

청보리 사일리지 첨가 발효사료가 임신돈의 분 정상 및 악취물질 농도에 미치는 효과

조성백 · 김창현* · 황옥화 · 박준철 · 김동운 · 성하균** · 양승학 · 박규현 · 최동윤 · 유용희
농촌진흥청 국립축산과학원

The Effect of Fermented Diet with Whole Crop Barley Silage on Fecal Shape and Odorous Compound Concentration from Feces in Pregnant Sows

Cho, S. B., Kim, C. H.*, Hwang, O. H., Park, J. C., Kim, D. W., Sung, H. G.**,
Yang, S. H., Park, K. H., Choi, D. Y. and Yoo, Y. H.
National Institute of Animal Science, RDA. Suwon 441-706, Korea

Summary

The study was conducted to investigate the effect of feeding fermented diet including whole crop barley silage on the odor reduction and microbial population change in feces, and the constipation prevention of pregnant sows. The concentration of phenol was not detected in tapioca, beet pulp, wheat bran and lupin seeds, while that of p-cresol was ranged between 9.62 and 52.11 mg/L showing that lupin was highest and tapioca was lowest. It was determined that tapioca and beet pulp were useful feed ingredients to reduce odor due to their lower contents of phenol and indole compounds. Ten pregnant sows were allocated to control group and fermented diet group in 5 sows in each group. They were fed 3.0 kg DM/d of diets for 28 days. Feces was examined and showed that the feces from the fermented diet group was observed with the higher moisture content and the lower hardness than that of the control diet group and the population of *E. coli* was decreased and the population of *lactobacillus* was higher than that of the control diet group. The concentrations of p-cresol and skatole were lower than the detection levels at 33% and 67% among the samples of feces of the control group and at 67% and 100% among the samples of the feces of fermented diet group respectively. Thus it is expected that the odor from the feces of pregnant sows fed the fermented diet could be reduced compared with that of control group. Therefore, it is suggested that feeding fermented whole barley diet to pregnant sows improve the function of intestine and reduce the rate of occurrences of constipation and odor levels.

(Key words : Fermented diet, Whole crop barley silage, Pregnant sow, Constipation, Odor)

* 한경대학교 (Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea)

** 애드바이오텍 (Adbiotech, Chuncheon 200-944, Korea)

Corresponding author : Cho, S. B. Animal Environment Division, National Institute of Animal Science, RDA.
Suwon 441-706, Korea. Tel: 031-290-1712, E-mail: csb652@korea.kr

2011년 10월 10일 투고, 2011년 12월 19일 심사완료, 2011년 12월 20일 게재확정

서 론

국내 양돈 농가의 생산비 중에서 사료비가 차지하는 비중이 약 60~70%로 가장 크기 때문에 양돈 산업에서 가장 시급히 해결할 과제는 사료비용 절감이라고 할 수 있다. 소사육 농가에서는 이러한 어려움을 해결하기 위하여 조사료 혹은 식품부산물물을 사료화 하기 위하여 많은 노력을 하여 왔다 (송과 하, 2007; Wilfart 등, 2007). 돼지의 경우는 조사료 및 식품부산물들의 섬유질 함량이 많아 사료 이용성이 낮은 문제점이 있기 때문에 (한국 사양표준 돼지, 2007), 섬유질사료의 이용성 증진을 위한 다양한 연구가 진행되어 왔다 (Stahly와 Cromwell, 1986; Schoenherr 등, 1989; Anugwa 등, 1989). 돼지에 고 섬유소 사료를 급여하면 영양소 이용을 감소 (Dierick 등, 1989), 내생질소량 증가 (Low와 Rainbird, 1984), 생산성 저하 (Kass 등, 1980; Kennely와 Aheren, 1980) 등의 부정적인 측면이 많이 알려져 왔다. 그러나 남은 음식물 발효사료 (박 등, 2004; 박 등, 2005; 정 등, 2001) 및 착즙 부산물 발효사료 (이 등, 2010) 등을 돼지에 게 이용하기 위하여 다양한 연구가 수행되고 있다. 조 등 (2007)은 호맥사일리지를 비육돈 사료에 급여시 적정 첨가수준이 3.3% 정도라고 하였고, 후보돈에는 무제한 급여시 임신율이 향상되고 첫 발정시기가 단축되는 효과가 있다고 하였다. 김 등 (2003)은 청보리의 총가소화영양소 (TDN) 함량이 65% 내외로서 에너지 함량이 높기 때문에 돼지의 에너지 요구량을 충족시킬 수 있다고 하였다. 현재 국내에는 청보리 및 이탈리아 라이그라스를 곤포사일리지로 제조하여 많이 이용하고 있다. 또한 이들 곤포사일리지와 식품 및 농산 부산물물을 혼합하여 발효시키면 훌륭한 돼지 사료가 될 수 있을 것이다. 셀룰로오스나 헤

미셀루로오스와 같은 난용성탄수화물을 발효시켜 영양소 이용성을 높이면 사료비 절감, 임신돈의 변비예방 및 분뇨에서 발생하는 악취감소 등의 효과가 기대 된다 (Mroz 등, 1986). 최근에는 생균제, 식이섬유소, 발효사료 등을 활용하여 양돈분뇨에서 발생하는 악취를 저감하기 위한 다양한 노력들이 이루어지고 있다. 본 연구는 청보리 발효사료를 임신돈에 급여하여 분에서 발생하는 악취저감, 미생물 변화 및 변비예방 효과를 조사하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 청보리 발효사료 제조용 원료사료 선별

임신돈에 급여할 청보리 발효사료를 제조할 때 분에서 발생하는 악취를 줄일 수 있는 원료를 선별하기 위하여 주요 원료사료에 대하여 *in vitro* 휘발성유기물 (VOC) 농도를 분석하였다. 육성돈에 옥수수과 대두박 위주의 배합사료를 15일간 급여한 후 분을 채취하여 돼지 분내 미생물을 확보하였다. 시험사료는 타피오카, 비트펄프, 미강, 옥수수 글루텐, 옥수수 배아, 밀기울 및 루핀을 이용하였다. *In vitro* 배양은 Wang 등 (2004)의 방법으로 수행하였다. 휘발성유기물 (VOC) 농도는 Flickinger 등 (2003)의 방법에 따라 Gas Chromatography (6890N, Agilent, USA)를 이용하여 분석하였다. 악취물질 농도 측정을 위한 Gas Chromatography 분석조건은 Table 1과 같다. Inlet의 온도는 250℃로 하였고, 시료의 Split ratio는 5:1이었다. 칼럼은 직경 0.25 mm, 길이 30M의 DB-5ms를 사용하였다. 검출기는 FID를 이용하였으며, 이때 가온온도는 250℃으로 하였다.

Table 1. Gas chromatography analysis condition

Injection	Injection volume	2 μ l
Inlet	Temperature	250°C
	Split ratio	5:1
Column	Flow	1.0 mL/min
	DB-5ms	30 m, 0.25 mm, 0.25 μ m
Detector	Temperature	FID, 250°C

2. 청보리 발효사료 제조방법

청보리를 호숙기 때 수확하여 2일간 예건한 다음 3개월간 자연 상태에서 숙성 발효시켜 곤포사일리지를 제조하였다. 발효사료는 호기와 혐기 과정을 거쳐 제조되는데 일반적으로 호모를 이용하여 호기발효를 시킨 후 혐기조건이 되면 유산균을 이용한 발효가 일어난다. 호기발효와 혐기발효를 통하여 발효사료를 제조할 수 있도록 호모와 유산균이 함유된 생균제를 시중에서 구입하여 사용하였다 (Table 2).

생균제에는 호모로 *Saccharomyces cerevisiae* 균주가 이용되었으며, 유산균은 *Lactobacillus* 종중에서 *plantarum*, *latis*, *brevis*, 그리고 *Enterococcus* 종중에서 *faecium* 및 *Pediococcus* 종중에서 *acidilactici*가 이용되었다 (Table 2). 청보리 발효사료는 일반배합사료, 청보리 사일리지 및 기타 원료사료를 57.5:30:12.5로 혼합하여 밀봉 포장한 다음 1주일간 자연 상태에서 숙성 발효시켰다. 이때 시중에서 구입한 생균제를 사료에 0.05% 첨가하였고, 발효

촉진을 위하여 수분조절제로 맥주효모와 맥주박을 이용하였다 (Table 3).

3. 청보리 발효사료를 섭취한 임신돈의 분 조사

임신돈 10두에 대하여 1일 3.0 kg의 풀 발효사료를 28일간 급여한 다음 분을 채취하여 육안으로 분의 단단한 정도를 관찰하였고, 분 중의 미생물 균총을 확인하기 위하여 총균수, 대장균수, 유산균수 및 곰팡이 수를 조사하였다. 미생물 균수 측정방법은 다음과 같다. 멸균된 Saline (0.85% NaCl) 9 ml에 분 1 g을 넣은 다음 10진 희석을 한 후 준비된 고체 배지에 각 100 μ l씩 도말하였다. 37°C에서 28시간동안 혐기배양 후 호기상태로 48시간을 더 방치한 후 Colony를 Counting을 하였다. 또한 분 중의 악취물질을 조사하였다.

4. 통계처리

모든 실험은 각각 3회 반복 실험을 하였으며, 실험결과에 대한 통계분석은 SAS (Statistical

Table 2. The microbes used for the fermented diet

Strain	Species	Genus
Lactic acid producing bacteria	<i>Lactobacillus</i>	<i>plantarum</i>
		<i>latis</i>
		<i>brevis</i>
	<i>Enterococcus</i>	<i>faecium</i>
	<i>Pediococcus</i>	<i>acidilactici</i>
Yeast	<i>Saccharomyces</i>	<i>cerevisiae</i>

Table 3. Formula of the experimental diets

Ingredients (%)	Control	Fermented diet ¹⁾
Corn, yellow	71.00	42.06
Soybean meal	15.46	9.26
Beet pulp	8.35	5.00
Wheat bran	1.99	1.19
DCP	1.90	1.14
Salt	0.33	0.20
Mineral Mixture	0.40	0.40
Vitamin Mixture	0.40	0.40
Biotin	0.17	0.10
Molasses	—	0.20
Microbe	—	0.05
Brewers grains, wet	—	6.00
Brewers yeast, liquid	—	4.00
Whole crop barley silage	—	30.00
Total	100.00	100.00
Composition analyzed		
Moisture (%)	13.2	31.3
GE (kcal/kg)	3,751	2,951
CP (%)	12.0	8.5
Crude fiber (%)	2.3	5.6

¹⁾ Mixed ratio of control diet, whole crop barley silage and others is 57.5, 30.0, 12.5%, respectively.

Analysis System, 1996) package GLM (General Linear Model)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 평균간 차이는 Duncan (1955)의 다중검정법에 의해 95% 유의수준으로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 청보리 발효사료 제조용 원료사료 선발

청보리 사일리지와 배합사료를 혼합하여 발효사료를 제조할 때 돼지의 장내 발효양상과 소화흡수율은 사료의 특성에 따라 다양하기 때문에 발효능이 우수한 원료를 선발하여 사료를 배합하는 것이 매우 중요하다. 페놀

과 p-크레졸 같은 페놀 화합물은 소장과 대장에서 타이로신과 페닐알라닌이 미생물에 의해 발효되어 생성된 대사산물이고 (Ishaque 등, 1985), 인돌과 스카톨은 트립토판의 대사산물이다. 본 시험에서는 돈 분을 이용하여 공시 사료를 *in vitro* 배양한 후 인돌류와 페놀류의 농도를 측정하였다 (Table 4). 휘발성 유기물 (VOC) 농도를 측정한 결과 페놀 농도는 타피오카, 비트펄프, 밀기울 및 루핀에서 검출한계 이하였고, p-크레졸 농도는 52.11~9.62 mg/L 범위로서 루핀이 가장 높았으며, 타피오카에서 가장 낮았다. 이들 방향족아미노산이 대장에서 대사될 때 관련되는 요인에 관해서는 잘 알려져 있지 않다. 그러나 단백질 섭취량이 증가하면 더 많은 수준의 아미노산 발효가 일어나서 휘발성유기물 (VOC) 생성량에 영향을 주기 때문에 사료 내 발효탄수화물의 수준을 증가시켜 이 물질의 생성량을 줄이려는 연구가 진행되고 있다 (Mackie 등, 1998). 분 중의 인돌과 스카톨의 농도는 사료의 조성 및 장내 미생물에 의해 크게 영향을 받기 때문에 사료에 발효탄수화물을 첨가하면 감소될 수 있다 (Jensen 등, 1995; Claus 등, 2003). 또한 탄수화물의 형태와 양은 인돌화합물 합성에 관련되는 미생물의 활성에 영향을 주는 주요 인자이다 (Jensen과 Jørgensen, 1994). 비트펄프가 첨가된 사료를 먹은 돼지의 대장에서 인돌화합물의 농도가 감소되는 것은 단백질 분해 미생물의 활성이 감소하고 탄수화물 분해미생물의 활성이 증가되었기 때문이다 (Knarreborg 등, 2002). 장내 미생물이 여러 탄수화물 중에서 쉽게 분해할 수 있는 것을 우선적으로 이용하여 에너지를 충족하게 되면 트립토판이 인돌화합물로 분해되는 비율이 감소될 수 있다. Jensen과 Hansen (2006) 연구에서는 치커리를 돼지에 급여하면 인돌화합물 저감에 효과적이라고 하였다. 사료 내 비트펄프 수준을 증가하였을 때 분 중 인돌과 스카톨의 농도가

Table 4. *In vitro* fermentation characteristics of selected feedstuffs by pig faecal inocula

Feed	VOC, mg/L			
	Phenol	p-Cresol	Indole	Skatole
Tapioca	0 ^d	9.62±2.17 ^d	0	0 ^c
Beet pulp	0	24.12±2.180 ^c	0	0
Rice bran	3.12±0.30 ^a	26.16±1.47 ^{bc}	0	0.19±0.09 ^b
Corn gluten	0.77±0.08 ^c	40.71±2.18 ^{ab}	0	0
Corn germs	1.11±0.14 ^b	28.21±1.24 ^b	0	0
Wheat bran	0	27.62±1.67 ^{bc}	0	1.26±0.27 ^a
Lupine seeds	0	52.11±2.09 ^a	0	1.24±0.03 ^a

^{a,b,c,d} Means in the same columns with different superscripts differ ($p < 0.05$).

감소하였는데 (Hawe 등, 1992), 이것은 탄수화물 발효를 일으키는 미생물의 우선적인 대사가 단백질분해 미생물의 활성을 낮추어 트립토판의 전변을 감소시켰기 때문일 것이다 (Yokoyama와 Carlson, 1979; Jensen 등, 1995). 더욱이 미생물 유래 단백질 분해효소는 중성 또는 알칼리 pH에서 최적의 활성을 가지고 있어서 (MacFarlane와 Cummings, 1991), pH를 저감시켜 단백질 분해 미생물의 활성을 줄일 수 있는 원료사료를 선별하여 이용하면 분뇨 악취발생을 줄일 수 있는 또 하나의 방안이 될 것이다.

본 시험의 결과에서 인돌 농도는 모든 사료에서 검출한계 이하였으며, 스카톨 농도는 타피오카, 비트펄프, 옥수수글루텐과 옥수수배아에서 검출한계 이하였다. 시험사료에서 측정된 페놀류와 인돌류 농도를 기준으로 하였을 때 타피오카와 비트펄프가 우수한 원료사료라고 판단된다.

2. 청보리 발효사료를 섭취한 임신돈의 분 성장 변화

임신후기에는 사료급여량을 줄이고 사료의 에너지 수준을 높혀 분만 후에 유량이 증가 되도록 사료급여체계를 설정하여야 한다

(Einarsson과 Rojkittikhun, 1993). 그런데 이런 사료를 섭취한 임신돈은 사료 내 낮은 섬유소 수준으로 위궤양과 변비 발생율이 증가된다 (Lee와 Close, 1987). 임신돈은 분만 시기가 되면 장운동이 약해지고 (Kamphues 등, 2000), 우유 생산이 시작되어 수분 요구량이 높아지게 되면서 장에서 흡수되는 수분함량이 많아지기 때문에 변비가 일어날 수 있다 (Morz 등, 1995). 그리고 변비가 발생되면 미생물 유래 독소가 유방으로 흡수되어 (Smith, 1985) 유방염이 발생할 가능성이 높아 질 수 있다 (Hermansson 등, 1978). 섬유소는 리그닌, 헤미셀룰로오스, 셀룰로오스, 프락탄 및 펙틴과 같은 물질을 함유하고 있어서 동물의 소화효소에 의해 잘 소화되지 않지만 소량의 섬유소를 섭취하게 되면 섬유소 분해 미생물이 작용하여 소화가 일어난다. 이렇게 소화된 섬유소로부터 생성된 휘발성지방산은 에너지 요구량의 28% 수준을 제공한다 (Noblet과 Le Goff, 2001). 섬유소 분해 미생물 수는 일령에 따라 증가하는데, 완전히 성장한 모돈의 대장에 서식하는 섬유소 분해 미생물은 육성돈 대장에서 서식하는 미생물보다 6배 많다고 한다 (Varel과 Pond, 1985).

그림 1에서 보는 바와 같이 원물기준으로 일반사료, 청보리 사일리지 및 기타 원료사

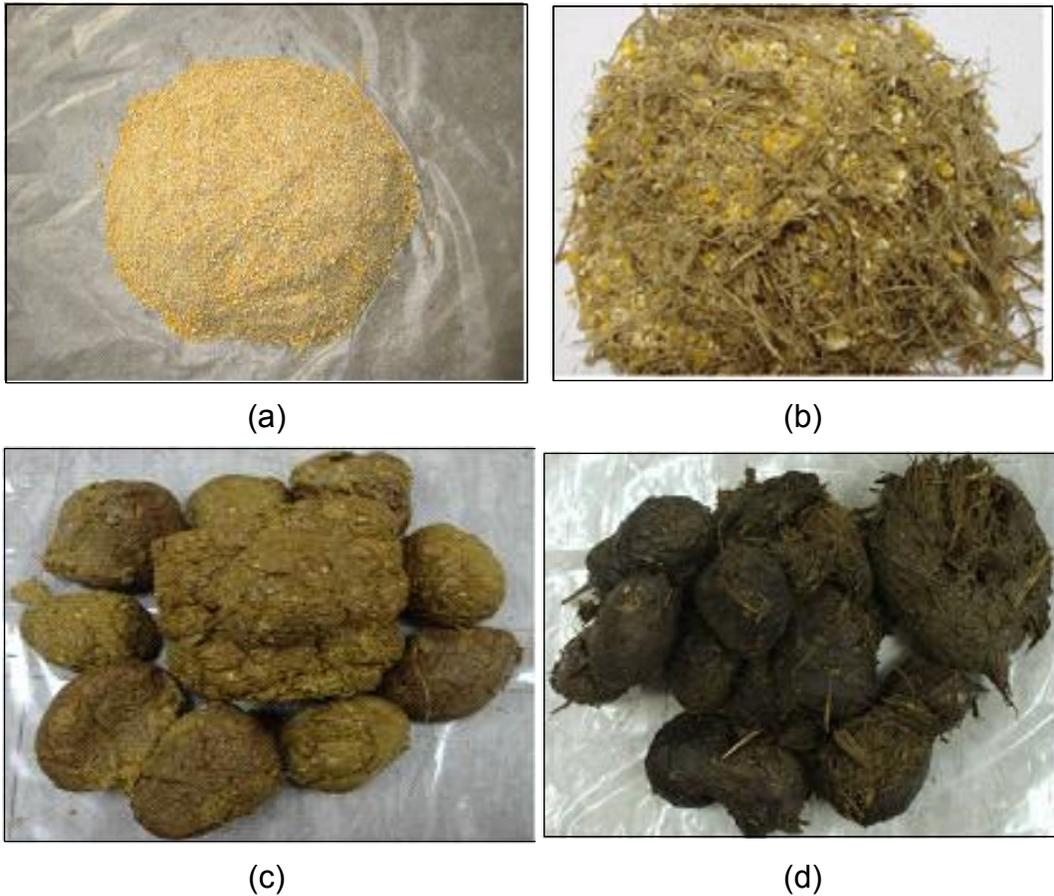


Fig. 1. Control diet (a), fermented whole crop barley diet (b), feces from pregnant sows fed control diet (c) and feces from pregnant sows fed fermented whole crop barley diet (d).

료를 57.5 : 30 : 12.5로 혼합하여 제조한 청보리 발효사료가 일반사료보다 섬유소 수준이 매우 높으며 부피도 많다는 것을 알 수 있다. 이 사료를 이용하여 임신돈에게 급여한 후 분의 성상은 그림 1과 같다. 섬유소 수준이 높은 사료를 섭취한 돼지가 섬유소 수준이 낮은 사료를 섭취한 돼지보다 분의 외관에서 수분함량이 많고 경도가 낮아 변비 발생이 낮다는 것을 보여주고 있다.

Claudio (2009)는 섬유소 7% 사료를 섭취한 모돈이 섬유소 3.8% 사료를 먹은 모돈보다 분의 수분 함량이 높았다. 그리고 섬유소 3.8% 사료를 섭취한 모돈의 22% 정도는 심

한 변비 증상을 보였고 섬유소 7% 사료를 섭취한 모돈에서는 5% 정도만이 이런 증상을 보였다. 결과적으로 사료내 섬유소 수준이 증가하면 장운동이 더 활발해졌기 때문이라고 하였다. 섬유소 수준이 높은 사료를 섭취한 모돈은 일반 사료를 섭취한 모돈보다 분만 후에 장 기능이 더 빨리 회복되고, 장내 미생 분비도 증가되어 병원성 유해 미생물로부터 장을 보호하고 위궤양 발생율이 감소될 수 있다고 하였다 (Montagne 등, 2003; Lee와 Close, 1987). 따라서 임신돈 사료에 섬유소 수준을 높혀 주면 장 기능 및 돼지의 건강이 개선될 것으로 기대된다.

Table 5. Microbial populations (log₁₀ CFU/ml) in feces of pregnant sows fed control diet and fermented whole crop barley diet

Treatment	Total microbe	<i>E. coli</i>	<i>Lactobacillus</i>	Fungi
Control	7.93±0.14	7.35±0.26 ^a	7.00±0.40 ^b	3.72±0.46
Whole crop Barley diet	7.35±0.38	5.89±0.54 ^b	8.51±0.41 ^a	3.05±0.36

^{a,b} Means in the same columns with different superscripts differ ($p<0.05$).

Table 6. Analysis results of volatile organic compound(VOC) about feces from pig fed control and fermented diet (%)¹⁾

Treatment	Phenol	p-Cresol	Indole	Skatole
Control	100	33	0	67
Whole crop Barley silage	100	67	0	100

¹⁾ Frequency ratio under limit of detection about VOC.

3. 청보리 발효사료 급여 임신돈의 분내 미생물 변화

임신돈에 발효사료를 28일간 급여한 후 분내 미생물수를 확인한 결과 대장균이 감소하고 ($p<0.05$), 유산균이 증가하여 ($p<0.05$) 대장 환경이 크게 개선되었다 (Table 5). 이것은 일반적인 발효사료 급여 시 발생하는 효과로 특히 본 발효사료에 이용된 유산균 및 섬유질 사료의 급여 효과로 생각된다. 일반적으로 가축사료에 유산균을 첨가하면 장내 유해균이 억제되고 유익균이 증가 된다 (손과 김, 2005). 대장균은 장내에서 아민과 같은 독소 물질을 배출하여 장내 환경을 좋지 않게 하기 때문에 증가된 유산균이 산도를 낮추어 대장균수를 줄여 장내 환경을 개선시키면서 악취가 저감된 것으로 판단된다.

4. 청보리 발효사료 급여 분의 악취물질 변화

양돈분뇨에서 발생하는 주요 악취물질은 황화합물류, 인돌류, 페놀류 및 아민류로 분류되고 있다. 이들 중에서 청보리 발효사료

와 일반사료를 임신돈에 급여한 후 분에 함유된 페놀, p-크레졸, 인돌 및 스카톨의 농도를 측정된 결과가 Table 6과 같다. 분 중의 성분들을 Gas Chromatography로 측정된 결과 페놀농도는 두 처리구 모두에서 검출한계 이하였고, 인돌농도는 두 처리구 모두에서 검출되었다. p-크레졸 농도는 검출한계 이하가 대조구 33%, 청보리발효사료 67% 이었다. 스카톨 농도는 검출한계 이하의 비율이 대조구 67%, 청보리 발효사료 100% 이었다. 따라서 청보리 발효사료를 급여하였을 때 일반 사료에 비하여 임신돈의 분에서 발생하는 p-크레졸 및 스카톨의 농도가 감소되면서 분뇨에서 발생하는 악취를 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 시험사료에 함유된 발효탄수화물의 함량을 측정하지 못하였지만 대조구인 일반사료에 비하여 청보리 발효사료에서 더 많은 발효탄수화물이 함유되었으리라 판단된다.

적 요

본 연구는 청보리 사일리지가 첨가된 발효사료를 임신돈에 급여하였을 때 분에서의 악

취물질 농도와 미생물 변화를 조사하고, 변비예방 효과를 확인하기 위하여 수행되었다.

1. *in vitro* 시험결과 폐놀은 타피오카, 비트펠프, 밀기울, 루핀종실에서 검출되지 않았으며, p-크레졸은 9.62~52.11 mg/L 범위로 검출되었는데, 루핀종실이 가장 높았고, 타피오카가 가장 낮았다. 또한 타피오카와 비트펠프에서는 인돌과 스카톨이 검출되지 않아 악취저감용 원료사료로 타피오카와 비트펠프가 가장 유용한 것으로 평가되었다.

2. 비트펠프를 기초로 배합한 악취저감사료를 28일간 임신돈에 급여한 후 분을 채취하여 성상을 조사한 결과 대조구에 비하여 발효사료 급여구에서 수분함량이 높고 경도가 낮았으며, 대장균 (*E. coli*) 수는 적었으며, 유산균 (*Lactobacillus*) 수는 많았다.

3. 돼지의 분 중 p-크레졸과 스카톨 농도를 측정된 결과 대조구에서는 각각 33%와 67%가 검출한계 이하로 조사되었으나, 발효사료구에서는 각각 67%와 100% 검출한계 이하로 조사되어 발효사료를 섭취한 돼지의 분에서 악취가 감소될 수 있었다.

4. 따라서 임신돈에 청보리사일리지가 첨가된 발효사료를 급여하였을 때 대장의 기능이 개선되어 변비예방과 악취감소의 효과를 기대할 수 있을 것이다.

인 용 문 헌

- Anugwa, F. O. I., V. H. Varel, J. S. Dickson, W. G. Pond and L. P. Krook. 1989. Effects of dietary fiber and protein concentration on growth, feed efficiency, visceral organ weights and large intestine microbial populations of swine. *J. Nutr.* 119:879-886.
- Claudio, O., T. Kokkonen, M. Heinonen, S. Sankari and O. Peltoniemi. 2009. Feeding sows with high fibre diet around farrowing and early lactation: Impact on intestinal activity, energy balance related parameters and litter performance. *Research in Veterinary Science.* 86, 314-319.
- Claus, R., D. Losel, M. Lacorn, J. Mentschel, and H. Schenkel. 2003. Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation. *Journal of Animal Science* 81:239-248.
- Dierick, N. A., I. J. Vervaeke, D. I. Demeyera and J. A. Decuyper. 1989. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23:141-167.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 11:1-42.
- Einarsson, S. and T. Rojkittikhun. 1993. Effects of nutrition on pregnant and lactating sows. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 48, 229-239.
- Flickinger, E. A., E. M. W. C Schreijen, A. R. Patil, H. S. Hussein, C. M. Grieshop, N. R. Merchen, and G. C. Fahey Jr. 2003. Nutrient digestibilities, microbial populations, and protein catabolites as affected by fructan supplementation of dog diets. *J. Anim. Sci.* 81:2008-2018.
- Hawe, S. M., N. Walker, and B. W. Moss. 1992. The effects of dietary fibre, lactose and antibiotic on the levels of skatole and indole in feces and subcutaneous fat in growing pigs. *Anim. Prod.* 54:413-419.
- Hermansson, I., S. Einarsson, K. Larsson, and L. Backstrom. 1978. On the agalactia post partum in the sow. A clinical study. *Nord. Vet. Med.* 30, 465-473.

10. Ishaque, M., J. G. Bisailon, R. Beaudet, and M. Sylvestre. 1985. Degradation of phenolic compounds by microorganisms indigenous to swine waste. *Agric. Wastes* 13:229-235.
11. Jensen, B. B. and H. Jørgensen. 1994. Effect of dietary fibre on microbial activity and microbial gas production in various regions of the gastrointestinal tract of pigs. *Applied and Environmental Microbiology* 60:1897-1904.
12. Jensen, M. T. and L. L. Hansen. 2006. Feeding with chicory roots reduces the amount of odorous compounds in colon and rectal contents of pigs. *Animal Science* 82:369-376.
13. Jensen, M. T., R. P. Cox, and B. B. Jensen. 1995. Microbial production of skatole in the hind gut of pigs given different diets and its relation to skatole deposition in backfat. *Animal Science* 61:293-304.
14. Kamphues, J., R. Tabeling, and S. Schwier. 2000. *Dtsch. Tierarztl. Wschr.* 107, 380.
15. Kass, M. L., P. J. Van Soest and W. G. Pond. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50:192-197.
16. Kennelly, J. J. and F. X. Aherne. 1980. The effect of fiber addition to diets formulated to contain different levels of energy and protein on growth and carcass quality of swine. *Can. J. Anim. Sci.* 60: 385-393.
17. Knarreborg, A., J. Beck, M. T. Jensen, A. Laue, N. Agergaard, and B. B. Jensen. 2002. Effect of non-starch polysaccharides on production and absorption of indolic compounds in entire male pigs. *Animal Science* 74:445-453.
18. Lee, P. A. and W. H. Close. 1987. Bulky feeds for pigs: a consideration of some nonnutritional aspects. *Livest. Prod. Sci.* 16, 395-405.
19. Low, A. G. and A. L. Rainbird. 1984. Effect of guar gum on nitrogen secretion into isolated loops of jejunum in conscious growing pig. *Br. J. Nutr.* 52:499-505.
20. MacFarlane, G. T. and J. H. Cummings. 1991. The colonic flora, fermentation, and large bowel digestive function. Pages 51-92 in *The Large Intestine: Physiology, Pathophysiology, and Disease*, S. F. Phillips, J. H. Pemberton, and R. G. Shorter, ed. Raven Press Ltd., New York.
21. Mackie, R. I., P. G. Stroot, and V. H. Varel. 1998. Biochemical Identification and Biological Origin of Key Odor Components in Livestock Wastes. *Journal of Animal Science* 76:1331-1342.
22. Montagne, L., J. R., Pluske, and D. J. Hampson. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Tech.* 108, 95-117.
23. Mroz, Z., A. W. Jongbloed, N. P. Lenis and K. Vreman. 1995. Water in pig nutrition: physiology, allowances and environmental implications. *Nutr. Res. Rev.* 8, 137-164.
24. Mroz, Z., G. Partridge, G. Mitchell and H. D. Keal. 1986. The effects of oat hulls added to the basal ration for pregnant sows on reproductive performance, apparent

- digestibility, rate of passage and plasma parameters. J. Sci. Food Agric. 37:239-247.
25. Noblet, J. and G. Le Goff. 2001. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. Anim. Feed Sci. Tech. 90, 35-52.
 26. SAS. 1996. SAS/STAT[®] software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 27. Schoenherr, W. D., T. S. Stahly and G. L. Cromwell. 1989. The effects of dietary fat or fiber addition on yield and composition of milk from sows housed in a warm or hot environment. J. Anim. Sci. 67:482-495.
 28. Smith, B. B. 1985. Pathogenesis and therapeutic management of lactation failure in periparturient sows. Comp. Contin. Educ. Pract. 7, 523.
 29. Stahly, T. S. and G. L. Cromwell. 1986. Responses to dietary additions of fiber (alfalfa meal) in growing pigs housed in a cold, warm or hot thermal environment. J. Anim. Sci. 63:1870-1876.
 30. Varel, V. H. and W. G. Pond. 1985. Enumeration and activity of cellulolytic bacteria from gestating swine fed various levels of dietary fiber. Appl. Environ. Microbiol. 49, 858-862.
 31. Wang, J. F., Y. H. Zhu, D. F. Li, Z. Wang, and B. B. Jensen. 2004. *In vitro* fermentation of various fiber and starch sources by pig fecal inocula. J. Anim. Sci. 82:2615-2622.
 32. Wilfart, A., L. Montagne, H. Simmins, J. Noblet and J. Van Milgen. 2007. Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. J. Liv. Sci. 109:27-29.
 33. Yokoyama, M. T. and J. R. Carlson. 1979. Microbial metabolites of tryptophan in the intestinal tract with special reference to skatole. Am. J. Clin. Nutr. 32:173-178.
 34. 김원호, 서 성, 윤세형, 김기용, 조영무, 박태일, 고종민, 박근제. 2003. 사일리지용 우량보리 품종 선발 2. 사료가치 및 TDN 수량. 한국초지학회. 23:283-288.
 35. 박근규, 박홍양, 정영철, 이의수, 양시용, 임병순, 김천제. 2005. 남은 음식물 발효 사료 급여가 도체 특성 및 돈육품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 37:38-43.
 36. 박홍양, 박근규, 정영철, 이의수, 양시용, 임병순, 김천제. 2004. 남은 음식물 발효 사료 급여가 돈육 삼겹살의 소비자 기호도에 미치는 영향. 한국축산식품학회지. 24:386-392.
 37. 손장호, 김상호. 2005. 유산균 (*L. reuteri*)의 첨가가 돼지의 생산성, 분과 결장내 미생물균총 및 육등급에 미치는 영향. 한국유기농업학회지. 13:185-195.
 38. 송영민, 하지희. 2007. 부산물을 이용하여 제조한 발효사료의 사료적 가치평가에 관한 연구. 농업기술연구소보. 20:153-162.
 39. 이제현, 정현정, 김동운, 이성대, 김상호, 김인철, 김인호, 오상집, 조성백. 2010. 착즙부산물을 이용한 발효사료가 육성돈의 영양소 소화율 및 질소균형에 미치는 영향. 축산시설환경학회지. 16:81-92.
 40. 정우진, 손영옥, 임계택, 김용용, 김태환. 2001. 남은 음식물의 고온숙성 발효사료가 돼지 성장 및 사료효율에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 20:122-126.
 41. 조진호, 한영근, 진영결, 유종상, 김정우, 김인호. 2007. 호맥사일리지의 급여가 비육돈 생산성, 혈액성상 및 도체특성에 미치는 효과. 한국축산식품학회지. 27:235-243.
 42. 한국사양표준 돼지. 2007. 농촌진흥청 국립축산과학원.