

이연, 비타민과 셀레늄의 첨가가 홀스타인 거세우의 발육, 도체특성 및 경제성에 미치는 영향

조원모 · 이상민*

농촌진흥청 국립축산과학원

Effects of zinc, vitamin and selenium additives for improving meat quality on the growth performance, carcass characteristics and economic efficiency of holstein steers

Won Mo Cho, Sang Min Lee*

CJ cheiljedang animal biosciences research institute, Incheon, 400-103, Korea

Received on 18 June 2015, revised on 10 August 2015, accepted on 2 September 2015

Abstract : This study was conducted to investigate the effect of different additives on the growth performance, feed efficiency and carcass characteristics in Holstein steers during 18month fattening periods. Twenty four Holstein steers, 5months of age and 176.6kg, were randomly allocated to 3 experimental groups 8 animals each for 18-months feeding trial. The groups were control (not additive), T1 (fed zinc, Vitamin C) and T2 (fed zinc, Vitamin C, Vitamin B6 and Selenium). According to feeding additives, final weight was not significantly different among the treatment groups, tended to be high at T2 group (827kg) compared to the other groups. Average daily gain was not different among the treatment groups during the experimental periods, but T2 group was significantly greater than T1 group in growing stage ($p < 0.05$). The feed additives had no effects on DMI during experimental periods. Feed conversion ratio of T1 group in growing stage was significantly higher than those of other groups ($p < 0.05$), average feed conversion ratio was tend to be decreased at T2 group rather compared with other groups. In the results of yield traits, carcass weight were relatively higher in T2 group than other groups ($p < 0.05$). Rib-eye area, back fat thickness and yield index were similar between groups. In quality traits, marbling, meat color, fat color, texture and maturity were not significantly different among the groups. In economic efficiency, income was highest at T2 group as 91~393 thousand won among 3 groups.

Key words : Holstein steers, Feed efficiency, Growth performance, Carcass characteristics, Economic Efficiency

I. 서론

우리나라에서 육우로 생산되는 홀스타인 수소는 한우에 비해 출하가격과 소비자의 선호도가 낮아 육우농가에서도 생산을 꺼리고 있다. 또한 비육우 생산비의 70% 이상을 차지하는(Sung, 2001) 사료비의 상승으로 인해 홀스타인 품종의 경제성 향상에 관심이 증가하고 있다.

홀스타인 품종은 한우에 비해 생산비가 낮고, 비육기간 및 사료효율 등의 긍정적인 요인도 있기 때문에 생산효율

만 향상된다면 농가 소득에 도움이 될 것으로 판단된다.

가축의 생산성 향상을 위해 영양소의 기능 및 적정 요구량을 구명하고자 노력하고 있는 가운데 여러 영양소 중 아연은 필수영양소로 효소작용과 단백질의 유전자 발현, 동물의 번식, 성장, 유생산 및 면역체계에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Chesters, 1997; Stake et al., 1973). 또한 비타민 C는 자연에 존재하는 가장 강력한 항산화 물질 중의 하나로 섬유와 골격세포 및 collagen 형성에 중요한 영양소일 뿐만 아니라 우육의 육색을 개선하고 지방산화를 억제한다고 알려져 있다(Harbers et al., 1981; Sanders et al., 1997).

*Corresponding author: Tel: +82-32-890-9658

E-mail address: sseangnim@cj.net

Table 1. Ingredients of feed additives used this experiment (DM basis, %).

Item	T1	T2
Zinc	0.030	0.033
Vitamin C	5.05	5.05
Vitamin B6	-	0.007
Selenium	-	0.1
Protected fatty acid	94.92	94.81

셀레늄은 과거 중독성 광물질로 알려져있었지만 동물 세포질 내에서 항산화적 생리활성작용을 하는 glutathione peroxidase (GSH-Px)의 구성 성분으로 면역력을 향상시키며 사료내 불포화지방산 함량에 따라 요구량은 증가된다. (Spears et al., 1986), 셀레늄 결핍시 체중저하 및 폐사가 우려되고 과잉섭취 시 식욕저하를 유발할 수 있다(Rosenfeld and Beath, 1964).

비육우는 다량의 농후사료를 섭취하여 잉여에너지를 지방축적으로 전환하는데 이러한 과량의 에너지를 축적할 때에 소화 흡수 대사과정에서 세포내에서는 막대한 산화적 스트레스 상황이 발생하게 된다. 이러한 산화적 스트레스는 활성산소 및 Nitric Oxide 증가를 초래하여 지방 세포의 분화를 억제시키는 것으로 알려져 있다(Hiroyuki et al., 2007).

아연, 비타민 C 및 셀레늄 등은 가축의 세포 내 항산화 작용물질로 비육우의 생산성 및 육질개선 물질로 이용될 수 있을 것으로 판단되며, 비타민 B6는 100종이 넘는 효소의 조효소로서 아미노산, 포도당, 지질대사와 신경전달물질 합성에 관여한다고 알려져 있어(Cho, 2010), 영양소 이용에 효과적일 것으로 판단된다.

따라서 위의 다양한 영양소를 육우에 급여함으로써 발육 특성 및 도체특성을 구명하고자 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물 및 사양관리

본 연구는 생후 5개월령(평균체중 176.3 kg) 홀스타인 수소 24두를 공시하여 거세 후 시험축으로 이용하였고, 사양관리는 육성기(5 - 10개월령), 비육전기(11 - 16개월령) 및 비육후기(17 - 22개월령)로 성장단계를 구분하여 배합 사료 급여량은 각각 체중의 1.8 - 2.2% 및 자유채식을 원칙

으로 하루 두 번(08:00 및 16:00) 균등분배 하였고, 조사료는 육성기에는 호밀, 티모시에 볏짚을 혼합하여 급여하였으며, 비육기에는 볏짚만 급여하였다. 조사료 급여는 전기간 동안 자유채식토록 하였다. 첨가제는 오전사료 급여 시 처리구별로 두당 100 g씩 Top dressing 하여 급여하였다. 미네랄 블록 및 물은 항상 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다.

2. 시험사료

공시동물에 급여한 배합사료는 시판되는 육우용 사료(Table 2)를 이용하였고, 조사료는 호밀과 티모시, 볏짚을 이용하였다. 첨가제는 Table 1의 성분비에 맞추어 주문 생산하여 시험에 이용하였다. 시험에 이용된 사료의 일반성분은 Table 3에 나타내었다.

3. 시험설계

본 연구의 처리구 배치는 대조구(무처리)와 육질개선을 위한 첨가물질은 반추위 우회율을 높이기 위하여 보호지방으로 처리한 T1(아연 및 비타민 C 첨가구) 및 T2(아연, 비타민C, 비타민 B6와 셀레늄 첨가구)로 나누어 8반복으로 완전 임의배치 하여 충북 청원 육우 농가에서 18개월간 사양 시험을 수행하였다.

4. 조사항목

시험사료의 일반성분 함량은 각각의 샘플(2 kg)을 수집하여 AOAC(1995) 방법에 준하여 분석하였다. 체중조사는 시험개시일부터 종료 시까지 우사 내에 위치한 우형기(CAS Korea, Newton HT-501A)를 이용하여 매일 오전 사료급여 전에 수행하였다. 증체량은 개시체중에서 매일 측정된 값의 차로 구하였고, 각 처리별 평균값을 시험일수로 나누

Table 2. Formula of concentrate used in this experiment (DM basis).

Formula	Mixture ratio (%)		
	Growing	Early fattening	Late fattening
Corn	34.12	25.00	30.00
Wheat	10.00	15.00	24.42
Alfalfa	3.00	-	-
Gluten	20.00	19.21	13.24
Wheat bran	6.00	3.00	4.00
Tapioca	3.54	5.00	-
Soybean	3.89	-	-
Sesame	5.00	5.00	3.00
Rapseed	3.00	5.00	-
Coconut	3.60	-	5.82
Molasses	5.00	5.00	5.00
Limestone	1.06	0.76	0.83
Miner Mixture	0.13	0.10	-
NaHCO ₃	-	0.70	0.70
Vitamin Mixture	0.07	0.03	0.03
Palm kernel meal	5.00	3.48	7.00
Salt	0.60	0.60	-
Calcium phosphate	0.11	-	0.04
Corn cob	5.00	3.00	-

Table 3. Chemical composition of experimental diets.

Item	Concentrate			Rye silage	Timothy (hay)	Rice straw
	Growing	Early fattening	Late fattening			
DM ^{a)} (%)	87.82	87.56	87.41	10.74	9.04	8.63
CP ^{b)} (%)	15.00	13.00	12.00	12.96	8.15	3.26
EE ^{c)} (%)	2.76	2.71	2.89	3.15	2.00	1.85
CA ^{d)} (%)	6.45	5.81	5.17	7.31	6.63	9.79
CF ^{e)} (%)	8.66	6.08	4.86	27.36	28.78	27.79
NDF ^{f)} (%)	23.94	18.81	18.62	56.55	64.60	66.15
ADF ^{g)} (%)	12.19	8.88	8.55	31.40	34.72	36.42

^{a)}DM: Dry matter.^{b)}CP: Crude protein.^{c)}EE: Ether extract.^{d)}CA: Crude ash.^{e)}CF: Crude fiber.^{f)}NDF: Neutral detergent fiber.^{g)}ADF: Acid detergent fiber.

어 일당중체량을 구하였다. 사료섭취량은 오전 사료 급여 전 잔량을 조사한 후 전날 급여량에서 뺀 값을 섭취량으로 간주하였다. 도체조사는 사양시험이 종료된 공시축을 출하하여 도축한 후, 0°C에서 18 - 24시간 동안 도체를 현수시킨 후 육질판정요인(도체중, 등지방두께, 배최장근단면적)

과 육질판정요인(근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도)을 소도체등급 판정기준에 의거하여 축산물 등급판정사가 평가하였다. 경제성 분석은 도축한 시험축의 판정가격과 생산비를 고려하여 분석하였다. 총수입은 도체등급과 도체중을 고려하여 받은 정산금액을 기준으로 하였으며,

생산비는 송아지 가격, 사료비 및 기타비용으로 하였다. 수익은 총수입금에서 생산비를 뺀 값으로 하였다.

5. 통계처리

본 시험에서 얻어진 성적들은 SAS (Statistical Analysis System software version 9.2)를 이용하여 분산분석 (Duncan's multiple range test) 및 처리구간 유의성 ($p < 0.05$)을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 체중, 일당증체량 및 사료섭취량

홀스타인 거세우(5개월령, 평균체중 176.3 kg)를 공시하여 성장단계별 발육 및 사료섭취량을 조사한 결과는 다음과 같다(Table 4). 시험 종료시 체중은 T2 처리구가 평균 827 kg으로 다른 처리구 보다 37 - 58 kg 높았지만 통계적 유의적 차이는 없었다. 일당증체량에 있어 육성기에서는 처리구(T2)가 1.3 kg/일로 가장 우수한 것으로 나타났고,

Table 4. Effects of feed additives at different growth stages on growth performance and feed intake of Holstein steers.

Item	Con	T1	T2
Initial BW (kg)	175.4±7.1 ^{a)}	176.0±5.0	177.5±5.5
Final BW (kg)	789.4±22.9	768.8±19.0	826.9±20.8
ADG (kg/d)			
Growing	1.28±0.05 ^{ab}	1.17±0.04 ^b	1.30±0.03 ^a
Early-fattening	1.23±0.04	1.22±0.05	1.34±0.05
Late-fattening	1.04±0.06	1.02±0.06	1.10±0.07
Total average	1.17±0.04	1.13±0.03	1.24±0.05
Feed intake (kg)			
Growing			
Concentrate	5.25±0.55	5.23±0.60	5.23±0.60
Hay/Rice straw	3.44±1.65	3.67±1.54	3.62±1.50
DM intake	7.65±1.66	7.81±1.58	7.79±1.54
Early-fattening			
Concentrate	8.51±1.18	8.51±1.18	8.51±1.18
Rice straw	3.28±0.18	3.28±0.16	3.25±0.17
DM intake	10.38±1.07	10.38±1.07	10.36±1.07
Late-fattening			
Concentrate	11.19±0.70	11.14±0.68	11.12±0.68
Rice straw	3.20±0.24	3.20±0.23	3.18±0.22
DM intake	12.66±0.48	12.57±0.50	12.59±0.50
Total average			
Concentrate	8.63±0.90	8.61±0.91	8.59±0.91
Rice straw	3.30±0.64	3.37±0.66	3.34±0.66
DM intake	10.49±0.95	10.54±0.91	10.50±0.93
Feed conversion ratio (feed/gain kg)			
Growing	6.02±0.22 ^b	6.76±0.23 ^a	6.01±0.16 ^b
Early-fattening	8.47±0.25	8.59±0.37	7.81±0.30
Late-fattening	12.46±0.69	12.60±0.70	11.75±0.75
Total average	9.03±0.33	9.36±0.26	8.55±0.33

^{a)}Means ± standard error of mean.

T1 처리구에 유의적으로 높았지만($p < 0.05$) 대조구와는 유의차가 나타나지 않았다. 비육 전기간 처리구간 유의적 차이는 없었다. 전체 일당증체량 평균은 T2 처리구가 1.24 kg/일로 다른 처리구 보다 0.07 - 0.11 kg/일 높았지만 처리구간 유의적 차이는 없었다. 사료섭취량은 육성기 및 비육기에서 처리구별 차이가 없었고, 건물섭취량 또한 동일한 결과를 나타내었다. 사료요구율은 육성기에서는 대조구 및 T2 처리구가 T1 처리구에 비해 유의적으로 낮았지만($p < 0.05$), 비육기간에서는 처리구간 유의적 차이가 없었다. 또한 전기간 평균 사료요구율이 T2 처리구가 다른 처리구에 비해 우수하였는데 통계적 유의차는 없었다.

이전의 연구에서 첨가수준에 상관없이 아연의 급여는 육성기 및 비육후기의 거세우에서 일당증체량을 향상시킨다고 보고하였고(Perry et al., 1968; Spears and Kegley, 2002), 다른 연구에서도 육성기 암소의 30 mg/kg 급여시 일당증체량 및 사료요구율에 있어 향상된 경향을 나타내었다고 보고하였다(Spears, 1989). 또한 아연은 핵산, 단백질 및 탄수화물의 대사에 관여하는 효소의 필수성분이며, 면역 등 생체방어 시스템에 있어서도 중요한 작용을 한다고 하였다(NIAS, 2012). 본 연구에서 아연 및 비타민 C 급여구(T1 및 T2)에서 증체 및 사료요구율이 T2 처리구에서 개선경향을 보였는데, 대조구와 차이가 없는 T1 처리구의 결과로 판단할 때 T2의 증체개선 효과는 비타민 C와 아연에 의한 효과라 할 수 없을 것으로 판단된다. 이전의 연구에

서도 Nunnery 등(2007)은 아연은 증체 및 사료요구율에 있어 영향을 주지 않는다고 하였다(Greene et al., 1988; Malcolm-Callis et al., 2000).

홀스타인 거세우의 발육 및 사료요구율에 있어 급여한 첨가제 중 T1(아연, 비타민C) 처리구 보다 T2(아연, 비타민 C, 비타민B6, 셀레늄) 처리구가 발육 및 사료요구율에 있어 육성기에서는 개선된 결과를 나타내었는데, 이전의 연구에서는 Awadeh 등(1998)은 무기셀레늄 급여시 비육 암소에 대사 및 성장발달에 관계하는 갑상선호르몬에 대하여 활성형호르몬으로 전환은 증가시키나, 증체량에는 차이가 없다고 하였고, 다른 연구자들도 셀레늄의 급여량에 따른 증체효과는 없었다고 보고하였다(Kim et al., 2012; Lee et al., 2004). 본 연구의 결과 육성기 T2 처리구에서 발육특성이 가장 높았던 것은 T1 처리구에 첨가된 아연 및 비타민 C에서는 나타나지 않은 셀레늄 및 비타민 B6의 첨가효과라 예측되지만, 셀레늄 및 비타민 B6 급여처리구가 없어 명확히 결론내긴 힘들 것으로 판단된다. 따라서 셀레늄 및 비타민 B6 급여 효과에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2. 도체특성

홀스타인 거세우 24두를 공시하여 육질개선을 위한 첨가제를 급여한 후 도체특성을 조사한 결과는 Table 5와 같

Table 5. Effects of feed additives on carcass characteristics of Holstein steers.

Item	Con	T1	T2
Yield traits			
Carcass weight (kg)	461.9±15.2 ^{a)} ab	429.5±10.1 ^{b)}	477.0±13.9 ^{a)}
Back fat thickness (mm)	8.7±1.0	5.8±0.3	7.5±1.4
Rib eye area (cm ²)	78.7±3.3	73.1±2.4	78.6±2.9
Yield index	61.9±0.9	63.8±0.3	62.3±1.1
Yield grade (A:B:C, %)	0:71:29	0:100:0	0:50:50
Quality traits			
Marbling score (No.)	2.4±0.5	2.1±0.2	2.4±0.3
Meat color (No.)	4.9±0.3	4.8±0.2	4.9±0.1
Fat color (No.)	2.7±0.2	2.4±0.2	2.9±0.1
Texture (No.)	2.0±0.0	2.0±0.0	2.0±0.0
Maturity (No.)	2.1±0.1	2.0±0.0	2.0±0.0
Quality grade (1 ⁺ :1:2:3, %)	0:14:72:14	0:0:87.5:12.5	0:12.5:75.0:12.5

^{a)}Means ± standard error of mean.

^{ab)}Means with different superscripts in the same row differ significantly($p < 0.05$).

Table 6. Economic efficiency on treatments (Thousand won/head).

Item	Treatments		
	Con	T1	T2
Gross receipt ¹⁾	3,975	3,679	4,065
Operating cost	2,574	2,581	2,574
Feed ²⁾	2,292	2,298	2,291
Others ³⁾	283	283	283
Income	1,400	1,098	1,491

¹⁾Selling price of carcass by grade and by product inclusive of the dues of slaughter (2013).

²⁾Feeds : Growing 398Won/kg, Early fattening 401Won/kg, Late fattening 404won/kg, forage 300Won/kg

³⁾On the basis of the standard cost of livestock product.

다. 처리구별 육량특성에 있어 도체중은 T2 처리구가 T1 처리구에 비하여 유의적으로 높은 것으로 나타났고($p < 0.05$), 대조구와는 유의적 차이는 없었다. 등지방두께는 처리구간 유의적 차이는 없었지만, 대조구가 8.7 mm로 처리구에 비해 높은 경향을 보였고, 등심단면적에서 대조구, T1 및 T2 처리구별로 각각 78.7, 73.1 cm² 및 78.6 cm²으로 처리구간 유의적 차이가 없었지만, T1 처리구가 가장 낮았다. 육량지수 및 육량등급에 있어서도 처리구간 유의적 차이는 없었지만, T1 처리구에서 육량등급 출현율(B등급 이상 100%)이 가장 우수하였다. 육질특성에 있어서는 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도에 있어서 처리구간 유의적 차이는 없었고, 모두 등급하락 요인이 아닌 정상범위로 나타났다. 근내지방에서는 T1 처리구가 2.4로 대조구 2.1 및 T2 처리구 2.4로 유의적 차이는 없었다. 육질 1등급 이상 출현율에 있어서는 대조구(14%)와 T2 처리구(12.5%)가 T1 처리구(0%)에 비해 높은 결과를 나타내었다. 이전의 연구에서는 거세우에 아연과 메치오닌 혼합급여 시 근내지방에 영향을 주지 않는다고 하였고(Kessler et al., 2003), 셀레늄은 사료 내 불포화지방산 함량이 높을 때 셀레늄 요구량이 증가하면 면역력이 증가하여 도체특성에 긍정적인 결과를 나타낸다고 하였다(Stabel and Spears, 1993). 하지만, Greene 등(1988)은 거세우에 아연과 메치오닌의 혼합급여는 근내지방 및 육량지수를 향상시킨다고 하였고, 수소에 아연의 급여는 대조구에 비해 근내지방이 높은 경향을 나타내었다고 하였다(Kessler et al, 2003). 비타민C의 경우 비육우에 급여함으로써 건강증진과 근내지방도를 높여 소득을 향상(Park et al, 2010)시키는 역할을 한다고 하였다. 본 연구에서는 아연과 비타민C의 급여한 처리구의 근내지방 개선을 통한 육질개선을 기대하였지만, 효과가 없는 것으로 나타났다. 대조구에 비해 T2 처리구에서 도체중

이 개선된 것으로 나타났지만 앞에서 언급한 바와 같이 육성기 발육향상에 영향을 준 것이 도체중에 기인한 것으로 판단된다.

사료첨가제 급여에 따른 홀스타인 거세우의 경제성 분석은 Table 6과 같다. 각 처리구별로 조수입은 각각 3,975, 3,679 및 4,065천원으로 T2 처리구가 가장 높았는데, 생산비는 처리구에서 첨가제 급여에 따른 사료비 증가로 높았는데, T2 처리구는 첨가제 사용에 비해 증체효과를 보여 조수입이 높은 것으로 나타났다.

따라서 수익에서는 T1처리구가 가장 낮은 것으로 나타났고, T2 처리구가 대조구에 비해 91천원, T1에 비해 393천원 높은 것으로 나타났다.

IV. 결론

본 연구는 여러가지 첨가물질을 함유한 사료가 급여가 홀스타인 거세우의 발육, 도체특성 및 경제성에 미치는 급여효과를 구명하기 위해 수행하였다. 생후 5개월령 평균체중 176.3 kg, 홀스타인 거세우 24두를 3처리 8반복으로 완전 임의배치하여 18개월간 사양시험을 수행하였다. 처리구는 대조구(무급여구), T1(비타민 C 및 아연 급여구) 및 T2(비타민 C, B6, 아연 및 셀레늄)으로 배치하였다. 종료체중은 처리구간 유의적 차이는 없었지만, T1 처리구가 827 kg으로 가장 높았다. 일당증체량은 육성기에서 T2 처리구가 T1 처리구 보다 유의적으로 높았지만, 평균 일당증체량에서는 처리구간 유의적 차이는 없었다. 첨가제는 시험기간 동안 섭취량에 있어 영향을 주지는 않았다. 사료요구율은 육성기에서 T1 처리구가 다른 처리구에 비해 높은 것으로 나타났고 ($p < 0.05$), 평균 사료요구율에서는 다른 처리구에 비해 T2 처리구가 비교적 낮은 경향을 나타내었다. 육량

특성에 있어 도체중은 T2 처리구가 대조구와는 차이가 없었으나 T1 처리구에 비하여 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 육량특성에서 도체중은 T2 처리구가 가장 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 등심단면적, 등지방두께와 육량지수는 처리구간 유사하였다. 육질특성에서는 근내지방도, 육색, 지방색, 조식감 및 성숙도는 세 처리구간 유의적 차이가 없었다. 경제성 분석에 있어 수익은 T2 처리구가 다른 처리구에 비해 91 - 393천원 높은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 '산지초지에서 가축분뇨 형태별 환원효과 구명(PJ0100992015)'과제를 수행하면서 이루어진 연구수행 결과의 일부이다.

참고 문헌

- AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th eds. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
- Awadeh FT, Kincaid, RL and Johnson KA. 1998. Effect for level and source of dietary selenium on concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in beef cows and calves. *J. Ani. Sci.* 76:1204-1215.
- Chesters JK. 1997. Zinc. In: O'Dell, B.S., Sunde, R.A. (Eds.), *Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements*. Marcel Dekker, New York. p185.
- Cho YY. 2010. Vitamin B6 Requirement: Indicators and Factors Affecting. *Korean J. Nutr.* 43:315-323.
- Greene LW, Lunt DK, Byers FM, Chirase NK, Richmond CE, Knutson RE, and Schelling GT. 1988. Performance and carcass quality of steers supplemented with zinc oxide or zinc methionine. *J. Anim. Sci.* 66:1818-1823.
- Harbers, CAZ, Harrison DL and Kropf DH. 1981. Ascorbic acid effects on bovine muscle pigments in the presence of radiant energy. *J. Food Sci.* 46:7-12.
- Hiroyuki K, Moriya NH, Korai T, Tanaka S, Watanabe M, Matsui T, Kawada T and Yano H. 2007. Nitric oxide suppresses preadipocyte differentiation in 3T3-L1 culture. *Mol Cell Biochem.* 300:61-67.
- Kessler J, Morel I, Dufey PA, Gutzwiller A, Stern A and Geyer H. 2003. Effect of organic zinc sources on performance, zinc status and carcass, meat and claw quality in fattening bulls. *Livestock Production Science.* 81:161-171.
- Kim GW, Jo IH, Hwangbo S, Lee SH, Han OK, Park TI and Choi IB. 2012. Influences of feeding seleniferous whole crop barley silage on growth performance and blood characteristics in growing Hanwoo steers. *J. Kor. Soc. Grass. & For. Sci.* 32:135-148.
- Malcolm-Callis KJ, Duff GC, Gunter SA, Kegley EB and Vermeire DA. 2000. Effects of supplemental zinc concentration and source on performance, carcass characteristics, and serum values in finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* 78:2801-2808.
- Lee SH, Park BY and Kim WY. 2004. Effects of spent composts of Se-enriched mushrooms on carcass characteristics, plasma GSH-Px activity, and Se deposition in finishing Hanwoo steers. *J. Ani. Sci. & Tech.* 46:799-810.
- NIAS. 2012. Korean Feeding Standard for Hanwoo. National Institute of Animal Science, RDA, Korea.
- Nunnery GA, Vasconcelos JT, Parsons CH, Salyer GB, Defoor PJ, Valdez FR and Galyean ML. 2007. Effects of source of supplemental zinc on performance and humoral immunity in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 85:2304-2313.
- Park, B. K., S. M. Lee, H. C. Kim, S. S. Chang, T. I. Kim, Y. M. Cho, C. W. Choi, S. K. Hong, and E. G. Kwon. 2010. Effects of Ruminally Protected Amino Acid-enriched Fatty Acids on Growth Performance and Carcass Characteristics of Fattening Hanwoo Cows. *J. Anim. Sci. & Tech.* 52:499-504.
- Perry TW, Beeson WM, Smith WH, and Mohler MT. 1968. Value of zinc supplementation of natural rations for fattening beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27:1674-1677.
- Rosenfeld I and Beath OA. 1964. Eds. *Selenium*. New York: Academic press.
- Rotruck JT, Pope AL, Ganther HE, Swanson AB, Hafman DG, and Hoekstra WG. 1973. Selenium; Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* 179, 588-590.
- SAS. 2012. SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, U.S.A.
- Sanders SK, Morgan JB, Wulf DM, Tatum JD, Williams SN, and Smith GC. 1997. Vitamin E supplementation of cattle and shelf-life of beef for the Japanese market. *J. Anim. Sci.* 75:2634-2640.
- Spears JW and Kegley EB. 2002. Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 80:2747-2752.
- Spears JW. 1989. Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. *J. Anim. Sci.* 67:835-843.
- Spears JW, Harvey RW and Segerson EC. 1986. Effect of marginal selenium deficiency on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 63:586-591.
- Stabel JR and Spears JW. 1993. Role of selenium in immune responsiveness and disease resistance. In: *Human Nutrition-A Comprehensive Treatise*. Vol 8. P. 333. Nutrition and Immunology (Klurfeld DM ed.). Plenum Press, New York.
- Stake PE, Miller WJ, and Gentry RP. 1973. Zinc metabolism and homeostasis in ruminants as affected by dietary energy intake and growth rate. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 142:494-496.
- Sung, K. I. 2001. Efficient use of the Agri-byproducts. pp 61-86. National Institute of Animal Science, RDA.