

TECHNICAL NOTE

옥수수를 보리로 대체 급여 시 돈분의 미생물, 가스 발생량 및 휘발성 지방산 함량에 미치는 영향

김희윤 · 김삼철¹⁾ · 이혁준¹⁾ · 최인학²⁾ · 송영민*

경남과학기술대학교 동물소재공학과, ¹⁾경상대학교 응용생명과학부(BK21Plus, 농업생명과학연구원)

²⁾충부대학교 애완동물자원학과

Effect of Replacing Corn Meal with Barely on Fecal Microbial, Gas Emission, and Volatile Fatty Acid (VFA) Concentration in Growing Pig

Hoi-Yun Kim, Sam-Churl Kim¹⁾, Hyuk-Jun Lee¹⁾, In-Hag Choi²⁾, Young-Min Song*

Department of Animal Resource Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

¹⁾Division of Applied Life Science (BK21Plus, Insti. of Agric. & Life Sci.), Gyeongsang National University, Jinju 52828, South Korea

²⁾Department of Companion Animal & Animal Resources Science, Joongbu University, Geumsan 32713, Korea

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the effect of replacing 40% corn meal with three different types of barley (Youngyang, Woocho, and Yuyeon) on the chemical compositions, microbial indices, gas emission, and volatile fatty acid (VFA) content in feces of growing pigs. Sixteen pigs (Landrace × Yorkshire × Duroc) with an initial average body weight of 71 ± 2 kg were maintained in metabolic cages and randomly allotted to four treatments containing different sources of barley, for 23 days. The treatment with three different barley types replacing 40% ground corn showed no effect (P>0.05) on fecal chemical compositions, microbial indices, gas emission, and VFA. However, some differences (P<0.05) were noted in the chemical compositions of crude fiber and ash, and in the levels of *Lactobacillus* and *Salmonella* in the feces of the growing pigs. In conclusion, methane and hydrogen sulfide decreased by replacing 40% corn meal with Youngyang and Woocho barley, respectively.

Key words : Barley, Corn, Gas emission, Microbial indices, Pig manure, Volatile fatty acid

1. 서론

국내 돼지고기 생산비는 국제 곡물가격의 상승에

따라 즉시 상승하게 되는 구조를 가지고 있다. 그러므로 미국, 브라질, 호주 및 인도 등 주요 사료수출국에 비해 이러한 고비용의 생산구조는 국내 양돈농가의

Received 14 June, 2016; Revised 13 August, 2016;

Accepted 21 August, 2016

*Corresponding author : Young-Min Song, Department of Animal Resource Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

Phone: +82-55-751-3282

E-mail : pigsong@gntech.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수익성이 악화시키는 주된 요인으로 작용하고 있다는 것을 의미한다(Cho, 2008). 최근 중국, 인도 및 멕시코 까지 식량난의 문제로 옥수수에 대한 가축용 사료곡물은 인간과의 경합도 무시할 수 없다. 따라서, 국내외적인 곡물 수급 불안정에 따른 해결방안을 모색해야 될 때이다.

한편, 양돈산업에서 다양한 방법으로 사료비를 절감하고자 정부는 물론 양돈농가에서 많은 노력을 기울여왔지만, 사료비의 대부분이 사료원료의 가격에 의해 좌우되고 있음을 감안한다면 고가의 원료사료보다 저렴한 원료사료를 대체 활용하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 지금까지 연구·개발되어 온 저렴한 원료사료 자원으로는 국내에서 생산·발생되는 농업부산물과 식품부산물 등이 대부분이다(Kim, 2013). 대체자원으로서 보리는 국제 곡물 사료 가격의 폭등에 대비하고, 국내 경쟁력 향상을 위해 겨울철에 질 좋은 단미사료를 생산할 수 있다는 장점이 있다(Park et al., 2011). 또한 기계화 생산이 용이하고, 단위중량당 사료가치가 높으며, 농가에서 자가 채종이 가능한 것으로 보아 등 동계 사료생산에 가장 적합한 작물로 보고되고 있다(Kim et al., 1996; Yun et al., 2009).

그러나, 다양한 보리를 육성돈에 급여하여 돈분에 대한 평가를 한 연구는 보고되지 않고 있다. 따라서 본 연구는 국내산 보리 품종을 따른 육성돈에 급여 시 대 한 돈분의 미생물 성장, 가스발생량 및 휘발성지방산 함량에 미치는 영향을 평가하기 위해 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시동물과 사양시험

사양실험은 경상대학교 부속동물사육장에서 10일 간의 예비시험을 거쳐, 다시 13일간 본 시험을 실시하였다. 시험에 대한 절차는 경상대학교 동물윤리위원회의 승인을 얻어 수행하였다. 생후 120일령의 체중(71±2 kg)이 비슷한 3월 교잡종 육성돈(L×Y×D) 16두(처리구 당 4두씩 × 4개 처리구)를 대사들에 1두씩 입식하여 사양실험을 실시하였다. 처리구에 사용된 양돈사료는 옥수수 대두박 위주의 사료인 대조구(CON)와 3처리구(옥수수의 40%를 각각 영양(Young

yang)보리(YY40), 우호(Wooho)보리(WH40) 및 유연(Yuyeon)보리(YY40)로 대체한 처리구, 총 4 처리구를 두었다. 사료급여는 일일 급여량으로 제한된 양의 사료(체중의 3%, 1.5~2.0 kg/head)를 오전과 오후로 나누어 2회 급여하였다. 기타사양조건은 부속동물사육장의 기준에 준거하였다.

2.2. 조사항목 및 분석방법

2.2.1. 돈분의 영양소 함량 및 미생물 함량

돈분은 시험 마지막 날 수거한 신선한 분의 무게를 측정하였고, 그 중 10%를 채취하여 분석용 시료로 이용하였다. 채취한 분은 60℃의 송풍건조기에서 48시간 건조시킨 후 Willey mille로 분쇄하여 1 mm screen을 통과한 것을 분석에 이용하였다. 돈분의 일반성분 함량은 AOAC(2000)방법에 준하여 수분은 건조법(102℃/4 hr), 조단백질은 Kjeldahl 분해법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 직접회화법(550℃/8 hr) 및 조섬유는 Goering and Van Soest(1970) 방법으로 분석하였다. 분 중의 미생물 수 측정은 신선한 분을 10 g 씩 채취하여 90 mL의 멸균 증류수가 든 플라스틱 통에 옮겨 담은 후 homogenizer로 균질화시켜 멸균 증류수로 10¹¹까지 십진희석 한 다음, 균 수 측정을 위하여 평판배지에 분주·접종하여 도말하였다. 분 중에 존재하는 total bacteria, *Lactobacillus* spp., *Salmonella* 및 *E. coli*, 균수를 측정하기 위하여 nutrient agar (Difco), MRS (Difco), SS agar (Difco) 및 MacConkey agar (Difco)를 각각 사용하여 37℃에서 24시간 혹은 48시간 배양 후 균 수를 측정하였다. 각각의 평판배지에 생성된 colony 수(30~300개)는 colony counter를 이용하여 계수하였다. 세균의 수는 각 plate의 colony forming unit (cfu)로 계산 후 10진법으로 환산하였다.

2.2.2. 분 중 가스발생량

분 중의 가스 발생량을 측정하기 위해서 채취한 분을 채취하여 pH를 측정 후, 암모니아(NH₃), 메탄(CH₄), 아민(R-NH₂) 및 황화수소(H₂S) 가스를 측정하였다. 암모니아는 Chaney and Marbach(1962)의 방법으로 아미노산 분석기(Amino acid analyzer 835, Hitachi, Japan)를 이용하여 분석하였고, 이때 column

은 high resolution을 사용하여, column 온도 47°C, 570 nm에서 측정하였다. 메탄은 신선한 돈분 5 g을 sealed tube에 넣고 35°C에서 30시간 발효한 후 메탄 가스를 채취하여 FID detector의 GC (HP 6890, USA)를 이용하여 가스분석을 하였고, 이때 carrier는 He가스를 사용하고, inject와 detector는 150°C로, column은 100°C를 유지하여 함량을 측정하였다. 아민과 황화수소 가스는 돈분을 사각 밀폐용기에 넣고, 가스 검지관 tip을 돈분 위에 고정시켜 밀봉한 다음 보관하여 경과한 후 Gastec (Model GV-100, GASTEC, Japan)을 사용하여 측정하였다.

2.2.3. 분 중 휘발성 지방산 함량

분 중의 VFA (volatile fatty acid)를 측정하기 위해 상기 pH를 측정한 후 채취한 시료를 사용하였다. 회수한 돈분 시료를 1.5 mL eppendorf tube에 취하고, 3,000 rpm에서 3분간 원심 분리하여 분 슬러지를 제거하였다. 그리고 상층액 1 mL 당 25%의 HPO_3 용액을 0.2 mL을 넣고 잘 섞은 후 세워서 30분간 정체시킨 후 3,000 rpm에서 다시 10분간 원심 분리하여 상층액을 0.20 μ L syringe filter로 여과하였다. 여과한 시료를 HPLC (high performance liquid chromatography)로 측정하기 위하여 -20°C의 냉동고에 보관하였다. 본 실험에 사용된 유기산은 analytical grade로서 acetic acid, lactic acid, formic acid, butyric acid 및 propionic acid이다. Agilent (Germany)사의 모델인 Agilent 1,200을 사용하여 100, 500 및 1,000 ppm의 세 가지 농도로 standard를 잡았다. 검출기는 UV/Visible detector (Agilent, Germany)를 사용하였으며, 210 nm와 220 nm에서 분석하였다. 시료의 주입량은 20 μ L이었고, 이동상 용액은 0.0085 N H_2SO_4 을 사용하였으며, 유속은 0.6 mL/min이었다. column은 Varian (USA)을 사용하였으며, 사용 온도는 35°C였다.

2.3. 통계처리

국내산 보리 품종 별 사료를 육성돈에 첨가 시 돈분을 평가한 자료는 SAS program (SAS institute, 2002)의 GLM 방법을 이용하였다. 처리구 간 평균 비교는 Tukey test ($P < 0.05$)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 분 중 영양소 함량과 미생물 성장

국내산 품종 별 보리를 육성돈에 급여 시 분 중의 일반성분 함량과 미생물 성장을 조사한 결과는 Table 1에 제시하였다. 육성돈 사료에 옥수수의 40%를 영양보리, 우호보리 및 유연보리로 대체하여 급여 했을 때, 분 중의 일반성분 함량 가운데 수분, 조단백질과 지방 함량은 유의적인 영향을 주지 않았지만($P > 0.05$), 조섬유와 조회분 함량은 통계적인 유의성이 인정되었다. 대조구와 비교할 때 국내산 품종 별 보리를 처리한 구는 수분과 조섬유 함량이 높았지만, 조단백질, 지방 및 조회분 함량은 낮아지는 경향을 나타내었다. 한편, 미생물 성장에서 호기성 총균수는 처리구간 유의적인 차이는 없었으나, *Lactobacillus* 수는 대조구에서 가장 높게 나타난 반면, *Salmonella* 수는 가장 낮게 나타났다 ($P < 0.05$).

3.2. 분 중 가스 발생량

국내산 품종 별 보리를 육성돈에 급여 시 분 중 가스 발생량은 Table 2와 같다. 육성돈 사료에 옥수수의 40%를 영양보리, 우호보리 및 유연보리로 대체하여 급여 했을 때, 분 중의 ammonia, methane, amine 및 hydrogen sulfide 발생량에는 유의적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($P > 0.05$). 특히 주목할 점은 다른 처리구보다 methane gas가 YY40 처리구에서 231.9 ppm로 가장 낮았고, hydrogen sulfide는 WH40 처리구에서 10.82 ppm으로 유해가스 발생량이 줄어드는 것으로 관측되었다. 돈분에서 유해가스와 악취 물질의 주성분은 암모니아, 황화수소 및 휘발성 저급 지방산 등이 있다(Milner, 1975; Otto et al., 2003) 일반적으로 암모니아는 장관 내로 분비된 요소가 요소 분해효소에 의해서 암모니아로 분해되며(Wrong, 1981), 이러한 암모니아는 가축의 성장을 저해하는 역할을 한다(Lin and Visek, 1991). Headon and Walsh(1994)는 10 ppm의 암모니아 가스 발생은 가축의 성장을 감소시키며, 15 ppm의 암모니아 가스는 호흡기 계통의 질병을 일으킬 수 있다고 보고하였다. 또한 Led and Lim(2010)에 의하면 Hydrogen sulfide는 유독성 가스로서, 50~100 ppm 이상이면 눈의 염증 및

Table 1. Effects of replacement of ground corn with different barley grains on feces chemical compositions and microbial indices in growing pig

Item	Treatment ¹				SEM ²
	CON	YG40	WH40	YY40	
Chemical compositions (%)					
Moisture	71.40	73.80	73.10	72.70	1.124
Crude protein	6.52	5.73	6.03	6.15	0.323
Extract ether	1.84	1.41	1.59	1.55	0.166
Crude fiber	1.97 ^b	2.83 ^a	2.62 ^a	3.19 ^a	0.170
Crude ash	5.86 ^a	4.51 ^b	4.71 ^{ab}	4.68 ^{ab}	0.330
Microbial indices (log₁₀ cfu/g)					
Total bacteria	5.99	5.46	5.37	5.75	0.536
<i>Lactobacillus</i>	6.89 ^a	6.64 ^{ab}	6.04 ^{bc}	5.70 ^c	0.216
<i>Salmonella</i>	0.00 ^b	2.66 ^a	1.20 ^{ab}	2.07 ^a	0.552
<i>E. coli</i>	1.71	2.76	2.14	2.62	0.463

^{a,b}Means in the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05)

¹CON, basal diet; YG40, Youngyang barley replacing for 40% ground corn; WH40, Wooho barley replacing for 40% ground corn; YY40, Yuyeon barley replacing for 40% ground corn

²SEM, Standard error of the mean

호흡기 이상이 나타난다고 보고하였으나, 본 시험에는 ammonia 발생량은 평균 6 ppm이고, hydrogen sulfide 발생량은 평균 10~12 ppm으로 낮게 나타나 호흡기에는 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 돈 분에서 불쾌한 냄새를 일으키는 물질로서는 75종 이상이 있는 것으로 알려져 있다. 여기에는 ammonia, sulfides 및 amines 등 여러 가지가 있으나(Milner, 1975), 대표적인 것들로서는 휘발성지방산(C2-C5), phenols 및 indoles이다(Spoelstra, 1980).

3.3. 분 중 휘발성 지방산 함량

Table 3은 육성돈에 국내산 품종 별 보리를 사료로 첨가 시 분 중 휘발성지방산 함량을 나타내었다. 본 연구에서 acetic acid와 propionic acid가 각각 2.170 mol/g과 1.313 mol/g으로 나타났으며, 이것은 Song et al.(2014)의 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다. 한편 전체적으로 분 중의 lactic acid, acetic acid, propionic acid, butyric acid 및 iso-valeric acid는 국내산 품종 별 보리 첨가에 의해 유의적인 영향을 미치지

Table 2. Effects of replacement of ground corn with different barley grains on fecal gas emission in growing pigs

Item (ppm)	Treatment ¹				SEM ²
	CON	YG40	WH40	YY40	
Ammonia	6.11	6.08	5.84	6.61	0.63
Methane	261.80	266.30	286.50	231.90	97.9
Amine	22.67	24.67	26.35	24.41	4.33
Hydrogen sulfide	11.28	12.86	10.82	11.12	2.56

¹CON, basal diet; YG40, Youngyang barley replacing for 40% ground corn; WH40, Wooho barley replacing for 40% ground corn; YY40, Yuyeon barley replacing for 40% ground corn

²SEM, Standard error of the mean

Table 3. Effects of replacement of ground corn with different barley grains on fecal VFA concentration in growing pigs

Item (mol/g)	Treatment ¹				SEM ²
	CON	YG40	WH40	YY40	
Lactic acid	0.667	0.605	0.665	0.674	0.09
Acetic acid	2.157	2.320	2.022	2.179	0.13
Propionic acid	1.277	1.374	1.448	1.147	0.07
Butyric acid	1.271	1.285	1.297	1.270	0.10
Iso-valeric acid	0.387	0.481	0.468	0.393	0.03

¹CON, basal diet; YG40, Youngyang barley replacing for 40% ground corn; WH40, Wooho barley replacing for 40% ground corn; YY40, Yuyeon barley replacing for 40% ground corn

²SEM, Standard error of the mean

않는 것으로 나타났다($P>0.05$). 휘발성지방산은 악취를 유발하는 대표적인 물질로서, Zahn et al.(2001)의 연구에서 악취는 휘발성지방산과 상관 관계가 있다고 보고하였으나, 본 연구에서는 처리구간 차이가 없었으므로, 국내산 보리에 의한 악취저감 효과는 없을 것으로 사료된다.

4. 결론

국내산 품종 별 보리를 육성돈에 급여 시 분 중의 일반성분 함량, 미생물, 유해가스 발생량 및 휘발성지방산 함량에는 크게 영향을 주지 않았다($P>0.05$). 그러나, 일반성분 중 조섬유와 조회분 함량 그리고 미생물 중 *Lactobacillus*와 *Salmonella*는 처리구간에 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 옥수수의 40%를 영양 보리로 처리한 구는 다른 처리구보다 methane gas 함량이 가장 낮았고, hydrogen sulfide의 경우 옥수수의 40%를 우호보리로 처리한 구에서 유해가스 발생량이 감소하는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 경남과학기술대학교 기성회연구비 지원에 의하여 연구 되었음.

REFERENCES

AOAC, 2000, Official methods of analysis of AOAC International, (17th ed.), Gaithersburg, MD, USA,

AOAC.
 Cho, M. K., 2008, Study on pig industry's competitiveness plan under FTA environment, MS thesis, Chungang University.
 Goering, H. K., Van Soest, P. J., 1970, Forage fiber analysis, Agricultural handbook No. 379. US Department of Agriculture, Washington, DC. 1-20.
 Kim, D. M., 2013, Evaluation on feed nutritional value of spent mushroom substrate in Korean native black pig, MS Thesis, Kangwon University Graduate School.
 Kim, J. G., Han, M. S., Kim, G. Y., Han, J. D., Jin, H. J., Shin, C. N., 1996, Study on baled silage making of selected forage crops and pasture grasses, J. Korea Grassl. Sci., 16, 87-92.
 Lee, E. Y., Lim, J. S., 2010, Current status and perspectives of livestock environment improving agents for the characteristics and control of swine manure odor, Kor. J. Microbiol. Biotechnol., 38, 244-254.
 Otto, E. R., Youkouama, M., Hengemule, S., Yrottier, N. L., 2003, Ammonia, volatile fatty acids, phenolics and odor offensiveness in manure from growing pigs fed diets reduced in protein concentration, J. Anim. Sci., 81, 1754-1763.
 Park, T. I., Seo, J. H., Han, O. K., Kim, K. H., Oh, Y. J., Park, K. H., Choi, J. S., Park, J. C., Park, H. H., Kim, H. S., Kim, J. G., Song, T. H., Kim, W. H., Park, N. G., Jeung, J. H., Ju, J. I., Kim, S. Y., Kim, D. H., 2011, A new whole crop barley cultivar 'Younghan' with good quality, resistance to lodging and viral disease and high-yielding, Kor. J. Breed. Sci., 43,

- 184-189.
- SAS Institute, 2002, SAS/STAT User's Guide: Version 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Song, Y. M., Cho, J. H., Chu, G. M., Kim, H. Y., Lee, J. Y., Kim, S. C., Kim, S. C., 2014, Effects of bamboo powder supplementation on growth performance, blood metabolites and characteristic of fattening pigs and gas emission and microbial populations in pig manure, *J. Environ. Sci. Intern.*, 23, 1429-1436.
- Spoelstra, S. F., 1980, Origin of objectionable odorous compounds in piggery wastes and the possibility of applying indicator components for studying odor development, *Agric. Environ.*, 5, 241-260.
- Yun, S. K., Park, T. I., Seo, J. H., Kim, K. H., Song, T. H., Park, K. H., Han, O. K., 2009, Effect of harvest time and cultivars on forage yield and quality of whole crop barley, *J. Kor. Grassl. Forage Sci.*, 29, 121-128.
- Zahn, J. A., DiSpirito, A. A., Do, Y. S., Brooks, D. E., Cooper, E. E., Hatfield, J. L., 2001, Correlation of human olfactory responses to airborne concentrations of malodorous volatile organic compounds emitted from swine effluent, *J. Environ. Qual.*, 30, 624-1634.