

발효 쌀보리의 급여가 육성돈의 혈중 대사산물, 혈구구성 및 생산성에 미치는 영향

정용대, 김기현, 민예진, 김영화, 유동조, 조규호, 김두완*
농촌진흥청 국립축산과학원

Growth performance and, blood metabolites and leukocytes of growing pigs fed with fermented hulless barley

Yong Dae Jeong, Ki Hyun Kim, Ye Jin Min, Young Hwa Kim,
Dong Jo Yu, Kyu Ho Cho, Doo Wan Kim*

National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요약 본 연구는 발효 쌀보리 급여가 돼지의 생산성, 혈구구성, 혈중 대사물질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 공시동물은 총 45두의 3원 교잡 육성돈(요크셔×랜드레이스×듀록; 평균체중, 30.33±0.05 kg)을 이용하였고 사료 내 발효 쌀보리(Fermented hulless barley, FHB)는 0, 0.5, 1.0% 수준으로 첨가하였으며 처리구당 3반복, 반복당 5두씩 시험돈사에 임의로 배치하였다. 일당증체량은 0.5% FHB 처리구에서 0 및 1.0% FHB 처리구에 비해 증가하였으나 통계적 차이는 없었다. 일당사료섭취량 및 사료요구율은 처리구간 유의한 차이를 보이지 않았다. 총백혈구, 호중구, 림프구, 단핵구, 호산구 및 호염구를 비롯한 백혈구계 혈액세포 조성은 발효 쌀보리에 영향을 받지 않았다. 혈중 글루코오스는 대조구에서 0.5, 1.0% FHB 처리구보다 증가하였다. 알부민은 1.0% FHB 처리구에서 0.5% FHB 처리구에 비해 감소하였다. 그러나, 단백질, 지방, 에너지 및 광물질과 관련된 나머지 대사적 지표들은 발효 쌀보리 급여에 의한 영향이 관찰되지 않았다. 사양시험기간동안 시험동물에서 환축 또는 폐사가 관찰되지 않아 돼지의 건강관리측면에서는 효과를 나타낸 것으로 보인다. 그러므로 발효 쌀보리가 축산물 안전성에 미치는 영향을 구명하는 추가 연구를 통해 안전 축산물 생산 가능성을 제고하는 것이 필요할 것이다.

Abstract This study was conducted to investigate effect of feeding fermented hulless barley (FHB) on growth performance and blood metabolites in growing pigs. Forty-five pigs (LYD; initial body weight, 30.33±0.05 kg) were randomly allotted into three dietary treatments that consisted of 0, 0.5 and 1.0% of the FHB in the basal diets. The pigs fed 0.5% FHB showed higher average daily gain than the 0 and 1% FHB treatments, although there was not significant among the treatments. Similarly, average daily feed intake and feed conversion ratio were not different among the treatments. Blood white blood cells, neutrophil, lymphocyte, monocyte, eosinophil and basophil were ranged to reference values, but not difference among the treatments. Serum glucose was increased in the control compared with 0.5 and 1.0% FHB. However, parameters related to protein, lipid and mineral also were not different among the treatments. These results indicate the FHB has no significant effect of growth performance and metabolizable responses in growing-finishing pigs.

Keywords : fermented hulless barley, performance, blood metabolites, leukocytes, growing pigs

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01161703, 과제명: 사료허실 저감 및 사료이용성 개선 사양기술 개발) 및 2018년 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Doo-Wan Kim(National Institute of Animal Science)

Tel: +82-41-580-3448 email: duwan38@korea.kr

Received May 23, 2018

Revised (1st June 7, 2018, 2nd June 18, 2018)

Accepted August 3, 2018

Published August 31, 2018

1. 서론

양돈산업은 질병예방과 성장촉진을 위해 항생제를 널리 사용해 왔으나 축산물 내 항생제 잔류 등의 문제가 대두되면서 안전 축산물에 대한 소비자들의 관심이 고조되고 있다. 이에 EU에서는 2007년부터 항생제 사용을 금지하였고 국내에서도 치료 외 다른 용도로의 활용은 2011년부터 전면 금지되었다[1]. 그러나 항생제의 제한은 생산성 감소를 야기할 수 있으므로 항생제 대체제로서 다양한 사료첨가제들이 활용 및 적용되고 있다. 그 중 생균제 또는 생균제를 이용한 발효사료는 안전성을 기반으로 하면서 성장 촉진 및 사료 내 영양소 이용성 증진으로 생산성 개선에 효과적인 것으로 알려져 있다[1-4].

생균제는 사료 기호성을 향상시켜 사료섭취량 증가를 유도하며 장내 유용 미생물의 우점으로 사료 내 영양소 소화율을 개선시킨다[2]. 생균제의 급여는 분뇨 내 유해 가스 배출량 감소에 효과를 나타냄에 따라 축산업은 유해 산업이 아닌 지속 가능한 친환경 산업으로 자리매김이 가능할 것이다[3, 4]. 또한, 생균제를 기반으로 한 발효사료의 급여는 돼지의 면역계를 활성화시켜 면역능을 증강시키는 것으로 보고되고 있다. 생균제를 이용한 액체발효사료는 장내 pH를 감소시켜 유해균의 생육을 저해하고 생산성 개선과 장내 면역계 반응에 관여하는 알려져 있다[5]. 또한, *Lactobacillus acidophilus*(*L. acidophilus*) 및 *Saccaromyces cerevisiae*(*S. cerevisiae*)를 각각 접종 후 발효한 사료를 육성비육돈에 급여했을 때 면역성이 증강되었다[6]. 그러나 일부 연구에서는 생균제 및 발효사료의 급여는 생산성 개선에 효과가 없다고 하였다. Jung et al.[3]는 사료 내 단일 생균제 (*Agariemyces*) 첨가 시 증체량에 영향을 나타내지 않았다고 보고하였다. 반면에 복합생균제는 사료섭취량을 증가시켜 증체량 및 사료효율이 개선되는 경향을 나타내었다[2]. 이유기간동안 자돈에게 유산균(*L. plantarum* M10) 및 효모균(*S. cerevisiae*) 접종 발효밀기울을 급여했을 때 증체량 및 사료요구율에 변화가 관찰되지 않았고 이는 발효에 사용된 균주 또는 발효방법에 의해 차이를 나타내지 않았다고 하였다[1]. 또한, 언급된 일부 선행연구들은 시판 생균제 또는 미생물을 이용하여 발효 및 급여하여 생산성에 변화가 없다고 하였다. 그러므로 본 연구에서 돼지 유래 미생물을 통한 발효사료는 돼지의 생리와 장내 환경에 적합할 것으로 가설을 세웠다. 이

번 시험의 선행연구로서 4주령 자돈의 미생물 중 우점 미생물을 동정하고자 메타게놈분석을 실시한 결과, 총 206개의 미생물이 동정되었고 *L. plantarum*이 우점율은 63.56%로 나타났다[7]. 그리고, 분리·동정된 유산균을 쌀보리에 접종 후 발효시켜 돼지 유래 미생물 발효물의 pH, 내산성 등을 분석하여 발효균주로서 가능성을 확인하였다[7].

쌀보리는 영양학적으로 우수하지만 높은 수분함량으로 인해 사료자원으로서 부적합하지만 쌀보리종실에는 다수의 유산균이 포함되어 있어 발효기질로서 적합하다[8]. 따라서 본 연구의 목적은 돼지 유래 유산균을 이용한 발효보리의 급여가 육성 및 비육기간동안 생산성, 혈구구성 및 혈중 대사산물에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 발효 쌀보리 제조

이전 연구[7]에서 분리·동정된 돼지 유래 *L. plantarum*을 발효균주로 이용하였고 MRS broth(BD, Difco, USA)에서 37°C에서 48시간동안 배양하였다. 배양액내 *L. plantarum*의 농도를 측정하기 위해 MRS agar에 도말하여 분석한 결과, 10⁷ colony forming unit/mL 이상 포함되어 있음이 확인되었다. 그리고 준비된 배양액을 쌀보리에 0.1% 접종 후 균질하게 혼합하였다. 그리고 밀폐용기에서 2일 동안 상온에서 배양하여 발효 쌀보리를 준비하였다.

2.2 공시동물 및 시험설계

시험동물은 3원교잡(Landrace × Yorkshire × Duroc; initial body weight, 30.33±0.05 kg) 육성돈 45두를 공시하였다. 시험설계는 발효 쌀보리(fermented hulless barley, FHB)를 기초 시험사료 내 0, 0.5 및 1.0% 첨가하여 총 3 처리구, 처리구당 3반복, 반복 당 5두씩 평사에 배치하였다. 시험사료의 배합표와 영양소수준은 표 1에 나타내었다. 시험기간동안 사료 및 물은 자유채식하였다.

2.3 조사항목

2.3.1 생산성

사양시험 시작일 및 종료일에 시험동물 개체 별로 체

중(body weight, BW)을 측정하였고 종료체중에서 개시체중의 잔차를 사육일수로 나누어 일당증체량(average daily gain, ADG)을 구하였다. 사료섭취량은 시험 개시시점과 종료시점에 사료급여량을 측정한 후 사육기간 및 돈방 내 공기두수로 나누어 일당사료섭취량(average daily feed intake, ADFI)을 계산하였다. 사료요구율(feed conversion ratio, FCR)은 일당증체량을 일당사료섭취량으로 나누어 산출하였다.

Table 1. Composition of the experimental diets

Ingredients, %	Growing period	Finishing period
Corn	62.83	62.66
Soybean meal	28.35	19.72
Wheat	-	11.00
Molasses	3.00	3.00
Animal fat	3.07	1.84
Lime stone	1.04	0.86
MDCP	0.62	0.27
Salt	0.30	0.30
L-Lysine, 98%	0.25	0.02
DL-Methionine, 98%	0.06	-
Choline	0.05	0.05
Tryptophan, 20%	0.04	-
Phytase	0.05	0.05
MINERALS-II ¹	0.20	0.20
VITAMINS-II ¹	0.03	0.03
Calculated compositions		
ME, kcal/kg	3,300.00	3,300.00
Crude protein, %	18.00	15.00
Lysine, %	0.89	0.66
Methionine, %	0.34	0.25
Tryptophan, %	0.19	0.13
Phosphorus, %	0.50	0.15
Calcium, %	0.59	0.45

¹The vitamin-mineral premix provided the following quantities of vitamins and minerals per kilogram of diets: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 2,000 IU; vitamin E, 250 IU; vitamin K₃, 0.5 mg; vitamin B₁, 0.49 mg as mononitrate; thiamin, 0.49 mg as thiamine mononitrate; riboflavin, 1.50 mg; pyridoxine, 1 mg as pyridoxine hydrochloride; vitamin B₁₂, 0.01 mg; niacin, 10 mg as nicotinic acid; pantothenic acid, 5 mg as calcium pantothenate; folic acid, 1 mg; biotin as d-biotin, 0.1 mg; choline, 125 mg as choline chloride; Mn, 60 mg as manganese sulfate; Zn, 75 mg as zinc sulfate; Fe, 20 mg as ferrous sulfate; Cu, 3 mg as cupric sulfate; I, 1.25 mg as calcium iodate; Co, 0.5 mg as cobaltous carbonate; and Mg, 10 mg as magnesium oxide. MDCP, mono-dicalcium phosphates

2.3.2 혈액 채취 및 분석

사양시험 종료일에 처리구당 6두씩 임의로 선발하였고 12시간 절식 후 정맥에서 혈액을 수집하였다. 채취된 혈액은 EDTA 처리 튜브 및 혈청분리용 튜브에 나누어 담았다. 혈청용 튜브 내 혈액은 3,000 rpm, 20분, 4°C에서 원심분리를 통해 혈청을 분리하였다.

수집된 EDTA 튜브 내 전혈은 백혈구계(leukocytes) 혈액세포를 측정하기 위해 Kim et al.[8]이 제시하는 방법에 의거하여 채혈 후 2시간이 경과되기 전 자동혈구분석기(Hemavet 950FS, Drew Scientific, UK)를 사용하여 분석하였다.

분리된 혈청 내 단백질, 지방, 사이토카인 등의 대사물질은 자동생화학분석기(7180, Hitachi, Japan)를 활용하여 측정하였다. 스트레스 지표인 코티졸 농도는 ELISA kit(CSB-E06811p, Cusabio Biotech, China)를 이용하였고 제조사의 시험방법에 준하여 분석을 실시하였다.

2.3.3 통계분석

수집된 데이터는 통계프로그램 SPSS(SPSS 17.0, IBM, USA)을 활용하여 분산분석을 실시하였다. 처리구간 유의성 검정은 Duncan's multiple range test를 이용하여 p value 0.05미만에서 인정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 생산성

발효 쌀보리 급여가 생산성에 미치는 영향은 표 2에 나타내었다. 육성돈에서 출하체중 도달까지 발효 쌀보리 급여는 처리구간 성장에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나, 0.5 및 1.0% 발효 쌀보리 급여구의 일당증체량은 각각 859 및 784 g으로 산출되어 발효 쌀보리의 급여수준이 높을수록 증체량이 감소하는 경향을 보였다. 반면에, 일당사료섭취량은 대조구에서 2.52 kg, 0.5% FHB는 2.69 kg, 1.0% FHB는 2.63 kg으로 발효 쌀보리 급여 시 조금 증가하는 경향이 관찰되었다. 또한, 사료요구율도 발효 쌀보리 급여수준이 높을수록 증가하였으나 통계적인 유의성은 없었다(대조구, 3.04; 0.5% FHB, 3.14; 1.0% FHB, 3.38).

Cho et al.[1]은 육성돈 사료 내 발효옥수수를 원료사료로서 0-30% 사용하였을 때 생산성에 통계적인 차이가 없음을 보고하였다. 또한, 일반 귀리가 20% 포함된 사료에 일반귀리를 발효귀리로 수준별(0-100%)로 대체한 사료를 육성돈에 급여했을 때 성장에 영향을 미치지 않았다[4]. 그러나, 자돈에서 발효액상사료 급여는 사료섭취량 감소가 관찰되었으나 증체량은 증가하였다[9]. 또한, 발효액상사료를 급여한 육성돈에서도 유사한 결과가 보고되었다[10]. 일반적으로 발효사료 및 발효에 사용된

기질인 생균제의 급여는 돼지 생산성을 향상시키는 것으로 알려져 있다[5]. 이와 같은 긍정적인 효과는 발효사료 및 생균제의 급여가 장내 pH를 감소시켜 영양소 소화를 용이하게 할 뿐만 아니라 소장 용모의 발달촉진 및 영양소 흡수 향상을 유도하여 영양소 이용성이 개선되었기 때문이다[6, 10-12]. 그러나, 본 연구의 결과는 일부 이전 연구결과와 상이함을 보였다.

Table 2. Effect of feeding fermented hulless barley on growth performance in growing-finishing pigs

	Dietary levels of FHB			SEM	P values
	0%	0.5%	1.0%		
Initial BW, kg	29.68	30.33	31.01	0.50	0.621
Ending BW, kg	120.53	118.37	116.49	0.90	0.199
ADG, g	832.34	858.72	783.55	16.89	0.191
ADFI, kg	2.52	2.69	2.63	0.04	0.269
FCR	3.04	3.14	3.38	0.09	0.329

Values are means. FHB, fermented hulless barley; SEM, standard error mean; BW, body weight; ADG, average daily gain; ADFI, average daily feed intake; FCR, feed conversion ratio.

발효과정은 사료의 기호성을 증진을 통해 섭취량이 증가되어 생산성 향상을 가져오며 섭취된 발효사료 또는 생균제는 장 내 미생물총을 개선시켜 장 환경 안정화에 지대한 영향을 미친다[13,14]. 성돈(mature pigs)에서 위 장관(gastrointestinal tract)은 미생물의 보고로 유산균과 같은 유익균 및 잠재적 유해균인 대장균 등이 혼재하여 적정 미생물 균형을 가진다[15]. 그러나 이유자돈은 영양소 공급원이 모유에서 사료로 전환되어 장내 미생물이 불균형하게 되며 육성·비육돈은 사료 내 영양소 수준과 같은 외부 요인에 의해 미생물총이 불안정화 될 수 있다[14]. 또한, 사료내 높은 영양소 수준은 장내 미생물총을 변화시키는 것으로 알려져 있다. 국내 양돈산업은 일반적으로 성장단계별 권장량 대비 높은 영양소 사료를 급여하고 있는 실정이다. 소화·흡수되지 않은 잉여 단백질은 장 내 미생물의 성장을 위한 영양소원으로 활용되며 과도한 미생물 성장은 사료 내 단백질 및 탄수화물과 같은 영양소의 소화·흡수를 저해할 수 있다[16]. NRC [17]에서 권장하는 사료 내 단백질수준은 성장단계별 체중 25-50, 50-75, 75-100 및 100-135 kg 시 각각 15.7, 13.8, 12.1 및 10.44%로 제시하고 있다. 그러나, 본 연구에서 사용된 시험사료는 육성기(BW, 30-80 kg)와 비육기(BW, 80-120 kg)로 나누어 준비하였고 단백질 함량은

각각 18% 및 15% 로 약 2-4%의 잉여 단백질을 급여하였다. Meng et al.[18]의 보고에 의하면, 다른 단백질 수준(15, 22%) 및 발효성 탄수화물(fermentable carbohydrates, FC; 13, 19%) 사료를 이유자돈에 4주간 급여한 결과 최종체중은 저 FC 급여구에서 높게 관찰되었고 일당증체량은 저단백질 급여구에서 증가하였다. 또한 단백질 및 FC의 교호작용(interactions)은 일당사료섭취량, 일당증체량, 사료효율에서 모두 유의하게 나타났다[18]. 더욱이 단백질 소화율은 고단백질과 저 FC 급여구에서 각각 증가하였다. 그러나 소장 길이와 소장내 villus와 crypt의 발달에 단백질 및 FC 수준은 영향을 미치지 않았다[18]. 이러한 선행연구결과는 발효사료 및 사료내 단백질 수준은 밀접한 연관이 있음을 시사한다.

따라서, 발효 쌀보리 급여가 생산성에 영향을 미치지 않은 원인은 권장 단백질 수준보다 높은 시험사료의 이용으로 사료된다. 향후, 돼지의 성장능력과 장조직 발달에 대한 발효보리 급여 및 사료 내 단백질 수준이 미치는 영향을 구명하는 추가 연구가 필요할 것이다.

3.2 백혈구계 혈액세포 조성

표 3은 발효 쌀보리의 급여가 혈액 내 백혈구계 세포 조성에 미치는 영향을 나타내었다. 총백혈구(white blood cells, WBC), 중성구(neutrophil, NE), 림프구(lymphocyte, LY), 단핵구(monocyte, MO), 호산구(eosinophil, EO) 및 호염구(basophil, BA)를 비롯한 백혈구계 혈액세포는 사료 내 발효 쌀보리의 첨가급여에 의해 처리구간 유의한 차이가 없었다. 혈구조성에 대한 발효물 또는 생균제의 급여효과는 다양하게 보고되어 왔다. 이유자돈에서 유산균(*L. plantarum* M10)과 효모균(*S. cerevisiae*)을 이용한 발효한 밀기울을 급여했을 때 세균감염의 지표로 사용하는 총백혈구 및 스트레스 지표인 림프구가 감소하였다[1]. 그러나 복합생균제(*L. acidophilus*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus oryzae*)를 급여한 육성돈에서는 총백혈구가 증가하였다[2]. 반면에 단일 생균제를 급여한 비육돈에서는 총백혈구와 림프구 조성에 영향을 미치지 않았다[3]. 이러한 혈구조성의 변화는 성별, 생체리듬, 수명, 사료, 온도, 체형시기 등의 내·외적 요인에 의해 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있다[1, 19, 20]. 따라서, 본 연구와 선행연구간 차이의 원인은 시험돈의 사육단계 또는 다른 생균제 종류에 의해 기인된 것으로 판단된다.

백혈구 세포들의 역할은 외부 항원이 체내로 침투하면 항원항체 반응에 의해 침강 또는 용해 등이 된 항원을 식균작용으로 외부항원을 제거하는 1차 방어체계가이다[21]. 따라서, 외부자극에 의한 백혈구계 혈구의 증가는 임상학 및 건강상태의 이상징후를 판단할 수 있는 간접 지표이다[1]. 그러나 본 연구에서 측정된 분석치들은 Klem et al.[22]이 보고한 reference values range (WBC, 11.0-22.0 K/ul; NE, 3.1-11.2 K/ul; LY, 4.3-13.6 K/ul; MO, 0.2-2.2 K/ul; EO, 0.1-2.4 K/ul; BA, 0.0-0.4 K/ul)에 해당되는 것으로 확인되었다. 따라서, 발효 쌀보리는 체내에서 항원으로 인식하지 않아 혈중 백혈구계 세포 반응에서 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

Table 3. Effect of feeding fermented hulless barley on blood leukocytes in growing-finishing pigs

	Dietary levels of FHB			SEM	P values
	0%	0.5%	1.0%		
WBC, K/ul	16.51	13.62	13.22	1.25	0.473
NE, K/ul	7.28	5.82	6.26	0.64	0.640
LY, K/ul	8.60	5.62	6.04	0.70	0.188
MO, K/ul	0.48	0.60	0.57	0.18	0.532
EO, K/ul	0.31	1.37	0.41	0.23	0.089
BA, K/ul	0.13	0.40	0.23	0.11	0.088

Values are means. FHB, fermented hulless barley; SEM, standard error mean; WBC, white blood cell; NE,; LY, lymphocyte; MO, monocyte; EO, eosinophil; BA, basophil.

3.3 혈액 내 대사물질 분석

발효 쌀보리를 육성·비육기간동안 급여한 시험돈의 혈중 대사산물 농도에 미치는 영향은 표 4와 같다. 알부민은 0.5% FHB에서 1.0% FHB보다 증가하였으나 ($P < 0.05$) 혈중 총단백질 수준은 6.4-6.5 g/dL이며 처리구간 차이가 없었다. 탄수화물 가수분해 산물인 글루코오스는 대조구에서 0.5 및 1.0% FHB보다 통계적으로 증가하였다($P < 0.05$). 총콜레스테롤과 중성지방은 처리구간 차이가 없었다. 젖산탈수소효소(LDH)와 비에스테르형지방산(NEFA)의 혈액 내 농도는 각각 719-877 IU/L과 26-33 uEq/L로 분석되었고 발효 쌀보리 급여에 의한 영향은 없었다. 혈중 요소성질소(blood urea nitrogen), 크레아틴 인산화효소 및 크레아티닌 농도는 대조구 및 FHB 처리구들간 통계적인 차이를 나타내지 않았다. 간 건강지표인 GOT, GPT는 0.5% FHB에서 대조구 및 1.0% FHB보다 분석치가 높지만 처리구간 유의

한 차이는 없었다. 또한 칼슘, 인, 마크네슘 농도는 발효 쌀보리급여에 의한 변화를 보이지 않았다. 대표적인 스트레스 지표로 이용되고 있는 코티졸 농도도 처리구간 차이가 없었다. 본 연구에서 분석된 대사물질들 발효 쌀보리에 의해 유의미한 변화를 보이지 않았다.

Table 4. Effect of feeding fermented hulless barley on blood metabolites in growing-finishing pigs

	Dietary levels of FBH			SEM	P values
	0%	0.5%	1.0%		
T-PRO, g/dL	6.37	6.63	6.50	0.09	0.512
Albumin, g/dL	4.33 ^{ab}	4.50 ^a	4.13 ^b	0.06	0.024
Glu, mg/dL	122.67 ^a	104.83 ^b	104.50 ^b	2.87	0.005
T-CHO, mg/dL	109.00	106.83	110.67	2.84	0.873
TG, IU/L	35.17	48.17	39.33	4.74	0.548
LDH, IU/L	759.33	877.17	719.00	52.73	0.472
NEFA, uEq/L	26.17	33.33	27.00	1.99	0.289
BUN, mg/dL	16.13	14.60	15.42	0.60	0.607
CK, IU/L	2553.83	3023.67	1548.00	407.30	0.339
CRE, mg/dL	1.15	1.02	1.10	0.03	0.195
GOT, IU/L	41.17	86.67	52.00	10.68	0.198
GPT, IU/L	36.50	42.67	38.33	1.94	0.435
Cortisol, ug/dL	6.64	7.31	7.00	0.47	0.858
Ca, mg/dL	13.17	12.60	12.67	0.17	0.366
Mg, mg/dL	2.40	2.23	2.28	0.05	0.324
P, mg/dL	11.22	11.70	11.50	0.15	0.427

Values are means. ^{ab} Within a row, means without a common superscript letter differ ($P < 0.05$). SEM, standard error mean; Glu, glucose; T-PRO, total protein; BUN, urea nitrogen; T-CHO, total cholesterol; TG, triglyceride; GOT, Glutamic oxaloacetic transaminase; LDH, Lactate dehydrogenase; NEFA, non-esterified fatty acid; CK, creatine kinase; CRE, creatinine; Ca, calcium; Mg, magnesium; P, phosphorus.

축산업에서 증체량, 사료요구율 및 폐사율과 같은 전통적인 항목들을 이용하여 생산성을 주로 평가해 왔다. 혈중 대사물질 또는 생화학 성분을 가축의 건강에 대한 중요한 척도 및 병리학적 진단 도구로 사용 시 개체 중점관리를 통해 생산성을 개선할 수 있지만 돼지의 이러한 지표에 대한 기초자료는 매우 적게 존재하고 있는 실정이다[21]. 그러나 이러한 대사적 지표들은 돼지의 사료, 품종, 질병, 체중, 생리적 상태 및 일령에 의해 매우 민감하게 변화하므로 신뢰할 수 있는 reference range 정보의 구축이 시급하다[23].

4. 결론

본 연구의 결과를 종합해보면, 혈구조성 및 혈액 내 대사산물 농도에 발효 쌀보리의 급여에 의한 변화를 나

타내지 않았다. 이러한 변화는 발효 쌀보리의 급여는 돼지에서 부정적인 영향을 미치지 않음을 시사한다. 증체량을 비롯한 생산성 지표는 처리구간 차이를 나타내지 않아 산업적으로 곧바로 적용하는 것은 불가능할지도 모른다. 그러나 본 연구기간동안 시험동물에서 환축 또는 폐사개체는 관찰되지 않아 돼지의 건강관리 측면에서 항생제 대체제의 가능성을 나타내었다. 최근 축산물 안전성 관련 문제가 이슈화되고 있는 상황이므로 발효 쌀보리의 급여는 소비자들의 신뢰를 제고시킬 수 있을 것이다.

References

- [1] Y. D. Jeong, J. J. Lee, J. E. Kim, D. W. Kim, Y. J. Min, E. S. Cho, Y. H. Kim, "Effects of dietary supplementation of fermented wheat bran on performance and blood profiles in weaned pigs", *Korean Journal of Agricultural Science*, vol. 44, no. 3, pp. 409-415, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170045>
- [2] H. D. Jang, H. J. Kim, J. H. Cho, Y. G. Chen, J. S. Yoo, I. H. Kim, "Effects of dietary probiotic complex on growth performance, blood immunological parameters and fecal malodor gas emission in growing pigs", *Journal of Animal Science and Technology*, vol. 49, no. 4, pp. 501-508, 2007.
DOI : <https://doi.org/10.5187/JAST.2007.49.4.501>
- [3] J. H. Jung, S. M. Hong, H. J. Kim, Q. W. Meng, I. H. Kim, "Effect of probiotics in diet on growth performance, nutrient digestibility, fecal microbial count, noxious gases emission from the feces, and blood profile in early-finishing pigs", *Journal of Animal Science and Technology*, vol. 52, no. 1, pp. 23-28, 2010.
DOI : <https://doi.org/10.5187/JAST.2010.52.1.023>
- [4] J. H. Cho, Z. F. Zhang, I. H. Kim, "Effects of fermented grains as raw cereal substitutes on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, and fecal noxious gas emission in growing pigs", *Livestock Science*, vol. 154, no. 1, pp. 131-136, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.03.011>
- [5] J. A. Missotten, J. Michiels, A. Olyn, S. De Smet, N. A. Dierick, "Fermented liquid feed for pigs. *Archives of Animal Nutrition*", vol. 64, no. 6, pp. 437-466, 2010.
DOI : <https://doi.org/10.1080/1745039X.2010.512725>
- [6] D. K. Mishra, A. K. Verma, N. Agarwal, P. Singh, "Effect of probiotics on blood biochemical profile, immunity and small intestine morphology in growing finishing pigs", *Agricultural Research*, vol. 5, no. 4, pp. 407-412, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s40003-016-0231-9>
- [7] Y. D. Jeong, J. J. Lee, K. H. Seol, D. W. Kim, Y. J. Min, D. J. Yu, Y. H. Kim, "Effect of inoculation of *Lactobacillus plantarum* isolated from swine feces on fermentation characteristics of hullless barley", *Korean Journal of Agricultural Science*, vol. 44, no. 4, pp. 558-565, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170071>
- [8] H. J. Ahn, K. H. Kim, E. S. Cho, J. E. Kim, K. S. Kim, Y. H. Kim, T. H. Song, J. H. Park, H. K. Kang, S. S. Jang, Y. K. Oh, D. W. Cheon, K. H. Seol, "Effect of microbial flora and inoculation of probiotics on fermenting characteristics of naked barley grain (*Hordeum Vulgare* L.)", *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, vol. 35, no. 4, pp. 321-326.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5333/KGFS.2015.35.4.321>
- [9] K. H. Kim, K. S. Kim, D. W. Kim, S. J. Sa, Y. H. Kim, "Evaluation of valid time for analysis of complete blood cell in pig blood using the Hemavet 950FS", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 18, no. 1, pp. 194-201, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.1.194>
- [10] N. Canibe, O. Højberg, J. H. Badsberg, B. B. Jensen, "Effect of feeding fermented liquid feed and fermented grain on gastrointestinal ecology and growth performance in piglets", *Journal of Animal Science*, vol. 85, no. 11, pp. 2959-2971, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-744>
- [11] N. Canibe, B. B. Jensen, "Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs: effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance", *Journal of Animal Science*, vol. 81, no. 8, pp. 2019-2031, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.2527/2003.8182019x>
- [12] N. Canibe, H. Miettinen, B. B. Jensen, "Effect of adding *Lactobacillus plantarum* or a formic acid containing-product to fermented liquid feed on gastrointestinal ecology and growth performance of piglets", *Livestock Science*, vol. 114, no. 2, pp. 251-262, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.05.002>
- [13] P. H. Brooks, J. D. Beal, S. Niven, "Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety" *Recent advances in animal nutrition in Australia*, vol. 13, pp. 49-63, 2001.
- [14] V. T. S. Rist, E. Weiss, M. Eklund, R. Mosenthin, "Impact of dietary protein on microbiota composition and activity in the gastrointestinal tract of piglets in relation to gut health: a review", *Animal*, vol. 7, no. 7, pp. 1067-1078, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731113000062>
- [15] H. R. Gaskins, "Intestinal bacteria and their influence on swine growth", *Swine Nutrition*, vol. 2, pp. 585-608, 2001.
- [16] A. J. O. Libao-Mercado, C. L. Zhu, J. P. Cant, H. Lapierre, J. N. Thibault, B. Sève, C. F. de Lange, "Dietary and endogenous amino acids are the main contributors to microbial protein in the upper gut of normally nourished pigs", *The Journal of nutrition*, vol. 139, no. 6, pp. 1088-1094, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.108.103267>
- [17] National Research Council, *Nutrient requirements of swine*. 11th rev. ed, Washington DC. National Academy Press, 2012.
- [18] P. Bikker, A. Dirkzwager, J. Fledderus, P. Trevisi, I. le Huërou-Luron, J. P. Lallès, A. Awati, "The effect of

dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets”, *Journal of Animal Science*, vol. 84, no. 12, pp. 3337-3345, 2006.

DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-076>

- [19] R. M. Friendship, J. H. Lumsden, I. McMillan, M. R. Wilson, “Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine”, *Canadian journal of comparative medicine*, vol. 48, no. 4, pp. 390, 1984.
- [20] K. R. Park, Y. C. Cho, “The abnormal rates of blood pressures and blood biochemical properties with BMI in health checkup examinees”, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 11, no. 12, pp. 4843-4853, 2010.
DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.12.4843>
- [21] S. Y. Oh, K. H. Kim, D. W. Kim, Y. J. Min, D. J. Yu, Y. D. Jeong, Y. H. Kim, “Effect of heat stress on growth performance and physiological changes of pigs in commercial farm”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 18, pp. 130-139, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.7.130>
- [22] T. B. Klem, E. Bleken, H. Morberg, S. I. Thoresen, T. Framstad, “Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs”, *Veterinary clinical pathology*, vol. 39, no. 2, pp. 221-226, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2009.00199.x>
- [23] A. J. Verheyen, D. G. Maes, B. Mateusen, P. Deprez, G. P. Janssens, L. de Lange, G. Counotte, “Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows”, *The Veterinary Journal*, vol. 174, no. 1, pp. 92-98, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.04.001>

정 용 대(Yong-Dae Jeong)

[정회원]



- 2008년 2월 : 전북대학교 축산학 가금영양생리전공 (농학석사)
- 2016년 2월 : 전북대학교 축산학 분자영양생리 (농학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사 후 연구원

<관심분야>

영양생리, 유전체

김 기 현(Ki-Hyun Kim)

[정회원]



- 2009년 8월 : 한경대학교 동물낙농생명과학전공 (농학석사)
- 2013년 3월 : 교토대학교 응용생물과학전공 (농학박사)
- 2013년 4월 ~ 2017년 2월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사 후 연구원
- 2017년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 반려동물대사

민 예 진(Ye-Jin Min)

[정회원]



- 2016년 2월 : 충남대학교 농과대학 동물자원생명과학과 (농학석사)
- 2016년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 가축사양

김 영 화(Young-Hwa Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 전남대학교 대학원 축산학과 (농학석사)
- 2002년 2월 : 경상대학교 대학원 축산학과 (농학박사)
- 1987년 5월 ~ 1991년 12월 : 영천군농촌지도소 농촌지도사
- 1992년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 가축사양

유 동 조(Dong-Jo Yu)

[정회원]



- 1997년 2월 : 충남대학교 농과대학 축산학과 (농학석사)
- 2001년 8월 : 충남대학교 농과대학 축산학과 (농학박사)
- 2006년 4월 ~ 2016년 4월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사
- 2016년 4월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

동물영양, 가축사양

조 규 호(Kyu-Ho Cho)

[정회원]



- 2000년 2월 : 환경대학교 농과대학 축산학과 (농학석사)
- 2007년 2월 : 환경대학교 농과대학 축산학과 (농학박사)
- 1996년 8월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

가축육종, 통계육종

김 두 완(Doo-Wan Kim)

[정회원]



- 1998년 2월 : 전남대학교 농과대학 축산학과 (축산학석사)
- 2016년 2월 : 전북대학교 축산학과 (식육가공석사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

가축사양, 식육