조군은 1.00 $\mu\text{g/g}$, A군은 1.94 $\mu\text{g/g}$, B군은 2.63 $\mu\text{g/g}$ 으로 120일 급여군에서와 같이 VE 급여수준이 높을수록 근육내에 축적되는 VE의 농도는 증가하였다. 그러나 VE급여기간에 따른 차이를 보면 150일간 급여한 것이 120일간 급여한 것보다 그 농도가 높은 경향을 보였지만 유의성은 인정되지 않았다.

三津本 등²³⁾은 VE 공급원으로 α -tocopherol acetate를 홀스타인 거세우에 도달전 38일간 1,200mg씩 급여한 경우와 육용종 거세우에 도달전 67일간 동일수준의 VE를 급여한 경우, 배최장근내 VE농도가 육용종에서는 대조군에 비하여 실험군이 2.7배, 홀스타인에서는 대조군에 비하여 실험군이 1.6배 높았다고 하였다. 또한 Arnold 등²⁴⁾은 VE 급여개시전 실험우의 혈장내 VE 농도는 품종이나 VE 급여수준에 따른 차이가 인정되지 않았으나 VE 급여 이후 시험 종료일까지 혈장내 그 농도는 대조군이 가장 낮았고, 2,000 IU 급여군에서 가장 높았으며, 500 IU 급여군은 그 중간이라고 하였다. 또한 이들은 252일간 VE를 급여하였을 경우 배최장근내 VE의 농도는 500 IU 급여군이 4.1 $\mu\text{g/g}$, 2,000 IU 급여군이 7.2 $\mu\text{g/g}$ 이었다고 하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 보였으나 본 실험의 결과는 이들의 연구결과 보다 그 농도가 낮았는데, 이러한 차이는 VE 급여기간과 실험동물의 사양방법 차이에 기인한 것으로 생각되었다.

VE 급여수준에 따른 거세한우 배최장근의 냉장 진열중 지방산패정도를 나타내는 TBA값의 변화를 조사한 결과 120일 급여군의 비숙성군을 보면, 진열개시 직후와 1일째에는 처리군간에 TBA값의 차이가 없었다. 그러나 진열개시 3일째부터 대조군이 VE 급여군에 비하여 TBA값이 유의하게 높아지기 시작하였으며, A

군과 B군 사이에는 차이가 없었다. 120일 급여군의 숙성군은 비숙성군에 비하여 TBA값이 다소 높게 나타났으며, 진열개시 1일째부터 VE 급여군들이 대조군에 비하여 TBA값이 낮아 지방의 산패가 크게 억제된 것으로 판단되었다.

150일 급여군 비숙성군의 경우 진열개시 직후에는 처리군간에 TBA값의 유의차가 없었으나, 진열개시 1일째부터 대조군이 A 및 B군에 비하여 크게 높아졌다. 150일 급여군의 숙성군에서는 비숙성군에 비하여 TBA값이 다소 높았는데 이것은 120일 급여군에서와 같은 경향이었고, 진열개시 5일째부터 대조군과 VE 급여군 사이에 뚜렷한 차이를 나타내어 VE급여군이 유의하게 낮았다. 그러나, TBA값의 변화에서 VE 급여수준, 즉, A와 B군 사이에는 유의한 차이가 나지 않았다.

생체에 공급되는 VE는 지용성이므로 α -tocopherol 은 생체막내로 분산되고, 사료내 VE의 농도가 증가할수록 세포막내에 존재하는 불포화지방산이 산화되는 것을 방지하고, 따라서 신선육의 지질산화를 억제하는 것으로 알려져 있다^{1,23,29)}. 三津本 등²⁹⁾은 일본 흑모화우 거세우에 2,500mg의 DL- α -tocopherol을 4주간 급여하고 이들의 반건양근을 10일간 냉장 진열하였을 경우 TBA값이 대조군은 1.66mg MDA/kg인데 비하여 실험군은 0.53mg MDA/kg으로 실험군이 유의하게 낮았다고 하였다. 또한 Mitsumoto 등²⁸⁾은 홀스타인 비육우에 232일간 VE를 80 또는 1,500 IU 급여하고 등심을 분쇄하여 냉장 진열하였을 경우 대조군의 TBA값이 6.91인데 비하여, 실험군은 0.58로서 유의하게 실험군이 낮았다고 보고한 것과 같이 본 실험에서도 VE 첨가급여군의 배최장근의 TBA값이 대조군에 비하여 낮게 나타난 결과와 유사한 결과를 보였다.

이상의 결과를 종합적으로 고찰해보면 천연

항산화제인 VE를 농후사료에 첨가하여 한우 거세비육우에 급여했을 때 증체량에는 유의성 있는 영향을 미치지 않았으나 비육우의 혈중 및 배최장근내 VE의 농도는 대조군에 비하여 VE 첨가농도에 따라 유의하게 증가하였으며, 숙성군과 비숙성군으로 나누어 진열기간중 배최장근내 지질의 과산화 정도를 나타내는 TBA값은 진열기간이 길어짐에 따라 수치가 증가하였으며, VE 첨가사료를 급여한 군의 TBA값이 대조군에 비하여 유의하게 낮아 항산화제로 작용하는 VE가 배최장근내의 지질의 과산화 작용을 억제하는 것으로 나타나 천연 항산화제이며 인체의 노화를 지연시킬 수 있는 VE를 비육 후기에 사료내 첨가 급여하여 VE가 근육내에 고농도로 존재하는 한우 고급육을 생산하는데 활용하여 국제경쟁력을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

결론

천연 항산화제인 vitamin E(VE)를 농후사료에 일정농도로 첨가하여 일정기간 한우 거세비육우에 급여하였을 때 혈액 및 근육중에 VE의 잔류농도와 VE 급여수준에 따른 거세한우 배최장근내의 냉장 진열중 지방산패정도를 나타내는 TBA값의 변화를 숙성과 비숙성군으로 나누어 지질과산화 작용에 미치는 항산화 영향을 조사하여 한우 고급육 생산의 기초자료를 마련하고자 본 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. VE 급여가 거세한우의 증체에 미치는 영향을 살펴본 결과 일당 증체량은 대조군, VE 500 IU첨가급여(실험 A)군 및 1,500 IU첨가급여(실험 B)군에서 각각 0.94, 0.95 0.96kg이었고 총 증체량은 79.3, 79.7 및 80.3kg으로 각 실험군간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.

2. 혈장내 VE의 함량을 분석한 결과는 실험 개시 이전의 혈장내 VE농도는 2.02 - 2.20 $\mu\text{g/ml}$ 수준으로 각 실험군간에 유의성있는 차이를 보이지 않았으나, VE를 120일간 첨가급여한 경우 대조군에서 3.0 $\mu\text{g/ml}$, A군에서는 평균 4.22 $\mu\text{g/ml}$, B군에서 6.22 $\mu\text{g/ml}$ 로서 VE 급여량이 높을수록 비육우의 혈장내 VE의 농도는 증가하였으며, 150일간 VE를 첨가급여한 경우에서도 대조군에서 3.15 $\mu\text{g/ml}$, A군에서 4.89 $\mu\text{g/ml}$, B군에서 7.05 $\mu\text{g/ml}$ 로 실험군별로 유의성 있는 차이를 보였다.
3. 배최장근내의 VE의 농도는 120일 급여군의 대조군은 0.78 $\mu\text{g/g}$ 인데 비하여 A군에서는 1.84 $\mu\text{g/g}$, B군에서 2.4 $\mu\text{g/g}$ 으로 VE 급여수준에 따른 실험군간에 각각 유의성 있는 차이를 보였으며, 150일 급여군의 경우 대조군은 1.00 $\mu\text{g/g}$, A군은 1.94 $\mu\text{g/g}$, B군은 2.63 $\mu\text{g/g}$ 으로 120일 급여군에서와 같이 VE 급여수준이 높을수록 근육내에 축적되는 VE의 농도는 증가하였다.
4. 120일간 VE 첨가급여 수준에 따른 거세 한우 비숙성 쇠고기 배최장근의 냉장 진열중 지방산패 정도를 나타내는 TBA값의 변화를 확인한 바 진열개시 직후와 진열 1일째에는 처리군간에 TBA값의 차이가 인정되지 않았으나 진열개시 3일째 대조군이 0.82, A 및 B군이 각각 0.73이었으며, 진열 7일째에는 대조군이 1.22, A 및 B군이 각각 0.77, 0.75이었다. 또한 숙성된 쇠고기 배최장근내의 냉장 진열중 TBA값은 진열개시 5일째 대조군이 1.44, A 및 B군이 각각 0.96, 0.96이었으며, 진열 7일째에는 대조군이 1.87, A 및 B군이 각각 1.05, 0.99로 나타났다.
5. 150일간 VE 첨가급여 수준에 따른 거세 한우 비숙성 배최장근의 냉장 진열중 지

방산패 정도를 나타내는 TBA값의 변화를 확인한 바 진열개시 직후에 대조군에서 0.56, A 및 B군에서 0.55, 0.53이었으나 진열 1일째에는 대조군이 0.79, A군이 0.66, B군이 0.70으로 TBA값이 점차 증가하기 시작하여 진열 7일째에는 대조군이 1.26, A 및 B군에서는 0.84, 0.88로 진열시간이 경과함에 따라 점차 TBA값이 유의성있게 증가하기 시작하였다. 또한 숙성된 쇠고기 배최장근내의 냉장 진열중 TBA값의 변화도 진열개시 직후와 진열 2일째까지 처리군간에 TBA값의 차이에서 유의성은 인정되지 않았으나 진열개시 3일째부터 대조군이 0.99, A 및 B군이 각각 0.85, 0.92이었으며, 진열 7일째에는 대조군이 1.79인데 비하여 A 및 B군은 각각 0.95, 0.99로 나타나 대조군보다 VE 첨가급여군의 TBA값이 유의성 있게 낮았다.

참고문헌

1. Faustman C, Cassens RG, Schaefer DM, et al. 1989. Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *J Food Sci* 54 : 858~862.
2. Faustman C, Cassens RG. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *J Muscle Foods* 1 : 217~243.
3. Greene BE. 1969. Lipid oxidation and pigment changes in raw beef. *J Food Sci* 42 : 571.
4. Chan WKM, Hakkarainen K, Faustman C, et al. 1995. Color stability and microbial growth relationship in beef as affected by endogenous α -tocopherol. *J*

- Food Sci* 60 : 966~971.
5. Chan WKM, Hakkarainen K, Faustman C, et al. 1996. Dietary vitamin E effect on color stability and sensory assessment of spoilage in three beef muscles. *Meat Sci* 42 : 387~399.
 6. 김세권. 1993. 생화학. 서울. 청문각 : 149~172.
 7. 정해영. 1991. 활성산소, 암, 노화. 서울. 의학종설 2(4) : 25~53.
 8. Tappel AJ. 1970. Biological antioxidant protection against lipid peroxidation damage. *Am J Clin Nutr* 23(8) : 1137~1139.
 9. Tappel AL. 1980. Vitamin E and selenium protection from in vivo lipid peroxidation. *New York Ana NY Acad Press* 355 : 18-31.
 10. 정명희. 1990. 산소는 언제나 유익한 것인가. 서울. 의학종설 1(2) : 24~41.
 11. Murphy ME, Kehrer JP. 1989. Lipid peroxidation inhibitory factors in liver and muscle of rats, mouse and chicken. *Arch Biochem Biophys* 268(2) : 585~593.
 12. Yoshioka T, Motoyama H, Yamasaki F, et al. 1987. Protective effect of vitamin E against lipoperoxides in developing rats. *Bilo Neonate* 51 : 170~176.
 13. AOAC. 1980. Official method of analysis. 13 ed. Association of analytical chemists. Washington, DC : 376.
 14. Liu Q, Scheller KK, Schaefer DM. 1996. Technical note: A simplified procedure for vitamin E determination in beef muscle. *J Anim Sci* 74 : 2406~2410.
 15. Salih AM, Smith DM, Price JF, et al. 1987. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Sci* 66 : 1483~1488.
 16. SAS. 1985. Procedure guide for personal computers. version. 6 ed. SAS Institute INC. Cary NC USA.
 17. 강운세, 고광삼, 김창세 등. 1991. 생화학. 서울. 고문사 : 947~949.
 18. Kobayashi S, Takasaki K. 1985. Effect of DL- α -tocopherol on body weight gain and meat qualities of Holstein steers. *Jpn J Zootech Sci* 56 : 802~806.
 19. Arnold RN, Scheller KK, Arp SC, et al. 1992. Effect of long or short-term feeding of α -tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. *J Anim Sci* 70 : 3055~3065.
 20. Arnold RN, Scheller KK, Arp SC, et al. 1992. Visual and spectrophotometric evaluations of beef color stability. *J Food Sci* 57 : 518~520.
 21. Hill GM, Stuart RL, Utley PR, et al. 1989. Vitamin E effects on finishing steer performance. *J Anim Sci* 68 (Suppl) : 557(Abstr).
 22. 三津本 充. 1995a. 히타민E投與による牛肉品質の安定化. 栄養生理研究会報 39 : 147~156.
 23. 三津本 充, 小尺 忍, 三橋忠由 等. 1995b. 黒毛和種去勢牛への屠殺前 4週間のヒタミンE投與による展示中の牛肉色と脂質の安定化. 日畜會報 66 : 962~968.
 24. Arnold RN, Scheller KK, Arp SC, et al. 1993. Dietary α -tocopheryl acetate enhances beef quality in Holstein and

- beef steers. *J Food Sci* 58 : 28~33.
25. Faustman C, Cassens RG, Schaefer DM, et al. 1989. Vitamin E supplementation of Holstein steer diets improves sirloin steak color. *J Food Sci* 54 : 485~486.
26. Mitsumoto M, Faustman C, Cassens RG, et al. 1991. Vitamin C dip treatment. *J Food Sci* 56 : 1489~1492.
27. Mitsumoto M, Cassens RG, Schaefer DM, et al. 1991. Improvement of color and lipid stability in beef longissimus with dietary vitamin E and vitamin C dip treatment. *J Food Sci* 56 : 1489~1492.
28. Mitsumoto M, Arnold RN, Schaefer DM, et al. 1993. Dietary versus postmortem supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef. *J Anim Sci* 71 : 1812~1816.
29. Arnold RN, Arp SC, Scheller KK, et al. 1993. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *J Anim Sci* 71 : 105~118.