

개시체중과 Synbiotics 첨가가 이유자돈의 성장에 미치는 영향

Effects of Initial Body Weight and Synbiotics Supplementation on Growth Performance of Weaned Pigs

이석희¹
Seok Hee Lee
그린팜텍

박진기²
Jin Ki Park
국립한국농수산대학교
축산학부

이수협²
Su hyup Lee
국립한국농수산대학교
축산학부

최지환^{2*}
Jee Hwan Choe
국립한국농수산대학교
축산학부

¹ Green Farm Tech, Siheung 14949, Korea

² Department of Swine Science, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

ABSTRACT

The purpose of the study was to examine the effects of initial body weight and synbiotics supplementation in the diet on growth performance of weaned pigs. A total of 80 crossbred pigs (Landrace×Yorkshire×Duroc, d 28±3, body weight 6.40±1.70 kg) were randomly distributed 4 treatments (4 replication, 5 pigs/replication). The treatments were 1) high initial body weight group (PC), 2) low initial body weight group (NC), 3) low initial body weight with 0.2% antibiotics (amoxicillin) supplementation group (AB), 4) low initial body weight with 0.2% synbiotics (AllTech[®] Bio-Mos 0.3%, 0.3%, *Bacillus subtilis* 0.1%, formic acid 0.1%) supplementation group (Syn). AllTech[®] Bio-Mos is consist of at least 25% of glucomannanprotein extracted from the cell wall of *Saccharomyces cerevisiae*. Growth performance was measured during 28 d. Average daily gain (ADG) of AB and Syn groups were significantly (p<0.05) higher than that of NC group. However, final body weight at the end of experiment were not different among NC, AB, and Syn groups. Initial body weight and final body weight of PC group were statistically (p<0.001) higher compared to those of other groups. Additionally, PC showed the tendency of lower average daily feed intake and higher ADG, thereby lower feed conversion ratio compared with other groups. Therefore, the current results imply that supplementation of antibiotics and synbiotics in diets for weaned pigs could not catch up with significant differences in initial body weight.

Key Words : Initial weight, Synbiotics, Antibiotics growth promoter, Weaned pigs

Received Nov. 29. 2023
Revised Dec. 14. 2023
Accept Dec. 18. 2023

*Correspondence
Jee Hwan Choe
jchoe@korea.kr

서론

축산업의 대규모화가 이루어지면서, 생산성 향상 및 원가

절감에 치중한 경제 가축의 생산이 주를 이루었다. 하지만 경제가 발전하고 식품의 품질과 안전성에 대한 소비자의 인식 향상, 축산업의 지속가능한 발전을 위해서는 과거의 경



제 가축의 생산에서 벗어나 축산물의 품질과 안전성을 고려해야 한다. 과거 항생제는 축산업 분야에서 질병 치료 목적 외에 성장 촉진제로 널리 사용됐다. 하지만 가축의 경제성에 치중한 나머지 항생제를 오남용하였다. Dixon (1998)의 연구에 의하면 항생제의 오남용은 가축의 체내, 특히 식육에 잔류하게 되어 인간이 섭취할 때 인체에 악영향을 미친다. 또한, 슈퍼박테리아(superbugs or superbacteria)와 같은 항생제 저항성 미생물 출현과 항생제 저항성 미생물의 가축으로부터 사람으로의 전이 등, 치료 목적으로 항생제를 복용하여도 항생제 내성으로 인해 미생물에 효과가 없는 경우가 발생하였다(CDC, 2022). 이에 따라 우리나라에서는 지난 2011년 7월부터 배합사료 내 성장 촉진용 항생제 (Antibiotic Growth Promoter, AGP)의 사용이 전면 금지되었다. 배합사료 내 AGP의 사용금지로 가축의 생산성을 높이기 위한 AGP 대체제 개발에 축산업의 이목이 집중되고 있다. 잔류 항생제나 항생제 내성과 같은 안전성 문제가 없으면서 가축의 성장을 효율적으로 도모할 수 있는 새로운 물질 또는 사양관리체계에 대한 탐색과 연구가 활발히 진행되고 있다.

포유류의 장관계(gastrointestinal tract, GIT)는 모든 대사활동, 생리 및 면역 활동의 중추 역할을 하는 중요한 기관이다(Pluske, Turpin, & Kim, 2018). 장관계에는 일반적으로 다양한 미생물이 분포하고 있으며, 돼지의 경우 500-1,000종의 미생물이 약 100조(10¹⁴) 존재하는 것으로 알려져 있다(Kim & Isaacson, 2015). 따라서 장관계에 존재하는 미생물에 의해 사람뿐만 아니라 동물도 대사활동 및 생리, 면역 활동에 영향을 받으며, 이 미생물의 변화를 통해 건강하면서 성장 속도도 빠른 경제성 있는 가축을 생산하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

장내 미생물을 변화시키는 방법으로 가장 많이 쓰이는 것은 프로바이오틱스(probiotics)이다. 프로바이오틱스는 건강에 도움을 주는 살아있는 미생물을 의미한다. 최근에는 프로바이오틱스의 먹이가 되는 프리바이오틱스(prebiotics)를 사용하거나 프로바이오틱스와 프리바이오틱스를 혼합하여 사용하는 신바이오틱스(synbiotics)를 활용하고 있다. 그 외 유기산 제제(organic acids), 식물추출물(plant extracts) 등도 사용되고 있다. 돼지 사료 내 프로바이오틱스, 프리바이오틱스, 또는 신바이오틱스 첨가를 통해 성장특성 개선, 도체특성 개선, 장내 균총 변화를 통한 장건강 및 면역 개선 등의 결과도 발표되었다(Su 등, 2022; Zhu 등, 2023).

그러므로 본 연구는 프로바이오틱스, 프리바이오틱스, 유

기산 제제 등을 혼합하여 이유자돈 사료에 첨가했을 때 성장특성에 미치는 영향을 평가하기 위해 수행되었다. 특히 낮은 이유(weaned) 개시체중 그룹에 항생제 및 신바이오틱스 첨가 사료를 급여하여 높은 이유 개시체중을 가지는 그룹과 비교함으로써 개시체중과 성장 촉진 사료첨가제의 성장에 대한 실제 효과를 비교하였다.

연구방법

공시 동물 및 시험사료, 실험설계

본 연구를 위해 총 80두의 3원 교잡 이유자돈(Landrace × Yorkshire × Duroc, 28 ± 3일령, 6.40 ± 1.70kg)을 4처리 4반복(반복당 5두)으로 난괴법(randomized completely block design) 배치하였다. 실험기간은 Phase I (d 0~14)과 Phase II (d 14~28)로 나누어 총 4주간 실시하였다. 처리구는 이유 개시체중이 큰 대조구(PC), 이유 개시체중이 작은 대조구(NC), 이유 개시체중이 작고 사료 내 항생제(아목시실린, amoxicillin) 0.2% 첨가구, 이유 개시체중이 작고 사료 내 신바이오틱스(Synbiotics, AllTech® Bio-Mos 0.3%, 0.3%, Bacillus subtilis 0.1%, formic acid 0.1%) 0.2% 첨가구 등 총 4처리구로 나누어 사양실험을 실시하였다. AllTech®사에서 제공받은 Bio-Mos는 *Saccaromyces cerevisiae* 효모의 세포벽에서 추출한 탄수화물 복합체인 glucomannanprotein이 최소 25% 이상 함유되어 있다.

Phase I과 Phase II에서 급여한 시험사료의 배합비와 영양소 함량은 Table 1과 같다. 실험사료는 옥수수-대두박을 중심으로 제조하였으며, 영양소 수준은 NRC(2012)에서 제시된 영양소 요구량을 충족하거나 초과하도록 배합하여 가루 형태로 급여하였다. 실험사료와 물은 자유채식시켰으며, 실험에 이용된 항생제와 신바이오틱스 이외의 첨가제나 약품은 일체 사용하지 않았다. 사양관리는 대한민국 동물시험윤리에 준하여 실시하였다.

성장특성

체중은 실험을 개시하여 실험사료를 급여한 후 Phase I (0~14일)과 Phase II(14~28일)이 종료되는 시점에 측정하였으며, 사료 섭취량을 측정하기 위해 매번 급여되는 사료의 무게를 측정하고, 체중 측정 시 사료 급여통에서 사료 잔량의 무게를 측정하였다. 측정을 통해 얻어진 체중과 사

료 섭취량으로 일당증체량(average daily gain, ADG), 일일사료섭취량(average daily feed intake), 그리고 사료요구율(feed conversion ratio, FCR)을 산출하였다.

통계분석

본 실험에서 얻은 결괏값은 SAS 프로그램을 통해 일원 배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하여 평균과 평균오차로 나타냈고, 평균간 비교는 Duncan 다중검정을 하였다. 그룹 간 유의적 차이는 $p < 0.05$ 수준에서 나타냈다.

결과 및 고찰

이유자돈의 개시체중과 사료 내 신바이오틱스 첨가가 성장특성에 미치는 영향을 Table 2에 정리하였다. 개시체중이 큰 PC 그룹은 Phase I 개시체중, Phase II 개시체중, 그리고 실험종료 최종 체중까지 사료 내 첨가제에 상관없이 개시체중이 작은 그룹들에 비해 체중이 유의적으로 가장 높았다($p < 0.001$). 또한, PC 그룹은 다른 그룹에 비해 Phase I 및 전체 실험기간 일일사료섭취량은 가장 적지만 일당증체량은 가장 커 사료요구율이 가장 낮았다($p < 0.05$). 반면 개시체중이 낮은 그룹들은 실험사료와 관계없이 Phase I 개시체중, Phase II 개시체중, 그리고 실험종료 최종 체중이 모두 PC 그룹에 비해 유의적으로 작았다($p < 0.001$). NC 그룹은 PC 그룹과 정반대의 결과를 보였다. 즉, Phase II를 제외하고 NC 그룹은 일일사료섭취량이 많지만 일당증체량은 가장 적어 사료요구율이 가장 높았다($p < 0.05$). 이유 개

시체중이 작고 사료 내 항생제를 첨가한 AB 그룹은 PC 그룹과 비교할 때 Phase I에서 일일사료섭취량이 유의적으로 많아 일당증체량과 사료요구율이 유의적 차이가 없었다($p > 0.05$). Phase II와 전체 실험기간을 놓고 보면 AB 그룹은 PC 그룹에 비해 일일사료섭취량이 유의적으로 많은 것에 비해 일당증체량은 유의적으로 낮았고($p < 0.05$), 사료요구율은 높은 경향을 나타냈다($p < 0.1$). 본 연구의 주 타겟인 신바이오틱스 첨가 급여 그룹(Syn)은 기대와 달리 뚜렷한 효과를 나타내지 못했다. Phase I에서 PC 그룹과 유의적 차이가 없는 일당증체량을 나타냈으나, 일일사료섭취량 및 사료요구율은 PC 그룹보다 많았다($p < 0.05$). Phase II에서는 일일사료섭취량은 PC 그룹과 유의적 차이가 없었으나, 일당증체량은 유의적으로 작고 사료요구율은 높은 경향을 나타냈다. 실험 전체기간으로 봤을 때, Syn 그룹은 PC 그룹에 비해 일일사료섭취량은 유의적으로 많고 일당증체량은 유의적으로 적어 사료요구율이 유의적으로 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

프로바이오틱스는 일반적으로 숙주의 건강이 이로운을 주는 살아있는 생물로 주로 *Bacillus* 속, *Lactobacillus* 속, *Bifidobacterium* 속, *Enterococci* 속, *Saccharomyces* 속 등의 미생물이 프로바이오틱스로 사용된다. *Bacillus* 속은 돼지 산업에서 가장 처음으로 사용된 프로바이오틱스이며, 오랜 기간 수많은 연구가 진행되었다. Alexopoulos 등 (2004)은 *Bacillus licheniformis*와 *B. subtilis*를 첨가급여한 이유자돈에서 질병 발생률과 폐사율이 줄어든 것을 확인하였고, 생산성도 향상되었다고 보고하였다. Wang 등

Table 1. Formula and chemical compositions of experimental diets (as-fed basis)

	Phase I (d 0~14)	Phase II (d 14~28)
Ingredients, %		
Corn	27.07	49.55
Whey powder	20.00	15.00
Fish meal (60%)	5.00	5.00
SBM (dehulled)	22.00	18.82
S. P. C.	5.93	5.00
Soy oil	2.39	2.00
L-Lysine (78%)	0.30	0.2
DL-Methionine (100%)	0.10	0.05
Choline-chloride (50%)	0.10	0.10
MCP	0.33	0.54
Limestone	0.64	0.67

Salt	0.20	0.30
Mineral premix ¹	0.30	0.30
Vitamin premix ²	0.30	0.30
ZnO	0.34	0.34
Sucrose	3.00	-
Lactose	12.00	1.83
Total	100.00	100.00
Calculated composition, %		
ME, kcal/kg	3,400	3,360
CP	25.00	21.50
Ca	0.80	0.80
Av. P	0.40	0.40
Lys	1.60	1.40
Met + Cys	0.80	0.75

¹ Supplied per kilogram of diet: 45mg Fe, 0.25mg Co, 50mg Cu, 15mg Mn, 25mg Zn, 0.35mg I, 0.13mg Se.

² Supplied per kilogram of diet: 16,000 IU vitamin A, 3,000 IU vitamin D₃, 40 IU vitamin E, 5.0mg vitamin K₃, 5.0mg vitamin B₁, 20mg vitamin B₂, 4mg vitamin B₆, 0.08mg vitamin B₁₂, 40mg pantothenic acid, 75mg niacin, 0.15mg biotin, 0.65mg folic acid, 12mg antioxidant.

(2009)은 비육돈에 *B. licheniformis*와 *B. subtilis*를 첨가 급여 했을 때, 암모니아 배출량이 감소하고 분변 pH가 저하 되는 것을 확인하였다. Aperce 등(2010)은 자돈 사료 내 *Bacillus* 속 첨가 시 장관 상피세포의 면역체계 조절 효과를 통해 이유 후 설사증(post-weaning diarrhea, PWD) 개선에 효과가 있다고 보고했다.

본 연구에서 신바이오틱스 제조를 위해 첨가된 프리바이오틱스의 주성분인 glucomannanprotein의 경우, 저자들이 인지하는 범위에서는 많은 연구가 진행되지 않았다. 특히, glucomannanprotein의 형태보다는 mannanoligosaccharide 형태로 연구가 진행되거나 다른 프리바이오틱스 또는 식이섬유와 혼합 후 사용되는 경우가 많았다. 유기산은 보존제로서의 역할과 영양학적 품질을 위해 가축의 사료 산업에 수십년동안 사용되어 왔다. 일반적으로 유기산은 세균과 곰팡이의 생육을 조절하기 위해 사용되었으나, 최근에는 돼지와 같은 단위동물의 소화, 흡수 개선, 장건강 증진, 성장 촉진 등의 잠재적 효과를 위해 사용된다. 특히, formic acid와 그 유도체는 이유자돈(Bosi 등, 2007; Htoo & Molarés, 2012; Zhou 등, 2015), 육성돈 및 비육돈

(Canibe 등, 2005; Eisemann & Van Heugten, 2007; Øverland 등, 2000; Øverland 등, 2008) 등 다양한 성장단계의 돼지에서 유효한 효과를 나타냈다. 본 연구 결과와 선행 연구 결과를 종합해 보면 프로바이오틱스, 프리바이오틱스, 또는 신바이오틱스의 사료 내 첨가는 성장단계와 관계없이 돼지의 성장특성이나 면역 증진에 도움을 준다고 할 수 있다. 하지만 개시체중에서 이미 유의미한 차이가 있는 경우, 이 차이를 극복할 수 있을 정도의 성장 촉진을 이루기는 어려울 것으로 판단된다.

돼지의 성장특성, 특히 체중의 증가량 및 성장효율 등에 영향을 주는 주요인 중 하나로 생시체중과 이유체중이 거론된다(Montoro 등, 2020). 일반적으로 생시체중과 이유체중이 작은 개체일수록 성장이 지연되는 경향이 있으며, 본 연구에서도 유사한 결과를 확인할 수 있었다. 이유 개시체중이 큰 PC 그룹은 전체 실험기간 가장 큰 체중을 유지하였고, 적은 일일사료섭취량으로 높은 일당증체량을 보여 사료 요구율이 낮은 것으로 나타났다. 이런 유의미한 차이는 본 연구에서 항생제나 신바이오틱스의 첨가에도 극복할 수 없었다. 그러므로 본 연구결과는 사료에 의한 성장 촉진이

Table 2. Effects of initial body weight and synbiotics supplementation on growth performance of weaned pigs

	PC	NC	AB	Syn	SEM1	p-value
Phase I (d 0~14)						
Body weight ²	7.08a	6.18b	6.16b	6.21b	0.45	<0.001
ADG, g/d	314a	246b	265a	258a	14.83	0.002
ADFI, g/d	428c	438a	431b	433ab	3.70	0.001
FCR	1.36b	1.70a	1.63ab	1.76a	0.17	0.014

Phase II (d 14~28)						
Body weight ²	11.47a	9.62b	9.87b	9.83b	0.85	<0.001
ADG, g/d	415a	237c	349b	293b	39.02	0.011
FCR	1.45	2.59	1.82	2.14	0.01	0.099
Overall (d 0~28)						
Body weight ³	17.69a	13.23b	14.75b	14.22b	1.91	<0.001
ADG, g/d	365a	242c	307b	276bc	35.96	<0.001
ADFI, g/d	515c	526a	533b	531a	3.23	<0.001
FCR	1.41c	2.18a	1.73bc	1.93ab	0.01	0.004

PC=High initial body weight group; NC=Low initial body weight group; AGP=Low initial body weight with 0.2% antibiotic (amoxicillin) supplementation; Syn=Low initial body weight with synbiotics (AllTech® Bio-Mos 0.3%, *Bacillus subtilis* 0.1%, formic acid 0.1%) 0.2% supplementation

^{a-c} Values with different superscripts of the same row are significantly differ ($p < 0.05$).

¹ Standard error of means

² Body weight measured at the beginning of the period

³ Body weight measured at the end of the period

가능하지만, 개체의 선천적 체중이 성장특성에 큰 영향을 준다는 것을 보여준다. 다만 더 정확한 결론을 도출하기 위해서는 생시체중 및 이유체중의 구간별 비교, 항생제와 신바이오틱스의 종류별, 농도별 비교, 육성 및 비육기간까지의 성장특성 비교 등 추가적인 실험이 요구된다.

적요

본 연구의 목적은 개시체중 차이와 사료 내 신바이오틱스 첨가에 따른 이유자돈의 성장특성을 비교하는 것이다. 공시돈은 총 80두로 4 처리 4 반복(반복당 5두)로 난괴법 배치를 하였고, 처리구는 1) 개시체중이 높고 아무것도 첨가하지 않은 사료 급여, 2) 개시체중이 낮고 아무것도 첨가하지 않은 사료 급여, 3) 개시체중이 낮고 항생제 0.2% 첨가 급여, 4) 개시체중이 낮고 신바이오틱스 0.2% 첨가 급여 등 4 처리구 이다. 실험기간은 총 28일로 Phase I (d 0~14)과 Phase II (d 14~28)로 구분하여 진행하였다. 개시체중이 낮고 사료 내 항생제 및 신바이오틱스 첨가 급여한 AB 그룹과 Syn 그룹은 개시체중이 낮고 아무것도 첨가 급여하지 않은 NC 그룹에 비해 일당증체량이 유의적으로 높았으나 실험종료 시 체중은 유의적 차이가 없었다. 개시체중이 높고 아무것도 첨가 급여하지 않은 PC 그룹은 개시체중 및 종료체중이 다른 그룹에 비해 유의적으로 높았고, 전체 실험기간 일일사료섭취량은 적고 일당증체량은 유의적으로 높아 사료요구율이 낮은 경향을 나타냈다. 따라서 항생제 또는 신바이오틱스의 사료 내 첨가는 개시체중에서 이미 유의미한 차이가 있는 경우, 이 차이를 극복할 수 있을 정도의 성장 촉진을 이루기는 어려울 것으로 판단된다. 그러나

더 정확한 결론을 도출하기 위해서는 생시체중 및 이유체중의 구간별 비교, 항생제와 신바이오틱스의 종류별, 농도별 비교, 육성 및 비육기간까지의 성장특성 비교 등 추가적인 실험이 요구된다.

참고문헌

- Alexopoulos C, Georgoulakis IE, Tzivara A, Kritas SK, Siochu A, Kyriakis SC. (2004). Field evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* spores on the health status and performance of sows and their litters. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 88: 381-392.
- Aperce CC, Burkey TE, KuKanich B, Crozier-Dodson BA, Dritz SS, Minton JE. (2010). Interaction of *Bacillus* species and *Salmonella enterica* serovar typhimurium in immune or inflammatory signaling from swine intestinal epithelial cells. *Journal of Animal Science* 88: 1649-1656.
- Blach A. (2020). Application of Probiotics, Prebiotics and Synbiotics in Swine. Retrieved November 27 2023 from <https://nutrinews.com/en/application-of-probiotics-prebiotics-and-synbiotics-in-pig-production/>
- Bosi P, Sarli G, Casini L, de Filippi S, Trevisi P, Mazzoni M, Meriardi G. (2007). The influence of

- fat protection of calcium formate on growth and intestinal defence in *Escherichia coli* K88-challenged weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 139: 170-185.
5. Canibe N, Højberg O, Højsgaard S, Jensen BB. (2005). Feed physical form and formic acid addition to the feed affect the gastrointestinal ecology and growth performance of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 83:1287-1302.
 6. CDC. (2022). About Antibiotic Resistance. Retrieved November 28, 2023 from <https://www.cdc.gov/drugresistance/about.html>
 7. Dixon RA, Howles PA, Lamb C, He X-Z, Reddy JT. 1998. Prospects for the metabolic engineering of bioactive flavonoids and related phenylpropanoid compounds. In JA Manthey, BS Buslig, eds, *Flavonoids in the living system*. Plenum Press, New York, pp 55-66.
 8. Eisemann JH, Van Heugten E. (2007). Response of pigs to dietary inclusion of formic acid and ammonium formate. *Journal of Animal Science*, 85: 1530-1539.
 9. Htoo JK, Molares J. (2012). Effects of dietary supplementation with two potassium formate sources on performance of 8- to 22-kg pigs. *Journal of Animal Science*, 90: 346-349.
 10. KIM HB, ISAACSON RE. (2015). The pig gut microbial diversity: Understanding the pig gut microbial ecology through the next generation high throughput sequencing. *Veterinary Microbiology*, 177: 242-251.
 11. Liu N, Shen H, Zhang F, Liu X, Xiao Q, Jiang Q, Tan B, Ma X. (2023). Applications and prospects of functional oligosaccharides in pig nutrition: A review. *Animal Nutrition*, 13: 206-215.
 12. Luise D, Correa F, Bosi P, Trevisi P. (2020). A Review of the Effect of Formic Acid and Its Salts on the Gastrointestinal Microbiota and Performance of Pigs. *Animals*, 10(5): 887.
 13. Meng QW, Yan L, Ao X, Zhou TX, Wang JP, Lee JH, Kim IH. (2010). Influence of probiotics in different energy and nutrient density diets on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, and blood characteristics in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 88: 3320-3326.
 14. Montoro JC, Manzanilla EG, Solà-Oriol D, Muns R, Gasa J, Clear O, Díaz JAC. (2020). Predicting Productive Performance in Grow-Finisher Pigs Using Birth and Weaning Body Weight. *Animals*, 10(6): 1017.
 15. NRC. (2012). *Nutrient Requirements of Swine*. 11th revision. Washington, DC, National Academies Press.
 16. Øverland M, Granli T, Kjos NP, Fjetland O, Steien SH, Stokstad M. (2000). Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 78: 1875-1884.
 17. Øverland M, Kjos NP, Borg M, Skjerve E, Sørum H. (2008). Organic acids in diets for entire male pigs: Effect on skatole level, microbiota in digesta, and growth performance. *Livestock Science*, 115: 169-178.
 18. Pluske JR, Turpin DL, Kim J. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*, 4(2): 187-196.
 19. Wang Y, Cho JH, Chen YJ, Yoo JS, Huang Y, Kim HJ, Kim IH. (2009). The effect of probiotic BioPlus 2B[®] on growth performance, dry matter and nitrogen digestibility and slurry noxious gas emission in growing pigs. *Livestock Science* 120(1-2): 35-42.
 20. Zhou Y, Wei X, Zi Z, Zou B, Xia S, Lu N, Lei H, Lu Y, Parvizi N, Xia D. (2015). Potassium diformate influences gene expression of GH/IGF-I axis and glucose homeostasis in weaning piglets. *Livestock Science*, 172: 85-90.
 21. Zhu Q, Azad MAK, Dong H, Li C, Li R, Cheng Y,

Liu Y, Yin Y, Kong X. (2023). Sow-Offspring Diets Supplemented with Probiotics and Synbiotics Are Associated with Offspring's Growth Performance and Meat Quality. International Journal of Molecular Science, 24: 7668.

감사의 글

본 연구를 위해 사료첨가제를 제공해 주신 AllTech 관계자분들께 감사합니다.