

비타민 A와 D의 공급제한이 거세 한우의 육질등급에 미치는 영향 Effect of Restriction of Vitamin A and D on Carcass Characteristics in Hanwoo Steers

김완영 · 박진기 · 조성용²⁾ · 남기택²⁾ · 여준모^{1)*}
W. Y. Kim, J. K. Park, S. Y. Cho²⁾, K. T. Nam²⁾ and J. M. Yeo^{1)*}

Abstract

Sixty Hanwoo steers(15 months of age; 409±29.2 kg of BW) were used to evaluate the effects of dietary vitamins A and D restriction on carcass characteristics. Steers were allotted randomly to 1 of 4 treatments: Control(diet supplemented with vitamins A, D and E), -A (diet supplemented with vitamins D and E), -D(diet supplemented with vitamins A and E) and -AD(diet supplemented with vitamin E only). Steers were fed the experimental diet for a period of 8 months(until 23 months of age), and then supplemented with vitamins A and D at 0.05% of the diet(as fed-basis) from 24 to 26 months of age, and at 0.1% of the diet from 27 to 31 months of age(harvesting time). Dietary restriction of vitamins A and D did not affect DM intake, daily gain and feed conversion ratio. But the concentration of serum retinol was significantly(P<0.05) decreased by vitamin A restriction with the lowest concentration being seen at 23 months of age(345.0 µg/L and 326.7µg/L for control and -D treatment versus 169.3 µg/L and 175.4 µg/L for -A and -AD treatments). The serum concentration of 25(OH)D₃ was also decreased significantly(P<0.05) by vitamin D restriction and the lowest concentration was seen at 18 months of age(53.7ng/ml and 61.8ng/ml for control and -A treatment versus 24.0 ng/ml and 24.5 ng/ml for -D and -AD treatments). After the restriction period of vitamins A and D, the concentrations of retinol and 25(OH)D₃ for -A, -D and -AD treatments were recovered at those of control. Dietary restriction of vitamins A and D did not affect carcass weight, backfat thickness, ribeye area, quality grade and yield grade. But marbling score was significantly increased by vitamin A restriction compared with control(6.73, 6.87 and 5.73 for -A, -AD and control, respectively). The results of the present study suggested that dietary vitamin A restriction could improve marbling score in Hanwoo steers.

Key Words / Vitamin A, Vitamin D, Hanwoo, Marbling

¹⁾ 교신저자 : 한국농수산대학 대가축학과 (54874,, 전라북도 전주시 완산구 콩쥐팥쥐로 1515)
Korea National College of Agriculture & Fisheries, 1515, Kongjwipatjwi-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Korea 54874
Tel : +82-63-238-9211, E-mail : yeoj@korea.kr

²⁾ Hankyong National University, Anseong, 17579

I. 서론

쇠고기 마블링(marbling)은 한우농가소득에 가장 큰 영향을 미치는 요인 중에 하나이므로 한우농가에서는 마블링을 극대화하는 사양기술에 대하여 매우 관심이 높다. 마블링에 영향을 미치는 요인은 영양수준, 사양관리, 성, 나이, 계절, 유전, 환경 등이 있다(Pyatt와 Berger, 2005). 마블링은 근육 중 근섬유와 근섬유 사이의 근주막에 존재하는 근내지방세포에 의하여 나타나기 때문에 근내지방세포의 숫자가 증가(hyperplasia)할수록 마블링정도가 향상 된다(Cianzio 등, 1985; Kawachi, 2006)는 것이 정설이다. 즉, 지방세포의 증식(proliferation)은 성숙된 지방세포수의 증가에 의한 것보다는 지방전구세포의 분화(differentiation)에 의한 것이라고 학자들은 일반적으로 주장하고 있다. 따라서 지방전구세포의 분화를 촉진시킴으로써 마블링을 향상시킬 수 있다.

비타민 A는 주로 간과 지방조직에 저장되는 지용성비타민으로 시각, 항산화작용, 번식, 점막세포분화발달 등에 필수적인 물질이며, 비타민 D는 주로 간과 지방조직에 저장되는 지용성비타민으로 혈중 Ca 농도 조절 등에 필수적인 물질이다. 이러한 비타민 A 및 D가 지방전구세포의 분화를 억제한다는 사실이 밝혀지면서(Kawada 등, 1996; Murray와 Russell, 1980), 비타민 A의 경우 비타민 A의 결핍사양이 지방전구세포의 분화를 촉진함으로써 마블링을 향상시킨다는 Oka 등(1998)의 연구를 시작으로 지난 15년 동안 일본과 미국에서 많은 연구가 진행되어 왔고, 대부분 긍정적 연구결과가 발표되었다. 반면, 비타민 D의 경우 비타민 D 제한이 마블링을 향상시킨다는 연구결과(Montgomery 등, 2004)와 오히려 사료 중 Ca 농도를 감소시킴으로써 비타민 D 혈중 농도를 증가시킴으로써 마블링이 증가한다는 연구결과(Lee 등, 2003)가 상반되게 존재한다. 따라서 마블링 효과에 대한 비타민 D 제한효과에 대해서

는 논란의 여지가 남아있는 상황이다. 이처럼 비타민 A와 D의 지방전구세포 분화억제 기능을 활용한 소고기의 품질향상 연구가 국외에서 진행된 반면, 한우를 이용한 비타민 A와 D에 대한 연구는 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 본 연구는 비타민 A와 D의 공급제한이 거세 한우의 육질등급에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물, 시험사료, 사양관리 및 시험설계

시험동물로 비육전기(15개월령) 거세 한우 60두(개시체중; 409 ± 29.2 kg)를 선정한 후, 처리구간 개시체중이 비슷하도록 총 12개의 우방(5x10m)에 각 5두씩 배치하였고, 물은 자유롭게 섭취할 수 있게 하였다. 시험사료는 A 섬유질 사료공장에서 비육단계별로 생산하는 TMR을 이용하였고, 시험사료 TMR에 사용된 원료 및 일반성분은 Table 1과 같다.

처리구는 대조구(C), 비타민 A 제한구(-A), 비타민 D 제한구(-D)와 비타민 A 및 D 제한구(-AD)로 구분하였으며, 처리구 당 15두씩(3개 우방) 공시하여, 15개월령부터 23개월령까지 8개월 동안 시험사료를 급여하였다. 대조구에는 3가지 비타민(A, D 및 E)을 모두 첨가하였으며, 각 비타민의 농도는 비타민 A 6,154 IU/kg DM, 비타민 D 1,538 IU/kg DM, 비타민 E 26 IU/kg DM이었다. -A 처리구에는 비타민 A는 첨가하지 않고 비타민 D와 E는 대조구 수준으로 첨가하여 혼합하였고, -D 처리구에는 비타민 D를 첨가하지 않고 비타민 A와 E를 대조구 수준으로 첨가하여 혼합하였으며, -AD처리구에는 비타민 A 및 D를 첨가하지 않고 비타민 E만 대조구 수준으로 첨가하였다. 각 처리구별 비타민 premix의 제조는 소규모 배합기를 이용하였으며, 부형제로는 말분

Table 1. Ingredients and chemical compositions of the experiment diets

	Fattening period		
	Early	Mid	Late
Ingredients(as fed-basis, %)			
Flaked corn grain	4.4	7.4	14.8
Soybean hull	8.8	4.9	5.2
Lupin Hull	4.4	4.9	2.1
Beet pulp	4.4	4.9	2.6
Fermented feed	4.4	4.9	5.2
Compound feed	25.4	26.8	28.5
Whole cotton seed	2.6	3.0	3.6
Rye grass silage	6.6	6.7	0.0
Rice straw	13.2	11.1	9.6
Molasses	3.8	3.7	3.4
Corn steep liquor	3.8	2.5	2.1
Direct-fed microbials	0.20	0.20	0.20
Buffer	0.30	0.30	0.35
Vitamin mixture	0.00	0.05	0.10
Water	17.7	18.6	22.3
Sum	100.0	100.0	100.0
Chemical compositions(DM, %)			
Dry matter	66.6	61.5	71.6
Crude protein	14.4	15.7	14.9
Neutral detergent fiberNDF	40.4	44.8	41.6
Acid detergent fiber	25.3	23.0	18.2
Crude ash	6.9	6.8	6.0
TDN	75.0	76.3	79.5

(wheat middlings)을 사용하였으며, 급여는 시험 사료 위에 각 처리구별 비타민 첨가제를 뿌린 후 후 수작업으로 시험사료와 고루 혼합하였다. NRC(2000)에서는 비육우 사료 중에 비타민 A는 2,200IU/kg DM, 비타민 D는 273IU/kg DM, 비타민 E는 26IU/kg DM 첨가를 권장하고 있다. 그러나 미국의 경우(Vasconcelos와 Galyean, 2007)에도 마찬가지로이지만 우리나라에서도 비타민 첨가량이 NRC(2000) 기준의 3-5배를 첨가하는 것이 일상화되어 있으므로 본 실험에서는 이러한 관행을 따라 비타민 A 및 D 첨가량을 NRC(2000) 권장량의 약 2.7배 및 5.5배를 각각

첨가하였다.

시험동물은 6개월령부터 시험시작 전까지 양질의 조사료(알팔파+티모시)를 무제한 섭취하였고 15개월령부터 23개월령까지 총 8개월 동안 처리구에 따라 비타민 A 및 D를 첨가하지 않는 방법으로 비타민 공급을 제한하였으며, 제한기간이 종료된 후 24개월령부터 26개월령까지는 비타민 A 및 D를 사료 원물의 0.05% 첨가하였으며, 27개월령부터 출하까지는 비타민 A 및 D를 0.1% 첨가하여 비타민 A 및 D 공급이 제한되지 않도록 하였다.

2. 조사항목 및 분석방법

시험사료는 1일 2회 급여하였고, 잔량의 측정을 통하여 매일 사료섭취량을 기록하였으며, 채혈은 15, 18, 21, 23, 26 및 29개월령에 실시하였고 체중은 채혈시기 및 출하시기에 측정을 실시하였다. 혈액은 경정맥을 통하여 채취하였고 채취된 혈액은 빛에 의한 비타민의 파괴를 방지하기 위하여 즉시 aluminum foil로 튜브를 감싼 후 얼음박스에 보관하여 실험실로 운반하였다. 운반된 혈액샘플은 외부 빛이 차단된 실험실에서 원심분리기를 이용하여 2,200 x g에서 10분 동안 원심분리 후 상층액(혈청)을 -80°C 저온냉장고에 보관하였고, 다음날 비타민분석을 실시하였다.

비타민 A는 혈중 retinol을 분석하였으며, 상업용 kit(vitamin A reagent kit, Chromsystems, Germany)와 HPLC (Perkinelmer, Series 200, USA)를 이용하여 분석하였으며, 분석방법을 요약하면 다음과 같다. 혈청 200 μ l, internal standard 20 μ l 및 kit 용액 I 25 μ l을 갈색병에서 혼합시킨 후 400 μ l의 kit 용액 II를 혼합하여 9.000g에서 10분간 원심분리 후 상층액 50 μ l를 HPLC에 주입하여 분석하였다. Retinol의 파괴를 방지하기 위하여 모든 과정은 옅은 노랑 및 푸른 불빛 아래에서 진행되었다. 비타민 D는 상업용 kit(Liaison 25 OG vitamin D total assay, DiaSorin, Italy)를 이용하여 분석하였으며, 분석방법을 요약하면 다음과 같다. 비타민 D 분석 kit는 화학발광면역검사(chemiluminescent immunoassay; CLIA)방법을 적용하여 단백질과 결합된 25 OH 비타민 D를 분리시킨 후 이를 특정 항체와 결합시킨 후 발광물질(isoluminol)을 첨가하여 광전자증배관(photomultiplier)을 이용하여 측정하였다.

시험이 종료된 공시축 60두는 24시간 절식 시킨 후 3차레에 걸쳐 1주일 간격으로 전라남도 나주 소재 축산물 공판장으로 운반하여 12시간 계

류시킨 후 도축하였다. 도체는 24시간 냉장실에서 냉각 시킨 후 '축산물등급판정세부기준'에 따라 냉도체중과 육량 및 육질형질을 한국 축산물 품질 평가원 등급사로부터 판정받았다.

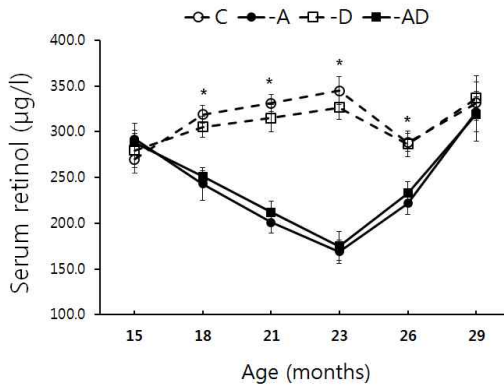
3. 통계 분석

본 연구에서 얻어진 모든 종속변수의 통계분석은 SAS package program(SAS, 2000)의 PROC MIXED(ANOVA)를 이용하여 실시하였고 각 처리구의 평균간 비교는 Duncan's multiple range test를 이용하여 $P=0.05$ 수준에서 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사료섭취량, 체중, 일당증체량 및 사료 요구율

1일 건물 섭취량은 전 기간 동안 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 1). 전체 기간의 처리구별 평균 1일 건물섭취량은 대조구 8.5kg, -A구 8.6kg, -D구 8.4kg, -AD구 8.5kg으로서 처리구간 유의적인 차이 없이 비슷하게 조사되었다. 본 실험에서 조사된 비타민 A 제한이 사료섭취량에 영향을 미치지 않은 결과는 이전 연구자들의 결과(Matsuzaki 등, 1998; Oka 등, 1998; Pyatt 등, 2005; Gorocica-Buenfil 등, 2007ab; Pickworh 등, 2012a)와도 일치하였다. 그러나 비타민 A 제한이 사료섭취량을 감소시킨다는 연구결과(Nade 등, 2003; Gibb 등, 2011)와는 상반된 결과를 보였다. 소의 혈중 retinol 농도가 90 μ g/L(30IU/dl) 이하로 감소하였을 때 사료섭취량 감소 등과 같은 결핍증세가 나타났으나(Kohlmeier와 Burrough, 1970) 본 연구결과에서는 비타민 A 제한 시 최저 혈중 retinol 농도가 170 μ g/L 정도였기 때문에(Fig. 1)

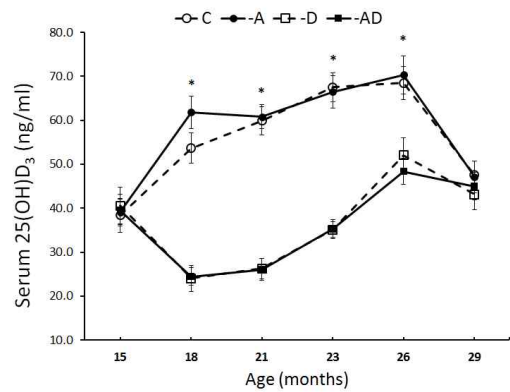


C(control) = a diet supplemented with vitamins A, D and E; -A = a diet supplemented with vitamins D and E; -D = a diet supplemented with vitamins A and E; -AD = a diet supplemented with vitamin E only. An asterisk(*) indicates a significant difference between treatments(P<0.05) at the given months of age. Error bars represent standard error.

Fig. 1 Effects of restriction of vitamins A or D on the concentration of serum retinol in Hanwoo steers.

사료섭취량 감소가 나타나지 않은 것으로 판단된다. 본 실험에서는 거세 한우의 사료내 비타민 D 제한도 사료섭취량에 영향을 미치지 않았다. 이와 관련된 연구결과가 매우 제한적이기 하지만, Pickworth 등(2012a)은 비타민 D 제한이 소의 사료섭취량에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 구루병(ricket) 및 사료섭취량 감소 등과 같은 비타민 D 결핍증세는 혈중 25(OH)D₃ 농도가 10 ng/ml이하로 감소되었을 때 발생되는데(Horst와 Littledike, 1982), 본 연구결과에서는 비타민 D 제한 시 혈중 25(OH)D₃ 농도가 20ng/ml 이하로 감소하지 않았기 때문에(Fig. 2) 비타민 D 제한으로 인한 사료섭취량 감소가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

개시체중은 대조구 402kg, -A구 408kg, -D구 411kg, -AD구가 416kg으로 조사되었으며, -AD구가 가장 높게 조사되었으나 각 처리구간 유의



C(control) = a diet supplemented with vitamins A, D and E; -A = a diet supplemented with vitamins D and E; -D = a diet supplemented with vitamins A and E; -AD = a diet supplemented with vitamin E only. An asterisk (*) indicates a significant difference between treatments(P<0.05) at the given months of age. Error bars represent standard error.

Fig. 2 Effects of restriction of vitamins A or D on the concentration of serum 25(OH)D₃ in Hanwoo steers.

적인 차이는 없었다(Table 3). 23개월령까지 8개월 동안의 비타민 A 및 D 제한은 거세 한우의 체중에 영향을 미치지 않았으며, 개시체중과 마찬가지로 -AD구가 가장 높은 체중을 보였지만 각 처리구간 유의적인 차이는 없었다. 출하(31개월령)시 체중은 대조구 778kg, -A구 785kg, -D구 780kg, -AD구 807kg으로 조사되었고, -AD구에서 높게 나타났지만 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다.

시험기간 동안의 일당증체량은 대조구 0.75 kg/일, -A구 0.75kg/일, -D구 0.73kg/일, -AD구 0.78kg/일로 조사되었으며, 체중과 비슷하게 -AD구에서 약간 높게 나타났지만 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 사료 섭취량 및 일당증체량이 처리구간에 비슷하게 나타나 사료요구율도 각 처리구간 유의적인 차이가 없는 것으로 조사되었다. 비타민 A 제한이 체중 및 일당증

비타민 A와 D의 공급제한이 거세 한우의 육질등급에 미치는 영향

Table 2. Effects of restriction of vitamins A or D on feed intake in Hanwoo steers

Age (month)	Treatments ¹⁾				SEM ²⁾	P value		
	Control	-A	-D	-AD		-A	-D	-A x -D
	Dry matter intake(kg/d)							
15	8.4	8.4	8.4	8.3	0.14	0.795	0.536	0.271
16	8.4	8.5	8.3	8.4	0.19	0.602	0.413	0.940
17	8.5	8.6	8.2	8.3	0.48	0.832	0.102	0.167
18	8.6	8.6	8.4	8.4	0.25	0.794	0.126	0.628
19	8.1	8.0	7.9	7.9	0.25	0.946	0.451	0.893
20	8.0	8.1	7.9	7.9	0.31	0.974	0.405	0.687
21	8.0	8.2	8.0	7.8	0.39	0.982	0.438	0.507
22	8.1	8.2	8.0	7.9	0.43	0.937	0.588	0.861
23	8.3	8.3	8.4	8.3	0.31	0.788	0.734	0.774
24	8.4	8.3	8.5	8.3	0.55	0.832	0.898	0.894
25	9.6	9.7	9.6	9.7	0.74	0.868	0.928	0.961
26	9.0	9.2	9.0	9.3	0.30	0.180	0.900	0.890
27	8.7	9.1	8.8	9.0	0.35	0.275	0.816	0.606
28	8.7	8.9	8.7	8.9	0.23	0.314	0.804	0.804
29	8.5	8.8	8.5	8.8	0.28	0.156	0.907	0.907
30	8.4	8.6	8.4	8.6	0.40	0.430	0.947	0.961
31	8.2	8.4	8.3	8.3	0.28	0.742	0.915	0.862

¹⁾ Control = a diet supplemented with vitamins A, D and E; -A = a diet supplemented with vitamins D and E; -D = a diet supplemented with vitamins A and E; -AD = a diet supplemented with vitamin E only.

²⁾ Standard error of the mean.

Table 3. Effects of restriction of vitamins A or D on growth performance in Hanwoo steers

Age (month)	Treatments ¹⁾				SEM ²⁾	P value		
	Control	-A	-D	-AD		-A	-D	-A x -D
	Body weight(kg)							
15	402	408	411	416	29.5	0.46	0.28	0.99
18	481	490	487	500	33.5	0.23	0.34	0.92
21	553	562	555	566	41.0	0.36	0.76	0.91
23	592	601	594	603	44.3	0.45	0.85	0.97
26	653	664	660	679	52.5	0.27	0.42	0.79
29	700	721	714	746	54.2	0.09	0.17	0.67
31	778	785	780	807	53.1	0.22	0.38	0.46
Daily gain(kg/d)	0.75	0.75	0.73	0.78	0.058	0.169	0.656	0.213
Feed conversion ratio	11.3	11.4	11.5	10.9	0.37	0.207	0.299	0.073

¹⁾ Control = a diet supplemented with vitamins A, D and E; -A = a diet supplemented with vitamins D and E; -D = a diet supplemented with vitamins A and E; -AD = a diet supplemented with vitamin E only.

²⁾ Standard error of the mean.

체중에 영향을 미치지 않는다는 본 연구결과는 이전 연구자들의 결과(Matsuzaki 등, 1998; Oka 등, 1998; Pyatt 등, 2005; Gorocica-Buenfil 등, 2007ab; Pickworh 등, 2012a)와 일치하였다. 그러나, 비타민 A 제한이 체중 및 일당증체량을 감소시킨다는 연구결과(Nade 등, 2003; Gibb 등, 2011)와는 상반된 결과를 보였다. 체중 및 일당증체량은 사료섭취량과 연관되어 있기 때문에 체중 및 일당 증체량의 결과는 사료섭취량의 결과와 비슷하게 나타난 것으로 사료된다.

2. 혈중 비타민 A 및 D 농도

시험개시 직전 조사된(15개월령) 혈중 retinol 함량은 대조구 270.0 μ g/L, -A구 292.1 μ g/L, -D구 279.5 μ g/L, -AD구 288.1 μ g/L로서, 처리구간 매우 비슷한 농도를 나타냈다(Fig. 1). 18개월령 혈중 retinol 농도는 비타민 A를 제한한 -A(243.5 μ g/L) 및 -AD구(250.6 μ g/L)가 비타민 A를 첨가한 대조구(319.1 μ g/L) 및 -D구(305.3 μ g/L)에 비하여 유의적으로 감소하였다. -A 및 -AD구의 혈중 retinol 농도는 대조구에 비하여 약 24% 및 21%정도 감소하였다. -A 및 -AD구 사이에는 유의적인 차이가 없었고 또한 대조구 및 -D구 사이에도 유의적인 차이가 보이지 않았다. 21개월령 혈중 retinol 농도는 18개월령과 마찬가지로 -A 및 -AD구가 대조구 및 -D구에 비하여 유의적으로 감소하였으며, 그 차이는 약 40%정도 수준이었다. -A 및 -AD구 사이에는 유의적인 차이가 없었고 대조구 및 -D구 사이에도 유의적인 차이가 보이지 않았다.

비타민 A의 공급 제한이 종료된 시기인 23개월령 혈중 retinol 농도는 대조구 345.0 μ g/L, -A구 169.3 μ g/L, -D구 326.7 μ g/L, -AD구 175.4 μ g/L로 나타났고, -A구와 -AD구가 대조구 및 -D구에 비하여 약 50%정도 유의적으로 감소하여 제한 기간 중 가장 큰 감소를 보였다. -A 및 -AD

사이에도 유의적인 차이가 보이지 않았다. 비타민 A를 사료 중 0.05% 첨가 한 후 3개월이 지난 26개월령 혈중 retinol 농도는 대조구 288.4 μ g/L, -A구 221.7 μ g/L, -D구 286.6 μ g/L, -AD구 233.3 μ g/L로 나타났다. -A 및 -AD구에서 비타 대조구 및 -D구에 비하여 약 20% 정도 유의적으로 낮게 나타났으며, 23개월령에 비하여 차이가 감소한 것으로 나타났다. 29개월령 혈중 retinol 농도는 각 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으며 -A 및 -AD구는 시험개시 직전 혈중 retinol 농도 수준이상을 유지하였다. 대조구 및 -D구의 retinol 농도는 비육이 진행됨에 따라서 증가하였는데, 이러한 현상은 비타민 A를 2,700 IU/kg DM을 첨가한 경우(Gorocica-Buenfil 등, 2007b) 및 2,200 IU/kg DM을 첨가한 경우(Gorocica-Buenfil 등, 2008; Pickworth 등, 2012a)에서도 나타났다. 따라서 원인은 분명하게 밝혀지지지는 않았지만 나이 또는 비육이 진행됨에 따라서 혈중 retinol 농도가 증가하는 경향을 보였다. Pyatt 등(2005)은 앵거스/심멘탈 교잡종 처녀소를 이용하여 비타민 A를 NRC(2000) 수준(2,200 IU/kg DM) 또는 NRC(2000) 보다 높은 수준(7,250IU/kg DM)으로 첨가하여 혈중 retinol 농도와 마블링에 미치는 영향에 대하여 6개월 동안 사양시험을 실시한 결과, 혈중 retinol 농도는 277.7 μ g/L에서 189.5 μ g/L로 유의적으로 감소(30%)하였다고 보고하였다. Pickworth 등(2012a)은 앵거스 교잡종을 이용하여 195일 동안 비타민 A의 공급을 제한(첨가구: 2,700 IU/kg DM)하였을 때 혈중 retinol 함량이 약 23%(310(대조구) vs 240(제한구) μ g/L) 정도 감소하였다고 보고하였다.

Gorocica-Buenfil 등(2007b)은 홀스타인 거세우를 이용하여 243일(약 8개월로 본 연구와 동일한 기간) 동안 비타민 A를 제한 한 결과 혈중 retinol 농도가 42% 정도(369(대조구) vs 212(제한구) μ g/L) 감소하였다고 보고하였다. 상기의 미

국 연구자들의 결과와 본 연구결과를 종합해 보면 비타민 A를 6-8개월 동안 제한하였을 때 소의 혈중 retinol 함량의 감소가 20-40% 수준에서 이루어진 것을 알 수 있었으나, 일본연구자들의 결과는 retinol 함량이 더 크게 감소하는 것으로 조사되었다. 화우를 이용해서 12개월령에서 15개월령까지 비타민 A를 제한하였을 때 혈중 retinol 농도가 68.7 μ g/L로 급감함으로써 대조구에 비하여 약 80% 정도 감소한 것으로 조사되었다(Nade 등, 2003). 또한 15개월령 화우에게 23개월령까지 9개월 동안 비타민 A를 제한한 Oka 등(2004)의 연구에서도 retinol 농도가 300 μ g/L(대조구)로부터 60 μ g/L로 약 80% 감소한 것으로 조사되었다. 소의 혈중 retinol 농도가 90 μ g/L 이하로 감소할 경우 결핍증세가 나타난다고 하였는데(Kohlmeier와 Burroughs, 1970), 실제로 일본연구(Nade 등, 2003; Oka 등, 2004)에서는 사료섭취량 감소 및 야맹증 등과 같은 결핍증세가 나타났으나, 미국연구(Gorocia-Buenfil 등, 2008; Pickworth 등, 2012a) 및 본 연구에서는 아무런 결핍증세가 나타나지 않았다.

시험사료를 구성하는 원료사료 중 농후사료 구성을 살펴보면 미국연구의 경우 비타민 A 함량이 높은 옥수수(150 IU/kg DM)를 70% 이상 사용하였으나(Gorocia-Buenfil 등, 2007ab; Gorocia-Buenfil 등, 2008; Pickworth 등, 2012a), 일본연구(Nade 등, 2003; Oka 등, 2004)에서는 옥수수 대신 비타민 A 함량이 낮은 보리(17 IU/kg DM) 등을 주로 사용하였다. 또한 원료사료 중 조사료의 구성을 살펴보면 미국연구의 경우 비타민 A 함량이 매우 높은 옥수수 사일리지(6,900 IU/kg DM)를 5-10% 사용하였으나(Gorocia-Buenfil 등, 2007ab; Gorocia-Buenfil 등, 2008; Pickworth 등, 2012ab), 일본연구(Nade 등, 2003; Oka 등, 2004)에서는 비타민 A 함량이 매우 낮은 벣짚을 주로 사용하였다.

본 연구의 시험사료 중 옥수수 함량은 미국연

구 보다는 훨씬 적은 양이 함유되었지만(10-12%) 비타민 A 함량이 높은 라이그라스 사일리지가 첨가(약 6%)된 것이 원인이 되어 혈중 retinol 농도가 원하는 수준(100 μ g/L) 이하로 감소하지 않은 것으로 추론된다.

시험개시 직전 조사된(15개월령) 혈중 25(OH)D₃ 함량은 대조구 38.4ng/ml, -A구 39.1ng/ml, -D구 40.6ng/ml, -AD구가 39.5ng/ml로서, 처리구간 매우 비슷한 농도를 나타냈다(Fig. 2). 18개월령 혈중 25(OH)D₃ 농도는 대조구 53.7ng/ml, -A구 61.8ng/ml, -D구 24.0ng/ml, -AD구 24.5ng/ml로 나타났고, 비타민 D 제한구인 -D 및 -AD구가 비타민 D 첨가구인 대조구 및 -A구에 비하여 약 50-55% 정도 유의적으로 낮게 나타났다. -D 및 -AD구 사이에는 유의적인 차이가 없었고 대조구 및 -A구 사이에도 유의적인 차이가 없었다. 21개월령 및 23개월령 혈중 25(OH)D₃ 농도는 18개월령과 마찬가지로 -D구와 -AD구가 대조구 및 -A구에 비하여 유의적으로 감소하였고, 대조구에 비하여 감소비율도 비슷하게 나타났다. 또한 -D 및 -AD구 사이에는 유의적인 차이가 없었고 대조구 및 -A구 사이에서도 유의적인 차이가 보이지 않았다. 26개월령 혈중 25(OH)D₃ 농도는 -D구 및 -AD구가 대조구 및 -A구에 비하여 유의적으로 감소하였지만 그 차이는 약 25% 정도 수준으로서 18 및 23개월령에서 조사된 감소 차이보다는 낮게 나타났다. 29개월령의 혈중 25(OH)D₃ 농도는 각 처리구간에 유의적인 차이를 나타나지 않았으며 -D 및 -AD구는 시험개시 직전 혈중 25(OH)D₃ 농도 수준 이상을 유지하였다. Pickworth 등(2012a)은 앵거스 교잡종을 이용한 사양시험에서 비타민 D를 70일간 제한하였을 때 혈중 25(OH)D₃ 농도가 대조구와 -D구에 비하여 약 60%(18.0 vs 7.2 ng/ml) 정도 감소하였으며, 184일을 제한하였을 경우에도 약 60% 감소하였다고 하였는데, 이는 본 연구결과와 매우 비슷하였다. 본 연구결과에

조사된 최저 혈중 25(OH)D₃ 농도는 25ng/ml로서 결핍 증세는 나타나지 않았다. 비타민 D의 결핍수준은 혈중 농도 10ng/ml 이하(Horst와 Littledike, 1982)로 알려져 있지만, Pickworth 등(2012a)은 혈중 25(OH)D₃ 농도가 7.2ng/ml로 감소하였음에도 불구하고 구루병(rickets)과 같은 결핍 증세가 나타나지 않았을 뿐만 아니라 사료 섭취량은 물론 산육성적에 아무런 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

3. 도체성적

비육전기 거세 한우의 비타민 A 및 D 공급 제한은 도체중, 등지방두께, 배최장근 단면적, 육량지수 및 육량등급에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다(Table 4). 반면 마블링지수는 -AD구에서 가장 높게 나타났으며, 다음으로 -A구, -D구, 대조구 순으로 낮게 나타났다. -AD구는 대조구에 비하여 마블링지수가 약 20% 정도 유의적으로 향상됨으로써 비타민 A 및 D 제한이 마블링을 향상시킬 수 있음을 보여 주었다. 또한 -A구는

대조구에 비하여 마블링지수가 약 17% 정도 유의적으로 향상됨으로써 비타민 A 제한이 마블링을 향상시킬 수 있다는 본 연구의 가설을 충족시켰다. 그리고 -D구는 대조구에 비하여 마블링지수가 유의적으로 증가하지는 않았지만 수치적으로(약 5%) 증가하는 경향을 보임으로써 비타민 D 제한이 한우의 마블링을 향상시킬 수 있는 가능성을 제시하였다. -A구는 -D구에 비하여 마블링지수가 유의적이지는 않지만 약 12% 정도 증가하여 마블링향상에 있어서는 비타민 A 제한이 D 제한 보다 효과가 더 클 수 있음을 시사하고 있다. 1++등급 출현율은 각 처리구간 유의적인 차이는 없지만 대조구 13.3%, -A구 26.7%, -D구 20.0%, -AD구 33.3%로서 -AD구에서 가장 높게 나타났으며, 다음으로 -A구, -D구 및 대조구 순으로 높게 나타났다. 1+등급 출현율은 대조구 46.7%, -A구 60.0%, -D구 60.0%, -AD구 60.0%로서, 대조구가 다른 처리구들에 비하여 가장 낮게 나타났으나 처리구간 유의적인 차이는 없었다. 1등급 출현율은 대조구 40.0%, -A구

Table 4. Effects of restriction of vitamins A or D on carcass characteristics in Hanwoo steers

	Treatments ¹⁾				SEM ²⁾	P value		
	Control	-A	-D	-AD		-A	-D	-A x -D
Carcass weight (kg)	462	462	461	484	44.4	0.329	0.385	0.307
Backfat thickness(mm)	14.7	14.0	16.4	15.3	4.42	0.436	0.197	0.840
Ribeye area(cm ²)	94.6	95.1	99.2	99.9	9.70	0.810	0.063	0.956
Marbling score	5.73 ^b	6.73 ^a	6.00 ^{ab}	6.87 ^a	1.251	0.004	0.515	0.828
Quaity grade (1++:1+:1)	2:7:6	4:9:2	3:9:3	5:9:1		0.119	0.420	0.375
Yield grade (A:B:C)	2:8:5	3:7:5	0:10:5	2:9:4		0.485	0.405	0.749

^{a, b} Within a row means with different superscripts differ significantly(P<0.05).

¹⁾ Control = a diet supplemented with vitamins A, D and E; -A = a diet supplemented with vitamins D and E; -D = a diet supplemented with vitamins A and E; -AD = a diet supplemented with vitamin E only.

²⁾ Standard error of the mean.

비타민 A와 D의 공급제한이 거세 한우의 육질등급에 미치는 영향

13.3%, -D구 20.0%, -AD구 6.7%로 나타났는데, -AD구에서 가장 낮게 나타났으며, 다음으로 -A구, -D구 및 대조구 순으로 낮게 나타났으나 처리구간 유의적인 차이는 없었다.

IV. 적 요

본 연구는 비타민 A와 D의 공급제한이 거세 한우의 육질등급에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행하였다. 비육전기(15개월령) 거세 한우 60두를 총 4개의 처리구(대조구(C), 비타민 A 제한구(-A), 비타민 D 제한구(-D)와 비타민 A 및 D 제한구(-AD))에 15두씩 배치하여, 15개월령부터 23개월령까지 총 8개월 동안 처리구에 따라 비타민 A 및 D를 첨가하지 않는 방법으로 비타민 공급을 제한하였다. 이후 24개월령부터 26개월령까지는 비타민 A 및 D를 사료 원물의 0.05% 첨가, 27개월령부터 출하까지는 0.1% 첨가하여 비타민 A 및 D 공급이 제한되지 않도록 하였다. 본 연구의 결과를 종합하면, 15개월령 거세 한우에게 비타민 A와 D의 공급을 8개월동안 제한시킨 결과 1일 건물 섭취량에는 영향을 미치지 않았고 또한 체중, 일당체중량 및 사료 요구율에도 영향을 미치지 않았다. 그러나 혈중 retinol 농도는 비타민 A의 공급 제한에 의해 최대 약 50% 정도까지 감소하였다. 또한 혈중 25(OH)D₃ 농도는 비타민 D의 공급제한에 의하여 최대 약 55% 정도까지 감소하였다. 거세 한우의 비타민 A 및 D 공급 제한은 도체중, 등지방두께, 배최장근 단면적, 육량지수 및 육질등급에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 반면 비타민 A의 공급 제한은 마블링지수를 17% 정도 유의적으로 향상시켰다. 비타민 D의 공급 제한은 마블링 지수를 유의적으로 증가시키지는 않았지만 수치적으로(약 5%) 증가시키는 경향을 보였다. 결론적으로 본 연구결과는 거세 한우의 근내지방 침착 향상을 위해서는 비타

민 A의 공급제한 방법이 비타민 D 공급제한 보다 효율적임을 제시하였고 한우에서도 일본의 화우와 마찬가지로 비육전기에 비타민 A를 제한 할 경우 근내지방도 향상을 통해 고급육생산이 가능함을 제시하였다.

V. 참고문헌

1. Cianzio, D. S., Topel, D. G., Whitehurst, G. B., Beitz, D. C. and Self, H. L. 1985. Adipose tissue growth cellularity: Changes in bovine adipocyte size and number. *J. Anim. Sci.* 60:970-976.
2. Gibb, D. J., Van Herk, F. H., Mir, P. S., Loerch, S. and McAllister, T. A. 2011. Removal of supplemental vitamin A from barley-based diets improves marbling in feedlot heifers. *Can. J. Anim. Sci.* 91:669-674.
3. Gorocica-Buenfil, M. A., Fluharty, F. L. and Loerch, S. C. 2008. Effect of vitamin A restriction on carcass characteristics and immune status of beef steers. *J. Anim. Sci.* 86:1609-1616.
4. Gorocica-Buenfil, M. A., Fluharty, F. L., Reynolds, C. K. and Loerch, S. C. 2007a. Effect of dietary vitamin A concentration and roasted soybean inclusion on marbling, adipose cellularity, and fatty acid composition of beef. *J. Anim. Sci.* 85:2230-2242.
5. Gorocica-Buenfil, M. A., Fluharty, F. L., Reynolds, C. K. and Loerch, S. C. 2007b. Effect of dietary vitamin A restriction on marbling and conjugated linoleic acid

- content in Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 85:2243-2255.
6. Horst, R. L. and Littledike, E. T. 1982. Comparison of plasma concentrations of vitamin D and its metabolites in young and aged domestic animals. *Comp. Biochem. Physiol. B.* 73:485-489.
 7. Kawachi, H. 2006. Micronutrients affecting adipogenesis in beef cattle. *Anim. Sci. J.* 77:463-471.
 8. Kawada, T., Kamei, Y. and Sugimoto, E. 1996. The possibility of active form of vitamins A and D as suppressors on adipocyte development via ligand-dependent transcription regulators. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 20(suppl. 3):S52-7.
 9. Kohlmeir, R. H. and Burroughs, W. 1970. Estimation of critical plasma and liver vitamin A levels in feedlot cattle with observation upon influences of body stores and daily dietary requirements. *J. Anim. Sci.* 30:1012-1018.
 10. Lee, C. E., Park, N. K., Seong, P. N., Jin, S. H., Park, B. Y. and Kim, K. I. 2003. Effects of deletion of calcium supplement (limestone) on growth of beef quality in Hawoo finishing steers. *J. Anim. Sci. Tech.* 45:445-462.
 11. Matsuzaki, M., Hara, S., Ogawa, M., Shiba, N. and Tsuneishi, E. 1998. Effects of vitamins A, D3 and E on growth performance and carcass characteristics, and on lipolytic responsiveness and insulin secretion in Japanese black steers. *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)* 69:741-753.
 12. Montgomery, J. L., Blanton, J. R., Horst, R. L., Galyean M. L., Morrow, K. J., Wester, D. B. and Miller, M. F. 2004. Effects of biological type of beef steers on vitamin D, calcium, and phosphorus status. *J. Anim. Sci.* 82:2043-2049.
 13. Murray, T. and Russell, T. R. 1980. Inhibition of adipose conversion of murine 3T3L1 cells by retinoic acid. *J. Supramol. Struc.* 14:255-266.
 14. Nade, T., Hirabara, S., Okumura, T. and Fujita, K. 2003. Effects of vitamin A on carcass composition concerning younger steer fattening of Wagyu cattle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16:353-358.
 15. NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press. Washington, D. C.
 16. Oka, A., Iwaki, F. and Dohgo, T. 2004. Effects of vitamin A deficiency on growth hormone secretion and circulating insulin-like growth factor-1 concentration in Japanese Black steers. *Anim. Sci.* 78:31-36.
 17. 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.
 18. Pickworth, C. L., Loerch, S. C. and Fluharty, F. L. 2012a. Restriction of vitamin A and D in beef cattle finishing diets on feedlot performance and adipose accretion. *J. Anim. Sci.* 90:1866-1878.
 19. Pickworth, C. L., Loerch, S. C., Kopec,

- R. E., Schwartz, S. J. and Fluharty, F. L. 2012b. Concentration of pro-vitamin A carotenoids in common beef cattle feedstuffs. *J. Anim. Sci.* 90: 1553-1561.
20. Pyatt, N. A. and Berger, L. L. 2005. Review: Potential effects of vitamins A and D on marbling deposition in beef cattle. *The Prof. Anim. Scientist* 21:174-181.
21. Pyatt, N. A., Berger, L. L. and Nash, T. A. 2005. Effects of vitamin A and restricted intake on performance, carcass characteristics, and serum retinol status in Angus x Simmental feedlot cattle. *Prof. Anim. Sci.* 21:318-331.
22. SAS. 2000. User's Guide : Statistical Analysis System. Inst. Inc. Cary, NC.
23. Vasconcelos, J. T. and Galyean, M. L. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas tech Univ. survey. *J. Anim. sci.* 85:2772-2781.