

포유모돈 사료내 제독유황이 모돈의 생리, 포유자돈의 성장, 혈액성상 및 돈유조성에 미치는 영향

김홍준 · 김천수 · 김성호 · 신혜원 · 김유용*

서울대학교 농생명공학부

Effect of dietary non-toxic sulfur on physiological response, litter performance, blood profiles and milk composition in lactating sows

Hongjun Kim, Cheonsoo Kim, Xinghao Jin, Haewon Shin and Yoo Yong Kim*

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



Received: May 31, 2022
Revised: Jun 16, 2022
Accepted: Jun 17, 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

Hongjun Kim
<https://orcid.org/0000-0002-2346-3353>
Cheonsoo Kim
<https://orcid.org/0000-0002-3192-8229>
Xinghao Jin
<https://orcid.org/0000-0003-4942-9142>
Haewon Shin
<https://orcid.org/0000-0003-4159-1364>
Yoo Yong Kim
<https://orcid.org/0000-0001-8121-3291>

Abstract

This experiment was conducted to evaluate the effects of dietary non-toxic sulfur (NTS) on physiological response, litter performance, blood profiles and milk composition in lactating sows. A total of 40 multiparous lactating sows (Yorkshire × Landrace) with similar body weight, backfat thickness (BF) and parity were allotted to 4 treatments and 10 replicates in a completely randomized design. The experimental treatments were as follows: 1) Control: corn-SBM based diet, 2) NTS0.1: basal diet + NTS 0.1%, 3) NTS0.2: basal diet + NTS 0.2%, 4) NTS0.4: basal diet + NTS 0.4%. In physiological response of lactating sows, there was no significant difference among treatments. In blood profiles, linear response of increasing dietary NTS levels were observed for the IL-1 of 14th day of lactation ($p = 0.03$). Litter weight and average daily gain of piglets decreased linearly with increasing dietary NTS levels ($p < 0.05$). Consequently, there was a negative effect on litter performance with increasing NTS levels. However, as inclusion of dietary NTS in lactating diet had positive influences on immune response of lactating sows, mortality of piglets was considered to improve.

Keywords: Non-toxic sulfur (NTS), Litter performance, Milk composition, Piglets, Lactating sows

서론

유황(S)은 질병 치료의 오랜 역사를 가지고 있는 광물질인 유황의 근원이 되는 물질로서, 인

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: Kim YY.
Data curation: Jin X, Shin H.
Formal analysis: Kim H, Jin X.
Methodology: Kim H, Jin X.
Software: Kim H, Jin X.
Validation: Jin X, Kim YY.
Investigation: Jin X, Shin H.
Writing - original draft: Shin H, Kim C, Kim H.
Writing - review & editing: Kim YY.

Ethics approval and consent to participate

Animal experiments were approved by the Institutional Animal Care and Use Committee of Seoul National University, Korea (SNU-201111-7).

체와 동물의 생체원소인 수소(H), 산소(O), 질소(N), 나트륨(Na) 등 14종의 원소 중 8번째로 많은 비율을 차지하고 있는 생체 필수 영양소이다. 현재까지 잘 알려진 유황에 대한 효능으로는 염증 제거 및 통증 완화 작용, 항산화 작용과 세균, 박테리아, 곰팡이, 바이러스와 같은 병원체에 대한 항균작용 등이 보고되어 있다. 그러나 유황은 인체에 직접적으로 투여할 경우 독성이 강하여 부작용을 초래하는 것이 일반적이다. 따라서 독성이 있는 유황은 제독을 하지 않고서는 약으로 쓰이지 않는다[1].

식이유황 혹은 methyl sulfonyl methane(MSM)이라 불리는 유기황은 동식물의 대사작용을 통하여 자연적으로 생성되는 유기화합물로서 무색, 무취 및 무독성이며, 주로 신선한 과일이나 야채 및 우유 등에 존재한다. 미국 및 기타 국가에서는 성장 촉진제, 진통제 및 우울증, 암 및 염증성 질환에 대한 약물로 무독성 형태의 천연 및 식이 유황을 사용한다[2]. 가축 사료에서 유기황은 다당류, 콜라겐 및 당단백을 구성하는 물질로 축산물에서 조직력을 향상시켜 지방산패를 예방하며[3], 가축 사료에 제독유황을 첨가하였을 때 면역력과 육질이 향상되었다[4]. 또한, 사료에 함유되어 있는 질소와 건물 소화율을 개선함으로써 가축의 성장을 촉진한다고 알려져 있다[5].

육계에 0.2%의 식이유황을 급여하면 성장이 높아지며, 폐사율이 감소되었다고 하였으며[6], 오리에서 식이유황 0.03%의 급여로 고기에서 보수력과 불포화 지방산 함량이 증대되었다고 하였다[7]. 또한, 산란계 사료에 식이유황 0.1% 수준으로 급여 시 계란의 점도, 난백높이 및 저장기간이 향상되었으며, 난각강도와 두께를 개선하였다[8]. 그리고 제독유황의 반복적인 경구 투여는 쥐에게 독성을 유발하지 않았다[9]. 위와 같이 육계, 산란계 등 가금에서는 사료 내 제독유황을 첨가하였을 때, 성장성적, 육질 및 계란의 품질이 개선되는 것으로 나타났지만, 양돈에서 사료 내 제독유황을 첨가하였을 때의 효과 규명에 대한 실험은 전무한 상황이기 때문에 포유돈 사료 내 제독유황의 첨가수준이 포유모돈의 체형변화, 포유성적, 면역성상 및 유성분 조성에 미치는 영향을 검증하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

실험동물 및 사양환경(experimental animal and housing environment)

본 실험은 충청북도 음성군에 위치한 야곱농장에서 실시하였으며, 2원 교잡종(Yorkshire × Landrace) F₁ 모돈(평균 체중 264.3 ± 4.05 kg) 40두를 공시하여, 4처리, 10반복, 반복당 1두씩 완전임의배치법(completely randomized design, CRD)으로 배치하여 실시하였다. 포유모돈은 임신 110일령에 피모를 세척후 분만사(분만틀의 넓이 2.5 × 1.8 m², 높이 0.5 m)로 이동하여 실험을 준비하였으며, 실험 분만사의 온도와 환기량은 환기 팬과 자동 온도제어장치에 의하여 자동으로 조절되었다. 또한, 분만 후 5일 동안 포유모돈의 실험사료를 점진적으로 증량급여 하였고, 5일 후부터는 무제한급여(*ad libitum*)를 실시하였다. 모든 자돈들은 분만 후 3일령에 땃줄 및 꼬리를 자르고 수컷은 거세를 하였으며, 철분제인 gleptosil(Sogeval, Laval, France)은 150 mg씩 1회 주사하였다.

실험 사료(experimental diet)

본 실험의 처리구는 모돈 사료 내 제독유황(non-toxic sulfur, NTS) 첨가수준에 따라 1) Control, 2) NTS0.1; Basal diet + NTS 0.1%, 3) NTS0.2; Basal diet + NTS 0.2%, 4) NTS0.4; Basal diet + NTS 0.4%로 나뉘었다. 실험사료는 옥수수-대두박 위주의 기초사료(corn-soybean

meal basal)를 기반으로 배합하였으며, 기타 아미노산, 비타민 및 광물질 요구량 또한 NRC[10]의 요구수준과 같거나 높은 수준으로 충족시켰으며, 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 Table 1에 제시하였다.

체형변화(body condition)

모든의 생리적 변화를 알아보기 위하여 분만 후 24시간 이내와 포유 14일, 21일령의 체중, P₂ 지점에서의 등지방 두께 및 사료섭취량을 측정하였다. 등지방 두께는 초음파 측정기(Lean-meter, Renco, Minneapolis, MN, USA)를 이용하여, P₂ 부분(마지막 늑골 양쪽 부분의 평균값, 척추에서 65 mm 떨어진 부분)의 양쪽에서 측정되었다.

Table 1. The formulas and chemical composition of lactation diet

Item	Lactation diet			
	Control	NTS0.1	NTS0.2	NTS0.4
Ingredient (%)				
Corn	69.56	69.44	69.31	69.06
Wheat	5.00	5.01	5.01	5.02
SBM-48	14.26	14.30	14.35	14.44
Palm kernel meal	5.00	5.01	5.01	5.02
Tallow	1.61	1.67	1.74	1.87
Limestone	1.13	1.13	1.13	1.13
MDCP	1.84	1.84	1.85	1.85
DL-Methionine (99%)	0.04	0.04	0.04	0.04
L-Lysine HCL (50%)	0.68	0.68	0.68	0.68
Threonine (98.5%)	0.18	0.18	0.18	0.18
Vitamin premix ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline chloride-50	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.40	0.40	0.40	0.40
NTS ³⁾	0.00	0.10	0.20	0.40
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ⁴⁾				
ME (kcal/kg)	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00
CP (%)	13.43	13.43	13.43	13.43
Lysine (%)	0.96	0.96	0.96	0.96
Methionine (%)	0.26	0.26	0.26	0.26
Ca (%)	0.76	0.76	0.76	0.76
Total P (%)	0.65	0.65	0.65	0.65

¹⁾ Provided per kg of diet: vitamin A, 12,000 IU; vitamin D₃, 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 B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 45 µg.

²⁾ 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.

³⁾ NTS (non-toxic sulfur): Narabio, Korea.

⁴⁾ Calculated value.

MDCP, monocalcium phosphate; ME, metabolizable energy; CP, crude protein.

번식성적(reproductive performance)

분만후 초유를 섭취시킨 후 같은 처리간 양자보내기를 실시한 후 포유를 개시하고, 자돈의 성장능력 및 모돈의 포유능력을 측정하기 위해 분만 후 24시간 이내, 포유 14일, 21일째에 포유 자돈의 체중 및 일당증체량을 측정하였다.

혈액 성상(blood profile)

모돈의 혈액은 분만 직후, 포유 14일, 21일 차에 채취하였으며, 채취한 혈액은 serum tube에 포집하여 3,024×g, 4℃ 상태로 15분 동안 원심분리(Eppendorf centrifuge 5810R, Hamburg, Germany)를 실시하였고, micro tube 보관용기에 상층액을 분리하여 -20℃에서 보관 후 (주)지씨씨엘에서 IGF-1, IgA, IgM, IL-1 및 GH를 분석하였다.

돈유성분(milk composition)

초유 및 돈유는 분만 후 24시간 이내, 포유 14일, 21일 차에 oxytocin 0.5 IU/mL를 혈관 주사한 후 채취하였으며, 수집된 돈유는 -20℃인 냉동고에 분석할 때까지 보관하였다. 채취한 돈유는 충남대학교 농업과학연구소에서 황 함유 아미노산(methionine, cysteine)을 분석하였다.

통계 분석(statistical analysis)

통계분석은 SAS[11]의 일반선형모형(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. 또한, 사료 내 제독유황의 수준별 첨가효과에 대한 linear-quadratic response를 분석하기 위해 orthogonal polynomial contrasts를 실시하였다.

결과 및 고찰

포유모돈의 체중, 등지방두께 변화 및 사료섭취량(body weight, backfat thickness, and daily feed intake in sow)

포유모돈 사료 내 제독유황의 첨가수준이 포유모돈의 체중, 등지방두께 및 사료섭취량에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 사양실험 결과, 분만 24시간 이내, 포유 14일 및 21일째의 포유모돈의 체중, 등지방두께 및 사료섭취량에서 처리구 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 수치상으로 대조구가 포유기간 사료 섭취량이 가장 높고, NTS0.2 처리구에서 가장 낮은 것을 확인할 수 있었다. 4주간의 포유기간 중 포유모돈 사료에 첨가된 제독유황은 포유모돈의 체중 및 등지방 두께에는 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 하지만 사료섭취량에서는 실험 처리구 NTS0.2의 사료섭취량이 대조구와 비교하여 수치적으로 제일 낮은 것으로 나타났기 때문에 제독유황을 포유모돈 사료에 첨가한다면 사료섭취량에 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

포유모돈의 사료섭취량은 모돈의 체형유지, 체형발달 및 돈유 생산을 위해 많은 영양소를 요구하지만, 사료로 공급되는 영양소로는 충족시키기 부족하다[12]. 포유기 동안 사료섭취량이 감소하면 체내에 축적된 단백질과 지방이 돈유의 생산을 위해 사용되어야 하므로 과도하게 체중이 감소하고 이로 인하여 다음 산차의 번식과 관련된 문제가 발생할 수 있어 발정 재귀일의 지연 [13,14], 무발정[15], 낮은 배란율[16], 임신율 감소[15] 등의 부작용이 발생한다. 따라서 꾸준한 번식을 위해서는 포유기간에 모돈의 사료섭취량을 가능한 높여야 한다고 보고하였다[17].

포유자돈 성장성적(litter performance)

포유자돈 사료 내 제독유형의 첨가수준이 포유자돈의 성장성적에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 실험결과, 이유두수 및 복당 이유체중 등에서 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 2. Effects of dietary NTS supplementation in lactation diet on physiological response of sows

Item	Treatments ¹⁾				SEM	<i>p</i> -value	
	Control	NTS0.1	NTS0.2	NTS0.4		Lin.	Quad.
Body weight (kg)							
24 h postpartum	264.55	265.38	267.96	267.15	5.365	0.80	0.89
14 th day of lactation	265.01	266.18	257.51	261.90	5.882	0.66	0.77
21 st day of lactation	262.75	262.00	258.03	257.85	6.222	0.66	0.93
Changes (21-0 d)	-1.80	-3.38	-9.93	-9.30	2.124	0.14	0.64
Backfat thickness (mm)							
24 h postpartum	21.58	20.83	26.16	24.00	0.959	0.14	0.47
14 th day of lactation	21.41	20.66	23.66	22.16	1.006	0.57	0.73
21 st day of lactation	19.50	17.66	23.25	22.25	1.109	0.17	0.89
Changes (21-0 d)	-2.08	-3.17	-2.91	-1.75	0.479	0.71	0.30
ADFI (kg)	6.69	6.49	5.99	6.40	0.258	0.61	0.52

¹⁾Treatment: Con, corn-soybean meal (SBM) based diet; T1, corn-soybean meal based diet with 0.1% of NTS (non-toxic sulfur); T2, corn-soybean meal based diet with 0.2% of NTS; T3, corn-soybean meal based diet with 0.4% of NTS.

Lin., linear; Quad., quadratic.

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

Item	Treatments ¹⁾				SEM	<i>p</i> -value	
	Control	NTS0.1	NTS0.2	NTS0.4		Lin.	Quad.
No. of piglets							
After cross-fostering ²⁾	12.00	11.83	11.66	11.66	0.103	0.26	0.62
14 th day of lactation	11.16	11.00	10.83	11.16	0.127	0.92	0.24
21 st day of lactation	11.16	11.00	10.66	10.83	0.146	0.22	0.37
Litter weight (kg)							
After cross-fostering	14.72	15.84	14.77	16.83	0.608	0.40	0.69
14 th day of lactation	45.46	46.81	44.66	41.97	1.327	0.34	0.59
21 st day of lactation	64.76	64.34	62.04	57.20	1.587	0.11	0.60
Litter weight gain	50.00	48.50	47.26	40.36	1.349	0.01	0.34
Piglets weight (kg)							
After cross-fostering	1.22	1.34	1.26	1.43	0.498	0.27	0.75
14 th day of lactation	4.06	4.26	4.11	3.75	0.112	0.26	0.28
21 st day of lactation	5.80	5.86	5.81	5.28	0.138	0.14	0.28
Piglets weight gain	4.58	4.52	4.55	3.84	0.121	<0.01	0.08

¹⁾Treatment: Con, corn-soybean meal (SBM) based diet; T1, corn-soybean meal based diet with 0.1% of NTS (non-toxic sulfur); T2, corn-soybean meal based diet with 0.2% of NTS; T3, corn-soybean meal based diet with 0.4% of NTS.

²⁾After cross-fostering day within 24 h postpartum.

Lin., linear; Quad., quadratic.

자돈의 성장성적 항목에서 처리구간의 복당 증체량 및 자돈 증체량이 제독유황의 첨가수준이 증가함에 따라 선형적으로 감소하였다($p < 0.05$). 본 실험에서는 포유모돈의 사료섭취량에 있어 제독유황을 첨가하였을 때 대조구에 비해 수치적으로 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 포유돈 사료 내 제독유황을 첨가하면 모돈의 사료섭취량이 감소하였기 때문에 자돈의 복당증체량 및 자돈 증체량에서 감소한 것으로 사료된다. 포유 자돈은 포유 모돈이 분비한 돈유에서 영양소를 받는데, 포유시기에 모돈의 사료섭취량이 많으면 돈유 생산량이 증가하여 자돈 성장성적에 좋은 영향을 미친다고 알려져 있으며[18], 포유모돈의 사료섭취량 경향과 비슷한 경향을 보이는 것으로 보아, 포유모돈의 사료섭취량에 따라 유생산량의 차이가 발생하여 포유자돈의 증체량에 영향을 미친 것으로 사료된다.

결론적으로, 포유돈 사료 내 제독유황을 첨가하면, 모돈의 사료섭취량을 감소시켜 돈유의 생산량이 감소하여 자돈 성장성적에 부정적인 영향을 미치며, NTS0.4 처리구가 다른 처리구들과 비교했을 때 자돈의 성장성적에 부정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

모돈의 혈액성상(blood profiles of sow)

모돈 사료 내 제독유황의 첨가수준이 모돈의 혈액 내 IGF-1, IgA, IgM, IL-1 및 성장호르몬의 함량에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. 포유 14일령에 모돈 serum 내 IL-1의 함량에서 유의적인 차이가 나타났지만(linear, $p < 0.05$) 분만 직후 및 포유 21일령에 모돈 serum 내 IGF-1, IgA, IgM, IL-1 및 성장호르몬의 함량에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

일반적으로 사료 내 식이유황의 첨가가 항염증 및 항산화 효과를 발휘한다고 보고하였다[19]. 선행연구 결과에 따르면, 오리에서 식이유황 0.3% 첨가는 혈청 IL-2 및 IL-6 수준을 증가시켰다[20]. IL-2 및 IL-6는 B 림프구, T 림프구 및 항체 생성뿐만 아니라, IgA, IgM 및 IgG의 생산을 자극하여 면역반응에 관여한다[21]. 본 실험에서 사료 내 제독유황의 첨가수준이 증가함에 따라 모돈 serum 내 IL-1 함량이 선형적으로 증가하는 것으로 나타났으며(linear, $p = 0.03$), NTS0.4 처리구의 IL-1 함량이 제일 높은 원인은 사료 내 제독유황의 첨가수준에 의한 결과로 사료된다. 모체 태반 및 유성분을 통한 IL-1 및 IL-6 등 면역에 관여하는 물질의 이행은 태아의 면역학적인 보호작용과 면역발달 조절에 영향을 미친다[22]. 이로 인하여 모돈 사료 내 제독유황을 첨가할 경우, 모돈 및 신생자돈의 염증 및 면역반응에 긍정적인 효과를 기대할 수 있다고 사료된다.

본 실험결과, 사료 내 제독유황의 첨가는 모돈의 IL-1의 함량을 증가시켜 염증 및 면역반응에 긍정적인 영향을 미쳐 모돈 체내 면역성분을 증가시킴으로써 신생자돈에게 초유 및 돈유로 이행되어 폐사율을 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

돈유 성분(milk composition)

식이유황은 자연에서 cysteine과 methionine의 황 공급원으로 잘 알려져 있다[23]. 포유돈 사료 내 제독유황의 첨가에 따른 돈유 내 황 함유 아미노산 함량에 관한 선행연구가 존재하지 않지만, 일부 연구에 의하면 포유기 모돈 사료에 methionine을 첨가했을 때 돈유 중 methionine 및 cysteine 함량을 개선시켜 돈유 품질을 향상시켰다[24]. 또한, 신생자돈의 항염증 및 항산화 능력이 개선되었다.

모돈 사료 내 제독유황의 첨가수준이 돈유 내 황 함유 아미노산 함량에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 실험결과, 포유 14일령 돈유 중 cysteine 및 포유 21일령 돈유 중 methionine의 함량에 처리구간 유의적인 차이가 나타났지만(linear, $p < 0.05$). 하지만, 본 실험에서는 제독유황을 다른 첨가수준으로 급여하였을 때, 제독유황을 첨가하지 않은 대조구에서 가장 높은 황 함유

Table 4. Effects of dietary NTS supplementation in lactation diet on blood profiles and immune response

Item	Treatments ¹⁾				SEM	<i>p</i> -value	
	Control	NTS0.1	NTS0.2	NTS0.4		Lin.	Quad.
IGF-1 (ng/mL)							
24 h postpartum		-----27.43-----			-	-	-
14 th day of lactation	31.67	36.12	14.65	11.51	4.986	0.14	0.63
21 st day of lactation	29.46	10.73	10.27	9.35	3.460	0.10	0.18
IgA (mg/mL)							
24 h postpartum		-----1.04-----			-	-	-
14 th day of lactation	1.15	0.98	0.82	1.03	0.071	0.54	0.22
21 st day of lactation	1.27	1.25	0.77	1.02	0.088	0.13	0.27
IgM (mg/mL)							
24 h postpartum		-----1.86-----			-	-	-
14 th day of lactation	1.24	1.34	1.75	1.49	0.096	0.18	0.22
21 st day of lactation	1.25	1.38	1.23	1.48	0.097	0.60	0.74
IL-1 (pg/mL)							
24 h postpartum		-----115.22-----			-	-	-
14 th day of lactation	70.90	130.39	85.14	188.05	20.709	0.03	0.36
21 st day of lactation	103.99	124.94	58.03	139.45	15.690	0.79	0.20
GH (ng/mL)							
24 h postpartum		-----66.78-----			-	-	-
14 th day of lactation	31.77	16.17	7.31	16.35	3.814	0.23	0.15
21 st day of lactation	25.04	12.44	6.94	6.67	3.717	0.08	0.42

¹⁾Treatment: Con, corn-soybean meal (SBM) based diet; T1, corn-soybean meal based diet with 0.1% of NTS (non-toxic sulfur); T2, corn-soybean meal based diet with 0.2% of NTS; T3, corn-soybean meal based diet with 0.4% of NTS.
Lin., linear; Quad., quadratic.

Table 5. Effects of dietary NTS supplementation in lactation diet on amino acid composition in milk

Item	Treatments ¹⁾				SEM	<i>p</i> -value	
	Control	NTS0.1	NTS0.2	NTS0.4		Lin.	Quad.
Cysteine (mg/kg)							
Colostrum		-----62.07-----			-	-	-
14 th day of lactation	64.14	48.51	50.88	51.19	2.000	0.02	0.02
21 st day of lactation	43.89	52.06	54.40	34.35	2.196	0.48	0.13
Methionine (mg/kg)							
Colostrum		-----56.61-----			-	-	-
14 th day of lactation	51.67	38.87	37.61	49.06	3.644	0.89	0.14
21 st day of lactation	65.28	43.94	34.35	40.45	5.071	0.03	0.06

¹⁾Treatment: Con, corn-soybean meal (SBM) based diet; T1, corn-soybean meal based diet with 0.1% of NTS (non-toxic sulfur); T2, corn-soybean meal based diet with 0.2% of NTS; T3, corn-soybean meal based diet with 0.4% of NTS.
Lin., linear; Quad., quadratic.

아미노산 수치를 보였으며, 대조구와 비교하여 모돈 사료 내 제독유황을 첨가한 처리구에서 포유 14일령에 돈유 중 낮은 cysteine 함량을 나타냈다. 또한, 대조구와 비교하여 모돈 사료 내 제독유황을 첨가한 처리구에서 포유 21일령에 돈유 중 낮은 methionine 함량을 나타냈다. 일반적으로 사료섭취량이 좋은 모돈은 마른 상태의 모돈보다 모유 내 더 많은 에너지 및 단백질을 생산하며[25], 사료섭취량이 불충분한 모돈은 다량의 모유를 분비하기 위해 체내에 축적되어 있는 영양소를 분해한다[26]. 따라서 본 실험에서도 사료 내 제독유황의 첨가는 포유모돈의 사료섭취량을 감소시켜, 돈유 내 황 함유 아미노산의 함량을 감소시킨 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 포유돈 사료 내 제독유황의 첨가수준이 모돈의 체형변화, 포유성적, 혈액성상, 유성분 조성에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다.

본 실험결과, 포유모돈 사료에 제독유황을 첨가하였을 때 모돈의 사료섭취량이 수치적으로 감소한 것으로 나타났고, 사료섭취량의 감소는 자돈의 증체량에 부정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. 하지만, 사료 내 제독유황의 첨가는 IL-1의 함량을 증가시켜 염증 및 면역반응에 긍정적인 영향을 미쳐 모돈 체내 면역성분을 증가시킴으로써 신생자돈에게 이행하여 폐사율을 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Choi GH, Kim CH. Growth inhibition of extract from sulfur fed duck carcass against various cancer cell lines. *Korean Soc Food Sci Anim Resour.* 2002;22:348-51.
2. Miller LE. Methylsulfonylmethane decreases inflammatory response to tumor necrosis factor- α in cardiac cells. *Am J Cardiovasc Dis.* 2018;8:31-8.
3. Lee JI, Min HK, Lee JW, Jeong JD, Ha YJ, Kwack SC, et al. Changes in the quality of loin from pigs supplemented with dietary methyl sulfonyl methane during cold storage. *Food Sci Anim Res.* 2009;29:229-37. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2009.29.2.229>
4. Lim CI, Choe HS, Kang C, Lee BK, Ryu KS. Effects of dietary organic sulfur on performance, egg quality and cell-mediated immune response of laying hens. *Korean J Poultry Sci.* 2018;45:97-107. <https://doi.org/10.5536/KJPS.2018.45.2.97>
5. Cho JH, Min BJ, Kwon OS, Shon KS, Jin YG, Kim HJ, et al. Effects of MSM (methyl sulfonyl methane) supplementation on growth performance and digestibility of Ca and N in pigs. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2005;34:361-5. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.3.361>
6. Shin JS, Kim MA, Lee SH. Comparison of physiological changes in broiler chicken fed with dietary processed sulfur. *Korean J Food Preserv.* 2013;20:278-83. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2013.20.2.278>
7. Hwang JW, Cheong SH, Kim YS, Lee JW, You BI, Moon SH, et al. Effects of dietary supplementation of oriental herbal medicine residue and methyl sulfonyl methane on the growth performance and meat quality of ducks. *Anim Prod Sci.* 2016;57:948-57. <https://doi.org/10.1071/AN15134>
8. Park S, Ahn IS, Hong SM, Kim DS, Kwon DY, Yang HJ. The effects of the supplementation of *Opuntia humifusa* water extracts and methyl sulfonyl methane on the laying productivity, egg quality and sensory characteristics. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2010;39:294-300. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.2.294>
9. Lee JS, Kwon JK, Han SH, An IJ, Kim SJ, Lee SH, et al. Toxicity study of detoxication

- sulphur at 3 months post-treatment in rats. *J Food Hyg Saf.* 2010;25:263-8.
10. NRC. Nutrient requirements of swine. 10th ed. Washington, DC: National Academy Press; 1998.
 11. SAS. User's guide statistics. Cary, NC: SAS Institute; 2004.
 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. Reese DE, Moser BD, Peo ER Jr, Lewis AJ, Zimmerman DR, Kinder JE, et al. Influence of energy intake during lactation on subsequent gestation, lactation and postweaning performance of sows. *J Anim Sci.* 1982;55:867-72. <https://doi.org/10.2527/jas1982.554867x>
 14. 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>
 15. Kirkwood RN, Baidoo SK, Aherne FX, Sather AP. The influence of feeding level during lactation on the occurrence and endocrinology of the postweaning estrus in sows. *Can J Anim Sci.* 1987;67:405-15. <https://doi.org/10.4141/cjas87-039>
 16. Zak LJ, Cosgrove JR, Aherne FX, Foxcroft GR. Pattern of feed intake and associated metabolic and endocrine changes differentially affect postweaning fertility in primiparous lactating sows. *J Anim Sci.* 1997;75:208-16. <https://doi.org/10.2527/1997.751208x>
 17. 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)
 18. Gourdine JL, Bidanel JP, Noblet J, Renaudeau D. Rectal temperature of lactating sows in a tropical humid climate according to breed, parity and season. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2007;20:832-41. <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.832>
 19. Marañón G, Muñoz-Escassi B, Manley W, García C, Cayado P, de la Muela MS, et al. The effect of methyl sulphonyl methane supplementation on biomarkers of oxidative stress in sport horses following jumping exercise. *Acta Vet Scand.* 2008;50:45. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-45>
 20. Yan HL, Cao SC, Hu YD, Zhang HF, Liu JB. Effects of methylsulfonylmethane on growth performance, immunity, antioxidant capacity, and meat quality in Pekin ducks. *Poult Sci.* 2020;99:1069-74. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.002>
 21. Brocker C, Thompson D, Matsumoto A, Nebert DW, Vasiliou V. Evolutionary divergence and functions of the human interleukin (IL) gene family. *Hum Genomics.* 2010;5:30-55. <https://doi.org/10.1186/1479-7364-5-1-30>
 22. Bocci V, Luzzi E, Corradeschi F, Paulesu L, Rossi R, Cardaioli E, et al. Studies on the biological effects of ozone: 4. cytokine production and glutathione levels in human erythrocytes. *J Biol Regul Homeost Agents.* 1993;7:133-8.
 23. Richmond VL. Incorporation of methylsulfonylmethane sulfur into guinea pig serum proteins. *Life Sci.* 1986;39:263-8. [https://doi.org/10.1016/0024-3205\(86\)90540-0](https://doi.org/10.1016/0024-3205(86)90540-0)
 24. Wei H, Zhao X, Xia M, Tan C, Gao J, Htoo JK, et al. Different dietary methionine to lysine ratios in the lactation diet: effects on the performance of sows and their offspring and methionine metabolism in lactating sows. *J Anim Sci Biotechnol.* 2019;10:76. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0373-2>
 25. Klaver J, van Kempen GJM, de Lange PGB, Verstegen MWA, Boer H, et al. Milk composition and daily yield of different milk components as affected by sow condition and lactation/feeding regimen. *J Anim Sci.* 1981;52:1091-7. <https://doi.org/10.2527/jas1981.5251091x>
 26. Dourmad JY, Etienne M, Prunier A, Noblet J. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: a review. *Livest Prod Sci.* 1994;40:87-97. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(94)90039-6)