

# 사료 내 섬유소의 첨가가 자돈의 성장 성적에 미치는 영향

## Effects of Feeding with Fiber Diets on Growth Performance in Weanling Piglets

**구성민<sup>1</sup>**  
 Seong Min Koo  
 경상국립대학교  
 축산과학부

**이에스터<sup>1</sup>**  
 Esther Lee  
 경상국립대학교  
 축산과학부

**이수협<sup>2</sup>**  
 Su Hyup Lee  
 국립한글농수산대학교  
 양돈학과

**장재철<sup>1\*</sup>**  
 Jae Cheol Jang  
 경상국립대학교  
 축산과학부

<sup>1</sup> Division of Animal Science, and Institute of Agricultural and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea  
<sup>2</sup> Department of Swine Science, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

### ABSTRACT

This study was undertaken to evaluate the effect of feeding with fiber diets on growth performance in weaned piglets. A total of 240 pigs with an average weight of  $8.69 \pm 0.45$  kg at  $28 \pm 2$  days of age were allocated into a randomized complete block design (RCBD) with a total of 6 treatments and 5 replications per treatment in the pig barn. The experimental treatments were as follows: 1) Negative control (NC: Basal diet), 2) Positive control (PC: Basal diet+antibiotic), 3) SBP2 (Basal diet+2% sugar beet pulp addition), 4) SBP8 (Basal diet+8% sugar beet pulp addition), 5) OH2 (Basal diet+2% sugar beet pulp), and 6) OH8 (Basal diet+8% oat hull addition).

The pigs were fed phase I diets for 2 weeks and phase II diets for 3 weeks, with the average daily gain (ADG) and average daily feed intake (ADFI) measured on days 14 and 35. During 2 week the growth performance of the PC treatment, with 0.1% antibiotic addition, showed a significant increase ( $P < 0.05$ ). In 0~5 weeks, the growth performance in the PC treatment was the highest. Treatments with dietary fiber additions exhibited lower daily gains compared to the PC treatment but were higher than the NC treatment. SBP8, with 8% sugar beet pulp addition, showed growth performance comparable to the PC treatment ( $P < 0.05$ ). Additionally, the 8% fiber addition level demonstrated significantly higher daily gains compared to the 2% addition level ( $P < 0.05$ ).

The addition of fiber to pig diets resulted in lower growth performance compared to treatments with antibiotic additions. However, the pigs fed SBP8 showed growth performance equivalent to those in the PC treatment, suggesting the potential of sugar beet pulp as a substitute for antibiotics in pig feed. The growth attributed to sugar beet pulp addition in the feed is speculated to occur while the immature gut of the pigs is developing and due to the positive influence of sugar beet pulp's fiber source on the gut environment.

**Key Words :** Fiber, Antibiotic, Growth performance, Sugar beet pulp, Oat hull

Received Nov. 21. 2023  
 Revised Dec. 14. 2023  
 Accept Dec. 14. 2023

\*Correspondence  
 Jae Cheol Jang  
 jaejang1278@gnu.ac.kr



## 서론

자돈은 이유 후 모유에서 고품사료로 이전되며 물리적으로 큰 변화(소화율, 구조, 조성, 맛, 향기)를 겪게 되는데 이러한 사료의 변화는 장의 용모를 탈락 시키며, 장내 미생물의 균총을 변화시키고 이러한 급진적인 변화로 인해 자돈에 설사를 유발한다(Le-Davidich와 Herpin, 1994). 또한 수동면역의 제거, 환경(돈사 이동, 온도 등) 변화 및 사회적 행동 등에 따라 설사 발생 빈도가 높아지게 된다. 특히 자돈에게 현재 가장 문제가 되는 설사의 경우 병원성 미생물, 즉 *E. coli*가 주원인으로, 자돈의 장내에 유익한 미생물 균총이 형성되는 것은 이유 후 자돈사양에 있어서 생산성을 향상시키는데 중요한 요인 중 하나가 될 수 있다. 항생제는 장내 유해한 미생물을 억제해 왔으나, 2000년 이후 덴마크에서 성장증진을 목적으로 한 항생제 사용이 금지되면서, 자돈의 이유 후 설사 발생이 급증하였다는 연구 보고가 있다(Callesen, 2004). 마찬가지로 2012년 사료 내 항생제 첨가금지가 법적으로 고시된 우리나라에서도 자돈의 설사 문제를 해결하기 위한 대책이 시급히 요구되고 있다.

식이 섬유소의 첨가는 그 종류와 사용량에 따라 prebiotics로서 장내 유익균들이 이용하기 좋은 섬유소를 공급하고, 미생물의 대사산물인 휘발성 지방산(volatile fatty acid; VFA)과 젖산이 장관 내 pH를 저하시켜 유산균의 증식 및 병원성 미생물의 저하를 유도하며, 대장균에 부착 부위(binding site)를 제공하여 분으로의 배출을 유도하는 등(Koopman 등, 1999)의 기능을 한다. 과거 연구 결과에 의하면 섬유소 함량이 높은 사료의 급여가 대장균성 부증을 억제하였고(Smith와 Halls, 1968), 조섬유 함량이 높은 사료를 섭취한 3주령 이유자돈의 설사 빈도가 감소하였고, 설사 발생 기간 또한 감소하였다는 보고가 있다(Ball과 Aherne, 1982). 또한 Drochner 등(1978)은 사료 내 조섬유가 돼지의 소화기관 내 박테리아의 활성을 감소시킨다고 보고하였으며, 유해 미생물인 *Escherichia coli* and *Clostridium perfringens*의 성장을 억제하였다는 보고가 있다(Wang과 Gibson, 1993). Sugar beet pulp는 펙틴, 글루칸과 같은 수용성 식이섬유의 함량이 풍부하며, Oat hull은 대표적인 불용성 식이섬유원으로 알려져 있다(Fadal 등, 2000; Kim 등, 2008). 수용성 식이섬유는 수분 보유 능력을 높이고 불용성 식이섬유 분변의 용적을 증가시키며(Serena 등, 2008), 이러한 식이섬유의 수준 증가는 장내 소화를 지연시키고 설사 발생을 줄이는 효과가 있다고 보고

되었다(Flis 등, 2017). 또한, Sugar beet pulp와 Oat hull은 임신돈 사료에 주로 쓰이는 섬유소원으로 올리고당과 섬유소가 풍부하여 그 사용범위가 점차 확대되고 있다. 본 연구에서는 위 두 원료를 자돈사료에 첨가 시 적정 수준을 구명하여 항생제 대체재로의 가능성을 검증하고자 한다.

## 연구재료 및 방법

### 실험동물 및 실험설계

28±2일령에 이유한 평균 체중 8.69±0.45kg의 삼원교 잡종(Yorkshire × Landrace × Duroc) 240두를 공시하여, 경북 청송군 소재 상업 농가에서 자돈 phase I 2주, phase II 3주, 총 5주간 사양시험을 수행하였다. 전체 6처리 5 반복으로 돈방 당 8두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(RCBD; Randomized Completely Block Design)으로 배치하였다. 실험의 처리구는 다음과 같다: 1) Negative control (NC; Basal diet), 2) Positive control(PC; Basal diet+antibiotic), 3) SBP2(Basal diet+sugar beet pulp 2% 첨가), 4) SBP8(Basal diet+sugar beet pulp 8% 첨가), 5) OH2(Basal diet+oat hull 2% 첨가), 6) OH8(Basal diet + oat hull 8% 첨가)였다. 섬유소 수준은 열량가를 고려한 최소 첨가 수준(2%)과 최대 첨가 수준(8%)으로 정하였고, 비트펄프(Sugar beet pulp)와 귀리피(Oat hull)의 첨가 수준에 따른 섬유소 함량을 제외한 다른 모든 영양소의 함량은 처리별로 차이 없게 하였으며, NRC 사양표준(2012)에 따라 충족시켰다.

### 실험사료

옥수수(Corn) 및 대두박(Soy bean meal)을 실험사료의 기초사료(basal diet)로 이용하였으며, 각 사육 시기에 맞추어 배합하였다. 총 6가지의 사료가 배합되어 단계별 자돈사양 프로그램에 따라 급여되었다. 총 35일간의 자돈기 실험 기간에 급여한 실험사료의 열량가는 phase I(0~2주)이 약 2,562 NE kcal/kg였으며 phase II(2~5주)는 2,547 NE kcal/kg로 배합하여 시험에 이용하였다. Phase I(0~2주), phase II(2~5주)의 단계별 사료들의 조단백질 함량은 각각 20.57%, 19.87% 이었다. 비트펄프와 귀리피는 입자도를 잘게 분쇄하여 첨가하였으며, 처리별로 비트펄프와 귀리피의 첨가 수준이 높아짐에 따라 옥수수(Corn), 대두박(Soy bean meal), 식물유(Vegetable oil)를 조절하여 각 처리별

주요 영양소 함량의 차이가 없게 하였다. 항생제는 아프라마이신, 티아몰린을 사양 시기 및 처리구에 따라 각각 다른 함량(phase I, II ; 아프라마이신 0.10%, 티아몰린 0.04%)을 첨가하였으며, 섬유소의 경우 처리구 모든 사양 시기에 각각 2, 8%를 급여하였다. 주요 실험사료의 원료 및 화학적 농도는 Table 1(phase I), Table 2(phase II)에 제시된 바와 같다.

## 사양실험

사양실험 기간은 총 5주간 진행되었으며 실험돈은 0.90 × 2.15m<sup>2</sup> 크기의 돈방에서 사육되었다. 각 돈방에는 하나의 사료 급이기와 8개의 니플 급수기가 설치되어 있었으며 전체 실험 기간에 물과 사료는 무제한 자유 채식(*ad libitum*)하도록 하였다. 자돈기에 돈방 온도는 실험개시 후 첫 일주일간은 30℃를 유지하였으며, 매주 1℃씩 낮추어 자돈기 5주차에는 26℃를 유지하게 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여 자돈 개시 시점(initial), 2주차(phase I), 5주차(phase II)에 측정하여 일당증체량(average daily gain ; ADG), 일당사료섭취량(average daily feed intake ; ADFI), 사료요구율(Feed per Gain ratio ; F:G ratio)을 계산하였다.

## 통계분석

본 실험에서 얻은 자료에 대한 통계적 분석은 SAS (1996)을 이용하여 일원분류 분산분석 (one-way ANOVA)을 하였고, 평균간 비교는 Duncan의 다중검정을 시행하였다. 또한 비트펄프와 귀리피, 2가지 섬유소원의 통계분석을 위해 2 × 2 요인분석을 시행하였으며 기초사료 내 독립변수

로서 섬유소원과 조절변수로 섬유소원의 첨가 수준에 따른 집단 간 디자인으로 설계하였다. 얻어진 모든 데이터는 GLM(general linear model) 절차에 따라 섬유소원과 첨가 수준에 따른 영향 및 상호작용효과에 대해 Contrast 분석을 시행하였다.

## 결과 및 고찰

### 성장 성적

유기물이 자돈 사료 내 섬유소의 공급원 및 첨가 수준의 차이가 이유자돈의 성장 능력에 미치는 영향에 관한 결과에 대해서 Table 3에 나타내었다. phase I의 성장 성적을 살펴보면 섬유소 급이 수준에 따른 일당증체량(ADG)에서 항생제를 0.1% 첨가한 PC 처리구의 성장 능력이 유의적으로 높게 나타났다 (P<0.05). 또한 섬유소원을 공급한 sugar beet pulp와 oat hull을 첨가한 처리구의 성장 성적이 PC 처리구 대비 낮은 것이 관찰되었으나, 항생제 미처리 NC 처리구에 비하여 성장 성적이 높은 것으로 나타났다. 이유자돈은 이유 시에 lactase 소화효소가 활성이 높은 반면, 다른 영양소를 분해하는 효소들의 분비량은 이유 후에 점차 증가하는데 섬유소의 첨가로 인하여 분비된 효소가 체내에서 제대로 활용되지 못하였으며, 이로 인해 성장이 PC 처리구에 비해 뒤쳐진 것으로 생각된다.

phase II의 성장 성적을 살펴보면 전체적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나, phase I과 같이 PC 처리구의 성장 성적이 가장 높게 나타났다. 그러나 섬유소를 첨가한 처리구와의 비교에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 phase I보다는 phase II에서 섬유소의 첨가로 인해 성장 성적이 개선되는 것을 관찰할 수가 있었다. 섬유소를 첨가

**Table 1.** Ingredient composition, energy and nutrient levels of the diets (phase I)

	NC	PC	SBP2	SBP8	OH2	OH8
Corn-wheat	22.83	22.73	20.70	16.12	21.16	16.56
Corn Ext	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Wheat flour	10.67	10.67	10.67	10.67	10.67	10.67
Full fat soya	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
SBM (dehull)	18.53	18.53	18.60	17.25	18.20	17.13
Sugar beet pulp	-	-	2.00	8.00	-	-
Oat hull	-	-	-	-	2.00	8.00
White fish meal	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Vegetable oil	3.07	3.07	3.13	3.60	3.07	3.20
Whey powder	12.27	12.27	12.27	12.27	12.27	12.27
MCP	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
Limestone	1.27	1.27	1.27	0.73	1.27	0.80

## 사료 내 섬유소의 첨가가 자돈의 성장 성적에 미치는 영향

DL-methionine	0.09	0.09	0.10	0.11	0.09	0.09
L-lysine	0.17	0.17	0.16	0.15	0.17	0.18
Threonine	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Mineral-P*	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin-P†	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Apramycin	-	0.10	-	-	-	-
Chemical composition						
NE, kcal/kg	2574	2572	2560	2552	2563	2548
Crude protein, %	20.66	20.66	20.72	20.28	20.61	20.47
Lysine, %	1.33	1.33	1.33	1.31	1.32	1.33
Crude fat, %	7.08	7.07	7.09	7.42	7.09	7.28
Crude fiber, %	2.52	2.52	2.86	3.86	2.68	3.17
Ca, %	0.98	0.98	0.98	0.80	0.97	0.80
P, %	0.75	0.75	0.75	0.73	0.75	0.75

\* Provided per kilogram of complete diet: 12,000 IU vitamin A, 2,400 IU vitamin D3, 60 mg vitamin E, 2.25 mg vitamin B1, 5.7 mg vitamin B2, 4.5 mg vitamin B6, 0.036 mg vitamin B12, 3.6 mg vitamin K3, 27 mg pantothenic acid, 34.5 mg niacin, 0.19 mg biotin, 2.25 mg folic acid, 7.2 mg.

† Provided per kilogram of complete diet: 159.2 mg Fe, 126.8 mg Cu, 89.1 mg Zn, 31 mg Mn, 0.37 mg I, 0.33 mg Co, 0.17 mg Se.

**Table 2. Ingredient composition, energy and nutrient levels of the diets (phase II)**

	NC	PC	SBP 2	SBP 8	OH 2	OH 8
Corn-wheat	42.10	42.06	39.72	32.63	40.16	34.52
Corn Ext	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Wheat flour	10.67	10.67	10.67	10.67	10.67	10.67
Full fat soya	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
SBM(dehull)	16.73	16.73	16.87	17.07	16.47	15.47
Sugar beet pulp	-	-	2.00	8.00	-	-
Oat hull	-	-	-	-	2.00	8.00
White fish meal	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Vegetable oil	2.40	2.40	2.67	3.60	2.60	3.20
MCP	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Limestone	0.73	0.73	0.70	0.67	0.73	0.77
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Cheese powder	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
DL-methionine	0.07	0.07	0.08	0.09	0.07	0.07
L-lysine	0.19	0.19	0.19	0.18	0.19	0.21
Threonine	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
Mineral-P*	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin-P†	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Tiamulin	-	0.04	-	-	-	-
Chemical composition						
NE, kcal/kg	2549	2548	2546	2546	2548	2547
Crude protein, %	19.88	19.87	19.95	20.04	19.84	19.64
Lysine, %	1.27	1.27	1.28	1.30	1.26	1.27
Crude fat, %	7.65	7.65	7.86	8.61	7.86	8.48
Crude fiber, %	2.83	2.83	3.17	4.18	2.97	3.38
Ca, %	0.77	0.77	0.76	0.76	0.77	0.77
P, %	0.76	0.76	0.76	0.74	0.76	0.76

\* Provided per kilogram of complete diet: 12,000 IU vitamin A, 2,400 IU vitamin D3, 60 mg vitamin E, 2.25 mg vitamin B1, 5.7 mg vitamin B2, 4.5 mg vitamin B6, 0.036 mg vitamin B12, 3.6 mg vitamin K3, 27 mg pantothenic acid, 34.5 mg niacin, 0.19 mg biotin, 2.25 mg folic acid, 7.2 mg.

† Provided per kilogram of complete diet: 159.2 mg Fe, 126.8 mg Cu, 89.1 mg Zn, 31 mg Mn, 0.37 mg I, 0.33 mg Co, 0.17 mg Se.

**Table 3.** Impact of fiber source and inclusion levels on growth performance in weanling piglets

Item <sup>*</sup>	NC	PC	SBP2	SBP8	OH2	OH8	SEM <sup>†</sup>	P-value <sup>‡</sup>		
								Diets	Level	D×L
Phase I (d 0~14)										
ADG, g	323 <sup>c</sup>	369 <sup>a</sup>	324 <sup>c</sup>	347 <sup>b</sup>	324 <sup>c</sup>	329 <sup>bc</sup>	3.968	NS <sup>§</sup>	0.036	NS
ADFI, g	494	533	491	503	480	500	4.573	NS	NS	NS
F/G	1.53	1.44	1.52	1.45	1.48	1.52	0.011	NS	NS	NS
Phase II (d 14~35)										
ADG, g	548	584	566	583	561	570	4.177	NS <sup>§</sup>	NS	NS
ADFI, g	975	993	986	990	974	975	5.544	NS	NS	NS
F/G	1.78	1.70	1.74	1.70	1.73	1.71	0.010	NS	NS	NS
Overall (d 0~35)										
ADG, g	458 <sup>c</sup>	498 <sup>a</sup>	469 <sup>c</sup>	489 <sup>ab</sup>	467 <sup>c</sup>	474 <sup>bc</sup>	3.407	NS <sup>§</sup>	0.046	NS
ADFI, g	783	809	788	795	776	785	4.333	NS	NS	NS
F/G	1.71	1.62	1.68	1.63	1.66	1.66	0.008	NS	NS	NS

<sup>\*</sup> NC: control diet, PC: antibiotic, SBP2: sugar beet pulp 2%, SBP8: sugar beet pulp 8%, OH2: oats hull 2%, OH8: oat hull 8%.

<sup>†</sup> Standard error of means.

<sup>‡</sup> Diets: (SBP2 + SBP8) × (OH2 + OH8), Level: (SBP2 + OH2) × (SBP8 + OH8), D × L: diets × level.

<sup>§</sup> NS: Not statistically significant (P>0.05).

abc Values with different superscripts in the same row are significantly (P<0.05).

한 처리구의 경우 항생제를 첨가하지 않은 처리구보다 성장 성적이 높게 나타났다. 또한 sugar beet pulp를 8% 첨가한 SBP8 처리구의 경우 PC 처리구와 동등한 성장 성적을 보였다.

전 실험 기간(0~5주)의 성장 성적을 살펴보면 phase I, II에서 성장 성적이 가장 높았던 PC 처리구의 성장 성적이 가장 높았으며, 식이섬유를 첨가한 처리구들은 PC 처리구보다 일당증체량이 낮게 나타났지만 NC 처리구에 비해 높게 나타났으며, sugar beet pulp를 8% 첨가한 SBP8 처리구의 경우 PC 처리구와 동등한 성장 성적을 보였다(P<0.05). 또한 섬유소 공급원 종류의 차이에도 불구하고 8% 첨가 수준이 2% 첨가 수준보다 일당증체량이 유의적으로 높게 나타났으며 (P<0.05), 이는 phase I 기간의 일당증체량의 차이에서 기인한 것으로 생각된다 (P<0.05). 일당사료섭취량에서는 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 사료요구율에 있어서는 PC 처리구와 SBP 8 처리구에서 가장 낮게 나타나 1kg 증체를 위한 사료량이 낮은 것으로 나타났으며, 처리구(NC)에서 가장 높은 사료요구율을 나타내었다. 개선된 섬유소 공급원 간의 비교에서는 oat hull보다 sugar beet pulp를 첨가한 처리구의 일당증체량이 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었으며 첨가 수준간 비교에서는 섬유소를 8% 첨가한 처리구들의 성장이 유의적으로 높았다.

본 연구 결과를 바탕으로 이유자돈에게 섬유소의 첨가는

항생제를 첨가한 처리구보다 성장 성적이 낮게 나타났지만, SBP8 처리구의 이유 자돈이 PC 처리구의 자돈과 대등한 성장 성적을 나타내어 sugar beet pulp의 자돈사료 내 첨가는 항생제를 대체할 가능성을 보였다. 이러한 결과는 소 맥(wheat) 위주의 사료에 SBP를 6% 첨가하였을 때 이유자돈의 성장 성적이 개선되었다는 Lizardo 등 (1997)의 결과와 비슷하다. 이유자돈의 사료 내 항생제의 첨가는 박테리아 생성을 억제하고 성장을 억제하는 독소를 감소하여 자돈의 성장을 촉진하는 효과가 있다(Stokstad, 1954; Francois, 1962). 반면에 섬유소의 첨가는 위장관의 성장을 촉진하고 대장에서 단쇄지방산을 생성하여 성장에 기여한다(Molist 등, 2009; Gerritsen 등, 2012). 결과적으로 표 3에 나타나 있듯이 sugar beet pulp의 사료 내 첨가로 인한 성장은 특히 2주 - 5주간에서 유의적으로 나타났다. 이는 이유 후에 자돈의 미성숙한 장관이 발달하는 동시에 sugar beet pulp의 섬유소원이 장내 환경에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. 일반적으로 수용성 섬유소가 불용성 섬유소 대비 소화가 용이하다고 알려져 있으며(Choct과 Kocher, 2000), 비트펄트 내 풍부한 펙틴, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스와 같은 수용성 섬유소 성분은 장내 발효를 통해 아세트산을 생성한다(Williams 등, 2001). 생성된 아세트산은 혈류를 증가시키고 회장 운동성을 증가시킨다고 보고되었다(Schepbach, 1994). 결과적으로 이유자돈의 장내 환경 개선으로 설사 발생이 감소하고 영양소 흡수에



도움을 주어 성장성이 개선되었다 사료된다. 불용성 섬유소는 결장에서 부티르산을 생성하여 장내 유익균을 증가시켜 장내 환경을 개선한다는 연구 결과가 있다(Scheppach, 1994). 그러나 본 실험의 결과는, 불용성 섬유소원인 oat hull 보다는 수용성 섬유소가 풍부한 sugar beet pulp가 이유자돈 사료 내 섬유소 공급원으로 더욱 적합한 것으로 나타났다. 하지만 sugar beet pulp 2% 첨가는 성적이 개선되지 않아 이들을 활용하기 위해서는 좀 더 세분화된 수준별 실험을 추가적으로 진행하여 적정 첨가 수준을 규명해야 할 것으로 사료된다.

## 적 요

본 실험은 자돈 사료 내 섬유소 공급원 및 첨가 수준의 차이가 이유자돈의 성장 능력에 미치는 영향을 평가하고자 수행되었다. 섬유소 공급원으로 sugar beet pulp와 oat hull을 각 2%, 8% 첨가 수준을 달리하여 자돈에 급여하였으며, 처리구는 사료 내 항생제를 0.1% 첨가한 PC 처리구의 성장 성적에 비해 낮았으나, 항생제를 첨가하지 않은 NC 처리구에 비해 높게 나타났다. 또한 sugar beet pulp 8%를 급여한 처리구는 PC 처리구와 유사한 성장 성적을 보였으며, 이는 섬유소 공급이 이유 후 자돈의 장내 환경에 긍정적 영향을 미친 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Ball RO, and Aherne FX. 1982. Effect of diet complexity and feed restriction on the incidence and severity of diarrhea in early - weaned pigs. Canadian journal of Animal Science. 62:907-913.
2. Callesen J. 2004. Feeding of piglets (In Danish: Fodring af smågrise). Danish Pig Production, Denmark. 13 pp
3. Choct, M., Kocher, A., 2000. Non-starch carbohydrates: digestion and its secondary effects in monogastrics. Proc. Nutr. Soc. Austr. 24:31-42.
4. Drochner W. 1999. Uebersichten zur Tierernaehrung. Germany, FR. 1978
5. Fadel JG, DePeters EJ, Arosemena A. 2000. Composition and digestibility of beet pulp with and without molasses and dried using three methods. Anim Feed Sci Technol. 85:121-129.
6. Flis M, Sobotk W, Antoszkiewicz Z. 2017. Fiber substrates in the nutrition of weaned piglets - a review Ann. Anim. Sci. 17:627-643.
7. Francois AC. 1962. Mode of action of antibiotics on growth. World Rev Nutr Dietet. 3:21-64.
8. Gerritsen R, van der Aar P, Molist F. 2012. Insoluble nonstarch polysaccharides in diets for weaned piglets. Journal of Animal Science. 90:318-320.
9. Kim JC, Mullan BP, Hampson DJ, Pluske JR. 2008. Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhoea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. Br J Nutr. 99:1217-1225.
10. Koopman JP, Mroz BA, Williams, and others. 1999. Voeding en gezondheid van het maagdarmkanaal. Onderzoeksreeks 4, Productschap diervoeder, juni 1999.
11. Le-Dvidich J, and Herpin P. 1994. Effects of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned piglets: a review. Livestock prouduction science. 38:79-90
12. Lizardo R, Jany Peiniau, Aumaitre A. 1997. Inclusion of sugar-beet pulp and change of protein source in the diet of the weaned piglet and their effects on digestive performance and enzymatic activities. Animal Feed Science and Technology. 66:1-14.
13. Molist F, Gómez de Segura A, Gasaa J, Hermes RG, Manzanilla EG, Anguitaa M, J.F. Pérez JF. 2009. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets Animal Feed Science and Technology 149:346-353.
14. Scheppach W. 1994. Effects of short chain fatty acids on gut morphology and function. Gut.35:35-38.
15. Serena A, Jørgensen H, Bach Knudsen KE. 2008.

- Digestion of carbohydrates and utilization of energy in sows fed diets with contrasting levels and physicochemical properties of dietary fiber. *J Anim Sci.* 86:2208-2216.
16. Smith HW, and Halls S. 1968. The transmissible nature of the genetic factor in *Escherichia coli* that controls enterotoxin production. *J. gen. Microbiol.* 52:319-334.
17. Stokstad ELR. 1954. Antibiotics in animal nutrition. *Physiol Rev.* 34:25-51.
18. Wang X, and Gibson GR. 1993. Effects of *in vitro* fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. *J. Appl. Bacteriol.* 75:373-380
19. Williams B, Verstegen MWA, Tamminga S. 2001. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutr. Res.* 14:207-227.