

ANIMAL

Effects of soybean meal fermented by *Bacillus coagulans* NRR1207 and kefir on the feeding characteristics of weaned HANWOO calves and Holstein cows

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

¹Chungmi-Bio Company, Ansong 17528, Korea

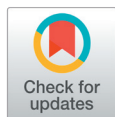
²Department of Animal Bio-system Science, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: namssoo@cnu.ac.kr

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of dietary soybean meal (SBM) and fermented soybean meal (FSBM) on the growth performance of Korean native cattle as Hanwoo calves (*Bos taurus coreanae*) and Holstein cows. In total, 16 calves three to four months old (Control group, SBM: 5 males and 3 females, average weight 105.7 kg; Experimental group, FSBM: 5 males and 3 females, average weight 103.7 kg) were fed 5% of the feed amount for 53 days. In terms of growth performance outcomes, the average gain body weight was significantly higher in the FSBM group than in the SBM group in the final fattening period. The average daily gain in body weight (ADGBW) for the FSBM group was higher than that of the SBM group in the final fattening period. The average gain body weight in four months for FSBM was higher than that at three months in the final fattening period. Diarrhea incidence for FSBM was significantly decreased compared to that in the SBM group in the six-week period after weaning. These results indicate that dietary FSBM can improve the growth rate and health condition during the calving period. Holstein cows fed fermented soybean meal had higher milk urea nitrogen levels and decreased somatic cell counts compared to those fed SBM. These results may be closely related with the increased average daily gain body weight associated with dietary FSBM.

Key words: daily gain body weight, diarrhea incidence, fermented soybean meal, gain body weight



OPEN ACCESS

Citation: Ra SH, Bae HC, Nam MS. Effects of soybean meal fermented by *Bacillus coagulans* NRR1207 and kefir on the feeding characteristics of weaned HANWOO calves and Holstein cows. Korean Journal of Agricultural Science 49:93-102. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20220006>

Received: January 24, 2022

Revised: February 21, 2022

Accepted: February 23, 2022

Copyright: © 2022 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

한우는 우리나라 전통 가축으로 예로부터 일소로 농경문화와 역사를 함께한 매우 유용한 가축이다. 산업화 사회로 전환되면서 농업의 기계화로 더 이상 한우를 이용한 노동력은 불필요하게 되었고, 식육을 공급하는 소로 개발되어 현재는 한국 사람들이 가장 좋아하는 먹거리로 크게 사랑을 받고 있다. 축산물 유통 보고(KAPE, 2019)에 따르면 연간 사육 두수는

3,112,000두, 출하 두수는 861,782두, 한우 소비량은 1인당 11.6 kg으로 매년 증가하고 있다. 송아지는 약 40일간의 포유기를 지나 이유 후에 충분한 영양 공급 여부가 생산성에 밀접한 영향을 미친다. 송아지의 이유는 여러가지 스트레스 중 가장 큰 원인으로 이유 이후의 송아지 건강 및 성장에 영향을 미치는 요인으로 면역 기능의 약화(Blecha et al., 1984; Sevi et al., 2001)와 관련이 있는 것으로 알려졌고 질병 감수성 증가, 사료 섭취 감소, 성장 장애(Shan et al., 2007) 등의 현상이 나타난다.

대두박(soybean meal, SBM)은 가축에게 가장 많이 사용되는 단백질 공급원으로 우수한 amino acid를 함유하고 있어 가축 사료로 최적이며(Min et al., 2009), 식물성 단백질을 보충하여 균형 잡힌 필수 amino acid으로 조합을 하면 기호성이 좋다(Awawdeh et al., 2007; Mjoun et al., 2010). 그러나 어린 가축에게 다양한 항영양제 요인(anti nutrition factor)이 있어서 사료에 적용하는데 한계가 있다(Li et al., 1990; Jiang et al., 2000; Yoo et al., 2009). 유용미생물을 이용한 발효대두박(fermented soybean meal, FSBM)은 항영양인자를 감소시켜 제품의 소화율 향상과 영양적 측면에서 품질을 향상시킨다(Feng et al., 2007; Fujiwara et al., 2008). 나아가 발효 과정을 통해 비타민과 같은 필수 영양소도 생성된다(Lee, 1998). 이유 후 홀스타인 송아지의 면역 생리학적 및 스트레스 관련 매개변수에 대한 발효 대두박이 성장에 효과가 있으며, 대장균에 감염된 새끼 돼지의 설사 발생 빈도를 감소시킨다(Kiers et al., 2003; Feng et al., 2007). 따라서 FSBM은 젖을 떼는 송아지의 건강과 성장 능력을 향상시키고 이유 스트레스 반응에 영향을 미친다. FSBM의 펩타이드는 가축의 면역글로블린(Wang et al., 2003; Feng et al., 2007), 송아지에서 혈청 단백질의 증가를 통한 면역 반응의 향상이 보고되었다(Wolfswinkel, 2009; Kim et al., 2010). 대표적인 스트레스 호르몬인 Cortisol은 스트레스에 반응하여 높은 수준으로 분비되는 것으로 환경적 스트레스와 대사적 스트레스 변화와 관련이 있다. 대두박은 착유우에도 가장 널리 이용되는 단백질 공급원이며 반추위분해성 단백질(rumen degradable protein)으로서 상대적으로 균형 잡힌 아미노산 프로필과 cellulose와 pectin의 높은 소화율을 가지고 있다(Kwon et al., 2011; Imran et al., 2018). 젖소는 건물 섭취, 우유 생산, 방목하는 홀스타인 젖소의 목초 사일리지에 대한 무제한 급여로 우유 단백질 함량 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. 본 연구는 대두박을 유산균의 특성을 가진 *Bacillus coagulans* NRR1207와 Kefir starter를 이용하여 FSBM을 제조하였고, 이유 후 한우 송아지에게 급여하여 증체율과 설사 증상을 조사하여 보고하는 바이다.

Materials and Methods

발효대두박 제조

시제품 제조는 Ra 등(2021)의 방법에 따랐다. 즉 10% 탈지분유에 케피어 스타터 3%를 접종하여 발효시킨 케피어 분말과 *Bacillus coagulans* NRR1207 스타터 3%를 접종하여 발효시킨 대두박을 건조 후 2 : 3으로 혼합하여 제조하였다. 케피어 제조는 27°C에서 2일, 대두박 발효는 40°C에서 3일 동안 배양하여 40°C의 건풍 조건으로 건조 후 제품을 생산하였다.

한우 송아지 사양 시험

시험 두수는 송아지 16두(암송아지 8두, 수송아지 8두)로 생후 3개월령 8두, 생후 4개월령 8두로 구성하였고 대조구(SBM)와 시험구(FSBM)를 각각 8두로 구성하였다. 사료 급여는 농후사료, 조사료(티모시, 알팔파 큐브), 미네랄 블록을 급여하였다. 기존 사양관리 관행에 따라 발효 처리한 단미사료를 어린 송아지 사료 급여량의 5 - 30% 급여하였다. 대조구는 어린 송아지 사료 + 대두박 5% 급여, 시험구는 어린송아지 사료 + 발효 대두박 5% 급여를 하였고 사양실험 기간은 53일 실시하였다.

실험 평가항목

이유 종료 후 체중, 시험 종료 후 체중, 증체 체중, 일일 증체 체중, 설사 여부를 측정하였다.

착유우의 사양 실험

착유우의 시험농장은 사양관리가 우수한 농장을 선택하였고 Holstein-Friesian 경산우를 대조구 25두, 시험구 25두로 구성하여 30일 동안 급여하였다. 대조구(대두박 급여)와 시험구(발효대두박 급여)는 1일 두당 300 g을 사료에 첨가하여 급여하였다. 우유의 지방(%), 단백질(%), 무지고형분(%), milk urea nitrogen (MUN, mg·dL⁻¹), 체세포수는 MilkoScan™ FT+ (FOSS, Hilleroed, Denmark)으로 측정하였다.

통계분석

모든 실험 결과는 평균 ± 표준편차로 표시하였고 실험 결과의 유의성을 검정하기 위하여 student's t-test를 이용하였으며 통계분석은 SAS program (Ver. 9.40, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 처리하였다.

Results and Discussion

발효대두박의 생균수와 조성분

Kefir starter와 *Bacillus coagulans* NRR1207 starter를 이용하여 생산한 FSBM의 미생물 분포는 Ra 등(2021)이 보고한 바와 같다. 즉 Lactic acid bacteria는 1.5×10^7 CFU·g⁻¹, *Bacillus coagulans* NRR1207는 1.3×10^6 CFU·g⁻¹, Yeast는 1.1×10^6 CFU·g⁻¹이었다. 이는 발효대두박 starter로 사용한 *Bacillus coagulans* NRR1207과 Kefir (lactic acid bacteria + yeast)는 대두박에서 정상적으로 성장하였음을 뜻한다. SBM과 FSBM의 조성분은 Ra 등(2021)이 보고한 바와 같다. 즉 SBM과 FSBM의 성분 차이는 큰데, 특히 유기산과 난소화성분의 차이가 많았다. 시제품이 대조구에 비해 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 감소되었다. 따라서 유용미생물을 이용한 SBM의 발효는 양호하게 이루어졌고 FSBM은 SBM에 비해 가축의 사료 가치가 높아졌음을 알 수 있었다.

대두박과 발효대두박 급여에 따른 체중 변화

Table 1은 생후 3 - 4개월된 한우 송아지의 시험 개시와 종료 후 체중과 증체 무게를 나타낸 것이다. SBM과 FSBM 섭취의 평균 개시체중은 각각 105.75 kg과 103.70 kg이고, 종료 후 체중은 각각 159.55 kg과 163.70 kg이었다. 따라서 FSBM을 섭취한 송아지가 SBM 급여구에 비해 체중이 증가된 것을 알 수 있었다. 또한 SBM과 FSBM의 증가된 평균 체중은 각각 53.8 kg과 60.0 kg이다. 또한 1일 두당 증가된 평균 체중은 각각 1.02 kg과 1.13 kg으로 FSBM을 섭취한 송아지가 SBM 급여구에 비해 1일 두당 평균 체중이 증가된 것을 알 수 있었다. 이상의 결과를 보면 FSBM을 섭취한 송아지의 증체에 효과가 있는 것을 알 수 있다. 한편 Kim 등(2012a)은 두부 비지를 한우에 25, 35% 급여한 경우는 급여하지 않은 한우에 비해 급여 양에 의존적으로 체중이 증가되었고 1일 증체량도 급여양에 의존적으로 증가된 것으로 보고하였다. Park 등(2001)은 맥주박 발효사료 및 대두박 급여가 한우 거세우의 육성성적 보고에서 맥주박 발효사료 급여구가 체중 증가와 1일 증체량 모두 가장 높았다.

Table 1. Effects of dietary fermented soybean meal on initial body weight, final body weight, total gain body weight, daily gain body weight in HANWOO calves. (Unit: kg)

Number	Sex	Months	Starting body weight	Finishing body weight	Increasing body weight	Increasing body weight·day ⁻¹
SBM						
1	M	4	115.0	165.8	50.8	0.96
2	M	3	99.0	155.8	56.8	1.07
3	M	4	110.0	161.0	51.0	0.96
4	M	3	100.0	156.6	56.6	1.07
5	M	4	110.0	160.0	50.0	0.94
6	F	4	113.0	165.0	52.0	0.98
7	F	3	101.0	158.6	57.6	1.09
8	F	3	98.0	153.6	55.6	1.09
Average			105.75 ± 6.92a	159.55 ± 4.31b	53.8 ± 3.14b	1.02 ± 0.07b
FSBM						
1	M	3	91.0	155.0	64.0	1.21
2	M	3	92.0	154.0	62.0	1.17
3	M	4	111.0	167.0	56.0	1.06
4	M	3	112.0	167.0	55.0	1.04
5	M	4	123.0	181.0	58.0	1.09
6	F	4	95.0	160.0	65.0	1.23
7	F	4	93.0	157.0	64.0	1.21
8	F	3	113.0	169.0	56.0	1.06
Average			103.7 ± 12.36a	163.7 ± 9.08a	60 ± 4.17a	1.13 ± 0.08a

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a, b: Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

SBM과 FSBM 급여에 따른 증체율

Table 2는 FSBM을 섭취한 한우 송아지의 체중 증가의 변화를 나타낸 것이다. SBM 급여구의 증체 무게는 53.8 ± 3.14 kg, FSBM 급여구의 증체 무게는 60.00 ± 4.17로 SBM 급여구에 비해 FSBM 급여구가 유의성이 있게 6.2 kg이 증체된 것으로 나타났다. 증체율로 보면 SBM 급여구에 비해 FSBM 급여구가 11.5% 증체된 것으로 나타났다. 따라서 FSBM 급여가 한우 송아지의 증체에 매우 효과적인 것을 알 수 있었다.

Table 2. Effects of dietary fermented soybean meal on average body weight in HANWOO calves.

Item	Average initial body weight (kg)	Average final body weight (kg)	Average daily gain body weight (kg)
SBM (A)	105.75 ± 6.92a	159.55 ± 4.31a	53.80 ± 3.14b
FSBM (B)	103.7 ± 12.36a	163.75 ± 9.08a	60.00 ± 4.17a
C = B - A	-2.0	4.2	6.2
D = C/A × 100 (%)	-1.9	2.6	11.5

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a, b: Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

SBM과 FSBM 급여에 따른 최저증체와 최고증체

Table 3은 SBM과 FSBM을 섭취한 한우 송아지의 최저 체중과 최고 체중의 증가 변화를 나타낸 것이다. SBM 급여구의 최저 증체 무게는 50 kg이고 FSBM 급여구의 최저 증체 무게는 55 kg으로 5 kg의 차이가 있었지만, 최고 증체 무게는 각각 57.6 kg과 65.0 kg으로 7.4 kg의 차이가 나타났다. SBM과 FSBM을 섭취한 한우 송아지의 증체율로 보면 최저 증체율은 10.00%로 나타났고, 최고 증체율은 12.84%로 나타났다. 또한 SBM을 섭취한 한우 송아지의 최저와 최고 증체율은 15.2%로 나타났고, FSBM을 섭취한 한우 송아지의 최저와 최고 증체율은 18.18%로 나타나 FSBM을 섭취한 한우 송아지의 최저와 최고 증체율은 모두 SBM을 섭취한 것에 비해 높았다. 이러한 결과는 FSBM 섭취가 한우 송아지의 최저 및 최고 증체율에도 유의적으로 효과가 있음을 말해준다.

Table 3. Effects of dietary fermented soybean meal on minimum and maximum body weight in HANWOO calves.

Item	Minimum increasing body (kg)	Maximum increasing body (kg)
SBM (A)	50.00	57.60
FSBM (B)	55.00	65.00
C = B - A	5.00	7.40
D = C/A × 100 (%)	10.00	12.84

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

SBM과 FSBM 급여에 따른 1일 증체율

Table 4는 SBM과 FSBM을 섭취한 한우 송아지의 1일 두당 증체율을 나타낸 것이다. SBM 섭취구의 1일 두당 증체는 1.02 ± 0.07 kg이었고, FSBM 섭취구는 1.13 ± 0.08 kg으로 FSBM 섭취구가 SBM 섭취구에 비해 0.11 kg 더 증체되었고 증체율은 10.78 % 더 높았다. 따라서 FSBM 섭취구가 1일 증체율에 큰 영향을 미친 것을 알 수 있었다. Jeong 등(2016)은 total mixed ration (TMR) 사료에 한국 쌀막걸리 주정박을 10% 혼합하여 급여한 한우 거세우가 급여하지 않은 처리구와 15% 급여구에 비해 가장 높게 증체되었다고 보고하였다.

SBM과 FSBM 급여에 따른 성별 증체율

Table 5는 SBM과 FSBM을 섭취한 한우 송아지의 1일 두당 성별 증체율을 나타낸 것이다. 수컷 송아지의 SBM 섭취구는 0.56 ± 0.06 kg이었으나 FSBM 섭취구는 1.17 ± 0.09 kg으로 108.92% 증체율을 나타낸 반면, 암컷 송아지의 SBM 섭취구는 1.00 ± 0.06 kg이었고 FSBM 섭취구는 1.11 ± 0.09 kg으로 11.00%의 증체율에 머물렀다. 이러한 결과는 수컷이 암컷에 비해 증체율이 유의적으로 높다는 것을 알 수 있었다. 이는 수컷은 유전적으로 골격이 커서 뼈의 무게가 암컷에 비해 높고 웅성호르몬(testosterone)이 근육생성에 도움을 주어 근섬유가 암컷에 비해 강하기 때문이다.

Table 4. Comparison of average gain daily body weight (ADGBW) on feeding HANWOO calves by SBM and FSBM.

Item	SBM (A)	FSBM (B)	C = B - A	D = C/A × 100 (%)
ADGBW · kg ⁻¹	1.02 ± 0.07b	1.13 ± 0.08a	0.11	10.78

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a, b: Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).**Table 5.** Sexual comparison of average gain body weight (AGBW) on feeding HANWOO calves by SBM and FSBM.

Item	Female (kg)	Male (kg)
SBM (A)	0.56 ± 0.06b	1.00 ± 0.06b
FSBM (B)	1.17 ± 0.09a	1.11 ± 0.09a
C = B - A	0.61	0.11
D = C/A × 100 (%)	108.92	11.00

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a, b: Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

SBM과 FSBM 급여에 따른 생후 기간별 증체율

Table 6은 SBM과 FSBM을 섭취한 한우 송아지의 1일 두당 출생기간에 따른 증체율을 나타낸 것이다. 출생 후 3개월과 4개월 연령의 송아지를 비교한 것으로 3개월된 송아지의 SBM 섭취구는 1.08 ± 0.01 kg이었으나 FSBM 섭취구는 1.12 ± 0.08 kg으로 3.7%의 증체율을 나타낸 반면, 4개월된 송아지의 SBM 섭취구는 0.96 ± 0.02 kg이었으나 FSBM 섭취구는 1.15 ± 0.09 kg으로 19.79%의 증체율을 보임에 따라 SBM 섭취구에 비해 유의적으로 높음을 알 수 있었다. 즉 4개월된 송아지는 3개월된 송아지보다 FSBM 섭취구의 증체 속도가 매우 빠르다는 것을 증명한 것이다. 이상의 결과를 종합하면 한우 송아지의 증체에 미치는 효과는 FSBM 섭취구가 SBM 섭취구에 비해 유의적으로 높다는 것을 알 수 있었다.

SBM과 FSBM 급여에 따른 설사증상

SBM과 FSBM 급여에 따른 한우 송아지의 설사 증상은 Table 7에 나타난 바와 같다. 이유 1주일 후 SBM 급여구는 설사증상이 1.33 ± 0.22 회, 이유 3주 후 SBM 급여구는 4.33 ± 0.16 회, 이유 6주 후 SBM 급여구는 1.91 ± 0.21 회로 이유 후 3주까지 설사 증상이 급격히 증가하다가 이유 기간이 길어 짐에 따라 점차 감소하였다. 반면에 이유 1주일 후 FSBM 급여구는 설사 증상이 1.00 ± 0.23 회, 이유 3주 후 FSBM 급여구는 0.33 ± 0.11 회, 이유 6주 후 FSBM 급여구는 0.35 ± 0.10 회로 이유 후 1주부터 설사증상이 SBM 급여구에 비해 급격히 감소하였다. 따라서 FSBM 급여가 이유 후 송아지 설사증상을 방지하는데 크게 도움이 됨을 알 수 있었다. 한편 Holstein 송아지에 SBM과 FSBM을 각각 급여한 후 설사 증상을 6주에 걸쳐 관찰하였는데, SBM 급여구는 3주째 특히 설사증상이 23.81%로 매우 높게 나타났는데 비해 FSBM 급여구는 2.38%로 매우 낮게 나타났다고 보고되었다(Kim et al., 2010). 이는 FSBM 급여가 신생 송아지의 설사예방에 큰 도움을 줄 수 있음을 확인하였다. 또한 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 6. Age comparison of average gain daily body weight on feeding HANWOO calves by SBM and FSBM.

Item	3 months (kg)	4 months (kg)
SBM (A)	1.08 ± 0.01a	0.96 ± 0.02a
FSBM (B)	1.12 ± 0.08a	1.15 ± 0.09b
C = B - A	0.04	0.19
D = C/A × 100 (%)	3.70	19.79

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a, b: Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

Table 7. Diarrhea incidence on feeding after weaned HANWOO calves by SBM and FSBM.

Age	SBM (times)	FSBM (times)
1 week after weaned	1.33 ± 0.22a	1.00 ± 0.23a
3 week after weaned	4.33 ± 0.16a	0.33 ± 0.11b
6 week after weaned	1.91 ± 0.21a	0.35 ± 0.10b

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal.

a, b: Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

착유우의 사양 실험

Table 8은 착유우에 대조구와 시험구 섭취 전과 섭취 후의 사양 시험에 따른 원유의 생화학적 변화이다. 일일산유량(kg), 지방(%), 단백질(%), 무지고형분(%), milk urea nitrogen (MUN, $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$), 체세포수($10^4\cdot\text{mL}^{-1}$)에 대해 조사한 결과이다. 시험구는 젖소의 유량(kg), 지방(%), 단백질(%), 무지고형분(%)에서 대조구에 비해 소량 증가하였고, 특히 MUN은 시료 섭취 전보다 섭취 후에 약 $4.5\text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ 이 증가하였다. 이는 원유의 단백질 함량과 수태율에 관련이 있는 성분으로 수태율을 높이는 데 큰 영향을 미치므로 낙농가에 경제적으로 많은 도움을 주는 것으로 나타났다. 체세포수 또한 감소한 것으로 나타나 젖소의 유방이 건강하다는 증거이고 유방염 발생을 사전에 예방할 수 있으므로 경제적으로 낙농가에 큰 도움을 주는 것으로 나타났다. 한편 Kim 등(2012b)은 이유 후(4주령) Holstein 송아지의 면역 생리학적 및 스트레스 관련 매개변수를 알아보기 위해 SBM과 FSBM을 부분적으로 대체하여 수행한 결과, FSBM을 섭취한 송아지 그룹은 SBM를 섭취한 송아지 그룹과 비교했을 때 체중, 사료 섭취량, 우유 섭취 양이 증가하였다. 분변 점수는 낮았고 건강 점수는 높았다. 또한 이유 후 1일째 proinflammatory cytokine, tumor necrosis factor- α , interleukin (IL)- 1β 및 IL-6 수준이 크게 증가했고, FSBM 섭취 송아지는 혈청 amyloid A의 농도와 haptoglobin은 이유 3일과 5일 후에 각각 SBM 섭취 송아지보다 매우 낮았다. 스트레스와 관련된 cortisol 농도는 FSBM 섭취 송아지 그룹이 이유 3일 후 SBM 그룹보다 유의하게 낮았다. 따라서 FSBM 섭취는 이유 전 기간 동안 성장 속도, 사료 섭취량 및 건강 상태 뿐만 아니라 스트레스 반응을 완화하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 이유 후 홀스타인 젖소에서 스트레스 호르몬 유도, 염증 유발 cytokine 및 급성기 단백질의 감소에 의한 것을 암시한다고 보고하였다. Kwon 등(2011)은 FSBM이 cortisol 수치에 미치는 영향을 평가하기 위해 수행한 결과 보고를 보면 FSBM 섭취 송아지가 LPS-특이적 IgG와 말초 혈액에서 LPS-특이 IgA가 더 높았고 haptoglobin과 cortisol 농도도 SBM 섭취 그룹보다 상당히 낮았다. 따라서 FSBM 섭취는 이유 스트레스를 완화하고 이유 송아지의 면역 상태를 향상시키는 데 유익한 효과를 제공할 수 있음을 암시하였다. 따라서 FSBM 섭취는 이유 후 송아지의 스트레스 방지와 함께 성우의 건강 증진과 유량 증가, 수태율 향상에도 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Table 8. Biochemical composition of milk on feeding Holstein cow's by fermented soybean meal.

Item	SBM	FSBM
Milk yield/daily (kg)	36.47 ± 1.02a	36.53 ± 1.37a
Fat (%)	4.32 ± 0.12a	4.34 ± 0.09a
Protein (%)	3.41 ± 0.08a	3.44 ± 0.09a
Non-fat solid (%)	8.96 ± 0.06a	9.00 ± 0.06a
MUN (mg·dL ⁻¹)	11.17 ± 0.47b	15.67 ± 0.68a
Somatic cell count (10 ⁴ ·mL ⁻¹)	33.20 ± 12.56a	29.90 ± 5.00a

SBM, soybean meal; FSBM, fermented soybean meal; MUN, milk urea nitrogen.

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

Conclusion

Bacillus coagulans NRR1207과 Kefir starter를 접종하여 제조한 발효대두박을 한우송아지와 젖소에 급여 후 사양 특성을 연구한 것이다. 발효대두박은 대두박에 비해 조단백질, 조지방은 증가되었고 trypsin inhibitor는 감소되었다. 발효대두박은 *B. coagulans* NRR1207을 포함한 유산균수가 8.63×10^7 CFU·g⁻¹, 효모는 1.1×10^6 CFU·g⁻¹이었다. 발효대두박을 섭취한 한우 송아지의 종료체중은 대두박을 섭취한 것보다 높았고, 일당증체량은 발효대두박 섭취구가 1.13 kg으로 대조구에 비해 1.1 kg 높았다. 설사 증상은 발효대두박 급여구가 유의적으로 감소하였다. 발효대두박을 섭취한 젖소의 MUN은 대조구에 비해 유의적으로 높았다. 따라서 *B. coagulans* NRR1207를 이용한 발효대두박과 Kefir을 이용하여 제조한 발효대두박 급여는 송아지와 젖소의 사양에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

Conflict of Interests

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

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

- Awawdeh MS, Titgemeyer EC, Drouillard JS, Beyer RS, Shirley JE. 2007. Ruminal degradability and lysine bioavailability of soybean meals and effects on performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90:4740-4753.
- Blecha F, Boyles SL, Riley JG. 1984. Shipping suppresses lymphocyte blastogenesis responses in Angus and Brahman × Angus feeder calves. *Journal of Animal Science* 59:576-583.
- 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 Diseases and Sciences* 52:1845-1850.
- Fujiwara K, Miyaguchi Y, Toyoda A, Nakamura Y, Yamazaki M, Nakashima K, Abe H. 2008. Effect of fermented soybean "Natto" supplement on egg production and qualities. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21:1610-1615.
- 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
- Jeong CD, Mamuad LL, Ko JY, Sung HG, Park KK, Lee YK, Lee SS. 2016. Rumen fermentation and performance of Hanwoo steers fed total mixed ration with Korean rice wine residue. *Journal of Animal Science and Technology* 58:4. doi: 10.1186/s40781-016-0084-6
- Jiang R, Chang X, Stoll B, Ellis KJ, Shypailo RJ, Weaver E, Campbell J, Burrin DG. 2000. Dietary plasma proteins used more efficiently than extruded soy protein for lean tissue growth in early-weaned pigs. *The Journal of Nutrition* 130:2016-2019.
- KAPE (Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation). 2019. Livestock products marketing in Korea (I). KAPE, Sejong, Korea. [in Korean]
- 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. doi:10.1046/j.1365-2672.2003.02011
- Kim KH, Kim SJ, Jeon BT, Kim DH, Oh MR, Park PJ, Kweon HJ, Oh BY, Hur SJ, Moon SH. 2012a. Effects of dietary soybean curd residue on the growth performance and carcass characteristics in Hanwoo (*Bos taurus coreanae*) steer. *African Journal of Agricultural Research* 7:4331-4336.
- Kim MH, Yun CH, Kim HS, Kim JH, Kang SJ, Lee CH, Ko JY, Ha JK. 2010. Effects of fermented soybean meal on growth performance, diarrheal incidence and immune-response of neonatal calves. *Animal Science Journal* 81:475-481. doi: 10.1111/j.1740-0929.2010.00760
- Kim MH, Yun CH, Lee CH, Ha JK. 2012b. The effects of fermented soybean meal on immunophysiological and stress-related parameters in Holstein calves after weaning. *Journal of Dairy Science* 95:5203-5212.
- 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.
- Lee HJ. 1998. Health functional peptides from soybean foods. *Korea Soybean Digest* 15:16-22. [in Korean]
- Li DF, Nelssen JL, Reddy PG, Blecha F, Hancock JD, Allee GL, Goodband RD, Klemm RD. 1990. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early weaned pig. *Journal of Animal Science* 68:1790-1799.
- Min BJ, Cho JH, Chen YJ, Kim HJ, Yoo JS, Wang Q, Kim LH, Cho WT, Lee SS. 2009. Effects of replacing soy protein concentrate with fermented soy protein in starter diet on growth performance and ileal amino acid digestibility in weaned pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22:99-106.
- Mjoun K, Kalscheur KF, Hippen AR, Schingoethe DJ. 2010. Ruminant degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in soybean and corn distillers grains products. *Journal of Dairy Science* 93:4144-4154.
- Park BK, Gil JM, Kim JB, Hong BJ, Ra CS, Shin JS. 2001. Effects of fermented feedstuff with wet brewer's grain and soybean on fattening performance and carcass grade in Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology* 45:397-408.
- Ra SH, Bae HC, Nam MS. 2021. Effects of fermented soybean meal supplementation on the growth performance in sows and piglets. *Korean Journal of Agricultural Science* 48:807-814. [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.
- Sevi A, Taibi L, Albenzio M, Muscio A, Dell'Aquila S, Napolitano F. 2001. Behavioral, adrenal, immune and productive responses of lactating ewes to regrouping and relocation. *Journal of Animal Science* 79:1457-1465.

- Shan T, Wang Y, Wang Y, Liu J, Xu Z. 2007. Effect of dietary lactoferrin on the immune functions and serum iron level of weanling piglets. *Journal of Animal Science* 85:2140-2146.
- Wang T, Fu Y, Lv J, Jiang H, Li Y, Vhen C, Yu C. 2003. Effects of mini-peptides on the growth performance and the development of small intestines in weaning piglets. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine* 35:4-7.
- Wolfswinkel TL. 2009. The effects of feeding fermented soybean meal in calf starter on growth and performance of dairy calves. M.S. Thesis, Iowa State Univ., Ames, Iowa, USA.
- Yoo JS, Jang HD, Cho JH, Lee JH, Kim IH. 2009. Effect of fermented soy protein on nitrogen balance and apparent fecal and ileal digestibility in weaned pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22:1167-1173.
- 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 Sciences* 26:691-699. doi: 10.5713/ajas.2012.12429