

# 식이섬유 공급원이 포유모돈의 체형변화, 분만시간, 혈중 포도당 수준 및 유성분에 미치는 영향

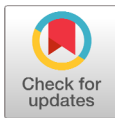
김성호 · 김민진 · 페니여 · 아론 니온사바 · 김유용\*

서울대학교 농생명과학대학 동물생명공학

## Effects of dietary fiber sources on physiological responses, farrowing duration, serum glucose level and milk composition in lactating sows

Xinghao Jin, Minjin Gim, Niru Pan, Niyonsaba Aaron and Yoo Yong Kim\*

Department of Agricultural Biotechnology, College of Agricultural Life Science, Seoul National University, Seoul 08826, Korea



Received: May 31, 2022  
Revised: Jul 18, 2022  
Accepted: Jul 20, 2022

\*Corresponding author

Yoo Yong Kim  
Department of Agricultural Biotechnology, College of Agricultural Life Science, Seoul National University, Seoul 08826, Korea  
Tel: +82-2-878-5838  
E-mail: yooykim@snu.ac.kr

Copyright © 2022 Korean Society of Animal Science and Technology. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Xinghao Jin  
<https://orcid.org/0000-0003-4942-9142>  
Minjin Gim  
<https://orcid.org/0000-0001-9311-3335>  
Niru Pan  
<https://orcid.org/0000-0003-2698-1233>  
Niyonsaba Aaron  
<https://orcid.org/0000-0001-7918-5594>  
Yoo Yong Kim  
<https://orcid.org/0000-0001-8121-3291>

Abstract

This study was to be conducted to investigate the effects of dietary fiber sources supplementation in lactating sow diet on physiological responses, farrowing duration, serum glucose level, and milk composition. A total of 24 F1 multiparous sows (Yorkshire × Landrace) were allotted to one of 4 treatments considering body weight, backfat thickness, and parity in a complete randomized design (CRD) with 6 replicates. Treatments were 1) Control: corn-SBM-DDGS based diet; 2) BP: corn-SBM-DDGS based diet + beet pulp 3%; 3) BPPK: corn-SBM-DDGS based diet + beet pulp 1.5% + palm kernel meal 2%; 4) PK: corn-SBM-DDGS based diet + palm kernel meal 4%. As a result, during the lactation period, dietary fiber sources did not significantly differ in body weight and backfat thickness of lactating sows and the growth performance of piglets. Numerical shorter Farrowing duration was observed when dietary fiber sources were provided, especially BPPK treatment shortening farrowing time about 28 minutes compared with control treatment. In relation to the serum glucose level of sows, BPPK treatment had higher serum glucose level than other treatments at 24 h postpartum ( $p < 0.05$ ). In an analysis of fecal fiber contents, BP and BPPK treatments were lower than PK and control treatments ( $p < 0.05$ ). Consequently, dietary fiber supplementation with beet pulp 1.5% and palm kernel meal 2% in the lactation diet may improve the energy status of sows to reduce the farrowing duration and enhance the growth of piglets.

**Keywords:** Beet pulp, Palm kernel meal, Farrowing duration, Serum glucose level, Lactating sows

**Competing interests**

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

**Funding sources**

Not applicable.

**Acknowledgements**

Not applicable.

**Availability of data and material**

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

**Authors' contributions**

Conceptualization: Jin X, Gim MJ, Kim YY.

Data curation: Jin X, Gim MJ, Pan N, Aaron N.

Formal analysis: Jin X, Gim MJ, Pan N, Aaron N.

Methodology: Jin X, Gim MJ, Pan N, Aaron N.

Software: Jin X, Gim MJ, Pan N, Aaron N.

Validation: Jin X, Gim MJ, Pan N, Aaron N.

Investigation: Jin X, Gim MJ, Pan N, Aaron N.

Writing - original draft: Jin X, Kim YY.

Writing - review & editing: Jin X, Kim YY.

**Ethics approval and consent to participate**

This research has been approved by the Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC) and Institutional Review Board (IRB) of Seoul National University (SNU-200402-1).

## 서론

최근 다산성 모돈의 국내 농가 보급이 더욱 활발해지고 있는 상황에서 산자수, 이유두수, 체미돈 등의 번식성적 개선에 대한 기대가 점점 커지고 있지만, 사산두수 및 이유 전 폐사율 증가에 대한 연구자 및 양돈장들의 관심도 점점 커지고 있다. 모돈의 복당 생시체중이 한정되어 있는 상태에서 산자수가 늘어나면 평균 생시체중이 작아지고 포유기간 동안 폐사율이 늘어나게 된다 [1]. 따라서 모돈의 분만 시간을 단축해서 사산두수를 줄이고 포유자돈들이 빠르게 초유를 섭취할 수 있게 하여 자돈의 활력을 높일 수 있다. 이로 인하여, 분만 전 모돈 혈중 glucose의 수준이 중요한 지표이기도 하다. Theil의 보고에 의하면[2], 혈당이 많이 낮은 모돈이 분만할 경우 분만 시간이 급격하게 늘어나는 경향이 있다고 보고되었다. 모돈은 분만과정에 큰 에너지를 소모하는데, 혈당이 일정 수준 이상 높은 상태에서 분만을 개시할 경우 에너지를 효율적으로 이용하여 분만시간을 단축시킬 수 있다. 하지만, 혈당이 낮은 상태에서 모돈이 분만을 개시할 경우 분만 시간이 지연되어 사산두수가 증가될 확률이 높아진다.

일반적으로 사료 내 에너지 공급량을 맞추기 위해 지방, 탄수화물 및 조섬유 공급원 등의 여러 원료가 사용되고 있는데, 모돈사료가 대장 내에서 발효를 통해 에너지를 공급해 줄 수 있는 원료를 사용하면 분만시간을 단축시킬 수 있다[3]. 또한, 섬유소는 다른 에너지 공급원과 다르게 오랜 시간 동안 소화흡수가 진행되며, 이에 따라 혈당을 한순간에 급격하게 올리는 못하지만 체내 혈당수준이 오래 지속될 수 있고 분만 전 모돈의 에너지 상태를 안정화시킬 수 있다고 보고되었다[4]. 또한 사료 내 식이섬유를 임신말기 및 모돈 전환기에 급여하면 초유의 생산량을 증가시킬 수 있고 사산두수 및 포유기간 폐사율도 줄일 수 있다고 하였다[5,6]. 반면에 Renaudeau[7]와 Krogh[8]에 의하면, 포유기간 동안에 고섬유소(20% NDF) 사료를 급여할 경우 모돈의 체손실이 증가하고 사료섭취량에도 부정적인 영향을 초래할 수 있다고 하였다.

따라서 본 연구는 모돈사료 내 식이섬유 공급원이 모돈의 체형변화, 분만시간, 혈중 glucose 농도 및 유성분 조성에 미치는 영향을 검증하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 실험동물 및 사양환경(experimental animal and housing environment)

본 실험은 임신기 110일령 때 평균 체중이 271.73 ± 0.51의 2원 교잡종(Yorkshire × Landrace) F1 모돈(평균산차: 5.3 ± 0.30) 24두를 선발하여 4처리, 6 반복, 반복당 한 두씩 완전임의 배치법 (completely randomized design, CRD)으로 배치하여 실시하였다. 실험기간 동안 분만틀(2.5 × 1.8 m<sup>2</sup>)에서 사육되었으며, 분만사의 온도 및 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 자동으로 조절되었다. 분만 후 5일 동안은 사료를 점진적으로 증량급여하였고, 5일 후부터는 무제한 급여하였다. 모든 자돈은 분만 후 3일령에 땃줄 및 꼬리를 자르고 수컷은 거세를 하였으며, 철분제인 gleptosil(150 mg/mL)은 1회 주사하였다.

### 실험 사료(experimental diet)

본 실험의 처리구는 모돈 사료 내 섬유질 원료 함량에 따라 1) control, 2) BP; beet pulp 3%, 3) BPPK; beet pulp 1.5% + palm kernel meal 2%, 4) PK; palm kernel meal 4%로 나뉘었다. 실험에는 옥수수-대두박-DDGS(distiller's dried grains with solubles) 위주의 기초사료(corn-soybean meal-DDGS based diet)를 사용하였으며, 사료 내 조섬유소 함량은 처리구별 각각 3.34%, 3.87%,

3.84%, 3.82%이고, 실험에 이용된 모든 사료 배합비 및 화학적 조성을 Table 1에 제시하였다. 실험사료를 각 처리구별로 임신기 110일령 때부터 모돈 분만 후 포유기간 28일 동안 급여하였다.

**Table 1.** The formulas and chemical composition of lactation diet

Item	Lactation diet <sup>1)</sup>			
	Control	BP	BPPK	PK
Ingredients (%)				
Corn	53.89	51.08	51.03	50.99
Soybean meal-46	18.05	17.81	17.43	17.03
Molasses	2.00	2.00	2.00	2.00
Rapeseed meal	2.50	2.50	2.50	2.50
Beet pulp	–	3.00	1.50	–
Palm kernel meal	–	–	2.00	4.00
DDGS	15.00	15.00	15.00	15.00
Tallow	4.94	5.03	4.88	4.73
L-Lysine HCl (78%)	0.35	0.36	0.37	0.39
DL-Methionine (99%)	0.06	0.07	0.07	0.08
Tryptophan	0.16	0.18	0.20	0.23
TCP	0.92	0.96	0.91	0.87
MgO	0.05	0.05	0.05	0.05
Threonine	0.06	0.07	0.08	0.09
Limestone	1.22	1.12	1.18	1.24
Vit. premix <sup>2)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. premix <sup>3)</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Phytase-1000	0.05	0.05	0.05	0.05
Choline chloride-50	0.04	0.05	0.05	0.05
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition <sup>4)</sup>				
ME (kcal/kg)	3,373.00	3,362.00	3,347.00	3,332.00
Crude protein (%)	17.48	17.48	17.50	17.53
Crude fiber (%)	3.34	3.87	3.84	3.82
Total lysine (%)	1.05	1.06	1.06	1.07
Total methionine (%)	0.35	0.35	0.36	0.37
Calcium (%)	0.86	0.86	0.86	0.86
Total phosphorus (%)	0.65	0.65	0.65	0.65

<sup>1)</sup>Experimental diets were provided by Nonghyup.

<sup>2)</sup>Provided per kg of diet: vitamin A, 12,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 2,400 IU; vitamin E, 132 IU; vitamin K, 1.5 mg; biotin, 0.60 mg; folacin, 3.9 mg; niacin, 30 mg; calcium pantothenic acid, 36 mg; thiamin, 3 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 3 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 45 µg.

<sup>3)</sup>Provided per kg of diet: Se, 0.3 mg; I, 0.3 mg; Mn, 49 mg; Cu, 288 mg; Fe, 281 mg; Zn, 84.7 mg; Co, 0.3 mg.

<sup>4)</sup>Calculated value.

Control, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet; BP, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 3% of beet pulp; BPPK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 1.5% of beet pulp and 2% of palm kernel meal; PK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 4% of palm kernel meal; DDGS, distiller's dried grains with solubles; TCP, Tricalcium phosphate; ME, Metabolizable energy.

### 체형변화 및 분만시간(body condition and farrowing duration)

모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 분만 후 24시간 이내와 21일째의 체중, P<sub>2</sub> 지점에서의 등지방 두께, 사료섭취량 및 분만시간을 측정하였다. 등지방 두께는 초음파 측정기(Lean-meter, Renco, Minneapolis, MN, USA)를 이용하여, P<sub>2</sub> 부분(마지막 늑골 양쪽 부분의 평균값, 척추에서 65 mm 떨어진 부분)에서 측정되었다. 분만시간은 첫 포유자돈 출생 시점으로 계산하여 모돈 태반이 완전히 나올 때까지 걸리는 시간을 측정하였고, 모돈 개체별로 20-30분 동안 관찰하면서 필요시 간호분만도 수행하였다.

### 번식성적(reproductive performance)

양자처리 후 포유를 개시하고 자돈의 성장능력 및 모돈의 번식능력을 측정하기 위해 분만 후 24시간 이내, 21일에 자돈의 체중 및 일당증체량을 측정하였다. 이유 후 모돈의 재귀발정일(weaning to estrus interval, WEI) 측정을 위해 이유 후 임신사에서 발정이 오는 첫날까지의 기간을 측정하였다.

### 혈액 성상(blood profile)

모돈과 자돈의 혈액은 분만 후 12시간 이내 및 포유 21일령에 목 경정맥을 통해 채취하였으며, 채취한 혈액은 serum tube에 포집하였으며, 1,717×g, 4℃ 상태로 15분 동안 원심분리(Eppendorf centrifuge 5810R, Hamburg, Germany)를 실시하였고, 후 micro tube 보관용기에 상층액을 분리하여 -20℃에서 보관하였다. 냉동상태로 보관된 serum에서 glucose 농도를 분석하였다.

### 돈유성분(milk composition)

초유 및 돈유는 분만 후 24시간 이내, 포유 21일차에 oxytocin 0.5 IU/mL를 혈관 주사한 후 채취하였으며, 수집된 돈유는 -20℃ 인 냉동고에 분석할 때까지 보관하였다. 채취한 돈유는 유성분 분석기(MilkoScan FT20, FOSS Electric, Hillerød, Denmark)로 케이신(casein), 유지방(fat), 유단백질(protein), 락토오스(lactose), 총 고형분(total solid) 및 무지유고형분(solids non-fat, SNF)을 측정하였다.

### 분 중 가스 및 섬유소 측정(fecal gas emission & crude fiber content)

분 중 암모니아(NH<sub>3</sub>)와 황화수소(H<sub>2</sub>S)를 측정하기 위해 모돈 분만 후 21일령부터 시작하여 연속 5일 동안 각 처리구별로 분을 300 g 채취하여 지퍼백에 밀봉하였다. 밀봉된 분에서 30분 후 gas tube로 측정하였다(Gastec, Kanagawa, Japan). 분중 섬유소는 가스 측정 후 각 처리구별로 지퍼백 입구를 열어서 drying oven 안에서 60℃, 72시간 건조 후 농협중앙회 축산연구원에서 분석을 하였다.

### 통계 분석(statistical analysis)

통계분석은 SAS[9]의 일반선형모형(generalized linear model, GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였고,  $p < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로,  $p < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며,  $0.05 \leq p < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다. 유의차가 있는 것으로 판단되었을 경우, 최소유의차(least significant difference, LSD) 다중검정법을 통해 처리구 간 평균을 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 모든 체중, 등지방 변화, 분만시간, 사료섭취량 및 재귀발정일(body weight, backfat thickness, farrowing duration, daily feed intake and WEI in sow)

모든 사료 내 식이섬유 공급원이 모든의 체중, 등지방두께, 분만시간에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 사양실험 결과, 분만 24시간 이내 및 분만 21일령의 모든의 체중, 등지방두께 및 분만시간에 처리구 간 통계적인 유의차가 나타나지 않았지만( $p > 0.10$ ), BPPK 처리구의 분만시간이 수치상으로 가장 짧게 나타났다. 또한, control 처리구와 비교했을 때, 분만시간이 약 27분 단축된 것으로 나타났다. Oliviero의 연구에 의하면[6], 모든 분만시간에 영향을 주는 요소들은 주로 품종, 산차, 산자수, 사료 및 임신후기 모든의 변비상태 등이 있다고 하였다. Feyera 등[10]은 모든의 전환기에 고섬유소 사료를 급여했을 때 분만시간을 단축할 수 있고 신생자돈의 생존율을 높일 수 있으며, 사산율을 줄일 수 있다고 보고하였다. 많은 선행연구에서 포유기간에 고섬유 사료를 공급했을 때 사료섭취량이 감소하여 모든의 체손실이 증가한다고 보고되었다[11]. 본 실험에서도 수치상으로 PK 처리구에서는 체손실이 가장 높은 것으로 나타났지만, 일반적인 감소 범위에 있어서 부정적인 영향은 나타나지 않았다.

모든의 사료섭취량은 처리구 간 유의적인 차이가 나타나지 않았으며( $p > 0.10$ ), 수치상으로 PK 처리구가 포유기간 사료 섭취량이 가장 낮은 것을 확인할 수 있었다. 포유기 모든의 사료섭취량은 모든의 체형유지, 체형발달 및 돈유 생산을 위한 영양소를 충족시키기 부족하다[12]. 포유기 동안 사료섭취량이 감소하면 과도하게 체중이 감소하고, 이로 인하여 다음 산차의 번식과 관련된 문제가 발생할 수 있으며, 재귀발정일에도 영향을 미치게 된다[13]. 따라서 Eissen 등[14]은 꾸준한 번식을 위해서는 포유기간에 모든의 사료섭취량이 높여야 한다고 보고하였다.

이유 후 모든의 재귀발정일(WEI)을 분석한 결과, 처리구 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.10$ ). 일반적으로 포유기간의 모든의 영양 상태와 대사상태가 재귀발정일에 영향을 미친다고 알려져 있다[15]. 또한, 재귀발정일은 임신기의 사료 형태와 사료섭취량[16], 이유 후의 사

**Table 2.** Effects of dietary fiber sources supplementation in lactation diet on performance of sows

	Treatment (%) <sup>1)</sup>				SEM	p-value
	Control	BP	BPPK	PK		
Body weight (kg)						
24 h postpartum	254.32	259.98	258.16	258.50	2.412	0.93
21 day of lactation	242.54	248.70	247.54	244.05	2.891	0.94
BW changes (0-21 d)	11.78	11.28	10.62	14.46	3.792	0.92
Backfat thickness (mm)						
24 h postpartum	21.10	21.30	21.10	21.40	0.363	0.90
21 day of lactation	17.90	17.70	17.80	19.00	0.501	0.56
BF changes (0-21 d)	-2.20	-2.60	-3.30	-2.40	0.154	0.31
Farrowing duration (h)	5.68	5.31	5.22	5.39	0.102	0.33
ADFI (kg)	5.74	5.58	5.63	6.06	0.982	0.11
WEI (day)	4.52	5.06	4.71	4.90	0.231	0.43

<sup>1)</sup>Treatment: Control, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet; BP, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 3% of beet pulp; BPPK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 1.5% of beet pulp and 2% of palm kernel meal; PK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 4% of palm kernel meal. ADFI, average daily feed intake; WEI, weaning to estrus interval; DDGS, distiller's dried grains with solubles.

료섭취량[17], 포유기간[18] 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. 본 실험에서는 임신기의 사료 및 포유기 모돈의 체중손실과 사료섭취량의 감소가 각각 정상 범위에 있어서 이유 후 재귀 발정일에 영향을 미치지 않았다. 결과적으로, 분만시간에서는 실험 처리구(BP, BPPK, PK)의 분만시간이 수치적으로 단축되는 것으로 나타났고, BPPK 처리구에서 가장 많이 단축된 것으로 나타났기 때문에 beet pulp와 palm kernel meal을 임신후기 사료에 적정량을 첨가한다면 분만시간에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

### 자돈 성장성적(growth performance of piglets)

모든 사료 내 식이섬유 공급원이 포유돈 자돈성적에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 실험 결과, 이유두수 및 복당 이유체중 등에서 처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.10$ ).

자돈의 성장성적 항목에서 BPPK 처리구의 자돈 증체량이 수치상 가장 높았으며, PK 처리구가 제일 낮은 것을 확인할 수 있었다. 수치상 이와 같은 결과가 나타난 원인은 주로 분만직후 자돈의 초유섭취량과 관련이 있는 것으로 보인다. 모든 분만시간이 단축되면 자돈들이 초유를 빨리 섭취할 수 있으며, 사산두수도 줄일 수 있다. 분만시간의 단축은 주로 분만 시 모돈의 혈당 조절에 큰 관련이 있으며, 혈당을 적정한 수준으로 유지하기 위하여 분만 전 10일 사료 내에 적절한 섬유소를 첨가할 경우 모든 분만 시 혈당이 유지될 수 있다는 선행연구가 있었다[2]. 또한, 본 실험은 임신기 110일령부터 실험사료를 공급했기 때문에 초유 생산량에도 영향을 미칠 수 있었다고 사료된다. Krogh의 연구에 의하면[8], 임신 전 섬유소를 사료에 공급했을 때 초유의

Table 3. Effects of dietary fiber sources supplementation in lactation diet on litter performance

	Treatment (%) <sup>1)</sup>				SEM	p-value
	Control	BP	BPPK	PK		
No. of piglets						
Total born	13.00	13.40	13.20	13.40	0.214	0.91
Born alive	11.40	12.00	11.40	12.00	0.195	0.27
After cross-foster <sup>2)</sup>	11.80	11.80	11.60	11.80	0.142	0.95
21 day of lactation	10.40	10.40	10.80	10.60	0.211	0.98
Litter weight (kg)						
Total litter weight	16.71	15.04	14.84	15.53	0.557	0.67
Litter birth weight	15.31	14.25	13.33	14.40	0.569	0.71
After cross-foster <sup>2)</sup>	16.05	14.40	13.49	15.19	0.658	0.59
21 day of lactation	62.17	59.87	64.05	60.06	2.324	0.98
Litter weight gain	46.11	45.47	50.56	44.87	1.898	0.74
Piglet weight (kg)						
Piglet birth weight	1.35	1.18	1.16	1.20	0.042	0.42
After cross-foster <sup>2)</sup>	1.36	1.21	1.16	1.28	0.051	0.56
21 day of lactation	5.99	5.69	5.92	5.66	0.121	0.70
Piglet weight gain	4.63	4.48	4.76	4.37	0.103	0.55

<sup>1)</sup>Treatment: Control, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet; BP, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 3% of beet pulp; BPPK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 1.5% of beet pulp and 2% of palm kernel meal; PK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 4% of palm kernel meal.

<sup>2)</sup>After cross-fostering day within 24 h postpartum.

DDGS, distiller's dried grains with solubles.

생산량을 높일 수 있었다. Table 2와 Table 4를 보았을 때, BPPK 처리구의 혈중 glucose 함량이 제일 높았으며, 분만시간도 단축되었다. 따라서 BPPK 처리구의 자돈이 분만 직후 빠른 시간 내에 초유를 섭취할 수 있을 것으로 사료된다. 결론적으로, 포유돈 사료 내 섬유소 공급원의 종류 및 첨가수준이 자돈 성장성적에 부정적인 영향을 미치지 않았으며, BPPK 처리구가 다른 처리구들과 비교했을 때 수치상으로 자돈성적을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

**혈액 내 glucose 농도(glucose concentration in serum)**

모든 사료 내 식이섬유 공급원이 모돈과 자돈의 혈액 내 glucose 농도에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. 분만 직후 모돈의 serum 내 glucose의 농도에서 유의적인 차이가 나타났지만( $p < 0.05$ ), 포유 21일령에 모돈 serum과 자돈 serum 내 glucose의 농도에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.10$ ).

선행연구 결과, Theil의 연구에서는[5] 모든 혈중 glucose농도가 분만시간을 단축할 수 있었으며, 분만 전 7일령에 섬유소 공급원의 종류와 첨가수준이 초유의 생산량도 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 분만직전 모돈의 사료 섭취량이 감소하면 체내 glucose 농도가 점점 낮아지므로 혈당을 분만 전, 후에 안정화시키는 것과 격차를 줄일 수 있는 것에 연구자들이 많은 관심을 갖고 있다. 또한, 섬유소는 다른 에너지 공급원과 다르게 체내에서 비교적 오랜 시간 동안 소화흡수가 진행되기 때문에 혈당을 한순간에 급격하게 상승하지는 않지만, 오래 지속될 수 있으며, 분만 전 모돈의 에너지 상태를 안정화시킬 수 있다고 하였다[4]. 본 실험에서 BPPK 처리구의 glucose 함량이 제일 높은 원인은 사료 내 섬유소 공급원의 종류 및 첨가수준과 첨가되는 원료사료의 섬유소 조성에 의한 결과로 사료된다. Beet pulp는 soluble fiber 함량이 높고, palm kernel meal의 경우에는 조회분과 insoluble fiber 함량이 높다는 것을 이미 잘 알려진 사실이다[19,20]. 이로 인하여 모돈 사료 내 여러 종류의 섬유소원을 첨가할 경우, 적절한 soluble : insoluble 섬유소 비율이 매우 중요하게 작용한다고 하였다[21]. 또한, 사료 내 적절한 섬유소의 조성은 후장에서 발효되어 섬유소의 이용률을 높일 수 있고, 발효로 생성된 에너지는 모돈에게 공급될 수 있으며, 분만시 분만시간의 단축으로 인해 사산두수를 줄이는 긍정적인 효과를 기대할 수 있다고 생각된다. 결론적으로, 분만 직후 BPPK 처리구의 glucose 농도는 분만시간의 단축과 연관이 있고, 분만시간의 단축으로 신생

**Table 4.** Effects of dietary fiber sources supplementation in lactation diet on serum glucose level in sows and piglets

	Treatment (%) <sup>1)</sup>				SEM	p-value
	Control	BP	BPPK	PK		
Sow						
Glucose (mg/dL)						
Initial (110 day)	-----76-----					
24 h postpartum	92.00 <sup>ab</sup>	85.00 <sup>b</sup>	99.67 <sup>a</sup>	84.67 <sup>b</sup>	4.831	0.02
21 <sup>st</sup> day of lactation	71.25	71.25	70.75	71.25	1.925	0.99
Piglet						
Glucose (mg/dL)						
24 h postpartum	98.40	81.00	95.00	87.60	3.682	0.48
21 <sup>st</sup> day of lactation	112.00	123.50	117.68	123.00	3.192	0.59

<sup>1)</sup>Treatment: Control, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet; BP, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 3% of beet pulp; BPPK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 1.5% of beet pulp and 2% of palm kernel meal; PK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 4% of palm kernel meal.  
<sup>a,b</sup> Means with different superscripts in the same row significantly differ ( $p < 0.05$ ).  
 DDGS, distiller's dried grains with solubles.

자돈들이 건강하게 태어나 폐사율도 낮으며, 초유를 빠르게 섭취할 수 있는 것으로 사료된다.

**돈유성분(milk composition)**

모돈 사료 내 식이섬유 공급원이 돈유성분에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 실험결과, 돈유중 지방, 단백질, 유당 등 성분에 처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.10$ ).

Loisel[22]의 연구에 의하면 임신후기 모돈에게 고섬유소 사료를 급여했을 때 돈유 중 지방의 함량을 개선하였지만, 초유와 돈유의 생산량에서는 아무런 영향을 미치지 않았다. Liu[23]는 임신후기 모돈사료에 soluble(1.78%)과 insoluble(27.15%) 섬유소를 공급했을 때 돈유성분에 아무런 영향을 미치지 않았다. 또한, Li의 연구에 의하면[24], 임신기에 적절한 insoluble : soluble 섬유소 비율이 3.89일 때 자돈의 증체량이 높아졌으며, 돈유성분에는 차이가 나타나지 않았다. 반면에 임신기 전 기간에 고섬유소 사료를 공급했을 때 돈유성분이 개선되었다는 결과도 보고되었다 [25,26]. 본 실험에서는 사료 급여 시점이 임신후기 110일령부터 급여했기 때문에 선행연구들에 비해 임신기 실험사료의 급여기간이 짧아서 돈유성분에는 영향을 미치지 못한 것으로 사료된다.

**분 중 가스 & 조섬유 함량(fecal gas & crude fiber contents)**

모돈 사료 내 식이섬유 공급원이 모돈 분 중 가스발생과 조섬유 함량에 미치는 영향을 Table

**Table 5.** Effects of dietary fiber sources supplementation in lactation diet on milk composition

	Treatment (%) <sup>1)</sup>				SEM	p-value
	Control	BP	BPPK	PK		
Casein (%)						
Colostrum	6.89	7.26	7.96	5.69	0.532	0.56
21 <sup>st</sup> day of lactation	3.79	4.09	3.91	4.00	0.123	0.68
Fat (%)						
Colostrum	7.82	5.32	8.33	6.90	0.866	0.68
21 <sup>st</sup> day of lactation	7.68	6.78	7.37	7.11	0.435	0.92
Protein (%)						
Colostrum	10.02	10.65	11.63	10.31	0.785	0.92
21 <sup>st</sup> day of lactation	4.79	5.27	4.97	5.12	0.144	0.70
Lactose (%)						
Colostrum	3.88	3.82	3.65	4.06	0.133	0.78
21 <sup>st</sup> day of lactation	5.52	5.44	5.49	5.46	0.231	0.99
Total solid (%)						
Colostrum	24.11	22.29	26.47	23.75	1.182	0.72
21 <sup>st</sup> day of lactation	19.54	19.07	19.39	19.25	0.521	0.99
Solids not fat (%)						
Colostrum	98.40	81.00	95.00	87.60	3.682	0.48
21 <sup>st</sup> day of lactation	112.00	123.50	117.68	123.00	3.192	0.59

<sup>1)</sup>Treatment: Control, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet; BP, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 3% of beet pulp; BPPK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 1.5% of beet pulp and 2% of palm kernel meal; PK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 4% of palm kernel meal. DDGS, distiller's dried grains with solubles.



6에 나타내었다. 실험결과, 분 중 암모니아와 황화수소농도는 전 처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.10$ ). 하지만 분 중 조섬유 함량이 높은 BP와 BPPK 처리구에서 유의적으로 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ).

많은 선행연구 결과, 양돈사료에 섬유소를 첨가했을 때 악취 저감에 효과가 있고 또한 분 중 pH를 낮출 수 있는 연구들이 많이 보고되었다[27,28]. 모돈이 섭취한 섬유소가 대장으로 이동하면서 발효과정이 일어나 short chain fatty acid가 생성되면서 장내의 pH를 낮추면서 유해균에 의한 미소화 된 단백질 발효 등을 억제하고, 분 중 암모니아, 황화수소의 배출량을 줄일 수 있다. 그런데 본 실험에서는 처리구 간에 암모니아와 황화수소에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 원인은 주로 고섬유소 실험사료의 급여기간이 짧고 임신기와 포유기 사료 중 섬유소 함량에 차이가 있으며, 사료 내 단백질 수준이 낮기 때문에 아무런 영향을 주지 않았다고 사료된다.

## 결론

본 실험은 모돈 사료 내 식이섬유 공급원이 모돈의 체형변화, 혈액성상, 분만시간, 유성분 조성, 분 내 가스농도 및 자돈성적에 미치는 영향을 검증하고자 수행되었다. 평균체중이  $273.3 \pm 1.69$  kg인 2원 교잡종(Yorkshire  $\times$  Landrace) F1 모돈 24두를 선발하여 4처리, 6반복, 반복당 한 두씩 완전임의 배치법(CRD)으로 배치하였으며, 처리구는 섬유소 공급원과 첨가수준에 따라 1) Control: basal diet; 2) BP: basal diet + beet pulp 3%; 3) BPPK: basal diet + beet pulp 1.5% + palm kernel meal 2%; 4) PK: basal diet + palm kernel meal 4%로 나뉘었다. 모돈사료에 섬유소의 처리효과에 대한 실험결과를 보면 모돈의 체형변화 및 자돈성장성적에 영향을 미치지 않았다. 분만시간에서 처리구 간 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 섬유소 전체 처리구에서는 수치적으로 control 처리구보다 감소하였고 특별히, BPPK 처리구와 control 처리구를 비교했을 때 수치적으로 약 28분 분만시간이 단축되는 것으로 나타났다. 분만 직후 BPPK 처리구 모돈의 혈중 glucose의 농도가 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 분 중 조섬유소 함량에서는 BP와 BPPK 처리구에서 유의적으로 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ). 결론적으로 모돈 사료 내 섬유소 공급원

**Table 6.** Effects of dietary fiber sources supplementation in lactation diet on fecal gas and fiber level

	Treatment (%) <sup>1)</sup>				SEM	p-value
	Control	BP	BPPK	PK		
Sow						
NH <sub>3</sub> (ppm)						
Initial	7.50	7.50	7.50	7.50		
NH <sub>3</sub>	7.60	7.20	7.40	7.40	0.142	0.83
H <sub>2</sub> S (ppm)						
Initial	11.00	11.00	11.00	11.00		
H <sub>2</sub> S	11.20	10.80	11.00	11.00	0.17	0.89
Fecal crude fiber (%)						
Initial	11.77	11.77	11.77	11.77		
Fecal crude fiber	11.80 <sup>b</sup>	9.95 <sup>a</sup>	10.38 <sup>a</sup>	11.24 <sup>b</sup>	0.19	0.01

<sup>1)</sup>Treatment: Control, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet; BP, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 3% of beet pulp; BPPK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 1.5% of beet pulp and 2% of palm kernel meal; PK, corn-soybean meal (SBM)-DDGS based diet with 4% of palm kernel meal.

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

DDGS, distiller's dried grains with solubles.

이 모돈의 체형변화, 자돈성적, 혈액성상, 유성분 조성, 분내 가스농도에서 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, beet pulp 1.5%와 palm kernel meal 2% 첨가한 BPPK 처리구에서 분만시간이 수치적으로 많이 단축되었기 때문에 자돈의 성장성적에 긍정적인 효과가 있는 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. Krahn GT. Comparison of piglet birth weight classes, parity of the dam, number born alive and the relationship with litter variation and piglet survival until weaning [Ph.D. dissertation]. Ames, IA: Iowa State University; 2015.
2. Theil PK. Transition feeding of sows. In: Farmer C, editor. The gestating and lactating sow. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic; 2015. p. 147-72.
3. Oliviero C, Kokkonen T, Heinonen M, Sankari S, Peltoniemi O. Feeding sows with high fibre diet around farrowing and early lactation: impact on intestinal activity, energy balance related parameters and litter performance. *Res Vet Sci.* 2009;86:314-9. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2008.07.007>
4. de Leeuw JA, Jongbloed AW, Verstegen MW. Dietary fiber stabilizes blood glucose and insulin levels and reduces physical activity in sows (*Sus scrofa*). *J Nutr.* 2004;134:1481-6. <https://doi.org/10.1093/jn/134.6.1481>
5. Theil PK, Flummer C, Hurley WL, Kristensen NB, Labouriau RL, Sørensen MT. Mechanistic model to predict colostrum intake based on deuterium oxide dilution technique data and impact of gestation and pre-farrowing diets on piglet intake and sow yield of colostrum. *J Anim Sci.* 2014;92:5507-19. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7841>
6. Oliviero C, Heinonen M, Valros A, Peltoniemi O. Environmental and sow-related factors affecting the duration of farrowing. *Anim Reprod Sci.* 2010;119:85-91. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.12.009>
7. Renaudeau D, Anaïs C, Noblet J. Effects of dietary fiber on performance of multiparous lactating sows in a tropical climate. *J Anim Sci.* 2003;81:717-25. <https://doi.org/10.2527/2003.813717x>
8. Krogh U, Bruun TS, Amdi C, Flummer C, Poulsen J, Theil PK. Colostrum production in sows fed different sources of fiber and fat during late gestation. *Can J Anim Sci.* 2015;95:211-23. <https://doi.org/10.4141/cjas-2014-060>
9. SAS. User's guide statistics. Cary, NC: SAS Institute; 2004.
10. Feyera T, Højgaard CK, Vinther J, Bruun TS, Theil PK. Dietary supplement rich in fiber fed to late gestating sows during transition reduces rate of stillborn piglets. *J Anim Sci.* 2017;95:5430-8. <https://doi.org/10.2527/jas2017.2110>
11. Krogh U, Bruun TS, Poulsen J, Theil PK. Impact of fat source and dietary fibers on feed intake, plasma metabolites, litter gain and the yield and composition of milk in sows. *Animal.* 2017;11:975-83. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002585>
12. Noblet J, Dourmad JY, Etienne M. Energy utilization in pregnant and lactating sows: modeling of energy requirements. *J Anim Sci.* 1990;68:562-72. <https://doi.org/10.2527/1990.682562x>
13. Baidoo SK, Aherne FX, Kirkwood RN, Foxcroft GR. Effect of feed intake during lactation and after weaning on sow reproductive performance. *Can J Anim Sci.* 1992;72:911-7. <https://doi.org/10.4141/cjas92-103>
14. Eissen JJ, Kanis E, Kemp B. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. *Livest Prod Sci.* 2000;64:147-65. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00153-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00153-0)
15. Pettigrew JE. Nutrition and prolificacy. In: Proceedings of the 15th IPVS Congress; 1998; Birmingham, UK.

16. O'Grady JF. Effect of level and pattern of feeding during pregnancy on weight change and reproductive performance of sows. *Irish J Agric Res.* 1967;6:57-71.
17. Brooks PH, Cole DJA. Studies in sow reproduction 1. the effect of nutrition between weaning and remating on the reproductive performance of primiparous sows. *Anim Sci.* 1972;15:259-64. <https://doi.org/10.1017/S000335610001151X>
18. Baker LN, Woehling HL, Casida LE, Grummer RH. Occurrence of estrus in sows following parturition. *J Anim Sci.* 1953;12:33-8.
19. Yan CL, Kim HS, Hong JS, Lee JH, Han YG, Jin YH, et al. Effect of dietary sugar beet pulp supplementation on growth performance, nutrient digestibility, fecal microflora, blood profiles and diarrhea incidence in weaning pigs. *J Anim Sci Technol.* 2017;59:18. <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0142-8>
20. Huang C, Zhang S, Stein HH, Zhao J, Li D, Lai C. Effect of inclusion level and adaptation duration on digestible energy and nutrient digestibility in palm kernel meal fed to growing-finishing pigs. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018;31:395-402. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0515>
21. Williams BA, Mikkelsen D, Flanagan BM, Gidley MJ. "Dietary fibre": moving beyond the "soluble/insoluble" classification for monogastric nutrition, with an emphasis on humans and pigs. *J Anim Sci Biotechnol.* 2019;10:45. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0350-9>.
22. Loisel F, Farmer C, Ramaekers P, Quesnel H. Effects of high fiber intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *J Anim Sci.* 2013;91:5269-79. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6526>
23. Liu Y, Chen N, Li D, Li H, Fang Z, Lin Y, et al. Effects of dietary soluble or insoluble fiber intake in late gestation on litter performance, milk composition, immune function, and redox status of sows around parturition. *J Anim Sci.* 2020;98:skaa303. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa303>
24. Li Y, Zhang L, Liu H, Yang Y, He J, Cao M, et al. Effects of the ratio of insoluble fiber to soluble fiber in gestation diets on sow performance and offspring intestinal development. *Animals.* 2019;9:422. <https://doi.org/10.3390/ani9070422>
25. Shang Q, Liu H, Liu S, He T, Piao X. Effects of dietary fiber sources during late gestation and lactation on sow performance, milk quality, and intestinal health in piglets1. *J Anim Sci.* 2019;97:4922-33. <https://doi.org/10.1093/jas/skz278>
26. Feyera T, Zhou P, Nuntapaitoon M, Sørensen KU, Krogh U, Bruun TS, et al. Mammary metabolism and colostrumogenesis in sows during late gestation and the colostrum period. *J Anim Sci.* 2019;97:231-45. <https://doi.org/10.1093/jas/sky395>
27. Mpendulo CT, Hlatini VA, Ncobela CN, Chimonyo M. Effect of fibrous diets on chemical composition and odours from pig slurry. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018;31:1833-9. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0126>.
28. Jha R, Berrococo JFD. Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and on the environment: a review. *Anim Feed Sci Technol.* 2016;212:18-26. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.002>