

셀레늄함유 청보리 급여가 거세비육돈의 생산성, 혈액 및 도체특성, 조직 내 셀레늄 축적에 미치는 영향

황보순 · 조익환* · 김국원 · 최창원 · 이성훈¹ · 한옥규² · 박태일² · 최인배²
대구대학교 동물자원학과, ¹경상남도 축산진흥연구소, ²농촌진흥청 국립식량과학원

Influences of Feeding Seleniferous Whole Crop Barley on Growth Performance, Blood and Carcass Characteristics, and Tissue Selenium Deposition in Finishing Barrows

Soon Hwangbo, Ik Hwan Jo*, Guk Won Kim, Chang Weon Choi, Sung Hoon Lee¹,
Ouk Kyu Han², Tae Il Park², and In Bae Choi²

Department of Animal Resources, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

¹*Gyeongsangnamdo Livestock Promotion Research Institute, Sancheong 666-962, Korea*

²*National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Iksan 570-080, Korea*

Abstract

The present study has been conducted to investigate the effects of feeding seleniferous whole crop barley (WCB) to finishing pigs on their growth performance, blood and carcass characteristics as well as on tissue selenium deposition. A total of 40 cross-bred barrows ((Landrace×Yorkshire)×Duroc) were allotted to five replicates of four treatments. Each replicate was arranged to 2 pigs per pen; the experimental period lasted for 6 weeks. The finishing pigs were fed diets containing 0.1 (non-seleniferous WCB as a control), 0.2, 0.4 and 0.6 ppm of selenium (Se) by supplementing the diets with seleniferous WCB. The isonitrogenous and isocaloric diets containing 5% non-seleniferous or seleniferous WCB were formulated. Feeding seleniferous WCB did not affect ($p<0.05$) the feed intake and BW gain. Total blood lipid concentration was significantly ($p<0.05$) decreased with increasing Se levels. Total blood cholesterol concentration for the control was significantly ($p<0.05$) higher than that for 0.4 and 0.6 ppm of Se treatments. Increasing the Se levels in WCB significantly ($p<0.05$) decreased blood triglyceride concentration; however, the levels increased immunoglobulin G and selenium concentrations. Feeding seleniferous WCB did not affect the carcass rate, backfat thickness and meat quality as well as yield grades. The Se concentration in the kidney, liver and loin were significantly ($p<0.05$) increased with increasing levels of seleniferous WCB. The results indicated that feeding seleniferous WCB may improve the blood characteristics related to lipid metabolism and thus, could produce selenium-fortified pork. Moreover, it is shown that the dietary optimal selenium level to deposit selenium in porcine tissues by utilizing seleniferous WCB would be 0.4 mg of Se/kg of ration. Moreover, when 100 g of pork produced from pigs raised under such condition is served to consumers, it meets the minimum recommended daily requirements (40 µg) of dietary selenium proposed by the World Health Organization (1996).

Key words: selenium, seleniferous whole crop barley, blood metabolites, carcass characteristics, pigs

서 론

최근 국민 건강에 대한 관심이 높아지면서 인체에 이로운 생리활성물질이 함유된 기능성 축산식품의 개발에 대

한 연구가 활발히 진행되고 있으며(Garnier *et al.*, 2003), 이에 부응하여 양돈농가 또한 소비자의 욕구에 부합되는 고부가 가치의 기능성 생리활성물질이 함유된 고기생산에 관심이 증가하고 있다.

셀레늄은 오랫동안 독성물질로 인식되어 왔으나(Wendel, 1989), Rotruck 등(1973)이 셀레늄이 세포 내 항산화 방어 체계에서 중요한 역할을 하는 금속함유효소인 glutathione peroxidase(GSH-Px)의 필수 성분으로 밝혀진 이후 더욱 주

*Corresponding author: Ik Hwan Jo, Department of Animal Resources, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea. Tel: 82-53-850-6725, Fax: 82-53-850-6729, E-mail: greunld@daegu.ac.kr

목을 받기 시작하였다.

셀레늄에 대한 생체 내의 다양한 면역증강에 따른 기능과 역할이 밝혀졌으며(Arthur *et al.*, 1993), 권장량보다 상회하는 수준의 셀레늄 섭취는 항질병(Neve, 1996) 및 항암효과를 나타낸다(Greeder and Melner, 1980). 또한, 셀레늄은 혈중 콜레스테롤 함량을 감소시켜(Jun and Choi, 2002), 혈중 지질대사에도 긍정적 효과를 미치는 것으로 보고되고 있다.

축산물 내 셀레늄 강화는 가축이 섭취하는 사료 내 유기 및 무기 셀레늄을 보충하여 체내 대사 작용에 의해 전이를 유도하거나, 영양적 수준 이상의 셀레늄을 급여하여 근육 조직 내 침착되도록 일정 기간 사육하여 셀레늄 강화 축산물의 생산이 가능하다. 돼지 근육 내 셀레늄의 침착에 관한 연구는 유기셀레늄의 급여로 기존의 고기 내 셀레늄함량보다 증가하는 것으로 알려져 있으며(Mahan and Parrett, 1996; Mahan *et al.*, 1999), 축산물 내 셀레늄은 합 황아미노산의 황의 위치에 셀레늄이 치환된 SeMet 및 SeCys의 복합 형태로 존재하여 체내 이용률이 기타 식물성 식품 및 어류에 비해 우수하다(Finley, 2000).

한편, 셀레늄 화학적 형태에 따라 가축의 체내에서 이용율이 현저히 다르게 나타나는데, Lawler 등(2004)은 장관 내 흡수와 체내 축적효율은 무기셀레늄 형태 보다 유기셀레늄 형태가 높은 것으로 보고하였으며, 무기셀레늄 급여 시 단위동물에서는 대부분의 셀레늄이 뇨로 배설되어 조직 내 셀레늄이 축적되는데 한계가 있다고 하였다(Hidiroglou *et al.*, 1968).

이에 따라 셀레늄 강화 축산물을 생산하기 위하여 농가에서 사용하는 유기셀레늄 제제는 고가의 수입제품으로, 첨가 수준 또한 미량이어서 실제 현장에서 사용하기 쉽지 않다. 기존의 방식과는 달리, 청보리를 재배하는 토양에 무기셀레늄(sodium selenate)을 시비하면, 토양 중 셀레늄이 식물체내로 이행하여 셀레늄강화 청보리의 생산이 가능한 것으로 보고되고 있고(Lee *et al.*, 2012), Lee 등(2012)은 육성돈사료내 증가하는 수준으로 셀레늄강화 청보리를 배합할 경우, 육성돈의 사료섭취량 및 증체량에는 영향을 미치지 않았으나, 혈중 총지질농도가 유의하게 감소하였고, 청보리내 셀레늄이 장관내 흡수율이 높아 조직 내 전이가능성을 시사하였다.

따라서 본 연구에서는 증가하는 수준의 셀레늄함유 청보리사료를 비육돈에 급여하였을 때, 비육돈의 생산성, 혈액성상, 도체형질 및 조직 내 셀레늄함량에 미치는 영향을 조사하여 비육돈에 대한 셀레늄 급여효과를 구명하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

공시축 및 시험설계

시험에 이용된 공시축은 3원 교잡종[(Landrace×Yorkshire)

×Duroc) 거세비육돈 40두(개시체중 66.39±1.00 kg)를 공시하여 pen당 2두를 배치하여 예비기간 14일, 본시험기간 42일간 시험을 실시하였다. 시험설계는 청보리 내 셀레늄 농도에 의해 0.1 ppm(Control), 0.2 ppm, 0.4 ppm, 0.6 ppm으로 4처리를 하여 처리구당 5 pen씩 완전 임의배치하였다.

청보리의 화학적 조성

시험에 사용된 두 종류의 청보리(일반 및 셀레늄시비)는 황숙기에 총체로 수확하여 일광건조 후 분쇄하여 각각 원료사료로 사용하였고, 각 청보리의 화학적 조성은 Table 1에 나타난 바와 같다.

시험사료 및 사양관리

시험사료의 영양소함량은 NRC(1998)의 영양소요구량과 유사하도록 배합하였고, 이들의 조성은 Table 2와 같다. 셀레늄 함량이 다른 청보리의 배합수준은 5%로 제한하였으며, 물은 자동 급수기를 이용하여 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다. 사료의 섭취량은 1일 2회 무제한 급여하여 2주 간격으로 잔여사료를 수거하여 계산하였고, 체중은 2주마다 측정하여 증체량을 기록하여 일당증체량을 구하였다. 사료효율은 전 실험기간 동안 사료섭취량과 실험 종료 시의 증체량을 근거로 다음과 같은 식(사료효율 = 증체량/사료섭취량)의 식으로 산출하였다.

시험사료, 혈액 및 도체분석

시험사료의 일반성분은 AOAC(1995)방법에 따라 분석하였다. 혈액은 전두수를 시험 개시 2주, 4주 및 시험 종료 시에 각각 경정맥에서 vacutainer로 10 mL를 채혈하고 원심분리하여(3,000 rpm/10 min) -80°C에 보관 후 분석하였고, 총단백질농도는 비색계(Modular PE, Hitachi, Japan), Albumin은 BCG 법(Modular analytics, Roche, Germany), 총지질농도는 비색법(Agilent 8453, Germany), 포도당, 혈

Table 1. Chemical composition of Se-fertilized and non-Se-fertilized whole crop barley

	Whole crop barley ¹⁾ , sun-cured	
	Non-Se-fertilized	Se-fertilized ²⁾
Crude protein, %	7.20	8.05
Dry matter, %	97.10	97.20
Crude fiber, %	21.31	25.20
Ether extract, %	3.90	3.00
Crude ash, %	5.20	4.70
Calcium, %	0.22	0.25
Phosphorus, %	0.24	0.23
Selenium, mg/kg	0.08	11.89
Lysine, %	0.43	0.33

¹⁾Nitrogen fertilizer for Se and non-Se-barley was applied in the form of urea at a rate of 150 kg N ha⁻¹.

²⁾Sodium selenate as selenium fertilizer was applied at a rate of 380 g Se ha⁻¹.

Table 2. Ingredients and chemical composition of experimental diets

Item	Dietary Se, mg/kg			
	0.1	0.2	0.4	0.6
Corn grain, %	72.65	72.67	72.70	72.75
Soybean meal, %	20.35	20.33	20.30	20.25
Seleniferous whole crop barley, %	-	0.50	2.20	3.90
Non-seleniferous whole crop barley, %	5.00	4.50	2.80	1.10
Monocalcium phosphate, %	0.68	0.68	0.68	0.68
Limestone, %	0.82	0.82	0.82	0.82
Sodium chloride, %	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitamin/mineral mixture ¹⁾ , %	0.20	0.20	0.20	0.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ²⁾				
Crude protein, %	15.50	15.50	15.50	15.50
Crude ash, %	2.50	2.49	2.49	2.48
Calcium, %	0.52	0.52	0.52	0.52
Phosphorus, %	0.49	0.49	0.49	0.49
Selenium, mg/kg	0.14	0.20	0.40	0.60
Lysine, %	0.77	0.77	0.77	0.77
Digestible energy, kcal/kg	3,423.63	3,423.63	3,423.65	3,423.66

¹⁾Vitamin/mineral mixture provided per kilogram of diet: 5,820 IU vitamin A, 582 IU vitamin D₃, 22 IU vitamin E, 4.4 mg vitamin K, 5.8 mg riboflavin, 3.3 mg pantothenic acid, 34.9 mg niacin, 29 µg vitamin B₁₂, 100 mg Zn, 50 mg Fe, 27 mg Mn, 6 mg Cu, and 0.7 mg I

²⁾Calculated value.

청GOT(Serum glutamic-oxaloacetic transaminase), 혈청 GPT(Serum glutamic-pyruvic transaminase), 콜레스테롤, 지 밀도지방단백콜레스테롤 (LDL-cholesterol), 중성지방은 자동생화학분석기(ADVIA 1650, Bayer, Japan), IgG(면역글로불린G)는 Nephelometry법(Nephelometer, Dade Behring, Germany), 혈중 셀레늄농도는 원자흡수광도계(AA800, Perkin-Elmer, Germany)를 이용하여 분석을 실시하였다.

시험종료 후, 즉시 각 처리구당 5두씩 취하여 도축하였고, 도축된 공시동물의 등지방 두께, 육등급은 축산물품질평가원의 등급기준(KAPE, 2012)에 준하여 육류등급 판정사에 의하여 결정되었으며, 도체율은 생체중에 대한 도체중의 비율로 계산하였다.

조직 내 셀레늄함량조사

사양시험 종료 후, 처리구당 각 5두의 시험돈은 도축장으로 운반되어 조직(신장, 간, 등심)내 셀레늄함량을 조사하기 위하여 도축 후, 바로 신장과 간을 적출하고, 각 장기에 대하여 100 g의 시료를 채취하여 분석에 이용하였고, 등급판정 후, 100 g의 등심을 채취하여 분석 시까지 -80°C 냉동고에 보관하였다. 채취된 시료는 식육절단용 칼을 사용하여 시료의 균질화를 위하여 1 mm 이하로 미세하게 다져 셀레늄분석에 사용하였고, 조직 내 셀레늄함량은 AOAC(1995)방법에 따라 분석하였다.

통계분석

본 실험의 결과는 SAS package program(version 6.12,

USA, 2009)을 이용하여 사양성적, 혈액성상, 도체특성 및 조직 내 셀레늄함량은 GLM(general linear model)을 이용하여 분산분석하고, 처리군간 평균비교는 Duncan다중검정을 실시하였다. 육질 및 육량등급은 빈도분석 후 연관도 검정을 위하여 카이제곱(χ^2)검정을 실시하였다. 본 연구의 유의성검정은 5%($p < 0.05$) 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

사료섭취량, 증체량 및 사료효율

증가하는 수준의 셀레늄함유 청보리를 비육돈에 급여하였을 때, 사료섭취량, 증체량 및 사료효율은 Table 3에 나타내었다.

실험시작 후 14일까지의 사료 섭취량은 2.60-2.71 kg, 일당증체량은 846-862 g의 범위로 나타났으며, 28일의 사료 섭취량은 3.05-3.32 kg, 일당증체량은 791-862 g으로 나타났으며 처리구간 유의성은 나타나지 않았다. 42일의 사료 섭취량은 3.36-3.45 kg으로 차이가 나지 않았고, 일당증체량에서도 1,208-1,260 g 범위로 나타났다. 사양시험 42일간의 사료효율은 0.31-0.33으로 나타나 셀레늄 함량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

돼지 사료는 일반적으로 반추가축의 사료 보다 열량이 높고 섬유소 함량이 낮은 것이 특징이다. 하지만 최근 돼지 사료에 섬유소 함량이 높을 경우 변비 방지 효과와(Mroz *et al.*, 1986), 임신돈에게 포만감을 형성하며(Zoiopoulos *et al.*, 1983), 소화율 개선과(Park *et al.*, 2010), 번식성적이

Table 3. Growth performances of finishing barrows fed increasing levels of seleniferous whole crop barley

Items	Dietary Se, mg/kg				SEM ¹⁾
	0.1	0.2	0.4	0.6	
d 14					
Daily feed intake, kg	2.64	2.60	2.71	2.71	0.34
Average daily gain, g	846	855	862	856	185
Gain:feed intake	0.32	0.33	0.31	0.31	0.08
d 28					
Daily feed intake, kg	3.07	3.05	3.24	3.32	0.30
Average daily gain, g	791	862	854	825	179
Gain:feed intake	0.25	0.29	0.26	0.24	0.07
d 42					
Daily feed intake, kg	3.38	3.45	3.36	3.38	0.08
Average daily gain, g	1248	1251	1208	1260	195
Gain:feed intake	0.36	0.36	0.36	0.37	0.06
Overall					
Initial body weight, kg	65.60	67.20	65.44	67.30	4.40
Final body weight, kg	106.0	108.7	106.4	108.4	3.09
Daily feed intake, kg	3.03	3.03	3.10	3.14	114
Average daily gain, g	961.8	989.8	975.2	980.6	0.22
Gain:feed intake	0.32	0.33	0.31	0.31	0.05

¹⁾Standard error of the mean.

향상된다고 보고하여(Matte *et al.*, 1994), 조사료가 돼지사료로써의 이용효율이 낮고(Dierick *et al.*, 1989), 생산성 저하(Kass *et al.*, 1980) 등 돼지 사료 이용에 제한이 많은 것으로 알려져 있지만(MAF, 2007), 적절한 섬유질 사료 첨가는 생산성 향상에 도움을 주는 것으로 사료된다.

Cho(2006)는 돼지 사료의 조사료 첨가수준이 3.3% 정도가 적당하다고 보고하여 본 시험의 청보리 첨가수준인 5%와 비슷한 수준이었으며, 또한 Cho 등(2006)은 후보돈에 호맥사일리지 급여량을 달리하여 급여 시, 사료요구율 및 사료효율이 각각 2.78-2.89 및 0.35-0.36이라고 보고하여 본 시험의 사료효율과 유사한 결과를 보였다.

셀레늄은 갑상선 호르몬에 대하여 활성화 호르몬으로의 전환을 증가시키나, 증체량에는 영향을 미치지 않으며(Awadeh *et al.*, 1998), Mahan 등(1999)의 보고에서도 셀레늄의 첨가 수준에 의해 육성-비육돈의 사료섭취량 및 증체에 영향이 나타나지 않았다고 하였다. 또한 각 축종별로 다양한 연구결과가 보고되었는데, 면양에게 유기셀레늄 급여시험(Rock *et al.*, 2001) 및 임신우에게 무기 및 유기셀레늄을 급여 시(Gunter *et al.*, 2003), 사료섭취량 및 증체량에 영향을 미치지 않는다고 보고하여 본 시험의 연구와 유사한 결과를 보여 셀레늄의 급여가 섭취량 및 증체에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

혈액성상

증가하는 수준의 셀레늄함유 청보리를 비육돈에 급여하

였을 때, 혈중 총단백질, 알부민, 포도당 및 총지질 농도에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다.

혈중 총단백질 농도는 6.98-7.20 g/dL의 범위로 나타나 시험구간 차이가 나타나지 않았으며, 혈중 알부민농도와 혈중 글루코스 함량 또한 각각 3.88-4.00 g/dL와 78.4-85.4 mg/dL로 시험구간 차이가 나타나지 않았다. 혈중 총지질 농도는 0.4와 0.6 ppm 급여구가 각각 249.9와 255.8 mg/dL으로 대조구와 0.2 ppm 급여구 보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

SGOT 및 SGPT는 처리에 따른 차이는 나타나지 않았다. 혈중 총콜레스테롤은 대조구가 98 mg/dL으로 0.4와 0.6 ppm 셀레늄 시험구의 각각 84.8과 85.2 mg/dL 보다 높게 나타났다($p < 0.05$). LDL-콜레스테롤 또한 셀레늄 함량이 높을수록 낮은 경향으로 나타났다. 혈중 중성지방은 대조구가 46.0 mg/dL으로 가장 높았고 0.6 ppm 셀레늄 시험구가 34.0 mg/dL으로 가장 낮았다($p < 0.05$).

혈중 면역글로불린은 셀레늄 함유 청보리 급여로 시험구간 차이가 나타나지 않았지만, 셀레늄 함유량이 많을수록 높게 나타나 0.6 ppm 급여구가 850.3 µg/mL으로 가장 높았다($p < 0.05$). 혈중 셀레늄 농도 또한 대조구가 253.3 µg/mL으로 가장 낮았고, 0.6 ppm구가 310.2 µg/mL으로 고농도의 셀레늄을 함유한 시험구일수록 유의적으로 높아졌다($p < 0.05$).

셀레늄은 과잉 섭취 시 중독성을 나타낸다(Wendel, 1989). 중독의 증상은 간경변 등 간기능 장애로 나타나며(Jia *et al.*, 2005), 혈중 SGOT 및 SGPT는 간기능 이상의 주된 지표이다. 본 시험에서 사료 내 셀레늄을 0.6 ppm씩 급여 시

Table 4. The effects of feeding increasing levels of seleniferous whole crop barley on blood metabolites in finishing barrows

Items	Dietary Se, mg/kg				SEM ¹⁾
	0.1	0.2	0.4	0.6	
Total protein, g/dL	6.99	7.20	6.98	7.01	0.34
Albumin, g/dL	3.88	4.00	3.91	3.90	0.19
Glucose, mg/dL	83.8	82.2	85.4	78.4	7.05
Total lipid, mg/dL	329.7 ^a	304.3 ^a	249.9 ^b	255.8 ^b	34.56
SGOT ²⁾ , U/l	41.9	37.5	35.9	39.8	4.63
SGPT ³⁾ , U/l	46.8	45.6	44.8	53.6	7.14
Total cholesterol, mg/dL	98.0 ^a	94.4 ^a	84.8 ^b	85.2 ^b	6.78
LDL cholesterol ⁴⁾ , mg/dL	47.5	46.0	41.6	41.7	4.94
Triglyceride, mg/dL	46.0 ^a	43.2 ^{ab}	38.0 ^{ab}	34.0 ^b	7.39
IgG, mg/dL	657.2 ^b	709.7 ^{ab}	740.2 ^{ab}	850.3 ^a	131.6
Selenium, µg/mL	253.3 ^c	267.5 ^{bc}	281.6 ^b	310.2 ^a	15.99

¹⁾Standard error of the mean.

²⁾SGOT abbreviates serum glutamic-oxaloacetic transaminase

³⁾SGPT abbreviates serum glutamic-pyruvic transaminase

⁴⁾Low-density lipoprotein cholesterol

^{a-c}Means in a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

에도 대조구와 차이가 나타나지 않아 독성수준은 아닌 것으로 판단되며, 돼지사료에 중독증세가 나타나는 수준은 5 ppm 이상에서 나타난다고 보고하여(Kim and Mahan, 2001), 본 시험에서 급여한 수준은 셀레늄 독성을 나타내기에는 낮은 수준으로 사료된다.

셀레늄은 적혈구 안에 있는 glutathione peroxidase의 구성 성분으로 적혈구의 막과 세포막을 과산화물로부터 보호해 주는 역할을 함으로(Rotruck *et al.*, 1973), 지방 과산화물의 생성을 억제 하거나 콜레스테롤 대사의 변화를 가져와 체내 지질에 직접적인 영향을 미친다(Salonon *et al.*, 1988). 본 시험에서도 혈중 총지질, 총콜레스테롤 및 중성지질 함량이 셀레늄 첨가 수준이 높을수록 감소하여, 셀레늄 공급이 지질대사를 개선하는 것으로 사료된다.

혈액 내 IgG 함량은 면역기능을 나타내는 지표로서, 셀레늄의 항질병 효과(Neve, 1996)는 이미 널리 알려져 있다. 본 시험에서는 셀레늄 급여구간에는 차이가 없었으나, 대조구에 비해 0.6 ppm 첨가구가 유의하게 높아 면역기능의 효과가 있음을 알 수 있었다.

본 시험에서 혈중 셀레늄 농도는 급여한 셀레늄이 증가함에 따라 직선적인 증가를 보였으며, Gunter 등(2003)은 무기셀레늄보다는 유기셀레늄이 혈중 셀레늄 농도를 더욱 높인다고 보고하여, 청보리에 함유된 유기셀레늄의 장관 내 흡수율이 양호함을 알 수 있었다. 또한 조직 내 축적되는 셀레늄 함량은 혈중 셀레늄 농도와 밀접한 상관관계를 가지는 것으로 알려져 있어(Hintze *et al.*, 2001), 본 시험결과를 비추어 보면, 혈중 순환되는 셀레늄이 조직으로 운반되어 축적될 것으로 사료된다.

도체형질, 육질 및 육량등급

증가하는 수준의 셀레늄함유 청보리를 비육돈에 급여하

Table 5. Carcass characteristics of finishing barrows fed increasing levels of seleniferous whole crop barley

Item	Dietary Se, mg/kg				SEM ¹⁾
	0.1	0.2	0.4	0.6	
Live body weight, kg	106.02	108.76	106.43	108.48	3.09
Carcass weight, kg	77.85	80.60	78.40	81.02	2.77
Dressing, %	73.44	74.10	73.69	74.69	1.50
Backfat thickness, mm	15.20	14.60	15.20	14.80	2.93

¹⁾Standard error of the mean

Table 6. Frequency analysis for Meat quality and quantity grades of finishing barrows fed increasing levels of seleniferous whole crop barley

Item	Dietary Se, mg/kg				χ^2 -value
	0.1	0.2	0.4	0.6	
Quality grade (I ⁺ :1:2)	0:2:3	0:1:4	0:2:3	1:1:3	3.8974 ^{NS}
Quantity grade (A:B:C:D)	0:3:1:1	0:1:1:3	0:3:2:0	1:1:1:2	8.9333 ^{NS}

^{NS}Not significant

였을 때, 도체형질, 육질 및 육량등급에 미치는 영향은 Table 5, 6과 같다.

사료내 셀레늄함유 청보리의 급여로 도체중은 77.85-81.02 kg, 도체율은 73.44-74.69%의 범위로 나타났으나, 처리구간 차이는 나타나지 않았으며, 등지방 두께 또한 평균 14.95 mm으로 처리구간 유의적 차이는 나타나지 않았다.

육질 및 육량등급은 사료 내 셀레늄함유 청보리의 급여로 유의한 상관도가 형성되지 않아(χ^2 값 : 육질(3.90), 육량(8.93)), 셀레늄급여가 육질 및 육량에는 영향을 나타내지 않는 것으로 나타났다.

Lee 등(2004)의 보고에 의하면 거세한우에게 수준이 다른 유기셀레늄을 급여 시 도체특성에는 영향을 미치지 않으며, Kim 등(2006)도 비육돈에게 수준이 각각 0.15와 0.3 mg/kg 셀레늄을 급여 시 도체성적에는 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 또한, 본 시험에서 조사하지 않았지만 육질특성에서도 셀레늄 급여에 따른 차이가 나타나지 않았으며(Park *et al.*, 2005; Mateo *et al.*, 2007), 도체등급 판정 요인 중 등지방층 두께, 육량지수에서도 차이가 나타나지 않아(Park *et al.*, 2006) 셀레늄 급여는 도체특성, 육질 및 육량등급에 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

조직 내 셀레늄함량

수준이 다른 셀레늄 함유 청보리를 비육돈에 급여하였을 때, 조직 내 셀레늄함량에 미치는 영향은 Table 7과 같다.

사료내 셀레늄함유 청보리 급여수준이 증가할수록 신장에서의 셀레늄 함량은 대조구의 2.14 μ g/g에서 0.6 ppm 급여구의 2.42 μ g/g로 유의하게 높아졌으며($p<0.05$), 간장과 돈육의 등심에 함유된 셀레늄 함량 또한 대조구에 비해

Table 7. Tissue selenium contents (μ g/g) on fresh basis of finishing barrows fed increasing levels of seleniferous whole crop barley

Item	Dietary Se, mg/kg				SEM ¹⁾
	0.1	0.2	0.4	0.6	
Kidney, μ g/g	2.14 ^b	2.18 ^b	2.29 ^{ab}	2.42 ^a	0.11
Liver, μ g/g	0.76 ^c	0.85 ^{bc}	0.93 ^{ab}	0.97 ^a	0.06
Loin, μ g/g	0.28 ^c	0.37 ^{bc}	0.44 ^{ab}	0.49 ^a	0.05

¹⁾Standard error of the mean

^{a-c}Means in a row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

0.4와 0.6 ppm 급여구에서 각각 0.93-0.97과 0.44-0.49 $\mu\text{g/g}$ 으로 유의하게 높았다($p < 0.05$).

셀레늄을 급여 시 각 조직에 따라 셀레늄 축적율은 다르게 나타나는데, 면양에서는 골격근의 축적율이 가장 낮고 신장은 골격근의 10-16배까지 축적할 수 있으며(Zachara *et al.*, 1993), 간의 셀레늄 함량은 골격근 보다 2-4배 정도 높아(Combs and Combs, 1986) 본 시험의 결과와 일치하였다.

그리고 신장, 간장 및 등심내 셀레늄함량은 사료내 셀레늄함유 청보리 급여수준이 증가함에 따라 유의하게 직선적으로 증가하여 셀레늄강화 청보리급여 시 기능성 돈육의 생산이 가능한 것으로 나타났으며, 특히 조직 내 셀레늄함량의 증가는 청보리내 존재하는 셀레늄이 소화 흡수되기 좋은 형태인 유기형태의 셀레늄으로 존재하는 것으로 판단된다.

또한, 세계보건기구(WHO, 1996)의 보고에 의하면, 1일 성인 셀레늄 권장량은 최소 40 μg 으로 0.4 ppm 셀레늄함유 청보리를 섭취한 돼지의 등심돈육 100 g 이상을 섭취하면 충족되는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 증가하는 수준의 셀레늄함유 청보리 사료를 비육돈에 급여 시 비육돈의 생산성, 혈액성상, 도체형질 및 조직 내 셀레늄함량에 미치는 영향을 조사하였다. 시험은 거세비육돈 40두를 공시하였고, 처리구는 셀레늄 수준에 따라 4처리구(0.1 ppm(대조구), 0.2 ppm, 0.4 ppm, 0.6 ppm)로 나누어 처리구당 5 pen씩, pen당 2두씩 배치하여, 6주간 사양시험을 실시하였다. 각 시험사료는 셀레늄 함유 및 셀레늄무시비 관행 청보리를 조합하여 배합비의 5%를 배합하였고, 조단백질 및 가소화에너지 함량은 처리구간 유사하도록 배합하였다.

실험사료 내에 셀레늄함유 청보리의 수준증가는 사료섭취량과 증체에 영향을 미치지 않았고, 혈중 총지질 농도는 셀레늄 수준이 증가할수록 유의하게 낮아졌으며($p < 0.05$), 혈중 총콜레스테롤은 대조구가 0.4와 0.6 ppm 셀레늄 시험구보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 혈중 중성지방농도는 사료내 셀레늄수준이 증가함에 따라 유의하게 낮아졌고($p < 0.05$). 혈중 면역글로블린 G와 셀레늄 농도는 사료 내 셀레늄수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 도체율, 등지방 두께, 육량 및 육질등급은 셀레늄급여로 인한 효과가 나타나지 않았다. 신장, 간장 및 등심 내 셀레늄함량은 사료 내 셀레늄함유 청보리 급여수준이 증가함에 따라 유의하게 직선적으로 증가하였다.

이상의 결과에서 셀레늄함유 청보리급여는 비육돈의 지질대사관련 혈액성상을 개선시켰고, 셀레늄강화 돈육의 생산이 가능하였다. 본 연구에서 조직 내 셀레늄수준을 강

화시키기 위한 사료내 적정셀레늄수준은 0.4 ppm인 것으로 나타났고, 생산된 돈육 등심 100 g이 소비자에게 제공되었을 때, 세계보건기구(WHO, 1996)에서 제안한 성인기준 1일 최소셀레늄권장량(40 μg)이 충족되는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ007428042012) 수행결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Arthur, J. R., Nicol, F., and Beckett, G. J. (1993) Selenium deficiency, thyroid hormone metabolism, and thyroid hormone deiodinases. *Am. J. Clin. Nutr.* **57**, 236-239.
3. Awadeh, F. T., Kincaid, R. L., and Johnson, K. A. (1998) Effect for level and source of dietary selenium on concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in beef cows and calves. *J. Anim. Sci.* **76**, 1204-1215.
4. Cho, J. H. (2006) Effects of feeding rye silage in finishing pigs and replacing gilts. MSc thesis, Dankook Univ., Seoul, Korea.
5. Cho, J. H., Han, Y. K., Min, B. J., Chen, Y. J., Kim, H. J., Yoo, J. S., Kim, J. W., and Kim, I. H. (2006) Effect of feeding rye silage and feed restriction on both growth and reproductive performances in replacing gilts. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* **48**, 69-76.
6. Combs, G.F. and Combs, S.B. (1986) The role of selenium in Nutrition. Academic press. Inc., NY, pp. 1-5.
7. Dierick, N.A., Vervaeke, I.J. Demeyera, D.I., and Decuyper, J.A. (1989) Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Anim. Feed Sci. Technol.* **23**, 141-167.
8. Finley, J. W. (2000) Does selenium accumulation in meat confer a health benefit to the consumer? *Proc. Soc. Anim. Sci.* pp. 1-10.
9. Garnier, J. P., Klont, R., and Plastow, G. (2003) The potential impact of current animal research on the meat industry and consumer attitudes towards meat. *Meat Sci.* **63**, 79-88.
10. Greeder, G.A. and Milner, J.A. (1980) Factors influencing the inhibitory effect of selenium on mice, inoculated with Ehrlich ascites tumor cells. *Science* **209**, 825-826.
11. Gunter, S. A., Beck, P. A., and Philips, J. M. (2003) Effects of supplementary selenium source on the performance and blood measurements in beef cows and their calves. *J. Anim. Sci.* **81**, 856-864.
12. Hidiroglou, M. D., Heanley, P., and Jenkins, K. J. (1968) Metabolism of inorganic selenium in rumen bacteria. *Can. J. Physiol. Pharm.* **46**, 229-232.
13. Hintze, K. J., Lardy, G. P., Marchello, M. J., and Finley, J. W. (2001) Areas with high concentrations of selenium in the soil

- and forage produce beef with enhanced concentrations of selenium. *J. Agric. Food Chem.* **49**, 1062-1067.
14. Jia, X., Li, N., and Chen, J. (2005) A subchronic toxicity study of elemental Nano-Se in Sprague-Dawley rats. *Life Sci.* **76**, 1989-2003.
 15. Jun, Y. S. and Choi, M. K. (2002) Effect of copper and selenium supplementation on lipid contents in rats. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* **12**, 100-106.
 16. KAPE. (2012) <http://www.ekape.or.kr/> accessed on June 30, 2012.
 17. Kass, M. L., Van Soest, P. J., and Pond, W. G. (1980) Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* **50**, 192-197.
 18. Kim, Y. Y. and Mahan, D. C. (2001) Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium on selenium toxicity of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* **79**, 942-948.
 19. Kim, Z., Choi, S.C., and Chae, B. J. (2006) Effect of dietary vitamin E and selenium on growth performance, nutrient digestibility and pork quality in finishing pigs. *Annals Anim. Resour. Sci.* **17**, 28-35.
 20. Lawler, T. L., Taylor, J. B., Finley, J. W., and Caton, J. S. (2004) Effect of supranutritional and organically bound selenium on performance, carcass characteristics, and selenium distribution in finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* **82**, 1488-1493.
 21. Lee, S. H., Jo, I. H., Kim, G. W., Hwangbo, S., Han, O. K., Song, T. H., Park, T. I., and Choi, I. B. (2012) Influences of seleniferous whole crop barley supplement on growth performance and blood characteristics in growing pigs. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* **32**, 39-48.
 22. Lee, S. H., Park, B. Y., and Kim, W. Y. (2004) Effects of spent composts of Se-enriched mushrooms on carcass characteristics, plasma GSH-Px activity, and Se deposition in finishing Hanwoo steers. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* **46**, 799-810.
 23. MAF and National Institute of Animal Science. (2007) Korean Feeding Standard for Swine. Sangrokssa
 24. Mahan, D. C., Cline, T. R., and Richert, B. (1999) Effects of dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing-finishing pigs on performance, tissue selenium, serum glutathione peroxidase activity, carcass characteristics and loin quality. *J. Anim. Sci.* **77**, 2172-2179.
 25. Mahan, D. C. and Parrett, N. A. (1996) Evaluating the efficacy of selenium-enriched yeast and sodium selenite on tissue selenium retention and serum glutathione peroxidase activity in grower and finisher swine. *J. Anim. Sci.* **74**, 2967-2974.
 26. Mateo, R. D., Spallholz, J. E., Elder, R., Yoon, I., and Kim, S. W. (2007) Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. *J. Anim. Sci.* **85**, 1177-1183.
 27. Matte, J. J., Robert, S., Girard, C. L., Farmer, C., and Martineau, G. P. (1994) Effect of bulky diets based on wheat bran or oat hulls on reproductive performance of sows during their first two parities. *J. Anim. Sci.* **72**, 1754-1760.
 28. Mroz, Z., Partridge, G., Mitchell, G., and Keal, H. D. (1986) The effects for oat hulls added to the basal ration for pregnant sows on reproductive performance, apparent digestibility, rate of passage and plasma parameters. *J. Sci. Food Agric.* **37**, 239-247.
 29. Neve, J. (1996) Selenium as a risk factor for cardiovascular diseases. *J. Cardiovasc. Risk* **3**, 42-47.
 30. NRC (1998) Nutrient requirements of Swine. 10th revised edition. National Academy Press, Washington, DC.
 31. Ortman, K. and Pehrson, B. (1999) Effect of selenate as a feed supplement to dairy cows in comparison to selenite and selenium yeast. *J. Anim. Sci.* **77**, 3365-3370.
 32. Park, B. Y., Cho, S. H., Kim, J. H., Lee, S. H., Hwang, I. H., Kim, D. H., Kim, W. Y., and Lee, J. M. (2005) Effects of organic selenium supplementation on meat quality of Hanwoo steers. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* **47**, 277-282.
 33. Park, B. Y., Cho, S. H., Seong, P. N., Hah, K. H., Lee, S. H., Hwang, I. H., Kim, D. H., Kim, W. Y., Lee, J. M., and Ahn, J. N. (2006) Effect of selenium sources on meat quality of Hanwoo steers. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* **48**, 603-610.
 34. Park, D. Y., Park, J. K., Cho, S. B., and Kim, C. H. (2010) Effects of dried whole crop barley treated with cellulolytic microorganisms on In vitro fermentation characteristics in swine. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* **30**, 179-190.
 35. Rock, M. J., Kincaid, R. L., and Carstens, G. E. (2001) Effects of prenatal source and level of dietary selenium on passive immunity and thermometabolism of newborn lambs. *Small Ruminant Res.* **40**, 129-138.
 36. Rotruck, J. T., Pope, A. L., Grather, H. F., Hafeman, D. G., Swanson, A. B., and Hoekstra, W. G. (1973) Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* **179**, 588-590.
 37. Salonen, J.T., Salonen, R., Seppanen, K., Kantola, M., Parvainen, M., Alftan, G., Maenpaa, P.H., Taskinen, E., and Rauramaa, R. (1988) Relationship of serum selenium and antioxidants to plasma lipoproteins, platelet aggregability and prevalent ischaemic heart disease in Eastern Finnish men. *Atherosclerosis*, **70**, 155-160.
 38. SAS (2000) SAS/STAT® User's guide (Release 8.1 ed.). Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
 39. Wendel, A. (1989) Selenium in biology and medicine. Springer-Verlag, Berlin. pp. 3-325.
 40. World Health Organization. (1996) Selenium. In Trace elements in human nutrition and health, Geneva, pp. 105-122.
 41. Zachara, B. A. Mikolajczak, J., and Trafikowska, U. (1993) Effect of various dietary selenium (Se) intakes on tissue Se levels and glutathione peroxidase activities in lambs. *Zentralbl. Veterinarmed. A.* **40**, 310-318.
 42. Zoiopoulos, P. E., English, P. R., and Topps, J. H. (1983) A note on intake and digestibility of a fibrous diet self fed to primiparous sows. *Anim. Prod. J. Agric. Sci.* **37**, 153-156.