



이렇게 배설된 물질들이 돈사 바닥 또는 슬랏 아래에서 저장되는 동안 혐기 미생물에 의해 발효되면 악취물질이 생성된다(Spoelstra, 1977; Williams와 Evans, 1981). 오래전부터 한국에서는 돼지의 성장을 중심으로 사양관리를 하게 되면서 가축의 요구량보다 많은 단백질이 사료에 포함되어 왔다. 이로 인해 체내에서 이용되지 않은 단백질이 배설되어 분뇨저장 및 처리과정에서 악취를 발생하게 된다. 2005년도에 축산시설에서 발생하는 악취물질을 규제하기 시작한 이래(악취방지법, 2005), 축산시설을 대상으로 하는 악취 민원 중 양돈시설을 대상으로 한 민원이 많은 것 같다. 이런 상황으로 인하여 축산시설에서 발생하는 악취가 양돈시설의 설치장소와 규모를 결정하는데 중요한 역할을 하고 있다. Williams (1984)와 Hobbs 등 (1997)은 축산시설에서 발생하는 악취의 지표물질로 휘발성지방산류, 인돌류, 페놀류, 황화합물류를 포함하여 4종류를 제시하였다. 이 중 페놀 화합물과 인돌 화합물이 돈사에서 발생하는 주요 냄새물질로 언급되고 있다(Schaefer, 1977; Williams와 Evans, 1981; O'Neill와 Phillips, 1992). 페놀 화합물의 대표물질인 페놀과 p-크레졸은 L-타이로신의 분해로 생성되고, 인돌 화합물의 대표물질인 인돌과 스카톨은 L-트립토판의 분해로 생성된다. 페놀 화합물과 인돌 화합물이 가축의 대장 점막을 통해 흡수되면 glucuronic acid와 결합한 후 간으로 이동하여 독성이 없는 물질인 glucuronide, sulphuric acid 및 무기태황으로 전변된다(Smith와 Williams, 1966). 이들 물질이 분뇨를 통하여 배설된 다음 분의  $\beta$ -glucuronidase가 뇨로 배설된 glucuronide를 분해하여 다시 페놀 및 인돌 화합물을 생성한다. 섬유소 강화 사료를 돼지에 급여하면 신선분에서 p-크레졸과 스카톨의 발생량이 감소된다고 한다(Goa 등, 1999). 고추냉이와 팽이버섯폐배지는 다량의 섬유소를 함유하고 있다. 특히 팽

이버섯폐배지에는 콘코브, 밀기울 등의 사료 원료가 많이 포함되어 있으며 조섬유 함량이 13.7% 정도로 높다(정 등, 2006). 또한 팽이버섯폐배지에 함유되어 있는 버섯균은 일반 세균이나 소화효소에 의해 분해되기 어려운 리그닌 등의 다당류를 단당류로 분해하기 때문에(김, 1993), 장내 미생물이 이것을 이용하게 되면 질소 소비를 줄일 수 있어 질소유래 악취물질의 발생량이 감소될 수 있을 것이다. 본 연구는 서양고추냉이와 팽이버섯폐배지를 비육돈에 급여하여 분뇨에서 발생하는 악취물질의 농도변화를 조사하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험 디자인, 동물 및 사료

평균체중  $78.4 \pm 8.88$  kg의 비육돈 수컷 20두 [(렌드레이스 × 요크셔) × 듀록] 를 처리당 5두씩으로 하여 4처리에 난괴법(RCB)으로 대사케이지에 1두씩 배치하였다. 처리구는 1) 무처리구, 2) 서양고추냉이 분말 0.03% 첨가, 3) 팽이버섯폐배지 0.5% 첨가 4) 서양고추냉이 분말 0.03%와 팽이버섯폐배지 0.5% 혼합으로 구성되었다. 대사케이지 ( $1.6 \times 0.8$  m<sup>2</sup>)는 플라스틱 슬랏바닥, 급이기 및 급수기를 가지고 있고, 돈사 온도는 자동조절 열풍기 및 배기팬을 이용하여 약 25°C로 유지되었다. 모든 사료는 가루사료 형태로서 NRC (1998) 영양소 요구량이 충족되었다. 시험사료는 에너지(DE), 아미노산 및 광물질 수준을 비슷하게 제조하였다(Table 1).

### 2. 사료급여

돼지는 14일간의 적응기를 거쳐 7일간 본 시험에 공시되었다. 사료는 체중의 3%로 1일 2회(09:00, 16:00) 급여 하였는데, 물과 사료

Table 1. Formula of the experimental diets<sup>1)</sup>

	Control	Horseradish (H)	Mushroom waste (M)	H + M
Corn, yellow	72.34	72.34	69.74	69.71
Mushroom waste, power	0.00	0.00	0.50	0.50
Horseradish, power	0.00	0.03	0.00	0.03
Soybean oil	0.67	0.67	1.30	1.30
Molasses	0.07	0.07	1.29	1.29
Soybean meal	24.07	24.07	24.34	24.34
Limestone	0.53	0.53	0.48	0.48
DCP	1.52	1.52	1.55	1.55
Mineral Mixture <sup>2)</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin Mixture <sup>3)</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Endopower <sup>4)</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05
Bioplus 2B <sup>5)</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Composition calculated				
Protein (%)	16.5	16.5	16.5	16.5
DE (kcal/kg)	3,450	3,450	3,450	3,450
Fiber (%)	3.40	3.40	3.40	3.40
Ca (%)	0.80	0.80	0.80	0.80
P (%)	0.65	0.65	0.65	0.65
Lysine (%)	0.87	0.87	0.87	0.87
Methionine (%)	0.27	0.27	0.27	0.27
Treonine (%)	0.63	0.63	0.63	0.63
Tryptophan (%)	0.19	0.19	0.19	0.19

<sup>1)</sup> Diets contain horseradish, mushroom waste and horseradish plus mushroom waste per treatment, which contain 0.03, 0.5, 0.03 + 0.5% in the diet, respectively.

<sup>2)</sup> Provided the following per kilogram of diet : choline chloride 700 mg, selenium 0.15 mg, manganese 0.03 g, zinc 0.1 g, iron 0.1 g, iodine 0.5 mg, magnesium 0.1 g.

<sup>3)</sup> Provided the following amounts per kilogram of diet : vitamin A 5,500 IU; vitamin D<sub>3</sub> 550 IU; vitamin E 27 IU; menadione sodium bisulfate 2.5 mg; pantothenic acid 27 mg; niacin 33 mg; riboflavin 5.5 mg; vitamin B<sub>12</sub> 0.04 mg; thiamin 5 mg; pyridoxine 3 mg; biotin 0.24 mg; folic acid 1.5 mg; choline chloride 700 mg.

<sup>4)</sup> Provided per kilogram of diet;  $\alpha$ -galactosidase, Galactomannanase, Xylanase,  $\beta$ -glucanase,  $\alpha$ -amylase etc.

<sup>5)</sup> Provided per kilogram of diet; Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis.

를 증량기준으로 2.5:1로 혼합하여 급여 하였다. 돼지 개체별로 분뇨량이 비슷하게 되도록 하기 위해 사료와 물의 섭취량을 같게 하

였고, 물을 추가적으로 공급하지 않았다. 사료급여량을 매일 측정하였고, 시험개시와 종료 시에 체중을 측정하였다.

Table 2. Gas chromatography analysis condition

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

### 3. 분뇨 채취 및 분석

시험기간 동안 대사케이지 아래 분뇨받이를 이용하여 1일 2회 개체별로 분뇨를 채취하였다. 채취한 분뇨를 10 L 통에 넣어 -20 °C에 보관하였고, 악취물질을 분석하기 전에 증류수와 슬러리를 1:1로 희석하였다. Flickinger 등 (2003)의 방법에 따라 Gas Chromatography (6890N, Agilent, USA)를 이용하여 휘발성유기물 (Volatile organic compound; VOC) 농도를 분석하였다 (Table 2).

### 4. 통계처리

모든 실험은 각각 5회 반복 실험을 수행하였으며, 실험결과에 대한 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System, 1996) package

GLM (General Linear Model)을 이용하여 분산 분석을 실시하였고, 평균간 차이는 Duncan (1955)의 다중검정법에 의해 95% 유의수준으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 분뇨의 단쇄지방산 농도 변화

사료에 서양고추냉이 분말 0.03%, 팽이버섯폐배지 0.5% 및 서양고추냉이 분말 0.03%와 팽이버섯폐배지 0.5%의 혼합제를 사료에 첨가한 후 돼지에 급여한 다음 분뇨의 단쇄지방산 농도를 측정하였다 (Table 3). 분뇨의 초산, 프로피온산, 부티르산 및 이성체지방산의 농도는 처리별로 차이가 없었다 ( $p>0.05$ ). 이것은 사료에 서양고추냉이와 팽이버섯폐배

Table 3. Effect of horseradish and mushroom waste combination on the short chain fatty acid concentration from manure of pigs<sup>1)</sup>

	Control	Horseradish (H)	Mushroom waste (M)	H + M	MS
Acetic acid	739	898	901	782	213
Propionic acid	275	308	282	319	81
Butyric acid	155	174	156	194	51
i-Butyric acid	44	46	46	45	9
i-Valeric acid	83	91	83	85	17
SCFA <sup>2)</sup>	1,169	1,380	1,339	1,295	326
I-SCFA <sup>3)</sup>	127	138	129	130	26

<sup>1)</sup> Diets contain horseradish, mushroom waste and horseradish plus mushroom waste per treatment, which contain 0.03, 0.5, 0.03 + 0.5% in the diet, respectively.

<sup>2)</sup> SCFA = acetic acid + propionic acid + butyric acid

<sup>3)</sup> I-SCFA = i-butyric acid + i-valeric acid

Table 4. Effect of horseradish and mushroom waste combination on volatile organic compounds concentration from manure of pigs<sup>1)</sup>

	Control	Horseradish (H)	Mushroom waste (M)	H + M	MS
Phenol	2.57	1.97	2.50	2.56	0.8
p-Cresol	106.63	96.24	110.03	90.29	31.0
Indole	1.11 <sup>a</sup>	0.79 <sup>b</sup>	1.27 <sup>a</sup>	1.12 <sup>a</sup>	0.3
Skatole	1.74 <sup>a</sup>	1.81 <sup>a</sup>	1.43 <sup>b</sup>	1.12 <sup>c</sup>	0.3
Phenols <sup>2)</sup>	109.20	98.21	112.53	92.85	31.6
Indoles <sup>3)</sup>	2.85 <sup>a</sup>	2.60 <sup>a</sup>	2.71 <sup>a</sup>	2.24 <sup>b</sup>	0.3

<sup>1)</sup> Diets contain horseradish, mushroom waste and horseradish plus mushroom waste per treatment, which contain 0.03, 0.5, 0.03+0.5% in the diet, respectively.

<sup>2)</sup> Phenols = phenol + p-cresol

<sup>3)</sup> Indoles = indole + skatole

<sup>a, b, c</sup> Figures with different superscripts within the same row are significantly different (p<0.05).

지의 첨가 농도가 낮아 대장의 발효환경에 미치는 영향이 적었기 때문으로 사료된다.

## 2. 분뇨의 휘발성유기물 농도 변화

사료에 서양고추냉이 분말 0.03%, 팽이버섯폐배지 0.5% 및 서양고추냉이 분말 0.03%와 팽이버섯폐배지 0.5%의 혼합제를 사료에 첨가한 후 돼지에 급여한 다음 분뇨의 페놀 화합물과 인돌 화합물의 농도를 측정하였다 (Table 4). 페놀 화합물인 페놀과 p-크레졸의 농도는 처리구별로 차이가 없었다 (p>0.05). 페놀과 p-크레졸을 합한 페놀류의 농도도 처리구간에 차이가 없었다 (p>0.05). 그러나 인돌 농도는 다른 처리구에 비하여 고추냉이 처리구에서 낮았다 (p<0.05). 스카톨 농도는 대조구와 고추냉이구에서 가장 높았고, 고추냉이와 버섯폐배지의 혼합구에서 가장 낮았으며, 버섯폐배지구는 중간이었다 (p<0.05). 인돌류 농도는 고추냉이와 버섯폐배지의 혼합구에서 가장 낮았다 (p<0.05). 이것은 사료에 함유된 고추냉이와 팽이버섯폐배지의 상호작용이 있었기 때문으로 판단된다.

결론적으로 비육돈사료에 서양고추냉이 분

말 0.03% 첨가, 팽이버섯폐배지 0.5% 첨가 또는 서양고추냉이 분말 0.03%와 팽이버섯폐배지 0.5% 혼합하여 급여하였을 때 돼지의 분뇨에서 페놀과 p-크레졸의 농도에 차이가 없었다. 그러나 팽이버섯폐배지를 사료에 첨가하여 급여하였을 때 분뇨의 스카톨 농도가 감소되었고, 서양고추냉이와 혼합하면 급여하면 시너지 효과가 높게 나타나는 것으로 분석되었다.

## 적 요

본 연구는 사료에 서양고추냉이 분말 0.03%, 팽이버섯폐배지 0.5% 및 서양고추냉이 분말 0.03%와 팽이버섯폐배지 0.5%의 혼합제를 사료에 각각 첨가한 후 비육돈에 급여하여 분뇨에서 발생하는 악취물질의 농도변화를 조사하였다.

1. 분뇨의 단쇄지방산 농도를 측정한 결과 초산, 프로피온산, 부티르산 및 이성체지방산의 농도는 처리구간에 차이가 없었다 (p>0.05).

2. 분뇨의 페놀, p-크레졸 및 이들을 합한 페놀류 농도는 처리구간에 차이가 없었다 (p>0.05). 그러나 인돌 농도는 고추냉이 처리

구에서 낮았으며 ( $p < 0.05$ ), 스카톨 농도는 대조구와 고추냉이구에서 가장 높았고, 고추냉이와 버섯폐배지의 혼합구에서 가장 낮았으며, 버섯폐배지구는 중간이었다 ( $p < 0.05$ ). 인돌류 농도는 고추냉이와 버섯폐배지의 혼합구에서 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ).

## 인 용 문 헌

- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11:1-42.
- Flickinger, E. A., Schreijen, E. M. W. C., Patil, A. R., Hussein, H. S., Grieshop, C. M., Merchen, N. R. and Fahey Jr., G. C. 2003. Nutrient digestibilities, microbial populations, and protein catabolites as affected by fructan supplementation of dog diets. *J. Anim. Sci.* 81:2008-2018.
- Goa, Y., Rideout, T., Lackeyram, D., Archbold, T., Fan, M. Z., Squires, E. J., Duns, G., de Lange, C. F. M. and Smith, T. K. 1999. Manipulation of Hindgut Fermentation to Reduce the Excretion of Selected Odor-Causing Compounds in Pigs. *Symposium of the Hog Environmental Management Strategy (HEMS)*.
- Hobbs, P. J., Misselbrook, T. H. and Pain, B. F. 1997. Characterization of odorous compounds and emissions from slurries produced from weaner pigs fed dry feed and liquid diets. *J. Sci. of Food and Agric.* 437-445.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington D. C.
- O'Neill, D. H. and Phillips, V. R. A. 1992. Review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3: Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. *J. Agric. Eng. Res.* 53:23-50.
- SAS. 1996. SAS/STAT<sup>®</sup> software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schaefer, J. 1977. Sampling, characterization and analysis of malodours. *Agric. Environ.* 3:121-127.
- Smith, R. L. and Williams, R. T. 1966. *Glucuronic Acid. Free and Combined*. New York and London: Academic Press.
- Spoelstra, S. F. 1977. Simple phenols and indoles in anaerobically stored piggery wastes. *J. Sci. of Food and Agric.* 28:415-23.
- Williams, A. G. and Evans, M. R. 1981. Storage of piggery slurry. *Agricultural Waste*. 3:311-321.
- Williams, A. G. 1984. Indicators of piggery slurry odour offensiveness. *Agricultural Waste* 10:15-36.
- 김현중. 1993. 꽃송이버섯균, 해면버섯균 및 덕다리버섯균에 의한 낙엽송 근주 심재부후균에 관한 연구. 강원대학교 농학 박사학위논문.
- 악취방지법. 2005. 환경부.
- 정종천, 전창성, 김승환, 장갑열, 박정식, 나재천, 전민현. 2006. 팽이버섯 탈병배지의 사료첨가가 육계의 질 및 생산비용에 미치는 영향. *한국균학회지* 34(1):29-33.