

ANIMAL

Effects of fermented soybean meal supplementation on the growth performance in sows and piglets

Seok Han Ra¹, Hyoung Churl Bae², Myoung Soo Nam^{2*}

¹Chungmi-Bio Company, Ansong 17528, Korea

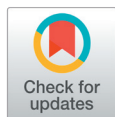
²Department of Animal Bio-system Science, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: namssoo@cnu.ac.kr

Abstract

This study sought to evaluate the effects of fermented soybean meal (FSBM) prepared by inoculating *Bacillus coagulans* NRR1207 and a Kefir starter on sows and Holstein cow's. FSBM has high nutritional value due to the hydrolysis of anti-nutritional factors such as trypsin inhibitors, hemagglutinin, raffinose and stachyose. In particular, it is widely used as a type of livestock feed due to its high protein content. The composition of FSBM is as follows: crude protein 55.15%, crude fat 2.12% and 0.2% KOH solubility 83.17%, it was higher than soybean meal (SBM). In particular, anti-nutritional factors such as trypsin inhibitor, raffinose and stachyose of FSBM were significantly reduced compared to the SBM. The number of lactic acid bacteria, including *B. coagulans* NRR1207, is 8.63×10^7 CFU·g⁻¹, yeast is 1.1×10^6 CFU·g⁻¹. Offspring numbers, the initial sucking number, sucking days, and weaned numbers of sows fed with FSBM all showed higher values compared to the control group. The average body weight and backfat thickness of sows fed with FSBM increased than those fed with SBM. The weight body of piglets fed with FSBM increased by 1.4 kg compared to the control group. The feed conversion ratio of piglets fed with FSBM was reduced by 10.69% compared to the control group. The results of this study indicate that FSBM can provide beneficial effects with regard to the feeding characteristics of sows and piglets.

Keywords: *Bacillus coagulans* NRR1207, fermented soybean meal, Kefir starter, piglets, sows



OPEN ACCESS

Citation: Ra SH, Bae HC, Nam MS. Effects of fermented soybean meal supplementation on the growth performance in sows and piglets. Korean Journal of Agricultural Science 48:807-814. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20210068>

Received: September 15, 2021

Revised: October 25, 2021

Accepted: November 01, 2021

Copyright: © 2021 Korean Journal of Agricultural Science



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.

Introduction

대두박(Soybean meal)은 가장 일반적으로 사용되는 단백질급원으로 돼지 사료의 공급원이지만 항영양인자 요인으로 인해 고품질의 단백질 공급원인 대두박에 최소한의 항영양인자가 포함되는 것이 중요하다. 대두박은 소화흡수를 방해하는 항영양인자와 항원성 단백질 소화, 흡수 및 영양소 활용(Holm et al., 1992; Hong et al., 2004) 등의 문제로 사용에 제한이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 발효대두박(fermented soybean meal, FSBM)을 이용하면 항원성 단백질(glycinin 및 β -conglycin)이 분해되고 protease 억제제 *Bacillus subtilis*에 의

한 돼지의 소화 효소 활성(Feng et al., 2007)에 많은 도움을 준다. 대두의 발효는 또한 단백질을 분해하고 탄수화물을 저분자화 및 수용성 화합물로 변환하여 영양소 소화를 촉진하고 새끼 돼지의 경우 발효 제품에 존재하는 일부 미생물에 의해 돼지에서 설사를 일으키는 병원체의 장내 집락(Kiers et al., 2003)을 감소시키므로 설사 감소에 매우 중요한 역할을 한다. 발효대두박은 대체 단백질 공급원(Jones et al., 2010) 및 실험적 MEPRO (Brookings, Prairie AquaTech, SD, USA) 에서와 같이 기존 대두박(soybean meal, SBM)보다 아미노산의 소화율이 물고기에게 급여했을 때 더 낮은 수준의 항영양 인자와 더 높은 수준의 아미노산의 소화율을 나타냈다(Sindelar, 2014). FSBM 생산은 *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus oryzae* 및 *Neurospora crassa* (Wang et al., 2016; Zhang et al., 2018; Li et al., 2019)을 포함하는 미생물과 곰팡이에 의해 가능하다. Zhang 등(2018)은 92.36%의 glycinin과 88.44%의 SBM에서 β -conglycinin이 제거되었고, trichloroacetic acid 가용성 단백질의 양이 24시간 동안 *B. subtilis* BS12를 사용한 SBM의 고체 발효 후 4.6배 증가했다고 보고하였다. 또한 48시간 동안 *Bacillus amyloliquefaciens*를 사용한 SBM의 고체 발효가 대두 고분자 단백질을 25 kDa 미만으로 분해하였고, raffinose와 stachyose를 완전히 분해하였다고 보고하였다(Medeiros et al., 2018). 대두박은 젓을 생산하는 유우도 가장 일반적이고 널리 이용되는 단백질 공급원으로 대두박은 반추위분해성 단백질(rumen degradable protein), 상대적으로 균형 잡힌 아미노산 프로필과 cellulose와 pectin의 높은 소화율을 가지고 있다(Kwon et al., 2011; Imran et al., 2018). 젓소는 건물 섭취, 우유 생산, 방목하는 홀스타인 젓소의 목초 사일리지에 대한 무제한 급여로 우유 단백질 농도 증가를 위해 SBM 보충이 필요하다(Rego et al., 2008). 그러나 SBM은 낮은 수준의 반추위 분해성 단백질, 낮은 Methionine 대 Lysine의 비율 및 여러 항영양인자 존재(예: trypsin inhibitor, hemagglutinin, raffinose 및 stachyose) (Yoo et al., 2009; Zhang et al., 2013; Imran et al., 2018) 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 단점들은 미생물 대사 또는 미생물 효소 활성(Chatterjee et al., 2018)과 같은 발효를 통해 SBM의 품질을 향상시킴으로써 효과적으로 이용 될 수 있다. 선행연구에서 대두박을 미생물 발효(Feng et al., 2007; Wang et al., 2021)를 통해 영양인자가 제거되거나 감소될 수 있음을 밝혔고, *Bacillus coagulans*는 유산균의 성질을 가지고 있는 미생물로 식품산업에 널리 이용되고 있는데 1915년 Hammer에 의해 처음 분리되고 명명되었다(Hammer, 1915). 특히, probiotic으로 유우, 육우, 양돈, 가금 등 가축 분야에 응용되고 있다(Ra et al., 2018). 또한 Kefir를 이용한 발효대두박의 이화학적 변화에서 난소화성분인 stachyose와 raffinose의 저감, 단백질 분해, 항산화 효과, 항염증 효과가 있음을 보고하였다(Ra et al., 2021). 본 연구는 대두박을 *Bacillus coagulans* NRR1207과 Kefir 스타터로 발효시킨 각각의 대두박을 혼합하여 모돈에 급여 후 효과를 연구하여 보고하는 바이다.

Materials and Methods

발효대두박 제조

대두박(Chungmi Bio Co., Ansung, Korera) 10 kg을 물 7 L와 혼합하고 100°C에서 30분간 살균처리 후 *Bacillus coagulans* NRR1207 (KACC 92114P) starter (10^8 CFU·mL⁻¹) 3%를 접종하여 40°C에서 72시간 동안 배양하였다. 이후 40°C의 열풍 건조하여 분말화하여 발효대두박을 생산하였다. 또한 대두박 10 kg을 물 7 L와 혼합하고 100°C에서 30분간 살균처리 후 준비한 Kefir starter (Kefir DT, Dupont Danisco, Sassenage, France)를 3%를 접종하여 27°C에서 48시간 배양하였고 온풍건조하여 분말화하였다. *Bacillus coagulans* NRR1207 (KACC 92114P)에 의한 발효대두박과 Kefir에 의한 발효대두박의 조합은 무게 기준 3:2로 혼합하였고 혼합된 시료는 냉장 보관하면서 실험에 이용하였다. 대두박(soybean meal, SBM)과 발효대두박(fermented soybean meal, FSBM) 성분 분석은 Ra 등(2018)과 Ra 등(2021)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

발효대두박의 미생물 분석

시제품의 미생물 분석에서 유산균과 *Bacillus coagulans* NRR1207은 10진 희석법으로 Difco™ MRS broth (Becton, Dickinson and Company, MD, USA)를 사용하여 40°C에서 48시간 배양 후 측정하였고, 효모는 10진 희석법으로 Difco™ Potato Dextrose Agar (Becton, Dickinson and Company, MD, USA)를 사용하여 27°C에서 48시간 배양 후 측정하였다.

공시 동물

모든 40두를 2주 동안 실험 환경에 적응시킨 후 실험을 실시하였다. 대조구와 실험구로 나누고 각 처리구별 품종은 YY (Yorkshire × Yorkshire)를 Table 1과 같이 선정했고, 산차는 2 - 3산, 평균 임신일수는 117일로 구성하였다. 실험대상 모돈의 구성비는 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1. Species of sow, parity, average pregnancy period.

Treatment	Parity	Average pregnancy period (days)
SBM	2 (12%)	116.9 (114 - 120)
	3 (88%)	
FSBM	2 (12%)	116.9 (114 - 118)
	3 (88%)	

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

모돈의 사양 실험

시험 농장은 종돈 분양농장으로 모돈 사양관리가 우수한 농장을 선정하여 실시하였다. 대조구(대두박, SBM) 과 시험구(발효대두박, FSBM)는 사료 대비 0.3% 첨가(사료 1톤당 3 kg 첨가)하였고, 급여기간은 종부 임신기간 82 일령부터 시작하여 분만일인 115일까지, 분만 후 이유 전 25일 동안 총 58일이다. 임신모돈에게 급여한 A사의 사료 성분은 수분 13.07% 이상, 조단백질 14.56% 이상, 조지방 6.24% 이상, 조섬유 4.94% 이상, 조회분 4.94% 이상, 칼슘 0.69% 이상, 인 0.56% 이상으로 두당 1일 3 kg을 급여하였다. 포유모돈에게 급여한 사료의 성분은 수분 12.70% 이상, 조단백질 19.84% 이상, 조지방 7.73% 이상, 조섬유 2.43% 이상, 조회분 5.32% 이상, 칼슘 0.85% 이상, 인 0.63% 이상으로 구성된 A사 사료를 두당 1일 7 kg을 급여하였다. 실험 평가항목은 총산, 포유 개시두수, 포유일수, 이유두수, 모돈의 등지방 두께 및 체중 변화를 조사하였다. 등지방 두께 측정은 마지막 늑골을 따라 등쪽으로 올라와서 정중앙 지점으로부터 오른쪽으로 8 cm 떨어진 위치에서 측정하였다. 측정기는 초음파 측정기(Agroscan A16, Angouleme, France)로 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

자돈의 사양실험

이유한 25일령의 자돈을 대조구(대두박, SBM) 15두, 시험구(발효대두박, FSBM) 15두로 구성하였으며, 사료 대비 0.3% 첨가(사료 1톤당 3 kg 첨가)하여 급여하였고, 32일간 실험을 실시하였다. 측정 항목은 개시 체중, 종료체중, 일당 체중량, 사료 섭취량이고 사료요구율을 계산하였다. 자돈에게 급여한 사료의 성분은 수분 12.70% 이상, 조단백질 19.84% 이상, 조지방 7.73% 이상, 조섬유 2.43% 이상, 조회분 5.32% 이상, 칼슘 0.85% 이상, 인 0.63% 이상으로 구성된 A사 사료를 두당 1일 7 kg을 급여하였다.

통계 처리

본 실험결과는 평균값과 표준편차로 나타냈고, 각 처리구별 평균값 간의 유의성 검정은 SAS ver 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 Student's t-test로 분석하였다($p < 0.05$).

Results and Discussion

시료의 생균수

발효대두박의 미생물 분포는 Table 2에 나타난 바와 같이 *Bacillus coagulans* NRR1207을 포함하여 lactic acid bacteria는 8.63×10^7 CFU·g⁻¹, Yeast는 1.1×10^6 CFU·g⁻¹으로 나타났다. 이는 발효대두박 starter로 사용한 *Bacillus coagulans* NRR1207와 Kefir (lactic acid bacteria + yeast)는 대두박에서 정상적으로 성장하였음을 뜻한다. 한편 Ding 등(2020)은 이유 후 자돈의 분변미생물군총에 미치는 영향으로 대조구(대두박)에 비해 발효대두박 급여가 *Lactobacillus* 속은 증가하였고 *E. coli*은 감소하였다고 보고하였다. 이는 발효대두박 급여가 유익균을 증가시키고 유해균은 감소시켜 가축의 건강 증진에 크게 기여함을 뜻한다.

Table 2. Viable cell counts of soybean and fermented soybean meal.

Bacteria (CFU·g ⁻¹)	SBM	FSBM
Lactic acid bacteria (including <i>Bacillus coagulans</i> NRR1207)	-	8.63×10^7
Yeast	-	1.1×10^6

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

발효대두박의 조성분

발효대두박의 조성분은 Table 3과 같다. 대조구(대두박)와 발효대두박의 성분은 큰 차이를 보였는데, 특히 조단백질과 유기산, 난소화성분의 차이가 크게 나타났다. 발효대두박의 조단백질은 대조구에 비해 10.48% 증가되었고, citric acid는 약 3배, lactic acid는 약 54배, acetic acid는 약 7배 정도 높았으며, trypsin inhibitor는 1/10, 가축의 설사와 복통을 유발하는 oligosaccharide인 raffinose는 50%, stachyose는 35% 정도 감소하였다. Li 등(2020)은 조단백질이 대조구는 46.64%, 발효대두박은 53.74%로 발효대두박의 조단백질이 7.10% 증가하였다고 보고하였는데, 이는 본 실험의 결과와 매우 유사한 결과이다. 또한 Yuan 등(2017)은 *Bacillus subtilis*, *Hansenula anomala*, *Lactobacillus casei* 3종류의 미생물을 이용하여 발효대두박을 제조하였고, trypsin inhibitor의 감소를 측정된 결과 대조구에 비해 발효대두박이 약 3배 정도 감소되었다고 보고하였는데, 이는 본 실험의 10배 정도 감소와는 많은 차이가 있지만 감소되는 동일한 결과를 보여주었다. 따라서 발효대두박은 대조구에 비해 가축의 사료 가치가 현저히 높아졌음을 알 수 있었다.

모돈의 사양 실험

모돈의 총산, 포유개시두수, 포유일수, 이유두수

모돈의 총산, 포유개시두수, 포유일수, 이유두수는 Table 4에 나타난 바와 같다. 대조구(SBM)와 시험구(FSBM)로 나누어 실시한 결과는 유의적인 차이가 있었다. 모돈의 자돈 포유개시두수는 대조구는 15두, 시험구는 14두, 이유시점까지 생존율은 대조구 12두로 83.60%로 나타났으며, 시험구는 11.82두로 84.06%로 나타나 시험구가 대조구에 비해 이유 시점까지 생존한 자돈의 비율이 평균 1.11% 높았다. 자돈의 포유 기간 동안 설사 증상으로 치사율

이 높으면 양돈 농가에 경제적으로 큰 손해를 끼치므로 치사율을 낮추는 것이 매우 중요하다. 한편 Bac 등(2008)의 보고에 따르면 *Enterococcus faecium* KHM-11를 이용한 요구르트 급여가 자돈의 설사 증상을 현저히 감소시켰는데, 대조구는 16.6%로 나타났으나 요구르트 0.5% 급여구는 설사증상 자돈은 없었다. 이와 같이 발효대두박 또는 발효유 섭취는 자돈의 설사 방지에 큰 효과를 나타내는 것은 분명하므로 양돈 농가에 경제적으로 큰 이익을 줄 수 있다고 사료된다.

Table 3. Composition of soybean meal and fermented soybean meal (dry matter).

Composition	SBM	FSBM
Water (%)	11.22	5.70
Crude protein (%)	44.67	55.15
0.2% KOH solubility (%)	67.15	83.17
Crude fat (%)	1.87	2.12
NDF (%)	11.58	10.63
ADF (%)	5.94	5.41
Citric acid (mg·g ⁻¹)	28.64	9.25
Lactic acid (mg·g ⁻¹)	0.08	4.88
Acetic acid (mg·g ⁻¹)	1.78	12.94
Trypsin inhibitor (mg·g ⁻¹)	8.91	0.79
Raffinose (mg·g ⁻¹)	4.35	2.19
Stachyose (mg·g ⁻¹)	12.77	8.43

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber.

Table 4. Total offspring number, initial sucking number, sucking day and weaned number on feeding initial suckled and after weaned sow's by SBM and FSBM.

Treatment	Offspring num.	Initial suckled num.	Sucked days	Weaned num.	Survivability (%)
SBM	17.71 ± 2.91a	15.06 ± 1.82a	25.41 ± 1.91a	12.59 ± 1.42ac	83.60
FSBM	15.82 ± 3.34a	14.06 ± 3.38a	25.29 ± 1.72a	11.82 ± 1.91ab	84.06

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a - c: Means in a column by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by t-test.

모돈의 입식과 모돈의 자돈 이유 후 체중과 등지방 변화

모돈은 다산성의 자돈을 출산하는데 많은 수의 자돈을 포유하기 위해 14개 이상의 유두와 충분한 유량을 공급하는 것이 필수적이다. 따라서 그만큼의 체력 손실이 크기 때문에 생존 산자수와 이유 두수의 감소를 방지하고 높은 생산성을 유지하기 위해서는 충분한 영양 공급이 필수적이다. 또한 이유 후 체력 회복 속도와 임신에 위한 재귀발정이 정상적으로 일어나도록 세심한 사양관리가 필요하다. 모돈의 자돈 포유와 이유 시점까지의 체중 변화는 Table 5에 나타난 바와 같이 유의적인 차이가 있었다. 대조구의 출산 직후 체중은 283.94 kg이었고, 시험구는 296.06 kg이었는데, 모돈의 자돈 이유 후 대조구는 245.35 kg이었고, 시험구는 261.05 kg으로 대조구보다 약 16 kg이 더 무거웠다. 이러한 결과는 대조구 평균 체중 감소는 14.32%로 시험구의 감소율 2.5%보다 11.82%가 더 감소된 것으로 나타나 시험구(발효대두박 섭취구)가 체중 감소를 억제했음을 알 수 있었다. 모돈의 재귀발정에 중요한 영향을 미치는 것은 등지방 두께로 Table 6에 나타난 바와 같이 유의적인 차이가 있었다. 대조구의 이유 시점 이후 평균 두께는 14 mm로 시험구 15.48 mm에 비해 1.48 mm가 더 얇았다. 포유 개시 시점의 대조구의 평균 등지방 두께 감소율은 32.24%로 시험구 17.48%에 비해 14.76%가 더 감소되었다. 이는 발효대두박을 섭취한 시험구가 등지방 두께가 더 두꺼웠는데 이는 발효대두박을 섭취한 시험구가 정상적으로 재귀발정이 일어나는데 큰 도움을 준

다는 것을 의미한다. 즉 발효대두박 섭취로 인하여 모돈의 건강 상태가 매우 양호하므로 모돈 양돈가에 경제적으로 큰 이익을 줄 수 있을 것이다. Wang 등(2018)은 발효옥수수수와 발효대두박을 혼합하여 급여한 모돈은 등지방 손실이 대조구에 비해 감소했고, 출산에서 이유시기까지 유량 증가, IgA 증가, 이유 간격 단축, 발정 촉진 및 설사 예방에 큰 효과가 있다고 보고하였다. 따라서 발효대두박 또는 발효유 섭취가 가축의 체중 증가에 크게 기여하는 것으로 밝혀졌다. 이는 본 실험에서 발효대두박 섭취 모돈의 등지방 두께가 대조구에 비해 더 두껍다는 것과 같은 경향을 나타내는 것으로 사료된다.

Table 5. Changes of average body weight on feeding initial sucked and after weaned sow's by SBM and FSBM.

Treatment	Initial sucking (kg) (A)	Weaned (kg) (B)	Difference (C = A - B)	D = C/A × 100 (%)
SBM	283.94 ± 19.49b	245.35 ± 24.29ac	38.59	13.59
FSBM	296.06 ± 12.85a	261.06 ± 13.49b	35.00	11.82

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a - c: Means in a column by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by t-test.

Table 6. Changes of average backfat thickness on feeding initial sucked and weaned sow's by SBM and FSBM.

Treatment	Initial sucking (mm) (A)	Weaned (mm) (B)	Difference (C = A - B)	D = C/A × 100 (%)
SBM	22.61 ± 2.90b	14.53 ± 3.77ab	8.08	35.73
FSBM	18.76 ± 1.92a	15.48 ± 2.70a	3.28	17.48

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a, b: Means in a column by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by t-test.

자돈의 사양실험

자돈의 사양실험은 Table 7에 제시한 바와 같다. 대조구의 개시체중은 10.7 kg, 종료체중은 26.3 kg으로 15.7 kg 증가하였고, 시험구의 개시체중은 10.8 kg, 종료체중은 27.7 kg으로 16.9 kg 증가하였는데 이는 대조구보다 1.4 kg 증가하였다. 일일증체량은 대조구가 487.5 g, 시험구는 528.1 g으로 대조구보다 증체량 8.33% 증가하였고, 사료섭취량은 시험구가 대조구에 비해 3.39% 낮았고, 사료요구량 역시 시험구가 대조구에 비해 10.69%로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 발효대두박을 섭취한 자돈이 대두박을 섭취한 자돈보다 경제적으로 이익이 더 크다는 것을 말한다. Yuan 등(2017)은 자돈의 포유기간(7 - 28일) 동안 설사 증상은 대조구는 4.64%로 나타났으나 발효대두박 섭취구는 2.32%로 2배 감소하였다. 또한 치사율은 대조구는 15%로 나타났으나 발효대두박은 7.5%로 2배 감소하였다고 보고하였다. Ding 등(2020)은 이유 후 자돈의 체중 증가는 6주 후 대조구는 28.26 kg인데 비해 발효대두박 섭취구는 30.29 kg으로 2 kg 이상 증가하였다고 보고하였다. 한편 Bae 등(2008)의 보고에 따르면 *Enterococcus faecium* KHM-11를 이용한 요구르트를 생후 3주 때 이유한 자돈에게 4주 동안 0.5% 급여 후 체중이 대조구에 비해 증체율이 21.67% 증가한 27.84 kg이었다. 따라서 발효대두박 또는 발효유 섭취가 자돈의 체중 증가에 크게 기여하는 것으로 밝혀졌다.

Table 7. Final body weight, average gain daily body weight, average daily feed intake, and feed conversion ratio of piglets by feeding of SBM and FSBM.

Treatment	SBM (A)	FSBM (B)	Difference (C = B - A)
IBW (kg)	10.7 ± 0.82a	10.8 ± 0.87a	-
FBW (kg)	26.3 ± 0.87a	27.7 ± 0.92a	1.4
AWDG (g)	487 ± 17.62a	528 ± 19.23a	40.6 (8.33%)
ADFI (g)	913 ± 21.64a	882 ± 18.37a	-31 (-3.39%)
FCR	1.87 ± 0.10a	1.67 ± 0.08a	-0.20 (-10.69%)

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal; IBW, initial body weight; FBW, final body weight; ADG, average weight of daily gain; ADFI, average daily feed intake; FCR, feed conversion ratio.

a: Means in a column by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by t-test.

Conclusion

Bacillus coagulans NRR1207과 Kefir starter를 접종하여 제조한 발효대두박을 모돈에 급여 후 사양 특성을 연구한 것이다. 발효대두박은 대두박에 비해 조단백질, 조지방은 증가되었고 trypsin inhibitor는 현저히 감소되었다. 발효대두박은 *B. coagulans* NRR1207을 포함한 유산균 수는 lactic acid bacteria는 8.63×10^7 CFU·g⁻¹, 효모는 1.1×10^6 CFU·g⁻¹이었다 발효대두박을 섭취한 모돈의 총산, 포유개시두수, 포유 일수, 이유 두수는 대두박을 섭취한 것보다 높았다. 발효대두박을 섭취한 모돈의 평균체중과 등지방 두께는 대두박 섭취구에 비해 증가하였다. 자돈의 사양 실험에서 발효대두박 섭취구가 대두박 섭취구에 비해 증체량은 8.33% 증가하였고, 사료요구량은 시험구가 대조구에 비해 10.69%로 낮게 나타났다. 따라서 *B. coagulans* NRR1207를 이용한 발효대두박과 Kefir을 이용하여 제조한 발효대두박 급여는 모돈과 자돈의 사양에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

Conflict of Interests

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

Acknowledgements

본 연구는 중소벤처기업부(과제번호 C0512992) 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Authors Information

Seok Han Ra, Chungmi Bio-Company, Chief of research institute

Hyoung Churl Bae, <http://orcid.org/0000-0003-0781-6611>

Myoung Soo Nam, <http://orcid.org/0000-0003-0866-1041>

References

- Bae HC, Lee JY, Nam MS. 2008. Effect of feeding yoghurt using *Enterococcus faecium* KHM-11 on the growth in piglet. Korean Journal for Food Science and Animal resources 28:204-210. [in Korean]
- Chatterjee C, Gleddie S, Xiao CW. 2018. Soybean bioactive peptides and their functional properties. Nutrients 10:1211. doi: 10.3390/nu10091211
- Ding Z, Chang KH, Kim I. 2020. Effects of fermented soybean meal on growth performance, nutrients digestibility, blood profile and fecal microflora in weaning pigs. Korean Journal of Agricultural Science 47:1-10.
- Feng J, Liu X, Xu ZR, Lu YP, Liu YY. 2007. Effect of fermented soybean meal on intestinal morphology and digestive enzyme activities in weaned piglets. Digestive Disease and Science 52:1845-1850. doi: 10.1007/s10620-006-9705-0
- Hammer BW. 1915. Bacteriological studies on the coagulation of evaporated milk. Iowan Agricultural Experiment Station Research Bull 19:119-131.
- Holm H, Thorsen LI, Hanssen LE. 1992. Raw soybeans stimulate human pancreatic proteinase secretion. Journal of Nutrition 122:1407-1416.
- Hong KJ, Lee CH, Kim SW. 2004. *Aspergillus oryzae* GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybean and soybean meal. Journal of Medicinal Food 7:430-435.

- Imran M, Shahid MQ, Pasha TN, Haque MN. 2018. Effects of replacing soybean meal with corn gluten meal on milk production and nitrogen efficiency in Holstein cows. *South African Journal of Animal Science* 48:590-599. doi: 10.4314/sajas.v48i3.20
- Jones CK, DeRouchey JM, Nelssen JL, Tokach MD, Dritz SS, Goodband RD. 2010. Effects of fermented soybean meal and specialty animal protein sources on nursery pig performance. *Journal of Animal Science* 88:1725e32.
- Kiers JL, Meijer JC, Nout MJR, Rombouts FM, Nabuurs MJA, Van Der Meulen J. 2003. Effect of fermented soya beans on diarrhoea and feed efficiency in weaned piglets. *Journal of Applied Microbiology* 95:545-552.
- Kwon IH, Kim MH, Yun CH, Go JY, Lee CH, Lee HJ, Phipek W, Ha JK. 2011. Effects of fermented soybean meal on immune response of weaned calves with experimentally induced lipopolysaccharide challenge. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 24:957-964.
- Li J, Zhou R, Ren Z, Fan Y, Hu S, Zhuo C, Deng Z. 2019. Improvement of protein quality and degradation of allergen in soybean meal fermented by *Neurospora crassa*. *LWT* 101:220-228.
- Li Y, Guo B, Wu Z, Wang W, Li C, Liu G, Cai H. 2020. Effects of fermented soybean meal supplementation on the growth performance and cecal microbiota community of Broiler Chickens. *Animals* 10:1098. doi: 10.3390/ani10061098
- Medeiros S, Xie J, Dyce PW, Cai HY, De Lange K, Zhang H, Li J. 2018. Isolation of bacteria from fermented food and grass carp intestine and their efficiencies in improving nutrient value of soybean meal in solid state fermentation. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 9:1-10. doi: 10.1186/s40104-018-0245-1
- Ra SH, Renchinkhand G, Kim KY, Bae HC, Nam MS. 2021. Properties of fermented soybean meal by kefir and its biological function. *Korean Journal of Agricultural Science* 48:21-31. [in Korean]
- Ra SH, Renchinkhand G, Park MG, Kim WS, Paik SH, Nam MS. 2018. Hydrolysis of non-digestible components of soybean meal by α -galactosidase from *Bacillus coagulans* NRR1207. *Journal of Life Science* 28:1347-1353. [in Korean]
- Rego OA, Regalo SMM, Rosa HJD, Alves SP, Borba AES, Bessa RJB, Cabrita ARJ, Fonseca AJM. 2008. Effects of grass silage and soybean meal supplementation on milk production and milk fatty acid profiles of grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91:2736-2743.
- Sindelar SC. 2014. Utilization of soybean products as fish-meal protein replacements in yellow perch *Perca flavescens* feeds. M.S. dissertation, South Dakota State Univ., Brookings, SD, USA.
- Wang C, Lin C, Su W, Zhang Y, Wang F, Wang Y, Shi C, Lu Z. 2018. Effects of supplementing sow diets with fermented corn and soybean meal mixed feed during lactation on the performance of sows and progeny. *Journal of Animal Science* 96:206-214. doi: 10.1093/jas/skx019
- Wang L, Zhou H, He R, Xu W, Mai K, He G. 2016. Effects of soybean meal fermentation by *Lactobacillus plantarum* P8 on growth, immune responses, and intestinal morphology in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture* 464:87-94.
- Wang Z, Yu Y, Li X, Xiao H, Zhang P, Shen W, Wan F, He J, Tang S, Tan Z, et al. 2021. Fermented soybean meal replacement in the diet of lactating Holstein dairy cows: Modulated rumen fermentation and ruminal microflora. *Frontiers in Microbiology* 12:58. doi: 10.3389/fmicb.2021.625857
- Yoo JS, Jang HD, Cho JH, Lee JH, Kim IH. 2009. Effects of fermented soy protein on nitrogen balance and apparent fecal and ileal digestibility in weaned pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 22:1167-1173. doi: 10.5713/ajas.2009.80274
- Yuan L, Chang J, Yin Q, Lu M, Di Y, Wang P, Wang Z, Wang E, Lu F. 2017. Fermented soybean meal improves the growth performance, nutrient digestibility, and microbial flora in piglets. *Animal Nutrition* 3:19-42.
- Zhang HY, Yi JQ, Piao XS, Li PF, Zeng ZK, Wang D, Liu L, Wang GQ, Han X. 2013. The metabolizable energy value, standardized ileal digestibility of amino acids in soybean meal, soy protein concentrate and fermented soybean meal, and the application of these products in early-weaned piglets. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 26:691-699. doi: 10.5713/ajas.2012.12429
- Zhang Y, Shi C, Wang C, Lu Z, Wang F, Feng J, Wang Y. 2018. Effect of soybean meal fermented with *Bacillus subtilis* BS12 on growth performance and small intestinal immune status of piglets. *Food and Agricultural Immunology* 29:133-146.