

# 비타민 E 의 새로운 이용

저자 : RICHARD A. ROEDER, MIKEL J. GARBER & GERALD T. SCHELLING

## 요 약

비타민 E는 결핍증을 예방하는 역할 이외에도 가축의 생산성을 향상시키는 잠재 능력을 가지고 있다는 것이 입증되고 있다. 미래의 축산 경영과 제품 마케팅 프로그램에서 비타민 E의 두가지 확실한 역할은 육질 개선과 면역 증진 효과이다.

영양분의 섭취는 결핍증의 예방 차원에서만 중요한 것이 아니라 건강과 축산물 품질의 극대화에 있어서도 중요한 것으로 간주되고 있다. 이 분야에서 가장 확실한 연구들은 항산화성 비타민인 비타민 E, C와 비타민A의 전구물질인 베타-카로틴에 대한 것이다. 특히 인간에 있어서 심혈관계 질환과 암을 예방하는 그들의 역할은 유망해 보인다. 또한 항산화성 비타민을 가축에게 NRC 권장량 이상의 수준으로 급여하면 면역계를 증진시키고 축산물의 품질을 극대화시키는 역할도 수행하게 된다.

## 생물학계에서의 항산화제

항산화성 비타민의 역할이 확대되었다는 증거는 생물체내 지방의 산화를 억제하는 능력에 달려 있다. 지질의 과산화는 보통 지방 분자가 산소와 연관된 반응을 일으키는 자유기로 변하는 산화적 변성을 뜻하는 것이다. 생물학계는 정상적인 세포의 대사중 발생하는 세포막내 불포화지방, 단백질내 아미노산, DNA내 핵산에 의한 이러한 반응과 다른 여러가지 산화적 반응에 적합한 환경을 제공한다. 게다가 자유

기는 세포사이의 병원균을 파괴하는 면역계에 의해 저절로 생성되기도 한다.

이러한 자유기 손상으로부터 세포를 보호하기 위해 효소적 / 비효소적 항산화제를 포함한 몇가지 체계가 존재한다 (Diplock, 1991). 항산화성 효소는 자유기에 기인한 손상에 대하여 cytosolic구성 성분과 세포막을 보호하기 위해 '미량 광물질 의존성 세포방어 체계'를 구성하도록 만든다. 이러한 효소계에는 (셀레늄이 필요한) Glutathione peroxidase, (구리, 아연, 망간이 필요한) Superoxide dismutase와 (철이 필요한) Catalase 등이 있다. 그들의 보호 기전은 연쇄반응 개시율의 감소에서 비롯된다고 생각된다.

한편 (비타민을 포함한) 비효소적 항산화제는 반응성 수산화기와 산소를 제거하고 연쇄 반응 개시의 확대를 방해함으로써 효소계의 작용을 돕는다. 비효소적 항산화제에는 토코페롤과 토코트리엔올 (비타민 E), 카로티노이드 (베타-카로틴), 퀴논, 담즙색소 (bilirubin, biliverdin), 아스코빅산 (비타민 C), 요산과 다양한 금속결합 단백질들이 있다. 항산화성 비

타민은 수용성, 지용성 모두 항산화성 효소들 뿐만 아니라 그 외의 것들도 보조한다.

## 비타민 E 급여

가축의 건강 상태와 축산물의 품질을 향상시키는 항산화성 비타민 E에 대한 관심은 비타민 E의 급여가 소의 능력과 육질에 미치는 수 많은 연구들을 촉진시켜 왔다. 본 실험실에서 비육우와 젖소 모두에게 일일 두당0, 250, 500, 1000, 2000 IU의 비타민 E



를 dl- $\alpha$ -tocopheryl acetate(VE)의 형태로 급여하여 실험한 최근의 연구에서 VE 급여량이 증가할수록 혈청내  $\alpha$ -토코페롤(비타민 E의 생물학적 형태)의 농도도 따라서 증가하였다는 사실을 알아냈다.

비육우는 각각의 VE 처리 수준에서 보다 더 반응하여 젖소에 비해 혈청내  $\alpha$ -토코페롤의 수준이 더 높았으며 혈청내  $\alpha$ -토코페롤의 축적도 더 빨랐다.

홍미륵계도, Arnold 등(1992)은 홀스타인에게 일일 두당 1,430 IU의 비타민E를 38일 동안만 급여했을 때에는 혈장내 토코페롤 수준이 크게 증가한데 비해 홀스타인에게 일일 두당 449 IU의 비타민 E를 221일동안 급여했을 때는 무첨가 대조구와 비교했을 때 혈장내 토코페롤 증가가 없었다는 것을 제시했다. 그것은 아마도 홀스타인의 현저한 혈장내 토코페롤 증가를 위해서 보다 높은 수준의 급여가 필요하기 때문일 것이다. 본 실험에서 일일 두당 일반 사료 수준 이상인 500 IU의 비타민 E를 급여받은 젖소는 혈청내 토코페롤 수준의 증가를 나타냈지만 이러한 증가는 일일 두당 250 IU의 비타민 E를 급여받은 비육우의 수준보다는 높지 않았으며 VE 첨가 수준의 증가만큼 변하지는 않았다.

혈청내  $\alpha$ -토코페롤 수준의 증가는  $\alpha$ -토코페롤의 조직내 수준을 더 높게 만들어 변성에 대한 방어능력을 강화시켰다. 우리의 연구중 특히 비육우에서 VE급여와 반응한 혈청내 알파-토코페롤 수준의 증

가는 도살 13일 후에 채취한 둔부와 반세포막(특히 후지 근육) 조직 샘플내  $\alpha$ -토코페롤의 농도에 반영되어 있다.

일일 두당 2,000 IU의 VE를 급여받은 소 둔부의  $\alpha$ -토코페롤 농도는 조직 g당 6.86mg(비육우)과 6.06mg(젖소)으로 대조구에 비해 더 높았으며(각각 조직g당 2.73mg과 3.24 mg), 또한 반세포막내  $\alpha$ -토코페롤 농도의 경우도 조직 g당 3.99mg(비육우)과 2.94mg(젖소)으로 대조구에 비해 더 높았다(각각 조직당 1.97mg과 1.66mg).

비육우는 일일 두당 500, 1000, 2000 IU의 VE를 급여했을 때 젖소에 비해 둔부근육 조직내  $\alpha$ -토코페롤을 더 많이 저장한다. 이것은 아마도 같은 VE 처리일 때 비육우가 젖소에 비해 혈청내 알파-토코페롤 농도가 더 높거나 유용한  $\alpha$ -토코페롤의 근육 조직내 축적 능력이 젖소에 비해 보다 효율적이기 때문일 것이다.

Arnold 등(1992)은 같은 VE 처리일 때 홀스타인이 비육우에 비해 배장근내  $\alpha$ -토코페롤이 더 낮다고 보고하고 있지만 그 결과는 비육우의 처리 기간이 더 길었기 때문에 약간 혼란스럽다.

본 실험에서 사양 실험 56일제에 비육우의 반세포막에서 채취한 근육의  $\alpha$ -토코페롤 농도를 측정할 결과 도살시 반세포막 근육내에 존재하는  $\alpha$ -토코페롤의 약 90%가 축적되어 왔다는 사실을 알게 되었다.

만약 반세포막과 둔부 근육 사이의 알파-토코페롤 축적율이 비슷하다면 그것은 아마도 사양 기간을 늘려도 후기 근육의  $\alpha$ -토코페롤 축적을 극대화시키지 못한다는 사실을 지적하는 것이다. 이 외 다양한 소맥육의  $\alpha$ -토코페롤 축적율을 결정하는 연구가 더 필요하다.

본 실험에선 비타민 E의 급여가 각 종의 성장 능력, 도체 특성이나 건물량, pH와 고기의 지방 함량에 미치는 효과는 없다고 나타났다. 이것은 Arnold 등의 연구(1992)와도 일치하는데, 그들은 비타민 E 급여로 인해 성장율이나 도체 특성의 개선이 없었으며 배장근의 pH에도 변화도 없었다는 것을 발견했다.

본 연구 결과 비타민 E 처리가 도체 특성에 미치는 단 하나의 효과는 일일 두당 1,000 IU의 비타민 E를 급여받은 소의 배장근에 비해 더 짙은 색을 나타냈다는 것이다 (모든 처리구의 육색은 정상적인 범위에 있었음). 각 종의 전체 등심 지방 함량에는 차이가 없었음에도 불구하고 젖소는 등지방이 더 적었고 마블링이 많았다. 간 종양의 발현에는 종에 따른 처리 효과가 없었다. 두 종 모두의 고기내 미생물 수는 진열 기간동안 정상적으로 증가하였으며 고기내 존재하는 총 미생물 군에는 처리나 종의 효과가 없었다.

비타민 E 처리는 각 종의 고기를 절단하는데 요구되는 힘에 아무런 영향이 없었다 (Warner-Bratzer 절단 실험을 사용). 또한 처리나 종은 다즙성, 근섬유 연도, 전체 연도, 결합 조직의 양, 육향 농도 또는 산패취 농도에도 아무런 영향이 없었다. 비육우 고기는 젖소 고기에 비해 악취 농도가 더 진했다. 비슷한 결과가 Arnold 등 (1992)에 의해 나타났는데, 그들은 비타민 E의 급여가 홀스타인 고기의 감각적 특성에 아무 영향이 없다는 것을 발견했다.

## 비타민 E와 육색

(신선육을 선홍색으로 보이게 만드는) 옥시마이오글로빈이 (육색을 갈색으로 만드는) 메트마이오글로빈으로 전환될 때 나타나는 변색은 시간이 지날수록 매우 중요해지며, 그것은 맞든 틀리든 소비자가 고기

의 신선도를 측정하는 기준이 된다. 식이 비타민 E 급여의 증가는 메트마이오글로빈 형성율을 감소시킨다. 쇠고기 처리구간의 가장 큰 차이는 진열 6일째에 나타났는데 일일 두당 500 IU 이상의 비타민 E를 급여받은 비육우 고기의 메트마이오글로빈 양은 0 또는 250 IU의 비타민 E를 급여받은 비육우 고기의 4일째 양과 같았는데 그것은 비타민 E 처리로 보존 기간이 2일 연장되었다는 추측을 가능케 한다.

젖소 고기내 메트마이오글로빈 형성에 대한 처리구간의 차이는 뚜렷하지 않았다. 다시 말하지만 비육우에 비해 상대적으로 비효율적인 젖소의 근육내 알파-토코페롤의 축적 능력 때문에 이렇게 처리구간의 차이가 적게 나타났을 것이다.

본 연구 결과는 Faustman 등(1989)에 의해 수행된 연구와 일치하지 않는데, 그들은 일일 두당 370 IU의 비타민 E를 10개월간 홀스타인 송아지에게 급여했을 때 둔부 근육의 메트마이오글로빈 형성이 느리게 나타났다고 했다. 결과가 이렇게 서로 다른 이유는 어린 홀스타인의 비타민 E 흡수율과 축적율이 더 효율적이거나 보다 긴 사양 기간이 요구되기 때문일 것이다.

총 메트마이오글로빈 형성에는 종 사이의 차이가 없었음에도 불구하고 종 시간의 효과는 있었다. 진열 6일 후 젖소 고기의 변색율은 비육우 고기의 변색율보다 더 빨랐다. 이러한 결과들은 Faustman과 Cassens (1991)의 결과와 일치하는 것으로 그들은 홀스타인 둔부 근육이 잡종 비육우에 비해 변색에 더 민감하다는 사실을 발견했으며, Schaefer 등(1989)은 홀스타인 고기가 진열장 전시시 비육우 고기의 변색율에 비해 보다 민감하다는 것을 발견했다.

92일간 숙성시킨 쇠고기의 메트마이오글로빈의 형성에는 첨가 효과가 없었다. 진열 0일째의 숙성 쇠고기의 메트마이오글로빈 수준은 진열 6일째의 신선육의 값과 값과 비슷했다. 숙성 쇠고기내 메트마이오글로빈의 확산은 더욱 빨라져 4일후에는 측정할 수 없었다. 따라서 비타민 E는 단기간 저장된 고기의 색소 변성과 지질 산화를 안정화시키는데 효율적이라고 생각된다.



## 비타민 E와 지질 산화

식육 제품의 품질에 큰 영향을 미치는 또다른 요소는 지방의 안정성이다. 지질 변성은 식육 제품의 냄새와 향에 영향을 미칠 수 있고 또한 자유기를 생산하여 육색을 변색시킨다. 본 연구에서 비타민 E의 급여는 지방 조직내 알파-토코페롤 수준을 크게 증가시켰다 (비육우의 경우 일일 두당 0 IU일 때 조직g 당 5.23 mg, 2000 IU 일때 15.85 mg/g, 젖소의 경우 각각 5.56 mg/g 13.21 mg/g) 이것은 표피 지방에서 측정된 것이지만 이러한 증가 수준은 근육내 마블링에도 역시 적용된다.

본 연구 결과 모든 종의 고기에서 지질 산화율이 비타민 E 급여로 인해 크게 감소되었다. 비타민 E 첨가 수준의 증가로 인해 비육우는 대조구에 비해 산화율이 낮아지고 젖소의 경우엔 안정화되었다. 지질 산화율은 진열 기간동안 계속 증가되었으나 첨가구의 고기는 그 속도가 늦었다. 보존 6일째 비육우 고기의 지질 산화율은 일일 두당 250, 500, 1000, 2000 IU의 비타민 E를 급여했을 때 대조구에 비해 각각 46.3, 60.5, 66.1, 72.9%가 감소되었다.

젖소 고기의 6일째 산화율은 일일 두당 500, 1000, 2000 IU의 비타민 E 처리로 인해 대조구에 비해 각각 42.9, 39.2, 40.0%가 감소되었다. 젖소

의 경우 비타민 E 첨가 수준 증가로 인한 지질 산화율의 감소가 비육우보다 적은 것은 대조구에 비해 혈청내 알파-토코페롤의 농도가 훨씬 높았기 때문이며, 그 값은 비타민 E 첨가량을 높여도 차이가 없었다. 따라서 비타민 E 첨가량 증가로 인한 근육내 알파-토코페롤 수준의 증가에도 불구하고, 젖소는 일일 두당 500 IU 이상의 비타민 E를 급여받아도 메트마이오글로빈 형성과 지질 산화율의 감소에 뚜렷한 이득이 없는 반면, 일일 두당 500 IU 이상으로 비타민 E를 증가시킨 비육우는 좋은 결과를 나타냈다.

일일 두당 500 IU의 비타민 E를 급여받은 젖소 고기의 지질 산화율은 250 IU의 비타민 E를 급여받은 비육우 고기의 산화율과 비슷하였다. 이것은 젖소가 비육우만큼 비타민 E를 효율적으로 이용하지 못하기 때문인 것으로 생각된다.

다시 말해서 등심내 총 지방 함량에는 차이가 없었음에도 불구하고, 젖소는 비육우에 비해 마블링이 많고 등지방이 적기 때문에 다가불포화지방산 (PUFA) 함량이 높으며 따라서 산화에 보다 민감하여 비육우에 비해 알파-토코페롤을 더 빨리 이용하게 되는 것이다.

Mills 등(1992)은 홀스타인의 배장근 근육은 같은 사료를 급여받은 잠종 비육우의 고기에 비해 불포화

지방인 Palmitoleic 산(16:1)과 Linoleic 산(18:2)의 함량이 높고, 포화 지방인 Stearic 산(18:0)의 함량이 낮다는 것을 발견했다. Yamauchi 등(1980)은 돼지고기 근육내 다가 불포화 지방의 양(g)에 대한 알파-토코페롤의 농도가 감소할수록 지질 산화가 증가한다는 사실을 발견했다. 본 연구에선 젖소가 비육우에 비해 조직내 알파-토코페롤을 축적하는 능력이 떨어지기 때문에 산화에 대한 보호력이 낮은 것으로 나타났다.

숙성된 비육우 고기내 지질 산화율은 비타민 E 처리에 의해 영향을 받지 않았다. 진열 0일째에는 숙성된 고기의 산화값이 신선육과 비슷하였으나 그 뒤의 지질 산화는 매우 빨랐다. 일일 두당 2,000 IU이상의 비타민 E 급여한 소에서 채취한, 92일간 숙성시킨 진공 박스 포장형 쇠고기를 정육점 진열장의 불빛과 산소에 노출시켰을 때 산화 과정을 적절히 보호하지 못했다. 반대로 Wulf 등(1995)은 일일 두당 500과 1,000 IU의 비타민 E를 급여받은 양고기에서 채취한, 28일간 숙성시킨 등심과 다리 절단육의 경우엔 산화율이 크게 감소되었다고 보고하였다. 비타민 E의 급여가 28일 이상 숙성시킨 고기의 품질을 보호하는데 효과적인지를 결정하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

## 비타민 E와 면역

비타민 E 급여로 인해 면역 반응이 증강되는지는 계속해서 저마다 다르게 나타나 왔기 때문에 면역 증강을 위해 비타민 E 사용을 고려해야 하는지를 결정하기란 어렵다. 본 연구에선 세포-기질성 면역 정도를 측정하는 mitogen-자극성 말초혈관 림프구 증식(Burton et al., 1991) 값이 일일 두당 500, 1000, 2000 IU의 비타민 E 처리에 대해 각각 47, 539, 254%가 증가된 것으로 나타났다.

그러나 Pehrson 등(1991)은 일일 두당 600 mg의 비타민 E를 급여받은 송아지 군과 대조군간의 림프구 자극이나 질병 발생율에 아무런 차이를 발견하지 못했다. 그것은 소 림프구의 Phytomitogen에 대한 반응의 변이가 알려지지 않은 생물적 요인 때문이라고 보고한 이전의 논문에 나타나 있다 (Renshaw

et al., 1977 ; Cipriano et al., 1982).

Pehrson 등(1991)은 첨가구 송아지의 혈장내 토코페롤 수치가 낮다는 것을 발견했고, 이것은 반추위 변성과 효율성 저하와 같은 몇가지 잠재적 요인에 의해 비타민 E의 생물학적 이용성이 낮아졌기 때문이라고 추측했다.

반대로 Reddy 등(1986)은 1주 간격으로 2,800 mg의 비타민 E를 구강 투여한 홀스타인 송아지와 1,400 mg의 비타민 E를 1회 주사 받은 1년생 처녀우의 림프구 자극 수치가 높았음을 보고했다. Nemec 등(1990)은 일일 1,400 IU의 비타민 E를 급여받은 잡종 비육우의 살모넬라 (Salmonella typhimurium)에 대한 IgM 항체 수준이 무첨가구에 비해 높다는 것을 발견했다.

면역 증강제로서 비타민 E의 능력은 다량으로 경구 투여하거나 주사했을 때 효율적이고, 방목 사육시 건강한 소보다 면역 위험에 당면한 가축에게 보다 중요하다.

## 요 약

비타민 E의 경구 투여는 성장 능력, 고기의 도체 특성과 감각적 특성에 약간 영향이 있다고 밝혀져 왔다. 대부분의 연구 결과 비타민 E의 첨가로 젖소와 비육우 모두 혈청, 근육과 지방내 알파-토코페롤의 수준이 증가되었다고 보고하였으며, 본 연구에선 젖소에 비해 비육우의 조직내 축적량이 더 컸음을 발견했다.

세포-기질성 면역 반응의 경우엔 각 연구마다 그 결과가 일치하지는 않았지만 본 연구에서는 비타민 E 첨가로 인해 그 반응이 증가된 것으로 나타났다. 비육우 고기의 변색이 지연되었고, 젖소와 비육우 고기의 지질 산화가 모두 크게 억제되었다. 비타민 E 급여가 92일간 숙성시킨 고기의 메트마이오글로빈 형성과 지질 산화를 억제하지는 못했으나, 비타민 E가 숙성시킨 쇠고기의 품질을 유지시키는 효능이 있는지를 결정하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

그러나 결핍증 예방을 위한 권장량 이상으로 비타민 E를 급여하는 것이 신선육의 품질을 개선하는데 중요한 도구 중 하나라는 사실은 틀림이 없다. (R)

〈번역 : (주)태경 유석진 02-548-1582〉