

사료 내 복합생균제 첨가가 이유자돈의 사양성적, 영양소 소화율, 혈액성상, 분내 유해가스 및 분 중 미생물에 미치는 영향

김동우¹, 최요한², 김조은², 조은석², 정현정², 오승민³, 김정대¹, 김진수^{1*}

¹강원대학교 동물생명과학대학 동물산업융합학과, ²농진청 국립축산과학원 양돈과, ³경상북도 축산기술연구소

Effects of Complex Probiotic Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Metabolites, Noxious Gas and Fecal Microflora in Weaning Pigs

Dong-Woo Kim¹, Yo-Han Choi², Jo-Eun Kim², Eun Seok Cho², Hyun-Jung Jung²,
Seung-Min Oh³, Jeong-Dae Kim¹, Jin-Soo Kim^{1*}

¹Department of Animal Industry Convergence, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University,

²Swine Science Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration,

³Gyeongsangbuk-do Livestock Research Institute

요약 본 연구는 생균제의 첨가가 이유자돈의 사양성적, 영양소 소화율, 혈액성상, 분 내 유해가스 및 분 중 미생물에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행하였다. 본 실험을 위해 총 234두의 이유자돈(Landrace×Yorkshire×Duroc, 6.14±0.78kg)을 공시하였으며, 개시체중에 기반하여 3처리 6반복, 반복당 13두를 완전임의 배치하였다. 실험은 Phase I(0~14일), Phase II(15~28일) 총 4주간 조사하였다. 실험 처리구는 T1(basal diet), T2(basal diet+0.13% complex probiotics) 및 T3(basal diet+0.25% complex probiotics)로 구성되었으며, 복합생균제는 *Bacillus subtilis* 1.0×10⁶ CFU/g, *Enterococcus faecium* 1.0×10⁶ CFU/g, *Saccharomyces cerevisiae* 1.0×10⁶ CFU/g, *Bacillus licheniformis* 3.0×10⁸ CFU/g 및 *Bacillus polyfermenticus* 3.0×10⁸ CFU/g를 함유하였다. 사양성적은 Phase II에서 T3 첨가구에서 일당증체량 및 일일사료섭취량이 유의적으로 높게 나타났다(*p*<0.05). 전기간에서는 Phase II와 동일한 결과가 나타났다. 영양소 소화율은 Phase I에서 단백질 소화율이 T3 첨가구에서 유의적으로 높게 나타났으며(*p*<0.05), Phase II에서 건물 소화율 및 에너지 소화율이 T3 첨가구에서 유의적으로 높게 나타났다(*p*<0.05). 혈액성상에서는 Phase I과 Phase II에서 모든 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 분내 유해가스에서는 Phase II에서 NH₃가 T3 첨가구에서 유의적으로 낮게 나타났다(*p*<0.05). 분 중 미생물에서는 Phase I과 Phase II에서 *Clostridium* spp.이 T3 첨가구에서 유의적으로 낮게 나타났다(*p*<0.05). 결론적으로 이유자돈 사료 내 복합생균제 첨가는 사양성적, 영양소 소화율, 혈액성상, 분 내 유해가스 및 분 중 미생물을 개선할 수 있다고 사료된다.

Abstract This study was undertaken to determine the effects of diet supplementation with complex probiotics (CPB), on growth performance, nutrient digestibility, blood metabolites, noxious gas, and fecal microflora in weaning pigs. On the basis of body weight, a total of 234 weaned pigs (Landrace×Yorkshire×Duroc, 6.14±0.78kg) were randomly allotted to 3 treatments and 6 replicates (13 pigs per pen). The experimental diets were fed in a meal form for 28 days (days 0-14, Phase I, and days 15-28, Phase II). The dietary treatment groups were as follows: T1 (basal diet), T2 (T1+0.13% CPB) and T3 (T1+0.25% CPB). The CPB supplement contained *Bacillus subtilis* 1.0×10⁶ CFU/g, *Enterococcus faecium* 1.0×10⁶ CFU/g, *Saccharomyces cerevisiae* 1.0×10⁶ CFU/g, *Bacillus licheniformis* 3.0×10⁸ CFU/g, and *Bacillus polyfermenticus* 3.0×10⁸ CFU/g. Pigs fed the T3 diet showed an increase (*p*<0.05) in the overall average daily gain and average daily feed intake, increased (*p*<0.05) crude protein digestibility in Phase I, and greater (*p*<0.05) dry matter and gross energy digestibility in Phase II. Supplementation of CPB had no effect on the blood profile. Furthermore, pigs fed the T3 diet had lower (*p*<0.05) NH₃ emission and overall count of fecal *Clostridium* spp. In conclusion, we believe that CPB supplementation has a beneficial effect on growth performance, nutrient digestibility, noxious gas, and fecal microflora in weaning pigs.

Keywords : Probiotics, Performance, Nutrient digestibility, Fecal microflora, Weaning pigs

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01479601)의 지원 및 2020년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Jin-Soo Kim(Kangwon national Univ.)

email: kjs896@kangwon.ac.kr

Received February 3, 2020

Revised February 27, 2020

Accepted May 8, 2020

Published May 31, 2020

1. 서론

이유자돈은 이유 시, 사료와 환경의 급격한 변화 등으로 심각한 스트레스에 직면하게 되며, 이로 인해 성장 정체 현상, 설사 및 폐사에 이르게 된다. 이러한 문제점을 해결하고, 국내 양돈 산업의 경쟁력을 확보하기 위해 생균제, 효소제, 유기산제, 식물추출물 등 다양한 첨가제들이 연구되고 있다. 그 중 생균제에 관한 연구는 세계적으로 오래전부터 진행되어 왔다. 생균제는 숙주의 장내 미생물 균총의 균형을 유지시키며, 숙주 동물에게 이로인 영향을 미칠 수 있는 살아있는 미생물 사료첨가제로 알려져 있다[1]. 주로 사용되는 생균제 균주로는 *Lactobacillus* spp., *Bacillus* spp., *Bifidobacterium* spp. 및 *Saccharomyces* spp. 등이 이용되고 있으며, 장내 이상발효, 소화불량 및 설사 등에 효과가 있어 오래전부터 이용되어 왔다. 이유자돈 사료 내 생균제 첨가는 이유자돈의 설사를 예방하며[2], 생산성 향상을 기대할 수 있다[3]. 최근에는 환경오염에 대한 관심이 대두되고 있다. 양돈 산업에서 발생하는 악취와 유해가스는 가족의 생산성 감소 및 질병 발생의 원인으로 문제가 되며, 이러한 문제를 해결하기 위하여 악취와 분 배설량에 대한 연구도 진행되고 있다[4]. 국내에서도 다양한 종류의 생균제가 개발 및 연구되고 있으며, 양돈농가와 사료회사에서 사용하는 생균제의 종류 및 첨가수준이 다양하다. 또한, 생균제 내 미생물의 작용 기전이 각각 다르기 때문에 생균제의 정확한 사용 지침과 효과를 규명하기 어려운 실정이다. 따라서 본 실험은 국내에 유통되는 *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus licheniformis* 및 *Bacillus polyfermenticus*를 주성분으로 하는 복합생균제를 이유자돈에게 급여하고, 이유자돈의 사양성적, 영양소 소화율, 혈액성상, 분내 유해가스 및 분 중 미생물에 미치는 영향을 분석하기 위하여 실시되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 시험 설계, 공시동물 및 사양관리

사양시험을 위하여 이유자돈(Landrace×Yorkshire×Duroc, 21±2일령, 6.14±0.78kg) 234두를 공시하여, Phase I(0~14일)와 Phase II(15~28일)로 나누어 총 4주간 실시하였다. 시험 처리구는 T1(basal diet), T2(T1+0.13% complex probiotics), T3(T1+0.25%

complex probiotics) 로 3처리 6반복 반복당 13두를 완전입의 배치하였다. 본 시험에서 사용한 복합생균제는 *Bacillus subtilis* 1.0×10⁶ CFU/g, *Enterococcus faecium* 1.0×10⁶ CFU/g, *Saccharomyces cerevisiae* 1.0×10⁶ CFU/g, *Bacillus licheniformis* 3.0×10⁸ CFU/g, *Bacillus polyfermenticus* 3.0×10⁸ CFU/g를 함유하였다. 시험사료의 영양소 수준은 NRC(2012)[5]에서 제시된 영양소 요구량을 충족하거나 초과하도록 가루 사료의 형태로 배합하였다(Table 1). 시험사료와 물은 자유채식 시켰으며, 본 시험에 이용된 생균제를 제외한 다른 첨가제나 약품은 일체 사용하지 않았다. 실험 기간 동안 사양관리는 본 연구실의 관행에 준하여 실시하였다.

Table 1. Chemical composition of experimental diets(as-fed basis)

Item	Phase I (d 0-14)	Phase II (d 15-28)
Chemical composition(%)		
Metabolizable Energy(Kcal/kg)	3,490	3,350
Crude Protein	21.00	19.01
Available lysine	1.40	1.20
Available methionine+cysteine	0.82	0.71
Calcium	0.85	0.85
Available phosphate	0.60	0.68

2.2 조사항목

2.2.1 사양성적

체중측정은 시험개시, Phase I 종료(14일)와 Phase II 종료(28일)에 측정하였으며, 사료섭취량을 측정하기 위하여 종료 체중 측정 시 사료 급이통에서 사료 잔량의 무게를 측정하였다. 사양시험에서 얻어진 체중과 사료섭취량으로 일당증체량(ADG, average daily gain), 일일 사료섭취량(ADFI, average daily feed intake) 및 사료 요구율(FCR, feed conversion ratio)을 산출하였다.

2.2.2 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 Phase I 과 Phase II 종료 일주일 전부터 불소화지시제인 산화크롬(Cr₂O₃)을 시험사료 내 0.25%로 첨가하여 급여하였다. 분 채취는 산화크롬을 첨가한 사료를 급여한 후, 각 시험기간 종료 4일 전부터 각 돈방에서 분을 채취하였다. 채취한 분은 혼합하여 60°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 건조시켜 1 mm screen wiley mill로 분쇄한 후 일반성분 분석을 실시하였다.

사료와 분의 일반성분 및 산화크롬(Cr₂O₃) 분석은 AOAC(2007)[6]의 방법에 준하여 분석하였으며, 에너지는 단열폭발열량측정기(Model 1241 Parr Instrument Co., Molin, IL, USA)로 측정하였다.

영양소 소화율은 다음의 계산식에 의하여 산출하였다.

영양소 소화율 (%) = (1 - (사료 중의 Cr₂O₃함량 % × 분 중의 영양소함량 %) / (분 중의 Cr₂O₃함량 % × 사료 중의 영양소함량 %)) × 100

2.2.3 혈액성상

일반 혈액검사를 위하여 각 단계별 시험 종료 시 각각의 처리구에서 4두의 이유자돈 경정맥에서 혈액을 수집하여 항응고제가 처리된 튜브에 보관하여 실험실로 옮긴 후 당일 혈액검사를 실시하였다. 일반 혈액검사는 자동혈액 분석기 (Hemacyte™, Oxford Science, Inc., USA)를 이용하여 red blood cell(RBC), white blood cell(WBC), lymphocytes(LY)를 측정하였다.

2.2.4 분 내 유해가스

분내 발생하는 유해가스물질 측정은 시험 종료시, 동일한 시각에 각 처리구당 6마리로부터 채취하여, 그 중 신선한 분 300 g을 1,000 ml의 밀봉된 플라스틱 용기에 넣고 실온에서 24시간 동안 발효시켰다. 발효시킨 분을 7일 동안 실온에서 보관하면서 Gastec(Model GV-100, GASTEC, Japan)을 사용하여 발생하는 총 암모니아(NH₃), 황화수소(H₂S) 및 메캅탄(mercaptans) 농도를 측정하였다.

2.2.5 분 내 미생물

분 중 내용물은 채취한 후 밀봉하여 아이스박스에 저장하여 즉시 실험실로 옮겨 분석하였다. 분 내 미생물 검사는 분 5 g씩 수거하여 45 ml 희석액에 넣고 균질하게 1차 현탁액을 50 ml 만들었으며, 이 중 1 ml를 9 ml 희석액에 연속 희석하였다. 희석 중 혐기상태를 유지해주기 위해 희석액 표면을 파라핀 오일로 코팅하였고 질소가스로 충전하며 실험하였다. 제조된 희석액 중 원하는 희석액에서 1 ml를 페트리디쉬에 분주하여 배양하였다. 이때 사용한 희석액은 peptone과 L-cysteine-HCl을 각각 0.5%, 0.05%씩 첨가한 용액을 사용하였다. 균수 측정을 위해 사용된 배지와 배양조건은 Table 2와 같으며, 미생물 중 총 혐기성균(total anaerobic bacterial counts) 및 *Clostridium* spp. counts는 BBL Gas Pac System

을 이용하여 혐기상태로 배양하였고, *Lactobacillus* spp. counts와 *Escherichia coli*(*E. coli*)는 호기상태로 배양한 후 세균의 수는 각 plate의 colony-forming unit(CFU)로 계산한 후 log₁₀으로 환산하였다. 배양조건은 37°C에서 48시간 이었다.

Table 2. Selection of media and culturing condition for the enumeration of microorganisms

Item ¹	Medium	Incubation	
		Temp, °C	Hour
TABC	TSA	37	48
<i>Lactobacillus</i> spp.	MRS agar (aerobic)	37	48
<i>Clostridium</i> spp.	TSC agar (anaerobic)	37	48
<i>E. coli</i>	Violet red bile agar	37	48

¹TABC, Total anaerobic bacterial counts; TSA, Tryptic soy agar; MRS agar Na₂S₂O₃ 0.02%+L-cysteine hydrochloride monohydrate 0.05%(anaerobic); TSC agar+Egg yolk emulsion(Distilled water:egg yolk=4:1) 25ml/500ml+cysloserine(1mg/500ml); *E. coli*: *Escherichia coli*.

2.2.6 통계분석

본 시험에서 측정된 데이터는 SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., USA)[7] 프로그램의 One-way ANOVA를 이용하여 분석하였고, Turkey 검정을 이용해 사후검정을 하였으며, 이때 p<0.05 이면 통계적으로 유의성이 있는 것으로 인정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 사양성적

사료 내 복합생균제 첨가가 이유자돈의 사양성적에 미치는 영향은 Table 3과 같다. Phase I에서 모든 처리구 간 일당증체량, 일일사료섭취량, 사료요구율에서 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Phase II에서 T3 첨가구가 무첨가구보다 일당증체량 및 일일사료섭취량이 유의적으로 높게 나타났으나(p<0.05), 사료요구율은 모든 처리구 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 전기간에서는 Phase II와 유사한 결과를 나타내었다.

Table 3. Effect of supplementation of probiotics on growth performance in weanling pigs

Item ¹	T1	T2	T3	SEM	p-value
Phase I (d 0-14)					
ADG, g	258	266	273	3.68	0.079
ADFI, g	354	363	367	5.78	0.382
FCR	1.38	1.36	1.34	0.02	0.613
Phase II (d 15-28)					
ADG, g	392 ^b	408 ^{ab}	423 ^a	6.05	0.010
ADFI, g	598 ^b	601 ^b	625 ^a	4.96	0.003
FCR	1.53	1.47	1.48	0.03	0.359
Overall (d 1-28)					
ADG, g	325 ^b	337 ^{ab}	348 ^a	3.81	0.003
ADFI, g	476 ^b	482 ^{ab}	496 ^a	3.93	0.012
FCR	1.47	1.43	1.43	0.02	0.276

¹T1, basal diet; T2, T1+0.13% complex probiotics; T3, T1+0.25% complex probiotics; ADG, Average daily gain; ADFI, Average daily intake; FCR, feed conversion ratio; SEM, Standard error of mean.

Veizaj-Delia 등(2010)[8] 및 Giang 등(2010)[9]은 이유자돈 사료 내 생균제를 첨가하였을 때, 무첨가구에 비하여 일당증체량, 사료요구율이 개선되었다고 보고하였다. 생균제는 숙주의 장내에서 병원성 미생물의 군집형성을 방해하며, 대사과정 중 항생물질, 비타민 및 소화효소 등의 유익한 물질의 생성하여 가축의 성장에 도움을 주는 것으로 알려져 있으며[10], 이러한 효과가 생균제 첨가구에서 무첨가구에 비하여 사양성적이 개선된 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

3.2 영양소 소화율

사료 내 복합생균제 첨가가 이유자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 4와 같다. Phase I에서 건물 및 단백질 소화율은 모든 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 에너지 소화율에서 T3 첨가구가 무첨가구보다 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). Phase II에서 건물 소화율은 T3 첨가구가 무첨가구보다 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), 에너지 소화율은 T2 및 T3 첨가구가 무첨가구보다 유의적으로 높게 나타났지 않았다.

Lee 등(2014)[11]은 이유자돈 사료 내 생균제를 첨가하였을 때, 무첨가구에 비하여 건물, 에너지 및 단백질 소화율이 개선되었다고 보고하였다. Giang 등(2010;2011)[9,12]의 연구결과에 따르면, 성장할수록 생균제의 효과는 감소하는 것으로 나타났다. 어린 가축의

경우, 소화기관이 충분히 발달되어 있지 않아 소화 효소 분비가 성숙에 비하여 낮으며, 장내 미생물의 균형이 이루어져 있지 않기 때문에 생균제가 영양소 소화율 개선에 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

Table 4. Effect of supplementation of probiotics on nutrient digestibility in weanling pigs

Item ¹	T1	T2	T3	SEM	p-value
Phase I (d 0-14)					
DM	80.23	81.85	82.14	0.85	0.268
GE	81.42 ^b	82.80 ^{ab}	83.20 ^a	0.47	0.044
CP ³	80.29	81.15	81.44	0.04	0.167
Phase II (d 15-2)					
DM	78.12 ^b	79.55 ^{ab}	79.89 ^a	0.48	0.044
GE	76.70 ^b	78.68 ^a	78.75 ^a	0.53	0.038
CP	75.94	76.24	77.20	0.64	0.390

¹T1, basal diet; T2, T1+0.13% complex probiotics; T3, T1+0.25% complex probiotics; DM, Dry matter; GE, Gross energy; CP, Crude protein; SEM, Standard error of mean.

3.3 혈액성상

사료 내 복합생균제 첨가가 이유자돈의 혈액성상에 미치는 영향은 Table 5와 같다. Phase I과 Phase II에서 모든 처리구간 RBC, WBC 및 LY에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 5. Effect of supplementation of probiotics on blood metabolites in weanling pigs

Item ¹	T1	T2	T3	SEM	p-value
Phase I (d 0-14)					
RBC, 10 ⁶ /μl	7.09	7.06	6.82	0.19	0.587
WBC, 10 ³ /μl	19.54	18.97	18.81	1.23	0.908
LY, %	57.07	53.60	58.13	2.86	0.522
Phase II (d 15-28)					
RBC, 10 ⁶ /μl	6.24	6.27	6.68	0.37	0.735
WBC, 10 ³ /μl	13.47	11.42	13.27	0.80	0.179
LY, %	41.42	41.05	38.60	1.75	0.587

¹T1, basal diet; T2, T1+0.13% complex probiotics; T3, T1+0.25% complex probiotics; RBC, Red blood cell; WBC, White blood cell; LY, Lymphocytes; SEM, Standard error of mean.

혈구분석은 돼지의 건강상태를 확인하는 간접적인 지표로 이용되고 있다[12]. Lan 등(2016)[4]은 이유자돈 사료 내 생균제를 첨가하였을 때, 무첨가구와 RBC, WBC 및 LY에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 또한, Chen 등(2005)[14] 및 Yoo 등(2007)[15]

은 육성돈 사료에 생균제 첨가 시, RBC, WBC 및 LY에서 유의적인 차이가 나타나지 않는다고 보고하였다. Tortuero 등(1995)[16]은 자돈 사료 내 생균제 첨가 시, 혈액 내 면역물질이 증가한다고 보고하였다. 본 연구 결과에서 생균제 급여는 RBC, WBC 및 LY에 큰 영향을 미치지 않으며, 부정적인 요인으로 작용하지 않는 것으로 나타났다. 아직까지 생균제와 면역기작의 효과는 정확하게 밝혀지지 않았으며, 많은 연구가 진행되어야 될 것으로 사료된다.

3.4 분 내 유해가스

사료 내 복합생균제 첨가가 이유자돈의 분 중 분 내 유해가스에 미치는 영향은 Table 6과 같다. Phase I에서 NH₃, H₂S, 및 mercaptans 발생량은 모든 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Phase II에서는 H₂S, 및 mercaptans 발생량에서는 모든 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, NH₃ 발생량에서 무첨가구와 T2 첨가구가 T3 첨가구보다 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$).

Table 6. Effect of supplementation of probiotics on noxious gas in weanling pigs

Item ¹	T1	T2	T3	SEM	p-value
Phase I (d 0-14)					
NH ₃ , ppm	12.48	10.56	9.42	0.82	0.056
H ₂ S, ppm	4.76	3.85	3.90	0.33	0.126
Mercaptans	4.90	3.82	3.53	0.54	0.199
Phase II (d 15-28)					
NH ₃ , ppm	12.52 ^a	11.83 ^a	10.27 ^b	0.27	<0.001
H ₂ S, ppm	5.21	4.35	4.13	0.42	0.317
Mercaptans	3.57	3.43	3.25	0.10	0.109

¹T1, basal diet; T2, T1+0.13% complex probiotics; T3, T1+0.25% complex probiotics; SEM: Standard error of mean.

사료 내 생균제 첨가는 가축분뇨 내 유해균의 성장을 억제하고, 악취물질인 휘발성 지방산, 암모니아 및 황화합물 등을 낮추어 냄새를 저감하는 효과가 보고되었다 [17]. Lan 등(2016)[4]은 이유자돈 사료 내 생균제를 첨가하였을 때, 무첨가구보다 NH₃ 수치가 유의적으로 낮게 나타났다고 보고하였다. 생균제는 장내 유익 미생물의 성장 및 군집 형성을 증진시키며, 유해 미생물의 성장 및 군집 형성을 억제하는 것으로 알려져 있다[9,10]. 이를 통해 사료 내 영양소 이용률을 개선하여, 분 중으로 배출되는 유기물을 저감시켜 가축 분뇨 냄새를 저감시킬 수 있으며, 이러한 효과가 분 중 유해가스 발생 개선에 효과

를 가져 온 것으로 사료된다.

3.5 분 내 미생물

사료 내 복합생균제 첨가가 이유자돈의 분 중 미생물에 미치는 영향은 Table 7과 같다. Phase I에서 Total anaerobic bacteria, *Lactobacillus* spp. 및 *E. coli*는 모든 처리구에서 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, *Clostridium* spp.는 무첨가구가 T2 첨가구 및 T3 첨가구보다 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). Phase II에서는 Total anaerobic bacteria, *Lactobacillus* spp. 및 *E. coli*는 모든 처리구에서 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, *Clostridium* spp.는 무첨가구와 T2 첨가구가 T3 첨가구보다 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$).

Table 7. Effect of supplementation of probiotics on fecal microbial in weanling pigs

Item ¹	T1	T2	T3	SEM	p-value
Phase I (d 0-14)					
TABC	8.35	8.34	8.37	0.03	0.670
<i>Lactobacillus</i> spp.	7.44	7.47	7.53	0.06	0.460
<i>Clostridium</i> spp.	6.52 ^a	6.40 ^b	6.27 ^c	0.02	<0.001
<i>E. coli</i> ²	6.04	5.96	5.94	0.07	0.473
Phase II (d 15-28)					
TABC	8.46	8.44	8.48	0.04	0.652
<i>Lactobacillus</i> spp.	7.52	7.55	7.60	0.05	0.513
<i>Clostridium</i> spp.	6.58 ^a	6.51 ^a	6.38 ^b	0.04	0.004
<i>E. coli</i> ²	6.08	6.02	5.91	0.08	0.348

¹T1, basal diet; T2, T1+0.13% complex probiotics; T3, T1+0.25% complex probiotics; TABC, Total anaerobic bacterial counts; *E. coli*: *Escherichia coli*; SEM: Standard error of mean.

Lee 등(2014)[11]은 이유자돈 사료 내 생균제 첨가 시 무첨가구에서 유해균인 *Clostridium* spp. 및 Coliforms가 유의적으로 높게 나타났다고 보고하였다. 이러한 결과는 생균제로 사용되는 균주가 숙주 장내에서 군집 균형에서 우점을 유도하며, 균주가 생산하는 항균물질에 의한 항균작용으로 유해균의 집락형성을 방해하는 효과로 인한 것으로 사료된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 사료 내 복합생균제 첨가가 이유자돈의 사양성적, 영양소 소화율, 혈액성상, 분 내 유해가스 및 분 내 미생물에 미치는 영향을 구명하기 위해 실시하였다.

연구결과, 복합생균제의 첨가에 따라 사양성적 및 영양소 소화율이 높게 나타났으며, 분 중 유해가스 발생이 감소하였다. 혈액성상에서는 차이가 나타나지 않았으며, 분 내 미생물 중 유해균이 감소하였다. 따라서 이유자돈 사료 내 복합생균제 첨가는 사양성적, 영양소 소화율, 분 내 유해가스 발생 및 분 내 미생물을 개선하는 효과가 있음을 시사한다.

References

- [1] R. Fuller, "Probiotics in man and animals", *The Journal of Applied Bacteriology*, Vol.66, No.5, pp.365-378, 1989.
- [2] Y. Hu, Y. Dun, S. Li, D. Zhang, N. Peng, S. Zhao, Y. Liang, "Dietary *Enterococcus faecalis* LAB31 improves growth performance, reduces diarrhea, and increases fecal Lactobacillus number of weaned piglets", *PLoS One*, Vol.10, No.1, e0116635, 200
DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0116635>
- [3] P. Y. Zhao, I. H. Kim, "Effect of direct-fed microbial on growth performance, nutrient digestibility, fecal noxious gas emission, fecal microbial flora and diarrhea score in weanling pigs", *Animal Feed Science and Technology*, Vol.200, pp.86-92, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.12.010>
- [4] R. X. Lan, S. I. Lee, I. H. Kim, "Effects of multistrain probiotics on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, faecal microbial shedding, faecal score and noxious gas emission in weaning pigs", *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Vol.100, No.6, pp.1130-1138, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.12501>
- [5] NRC. Nutrient Requirements of Swine. 11th ed. National. Academic. Press, Washington, DC. USA. 2012.
- [6] AOAC. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.2007.
- [7] SAS. Statistical Analysis System, version 8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- [8] E. Veizaj-Delia, T. Piu, P. Lekaj, M. Tafaj, "Using combined probiotic to improve growth performance of weaned piglets on extensive farm conditions" *Livestock Science*, Vol.134, No.1-3, pp.249-251, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.155>
- [9] H. H. Giang, T. Q. Viet, B. Ogle, J. E. Lindberg, "Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with potentially probiotic complexes of lactic acid bacteria", *Livestock Science*, Vol.129, No.1-3, pp.95-103, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2010.01.010>
- [10] D. Harzallah, H. Belhadi, "Lactic acid bacteria as probiotics: characteristics, selection criteria and role in immunomodulation of human GI mucosal barrier", *Lactic Acid Bacteria - R & D for Food, Health and Livestock Purposes*. Vol.8, pp.197-216, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/50732>
- [11] S. H. Lee, S. L. Ingale, J. S. Kim, K. H. Kim, A. Lokhande, E. K. Kim, I. K. Kwon, Y. H. Kim, B. J. Chae, "Effects of dietary supplementation with *Bacillus subtilis* LS 1-2 fermentation biomass on growth performance, nutrient digestibility, cecal microbiota and intestinal morphology of weanling pig", *Animal Feed Science and Technology*, Vol.188, pp.102-110, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.12.001>
- [12] H. H. Giang, T. Q. Viet, B. Ogle, J. E. Lindberg, "Effects of supplementation of probiotics on the performance, nutrient digestibility and faecal microflora in growing-finishing pigs", *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol.24, No.5, pp.655-661, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2011.10238>
- [13] 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, pp.221-226, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2009.00199.x>
- [14] Y. J. Chen, K. S. Son, B. J. Min, J. H. Cho, O. S. Kwon, I. H. Kim, "Effects of dietary probiotic on growth performance, nutrients digestibility, blood characteristics and fecal noxious gas content in growing pigs", *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*, Vol.18, No.10, pp.1464-1468, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1464>
- [15] J. S. Yoo, Y. J. Chen, I. H. Kim, "Effects of dietary complex probiotics on growth performance, nutrient digestibility and blood characteristics in growing pigs", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.8, No.5, pp.1266-1272, 2007
- [16] F. Tortuero, J. Rioperez, E. Fernandez, M. L. Rodriguez. "Response of piglets to oral administration of lactic acid bacteria", *Journal of Food Protect*, Vol.58, No.12, pp.1369-1374, 1995.
DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-58.12.1369>
- [17] A. Terada, H. Hara, S. T. Li, S. Yagi, H. Ichikawa, J. Nichi, S. H. Ko, T. Itsuoka. 1993. "Effect of a microbial preparation on fecal flora and fecal metabolic products of pigs", *Animal Science and Technology (Japan)*, Vol.65, No.9, pp.806-814, 1993.

김 동 우(Dong-Woo Kim)

[정회원]



- 2019년 2월 : 강원대학교 동물생 명시스템학과 (농학학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 동물산업융합전공 석사과정

<관심분야>

동물영양, 가축사양

조 은 석(Eun-Seok Jo)

[정회원]



- 2007년 3월 : 경남과학기술대학교 동물소재공학과 (농학석사)
- 2011년 8월 : 경상대학교 응용생명공학 (이학박사)
- 2012년 1월 ~ 2015년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원

- 2015년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

가축육종, 유전체학

최 요 한(Yo-Han Choi)

[정회원]



- 2015년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학석사)
- 2019년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학박사)
- 2019년 4월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원

<관심분야>

동물영양 및 사양, 동물복지

정 현 정(Hyun-Jung Jung)

[정회원]



- 1998년 2월 : 서울대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학석사)
- 2002년 8월 : 서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부 (농학박사)
- 2005년 12월 ~ 2017년 12월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

- 2018년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

동물영양, 가축사양

김 조 은(Jo-Eun Kim)

[정회원]



- 2016년 8월 : 경상대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 (농학박사과정)
- 2012년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 미생물체

오 승 민(Seung-Min Oh)

[정회원]



- 2016년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학학사)
- 2018년 2월 : 강원대학교 동물영양학 (농학석사)
- 2018년 1월 ~ 현재 : 경상북도 축산기술연구소 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 가축사양

김 정 대(Jeong-Dae Kim)

[정회원]



- 1983년 2월 : 경상대학교
낙농학 (농학학사)
- 1985년 2월 : 서울대학교
가축영양학 (농학석사)
- 1990년 2월 : L'Universite
Pierre et Marie Curie (Paris
VI) 영양학 (이학박사)

• 1991년 2월 ~ 현재 : 강원대학교 동물산업융합학과 교수

〈관심분야〉

동물영양, 가축사양

김 진 수(Jin-Soo Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 강원대학교
동물영양학 (농학석사)
- 2012년 2월 : 강원대학교
동물영양학 (농학박사)
- 2013년~2016년 : University of
Minnesota research fellow
- 2017년 2월 : 강원대학교
동물산업융합 학과 조교수

〈관심분야〉

동물영양 및 사양, 축사시설