

TECHNICAL NOTE

## 옥수수를 보리로 대체 급여 시 육성돈의 성장, 영양소 소화율 및 혈액성상에 미치는 영향

김희윤 · 김삼철<sup>1)</sup> · 송영민\*

경남과학기술대학교 동물소재공학과, <sup>1)</sup>경상대학교 응용생명과학부(BK21Plus, 농업생명과학연구원)

### Effects of Replacing Corn Meal with Barely on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Blood Metabolites in Growing Pigs

Hoi-Yun Kim, Sam-Churl Kim<sup>1)</sup>, Young-Min Song\*

Department of Animal Resource Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

<sup>1)</sup>Division of Applied Life Science (BK21Plus, Insti. of Agric. & Life Sci.), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

#### Abstract

A total of 16 growing pigs (Landrace × Yorkshire × Duroc, average weight 71 ± 2 kg) were used in this experiment for 24 days to determine the effect of replacing ground corn with barley varieties on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites. Each pig was housed individually in a metabolic cage with a nipple waterer and feeder. Four dietary treatments included control (a corn and soybean meal-based diet) and 3 barley varieties (Youngyang, Wooho, or Yuyeon barley replacing 40% of ground corn). Growth performance and nutrient digestibility were not affected by replacement of 40% of ground corn with one of the three barley varieties ( $p > 0.05$ ), but final body weight was. As for blood characteristics, pig treated with all of the barley treatments had no effect ( $p > 0.05$ ) on total protein, albumin, aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), lactate dehydrogenase (LD), and glucose in comparison with control; however, there was a difference in high density lipoprotein (HDL)-cholesterol levels between the control and all of the barley replaced treatment groups ( $p < 0.05$ ). In conclusion, in spite of statistically significant differences, each of the three barley varieties is a suitable substitute for ground corn in the diet of growing and fattening pigs without adverse effects on growth performance, nutrient digestibility, and blood characteristics.

**Key words** : Barley, Blood metabolites, Corn, Nutrient digestibility, Pig

#### 1. 서론

최근의 우리나라 양돈 산업은 다양한 요인들로 인해 국제 경쟁력을 물론 국내 경쟁력 또한 약화되고 있는 실

정이다. 그 중에서도 가장 큰 요인은 기후 온난화에 의한 국제 곡물가격의 상승과 유가 상승으로 인한 해상 운임비의 증가, 그리고 미국에서 옥수수를 이용한 바이오에탄올 증산과 대두를 이용한 바이오디젤 생산 증가 등이

Received 1 June, 2016; Revised 21 June, 2016;

Accepted 22 June, 2016

\*Corresponding author : Young-Min Song, Department of Animal Resource Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

Phone: +82-55-751-3282

E-mail : pigsong@gntech.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

원인으로 제시되고 있다. 이로 인해 국제 옥수수 가격의 상승이 야기되었고 소맥과 대두 및 다른 곡물의 동반상승으로 국내 양돈농가의 사료비 부담은 더욱 가중되고 있다. 특히 돼지는 거의 대부분을 배합사료에 의하여 사육되며 양돈용 배합사료의 원료가 되는 옥수수, 소맥 및 대두박은 대부분 수입에 의존하고 있다. 그 중에서도 옥수수는 50% 이상을 차지하고 있으며 이를 대체할 수 있는 국내 자급 사료자원 개발이 시급한 실정이다. 2013년 12월 현재 전체 배합사료 생산량은 18,936 천 톤이며 이중 양돈 배합사료 생산량은 6,136 천 톤으로 전체 생산량의 32.4%를 차지하고 있다(MAFRA, 2014a). 양돈용 배합사료 가격은 2007년 403 won/kg, 2010년 514 won/kg 및 2013년 637 won/kg으로 각각 27.5% 및 23.9%의 사료비가 증가하였다(MAFRA, 2014b). 따라서 사료 구성의 약 96% 이상이 곡류임을 고려할 때, 수입에만 의존하고 있는 국내 양돈산업은 국제 곡물가격에 매우 탄력적으로 반응할 수밖에 없는 구조적 취약점을 가지고 있다. 이를 위해 양돈 산업에서 생산비 저감을 위한 노력으로 국내 부존자원을 활용한 다양한 연구들이 수행되었는데, 농업부산물로는 감 껍질, 감귤박 및 버섯 재배부산물(Chu et al., 2012; Kim, 2013) 등이 있다. 가공부산물로는 포도박(Kwak and Yun, 2003)과 칩부산물(Lee, 2007), 식품부산물로는 남은 음식물(Jee, 2003)을 이용하여 양돈 농가의 사료비를 줄이고 있다.

이에 반해 국립식량과학원에서는 수입 배합사료를 대체할 수 있는 새로운 국내 자급사료 품종을 찾고자 하였으며, 동계 유희지를 활용할 수 있는 보리는 영양적, 사료적 가치가 높아 옥수수를 대체할 수 있을 것으로 예상되어 국내산 신품종 보리의 생산을 정부에서 장려하고 많은 농가에서 이용하고 있다(Yun et al., 2009). 겨울철 대표적인 동계작물인 보리는 옥수수, 쌀 및 밀과 함께 세계 4대 곡물 중 하나로(FAO, 2002), 전분 함량이 높고, 조단백질과 lysine 함량이 옥수수보다 높은 특징(INRA, 2004)을 가지고 있다. 그 밖에 필수영양소, 식이 섬유성 탄수화물, 천연색소 및 항산화 성분이 다량 함유하고 있고(Froseth, 1984), 옥수수 대비 사료가치가 90~95% 정도이다(KSNU, 1997). 국내산 보리에 관한 연구는 주로 수입 조사료 대비 청보리의 조사료화 연구 등이 보고되고 있다(Kim et al., 2007). 이러한 국내산 보리에 관한 연구는 거의 대부분이 사일리지 형태의 조사료로 급여하

고 있으며, 보리 종실을 활용한 양돈용 배합사료 형태로의 보급은 거의 전무한 실정이다. 최근에는 국내산 청보리를 이용하여 종실은 양돈용으로 공급하고, 남은 부분을 조사료로 공급하는 형태의 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내산 보리 품종에 따른 육성돈의 생산성, 소화율 그리고 혈액 성상에 미치는 영향을 조사하여 국내산 보리에 대한 양돈사료 내 에너지 사료 대체 자원으로서의 가치를 평가하기 위해 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시험기간과 장소

경상대학교 동물윤리위원회의 승인을 얻어, 경상대학교 부속동물사육장에서 예비시험을 10일간 수행한 후 본 시험을 13일간 실시하였다.

### 2.2. 공시동물, 사양관리 및 사료

공시동물은 생후 120일령의 체중( $71 \pm 2$  kg)이 비슷한 3원 교잡종 육성돈(L×Y×D) 16두를 대사틀에 1두씩 입식하여 처리구당 4두씩 × 4개 처리구로 사양실험을 실시하였다. 본 시험에 이용된 양돈사료는 대조구(옥수수-대두박 위주의 사료, CON), 옥수수의 40%를 영양(Youngyang)보리로 대체한 처리구(YG40), 옥수수의 40%를 우호(Wooho)보리로 대체한 처리구(WH40) 및 옥수수의 40%를 유연(Yuyeon)보리로 대체한 처리구(YY40) 총 4 처리구를 두었다. 본 시험에 이용된 육성돈 사료배합비 및 화학적 조성은 Table 1과 같다. 시험사료의 원료인 국내산 보리는 국립식량과학원에서 제공받았으며, 수입 대두박과 수입 옥수수는 두산생물자원(Bucheon, Korea)에서 구입하였고, 당밀, 대두유, 제2인산칼슘, 소금 및 종합영양제는 Feed bank(Jinju, Korea)에서 시판되고 있는 원료를 구입하여 시험사료 제조에 이용하였다. 시험사료 제조는 제시된 배합비율대로 스크류 형태의 사료배합기(Daesung Co., Korea)를 이용하여 1회 각 처리구별로 25 kg씩 제조하여 급여하였고, 일일 급여량을 정량하고 남은 사료는 공기를 배제하여 재포장한 후 보관하면서 진행하였다. 시험 돈사는 콘크리트 바닥으로 기타 사양관리는 사육농장의 관행에 준하였다. 사료급여는 습식 급여기로 일일 급여량은 제한된

**Table 1.** Ingredients and chemical compositions of experimental diets (DM basis)

	Treatment <sup>1</sup>			
	CON	YG40	WH40	YY40
<b>Ingredients (%)</b>				
Corn	66.44	39.86	39.86	39.86
Barley	0.00	26.58	26.58	26.58
Soybean meal	27.45	26.46	26.11	26.27
Molasses	1.00	1.00	1.00	1.00
Soy oil	2.83	3.75	4.16	3.95
Dicalcium phosphorus	1.53	1.60	1.55	1.59
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
Primix <sup>2</sup>	0.50	0.50	0.50	0.50
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical compositions (%)</b>				
Dry matter	87.87	88.84	88.87	89.00
Crude protein	18.16	18.55	18.07	18.59
Extract ether	5.11	5.74	6.05	5.85
Crude fiber	2.74	3.35	3.75	3.72
Calcium	0.90	0.90	0.90	0.90
Phosphorus	0.65	0.82	0.85	0.88
Lysine	1.00	1.03	1.00	1.03
Methionine	0.30	0.28	0.28	0.29
ME, kcal/kg	3,350	3,350	3,350	3,350

<sup>1</sup>CON, basal diet; YG40, Yongyang barley replacing for 40% ground corn; WH40, Wooho barley replacing for 40% ground corn; YY40, Yuyeon barley replacing for 40% ground corn

<sup>2</sup>Vitamin-mineral premix provided per kg of feed: Vitamin A, 3,000,000 IU; Vitamin D3, 600 IU; Vitamin E, 500 mg; Vitamin B1, 500 mg; Vitamin B2, 2,500 mg; Vitamin B6, 330 mg; Vitamin K3, 500 mg; Folic acid, 50 mg; DL-Methionine, 10,000 mg; L-Lysine HCl, 2,500 mg; Calcium pantothenate, 1,250 mg; Nicotinamide, 2,000 mg; Choline chloride, 75 mg; Manganese, 25 mg; Zinc, 12 mg; Copper, 1,250 mg; Ferrous sulfate, 10 mg; Cobaltous sulfate, 90 mg; Dried yeast, 100 mg

양의 사료(체중의 3%, 1.5~2.0 kg/head)를 오전과 오후로 나누어 2회 급여하였고, 시험사료 이외의 첨가제는 일체 급여하지 않았으며, 급여하고 남은 잔량을 기록하였다. 영양소 소화율 실험을 위해 Period I(1~8일), Period II(8~16일) 및 Period III(16~24일)로 나누어 3회에 걸쳐 cross over법으로 진행하였으며, 각 period 당 4일간의 예비시험과 4일간의 본시험으로 수행하였다.

### 2.3. 조사항목 및 분석방법

#### 2.3.1. 생산성

생산성 조사를 위해 개시 시 체중 및 종료 시 체중을 2

회에 걸쳐서 측정하였고, 총 증체량은 종료 시 체중에 개시 시 체중의 차이로 총 증체량을 구하였으며, 총 증체량에서 사육일수를 나누어 일당 증체량을 계산하였다. 총 사료섭취량은 개시일로부터 종료일까지 급여한 사료의 양에 잔량을 제외한 것을 측정하였고, 급여기간으로 나누어 일일 사료섭취량을 계산하였다. 사료효율은 사육기간 중 증체량을 사육기간 동안 섭취한 사료섭취량으로 나누어 구하였다.

#### 2.3.2. 영양소 소화율(*In vivo*)

시험사료의 영양소 소화율은 전분법으로 측정하였다.

영양소 함량을 조사하기 위하여 본 시험 4일 동안 대사시험을 실시하여 매일 2회 수거한 분의 무게를 측정하였다. 그 중 10%를 채취하여 분석용 시료로 이용하였다. 채취한 분은 60°C의 송풍건조기에서 48시간 건조시킨 후 Willey mille로 분쇄하여 1 mm screen을 통과한 것을 분석에 이용하였다. 영양소 함량은 AOAC(2000)방법에 준하여 건물 소화율은 건조법(102°C/4 hr), 조단백질 소화율은 Kjeldahl 분해법, 조지방 소화율은 Soxhlet 추출법, 조회분 소화율은 직접회화법(550°C/8 hr)으로 분석하였고, 조섬유 소화율은 Goering and Van Soest(1970) 방법으로 분석하였다.

### 2.3.3. 혈액성상

혈액성상 분석을 위한 공시동물의 채혈은 3시간 동안 절식 후 돼지의 경정맥으로부터 혈액을 약 20 mL를 채취하여 혈액채취용 시험관에 넣어 저온 보관 후 분석에 이용하였다. 보관한 시료를 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리 후 혈청만 회수하여 즉시 혈액생화학 분석기(Express Plus, Bayer USA, 2002)를 이용하여 total protein, albumin, aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), lactate dehydrogenase (LD), glucose 및 HDL-cholesterol을 분석하였다.

### 2.4. 통계처리

육성돈에 대한 국내산 보리 품종별 사료가치를 평가

한 자료는 3반복을 기본으로 하여 분석되었다. 본 시험에서 얻어진 결과는 SAS program(SAS, 2002)의 GLM (general linear model) 방법을 이용하였고, 처리구간 비교는 Tukey test( $p < 0.05$ )로 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 생산성과 영양소 소화율에 대한 영향

육성돈에 대한 국내산 보리 품종별 사료가치를 평가하기 위해 생산성을 조사한 결과는 Table 2과 같다. 종료 체중(final BW)을 제외하고 모든 처리구에서 통계적 유의성이 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ). 통계적 유의성에 상관 없이, 육성돈 사료에 옥수수의 40%를 영양보리(YG40), 우호보리(WH40) 및 유연보리(YY40)로 대체하여 급여한 생산성 조사에서 종료체중은 WH40 처리구에서 가장 높게 나타났으며, CON구에서 가장 낮았다( $p < 0.05$ ). 보리는  $\beta$ -glucan을 함유한 고섬유질 사료로서 급여 시 장내 점성이 증가하여 사료의 이동속도가 저하되고 따라서 일정 에너지 수준을 유지하고 위하여 사료섭취량이 증가한다고 보고 하였는데(Marlett, 1991; Song et al., 2011), 본 시험에서도 유사한 결과를 나타내었다. 한편, Chung et al.(1998)은 육성비육돈에 보리를 급여 시 증체량이 개선되나, 사료섭취량과 사료효율은 차이가 없다고 보고하였는데, 본 시험에서도 종료체중은 보리를 첨

**Table 2.** Effects of replacement of ground corn with different barley grains on growth performance in growing pigs (DM basis)

Item	Treatment <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P value
	CON	YG40	WH40	YY40		
Initial body weight (kg)	69.30	71.10	71.80	73.80	2.543	0.518
Final body weight (kg)	83.50 <sup>b</sup>	87.00 <sup>ab</sup>	89.50 <sup>a</sup>	88.80 <sup>ab</sup>	1.468	0.046
ADG (A) (kg/d) <sup>3</sup>	0.62	0.69	0.77	0.65	0.065	0.543
ADFI (B) (kg/d) <sup>4</sup>	2.28	2.45	2.46	2.48	0.122	0.459
Feed/gain (A/B)	3.68	3.55	3.19	3.82	0.474	0.832
Feed efficiency (B/A)	0.28	0.28	0.31	0.27	0.041	0.846

<sup>ab</sup>Means in the same column with different superscripts differ significantly ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup>CON, basal diet; YG40, Youngyang barley replacing for 40% ground corn; WH40, Wooho barley replacing for 40% ground corn; YY40, Yuyeon barley replacing for 40% ground corn

<sup>2</sup>SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup>ADG, average daily gain

<sup>4</sup>ADFI, average daily feed intake

**Table 3.** Effects of replacement of ground corn with different barley grains on feed intake and nutrient digestibility in growing pigs (% , DM basis)

Item	Treatment <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P value
	CON	YG40	WH40	YY40		
Feed intake, kg/d	2.28	2.45	2.46	2.48	0.122	0.459
<b>Nutrient digestibility (% , DM)</b>						
Dry matter	86.4	84.7	84.0	84.5	1.943	0.640
Crude protein	84.2 <sup>a</sup>	79.4 <sup>b</sup>	79.0 <sup>b</sup>	84.1 <sup>a</sup>	1.047	0.005
Extract ether	86.1	87.3	84.7	90.3	2.367	0.249
Crude fiber	59.7	47.6	55.3	43.5	4.413	0.066
Crude ash	64.6	61.7	56.3	54.6	4.162	0.142
Nitrogen free extract	87.5	88.8	86.8	88.5	1.881	0.674

<sup>a,b</sup>Means in the same column with different superscripts differ significantly (p<0.05)

<sup>1</sup>CON, basal diet; YG40, Youngyang barley replacing for 40% ground corn; WH40, Woocho barley replacing for 40% ground corn; YY40, Yuyeon barley replacing for 40% ground corn

<sup>2</sup>SEM, standard error of the mean

가한 처리구에서 높게 나타난 반면, 사료섭취량과 사료 효율은 유의적인 차이가 없었다. 사료요구율은 WH40 처리구가 다른 시험구에 비해 낮고, 사료효율은 높았다. 따라서 육성돈 사료에 옥수수의 40%를 대체한 우호보리 (WH40) 급여는 CON, YG40 및 YY40 처리구보다 육성돈의 일당중체량(ADG) 및 사료효율을 일부 개선시키는 결과를 보여주었다.

육성돈에 대한 국내산 보리 품종 별 사료가치를 평가하기 위해 영양소 소화율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 육성돈 사료에 옥수수의 40%를 대체한 처리구 YG40, WH40 및 YY40은 영양소 소화율에는 유의적으로 영향을 주지 않았다(p>0.05). 조단백질 소화율은 처리구 간에 유의성이 있었지만(p<0.05), 그 영향은 미미하였다. Sakaguchi et al.(1997)은 높은 섬유소 함량을 가진 사료를 육성돈에 급여 시 건물 소화율이 감소한다고 보고하였고, Zervas and Zijlstra(2002)는 섬유소 비율을 달리한 사료를 육성돈에 급여 시 질소소화율에 영향을 미치지 않는다고 보고하였는데, 본 시험에서도 유사한 결과를 나타내었다. 위의 결과는 육성돈 사료 내 옥수수를 영양보리, 우호보리 및 유연보리로 40% 대체하여도 성장에는 영향이 없는 것으로 나타나 옥수수에 대한 국내산 보리의 40% 대체가 가능하다는 것을 보여주었다.

### 3.2. 혈액 성상

육성돈에 대한 국내산 보리 품종별 사료가치를 평가하기 위해 혈액 성상을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 육성돈 사료에 옥수수의 40%를 대체한 YG40, WH40 및 YY40 처리구는 total protein, albumin, AST, ALT, LD 및 glucose에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다 (p>0.05). Albumin은 아미노산과 펩타이드를 전구물질로 간에서 합성될 때 이용하기 때문에 단백질 소화율과 이용의 지표가 된다(Campbell and Farrell, 2003). 본 연구결과에서 혈중 알부민 농도는 유의적인 차이가 없어 옥수수 위주의 사료와 비교 시 단백질 소화 및 이용은 비슷한 것으로 보인다. AST, ALT 및 LD는 간과 근육이 분포하여 아미노산이나 탄수화물의 대사 작용에 관여하는 효소로서, 수치가 증가할 시 간이 손상된 것으로 판단한다고 보고하였는데(Murray et al., 1990; Lumeij, 1997; Diaz et al., 1999) 처리구 간 유의적인 차이는 없었으나(p>0.05), 보리 첨가구가 무첨가구 보다 낮게 나타나 간을 보호하는 기능이 있을 것으로 사료된다. 일반적으로 혈중 glucose는 탄수화물의 최종산물로서 체조직에 에너지를 공급하는 역할을 하며, 혈중 glucose의 수준은 insulin의 동화작용과 glucagon, catecholamin과 glucocorticoids의 이화작용에 의하여 변화하는데 insulin과 glucagon은 서로 길항작용을 한다(Smith, 1989). 또

**Table 4.** Effects of replacement of ground corn with different barley grains on blood characteristics in growing pigs

Item	Treatment <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P value
	CON	YG40	WH40	YY40		
Total protein (g/dL)	6.05	6.15	6.30	6.33	0.165	0.334
Albumin (g/dL)	2.90	2.90	3.00	3.13	0.098	0.075
AST (U/dL) <sup>3</sup>	36.50	30.30	29.00	34.70	2.511	0.057
ALT (U/dL) <sup>4</sup>	42.00	44.33	40.33	47.00	3.041	0.456
LD (U/dL) <sup>5</sup>	1116.5	1052.0	980.5	1002.3	97.97	0.546
Glucose (mg/dL)	37.70	36.00	41.50	42.70	10.370	0.876
HDL-cholesterol (mg/dL)	49.00 <sup>b</sup>	54.00 <sup>a</sup>	53.00 <sup>a</sup>	52.70 <sup>a</sup>	0.966	0.014

<sup>a,b</sup> Means in the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05)

<sup>1</sup>CON, basal diet; YG40, Youngyang barley replacing for 40% ground corn; WH40, Wooho barley replacing for 40% ground corn; YY40, Yuyeon barley replacing for 40% ground corn

<sup>2</sup>SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup>AST, aspartate aminotransferase

<sup>4</sup>ALT, alanine aminotransferase

<sup>5</sup>LD, lactate dehydrogenase

한 혈 중 glucose 증가는 간에서 당 생산이 증가하고 있음을 의미하며, glucose의 감소는 지방 분해로 glucose 이용이 감소되는 것으로 알려져 있다(Brockman and Berqman, 1975). 또한 본 연구에서 glucose의 영향이 없다는 점은 보리를 대체하여도 간에서 당 생산에 대한 문제는 없으며 육성돈 사료에 옥수수의 40%를 영양보리, 우호보리 및 유연보리로 대체 급여가 가능한 것을 의미한다. HDL-cholesterol 함량은 보리를 첨가한 처리구에서 대조구에 비해 높게 나타났다(p<0.05). HDL-cholesterol은 인체에 유익한 cholesterol으로 알려져 있다(Hwangbo et al., 2010). 본 시험에서 보리를 대체한 모든 처리구가 대조구에 비해 HDL-cholesterol 함량이 증가하는 것으로 보아 보리 대체가 돼지의 건강과 생산성 개선에 긍정적인 효과를 미칠 것으로 보인다.

#### 4. 결론

본 연구는 통계적 유의성에 상관없이 육성 비육돈 사료에서 옥수수에 대한 청보리 대체효과는 옥수수의 40%를 우호보리로 처리한 구가 돼지생산성에서 향상되는 경향을 보였다. 그리고, 돼지생산성, 영양소 소화율 및 혈액 성분은 육성 비육돈 사료 내 옥수수를 영양보리, 우호보리 및 유연보리로 40% 대체하여도 영향이 없는 것으로

나타나 옥수수에 대한 국내산 보리의 40% 대체가 가능하다는 것을 시사한다.

#### 감사의 글

이 논문은 2014년도 경남과학기술대학교 기성회연구비 지원에 의하여 연구되었음.

#### REFERENCES

- AOAC, 2000, Official methods of analysis of AOAC international (17th ed.), Gaithersburg, MD, USA, AOAC.
- Brockman, R., Berqman, E. N., 1975, Effect of glucagon on plasma alanine and glutamine metabolism and hepatic gluconeogenesis in sheep, *Am. J. Physiol.*, 228, 1628-1633.
- Campbell, M. K., Farrell, S. O., 2003, *Biochemistry* 4th ed., Thomson Brook/Cole: Belmont, USA.
- Chu, G. M., Kim, H. Y., Ha, J. H., Yang, J. M., Yang, B. S., Park, C. J., Song, Y. M., 2012, Agricultural and marine by-products fermented diet and its economic value in pigs, *J. Agric. Life Sci.*, 46, 59-68.
- Chung, Y. K., Chae, B. J., Kim, J. H., Chu, K. S., Han, I. K., 1998, An evaluation of barley in finisher pig diet

- for high quality pork production, *Kor. J. Anim Nutr. Feed stuffs*, 22, 15-20.
- Diaz, G. J., Squires, E. J., Julian, R. J., 1999, The use of selected plasma enzyme activities for the diagnosis of fatty liver-hemorrhagic syndrome in laying hens, *Avian Disease*, 43, 768-773.
- FAO, 2002, Food and Agriculture Organization.
- Froseth, J. A., 1984, Northwest feedstuffs for swine, Wash. State Univ., Wine Day proc., 70.
- Goering, H. K., Van Soest, P. J., 1970, Forage fiber analysis, *Agricultural handbook no. 379*, US Department of Agriculture, Washington, DC, 1-20.
- Hwangbo, S., Jo, I. H., Jung, G. W., Kim, W. H., Lim, Y. C., Kim, J. D., 2010, The effect of feeding mixed-sowing winter forage crop and whole crop barley silage on feed intake, nutrient digestibility and blood characteristics in the Korean black goats, *J. Kor. Grassl. Forage Sci.*, 30, 49-58.
- INRA, 2004, Tables of composition and nutritional value of feed materials.
- Jee, K. S., 2003, Study on development of feedstuff using food waste and its nutritive value, Kunkook University graduate school.
- KFA, 2013, The Korea Feed Association.
- Kim, D. M., 2013, Evaluation on feed nutritional value of spent mushroom substrate in Korean native black pig, M. S. Kangwon University Graduate School.
- Kim, J. G., Choi, J. S., Park, H. H., Baek, S. B., Kang, M. S., Park, K. H., Kwon, Y. U., Heo, H. Y., Seo, S. J., Nam, J. H., Lee, J. J., Cheong, Y. K., Sung, B. R., Kim, J. G., Ryu, I. M., Ju, J. I., Kim, D. H., Jung, K. Y., Lee, S. H., 2007, A new smooth awn barley cultivar, "Wooho" suitable for whole crop forage use, *Kor. J. Breed. Sci.*, 39, 238-239.
- KSNU, 1997, The Kansas Swine Nutrition Guide, General nutrition principles for swine.
- Kwak, W. S., Yoon, J. S., 2003, On-site output survey and feed value evaluation on agro-industrial by-products, *J. Anim. Sci. Technol.*, 45, 251-264.
- Lee, J. H., 2007, Effect of pomace by-products fermented feeds on performance in growing finishing pigs, Dankook Univeristy graduate school.
- Lumeij, J. T., 1997, Clinical biochemistry of domestic animals, In: Kanebo, J. J., Harvey, J. W., Bruss, M. L. (eds.), *Avian Clinic*. 5th ed., Biochem. Academic Press, 857-883.
- MAFRA, 2014a, Statistics of ministry for food, agriculture forestry and fisheries, Ministry of Agriculture, Food and Rural affairs, 347.
- MAFRA, 2014b, Statistics of product and price on concentrate, Ministry of Agriculture, Food and Rural affairs, 1.
- Marlett, J. A., 1991, Dietary fiber content and effect of processing on two barley varieties, *Cereal Food World*, 36, 576.
- Murray, R. K., Mayers, P. K., Granner, D. K., Rodwell, V. W., 1990, Harper's biochemistry (22nd), Chemical constituents of blood and body fluids, *Appl. Lange, Connecticut*, 679-693.
- Sakaguchi, E., Itoh, H., Kohno, T., Ohshima, S., Mizutani, K., 1997, Fiber digestion and weight gain in guinea pigs fed diets containing different fiber source, *Exp. Anim.*, 46, 287-302.
- SAS, 2002, SAS/STAT User's Guide: Version 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Smith, R. H., 1989, Nitrogen metabolism in the ruminants stomach, In protein metabolism in farm animals, in: Bock, H. D., Eggum, B. O., Low, A. G., Simon, O., Zebrowska, E. D. S. (eds.), Oxford University Press, Oxford, 165.
- Song, T. H., Han, O. K., Yun, S. K., Park, T. I., Kim, K. J., 2011, Effect of harvest time on yield and feed value of whole crop barleys with different awn types, *J. Kor. Grassl. Forage Sci.*, 31, 361-370.
- Yun, S. K., Park, T. I., Seo, J. H., Kim, K. H., Song, T. H., Park, K. H., Han, O. K., 2009, Effect of harvest time and cultivars on forage yield and quality of whole crop barley, *J. Kor. Grassl. Forage Sci.*, 29, 121-128.
- Zervas, S., Zijlstra, R. T., 2002, Effects of dietary and oat hull fiber on nitrogen excretion patterns and postprandial plasma urea profiles in grower pigs, *J. Anim. Sci.*, 80, 3238-3246.