Research article

축산농가에서 사용 중인 악취 저감제의 유형 분석 및 환경개선제의 돈분뇨 *in vitro* 발효 평가

김수량¹ · 이명규² · 성하균^{3*}

¹상지대학교 산학협력단 연구교수, ²상지대학교 환경공학과 교수, ³상지대학교 동물자원학과 교수

A study on the *in vitro* fermentation of piggery manure and the type trend of odor reducing agents used in livestock farms

Soo-Ryang Kim¹, Myung-Gyu Lee², Ha Guyn Sung^{3*}

¹Research Professor, Industry-Academic Cooperation Foundation, Sangji University, 83 Sangjidae-gil, Wonju-si, Gangwon-do, 26339, Republic of Korea

²Professor, Department of Environmental Engineering, Sangji University, 83 Sangjidae-gil, Wonju-si, Gangwon-do, 26339, Republic of Korea

³Professor, Department of Animal Science, Sangji University, 83 Sangjidae-gil, Wonju-si, Gangwon-do, 26339, Republic of Korea

Corresponding author

Ha Guyn Sung
Sangji University, 83 Sangjidae-gil,
Wonju-si, Gangwon-do, 26339,
Republic of Korea
Tel : +82-33-730-0530
Fax : +82-33-730-0594
E-mail : haguyn@hanmail.net

Received : May 4, 2021

Revised : June 7, 2021

Accepted : June 24, 2021

This study was investigated the characteristics of the types and main components of odor reducing agents used in livestock farms, and evaluate the efficacy of reducing odors in pig manure through *in vitro* fermentation. As a result of classification according to major components, Microbial & Probiotics agents (71.3%), Amino acid supplements (11.7%), Composite type (6.1%), Silicate supplements (4.9%), Extract (2.8%), Vitamin supplements (2.0%), and Enzyme (1.0%) were investigated in that order. The Microbial & Probiotics agents (n = 176) showed that *Bacillus subtilis* accounted for the highest percentage, and had 10^6 and 10^{11} CFU/g. When the three biological agents (plant extracts, *Bacillus subtilis*-based complexes, yeast and lactic acid bacteria complexes) were evaluated an odor reduction efficacy, these agents were not shown effects on decreasing hydrogen sulfide and odor. However, ammonia was reduced by 6.06, 29.38 and 15.49% of the control group in Treatment I (plant extracts), Treatment II (*Bacillus subtilis*-based complexes) and Treatment III (yeast and lactic acid bacteria complexes), respectively. When bacterial changes were observed during *in vitro* fermentation, total bacteria was increased $1.22 \sim 4.02 \times 10^9$ CFU/g at the beginning of culture to $2.51 \times 10^9 \sim 1.03 \times 10^{10}$ CFU/g at the end of culture, and showed higher all additive-treated groups than non-additives. *Bacillus subtilis* increased as the incubation time, and showed higher levels in Treatment I and Treatment II than the additive-free group and Treatment III. *Lactobacillus* sp. decreased in all groups except for treatment I for incubation, but maintained higher levels in the additive-treated group than the non-additive group. Yeast was a level of $3.13 \sim 7.93 \times 10^9$ CFU/g at the beginning of the culture, but was not detected at the end of the culture. Livestock farms are using various odor reducing agents, and their effects vary depending on the characteristics of the products. Therefore, it is considered that understanding of odor generation in farms and characteristics of odor reducing agents should be prioritized for effective odor control.

Key words : Livestock manure, Pig, Odor, *In vitro*, Odor Reducing Agents

서론

국민의 소득 증대로 육류의 소비 증대와 함께 현대의 양돈 산업은 생산비 절감 및 생산성 향상을 위하여 소규모 부업형태에서 대규모 전업형태로 진행되었고, 성장단계별 개별농장에 양돈 생산체계가 이루어지는 미국과는 달리 우리나라는 제한된 공간에서 주로 일괄사육체제로 많은 두수를 집약적으로 생산함에 따라 악취 등과 같이 주변 환경에 주는 부정적 영향이 크게 나타난다. 양돈 생산은 인간에 필요한 식량자원 공급 차원에서 필수적이나 양돈의 사육과정에서 분뇨 및 악취의 발생은 피할 수 없는 일이다. 이들 분뇨 악취발생의 2차 오염으로써 주민들의 생활에 경제적, 사회적 및 심리적 파급 효과로 민원문제를 파생시키는 실정이다 (Jang et al., 2004, 2007; Lee et al., 2006). 또한 축사 내에서 이들 악취는 주로 가축 분뇨에서 기인된 것으로 관리자의 건강 및 가축 생산성을 저하시키는 원인을 제공하기도 한다 (Schenker et al., 1998; Donham, 2000; Inverson et al., 2000).

양돈 농가에서 발생하는 분뇨 악취 발생은 사료의 성분, 가축의 상태, 오줌과 분변의 배설량, 분뇨 처리 및 관리 상태, 환경적 요소 등 많은 인자에 의하여 영향을 받는다 (Phung et al., 2005). 이들 악취는 다양한 물질의 복합체가 만들어내는 냄새로 169가지의 성분이 관여한다고 알려져 있으며, 주요 성분으로는 황화합물류, 휘발성 지방산류 (VFAs), 페놀과 인돌류 및 암모니아와 휘발성 아민류로 구분 할 수 있고, 대부분은 소화되지 않은 사료 영양소가 대장에서 미생물 발효에 의해 생성되고, 나머지는 배설물로 축사나 저장고에서 혐기성 미생물의 발효에 의해 발생된다고 보고되고 있다 (O'Neill and Phillips, 1992). 우리나라에서는 2006년 지정악취물질 및 배출허용 기준은 12종이었으며, 2008년에는 휘발성 유기화합물 5종을 포함하여 17종으로 늘었고, 2010년부터는 지방산류를 포함하여 22종의 악취물질을 규제하고 있다 (Oh et al., 2006).

양돈 농가에서는 발생하는 악취를 억제 또는 감소시키기 위해 여러 가지 방법이 활용되고 있으며, 생산비 절감과 환경오염 방지란 당면 과제와 함께 소비자 먹거리에 대한 안전한 축산물 확보를 위한 친환경 천연제제의 중요성이 증가하고 있다 (Sung, 2013; Sung et al., 2017). 대표적 친환경 천연제제로 미생물을 이용한 생균제와 기능성 식물 유래 허브제에 대한 관심과 활용이 증가하고 있다 (Kim and Kim, 1992; Yeo and Kim, 1997; Santoso et al., 1999).

그리고 이외에도 규산염제, 유기산제, 효소제 등 다양한 제제들이 활용되고 있다 (Sung et al., 2017).

따라서 본 연구는 양돈농가에서 분뇨로부터 발생하는 악취를 저감 및 억제 할 수 있는 환경개선제의 종류 및 주요성분에 대한 특성을 조사하였고, 충북지역의 양돈농가에서 확보한 친환경 생물학제제의 양돈분뇨 악취 저감 효능을 *in vitro* 발효를 통한 평가를 진행하였다.

재료 및 방법

1. 국내 유통중인 축산 악취저감제 조사

축산농가에서 사용하는 악취 저감제의 종류 및 주요성분에 대한 특성을 파악하고자 나라장터 (조달청) 웹사이트에서 ‘환경개선제’, ‘악취저감제’ 및 ‘사료첨가제’의 키워드로 1차 검색하여 약 1,000여개의 제품 data를 구축하였다. 그리고 1차 검색 결과 중 축산 환경개선 및 축산 악취저감과 관련이 있는 247의 제품에 대하여 세부 조사를 수행하였다. 제품의 세부조사 항목은 제공된 제품정보를 기반으로 물리적 형태, 주요 구성 성분 및 함량, 효능 및 효과, 용량 및 용법 등에 대하여 카테고리별로 구분하여 분석하였다.

2. 악취 저감제의 양돈분뇨 *in vitro* 발효 평가

(1) 시험시료 및 양돈분뇨 준비

시험시료인 악취저감제는 충북지역의 500~3,200두 규모의 일괄사육 양돈농가에서 추천하는 생물학 제제 3가지

Table 1. Characteristics of odor reducing agents for *in vitro* fermentation.

Experiment groups	Dosage and characteristics
Control	<ul style="list-style-type: none"> • Non-added agents
Treatment I	<ul style="list-style-type: none"> • Use 1 bottle (20 L/bottle) of undiluted solution per 100 m³ (ton) • Main ingredients: 50% bamboo Extract + 50% cypress Extracts
Treatment II	<ul style="list-style-type: none"> • Use 1 bottle (20 L/bottle) of undiluted solution per 300 m³ (ton) • Main ingredients: Complex microbial and <i>B. subtilis</i> culture
Treatment III	<ul style="list-style-type: none"> • Use 1 bottle (18 L/bottle) of undiluted solution per 50 m³ (ton) • Main ingredients: <i>Lactobacillus</i> and yeast culture

(식물추출제, 고초균 기반 복합제, 효모 및 유산균 복합제)를 사용하였다 (Table 1).

악취저감제의 *in vitro* 발효 평가를 위하여 분뇨 채취용 공시동물로 모돈사에서 사육하고 있는 모돈을 이용하였다. 모돈은 분뇨 채취기간 동안 각각의 케이지에서 기능성 첨가제가 포함되지 않은 모돈용 배합사료를 동일하게 급여하였다. 그리고 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 시험에 사용된 분뇨는 신선한 분과 뇨를 채취하였다. 신선한 분과 뇨를 채취하기 위하여 모돈으로부터 돈사 내 바닥 청결을 유지하며 오전에 배뇨 직후 채취하였으며, 뇨는 모돈사 배뇨구 시설을 막아 고인 뇨를 수거한 후 35 mesh 체로 이물질질을 제거한 후 시험용 재료로 사용하였다.

(2) 양돈 분뇨 *in vitro* 발효 준비

돈분뇨의 악취 발생과 포집을 위하여 수거한 신선한 분과 뇨를 증류수와 1.00:1.00:0.15 비율이 되도록 혼합하여 발효용 돈분뇨 배지를 만들었다. 돈분뇨 배지 발효로부터 발생되는 암모니아와 황화수소를 포집하기 위하여 Zhu et al. (1996)에 기술된 방법을 개조하여 350 mL 용량의 플라스틱 용기 (Figure 1)를 제작하였다. 돈분뇨 배지는 용기 공간의 1/3정도가 되도록 넣은 후 실온 (20~25°C)에서 설치한 후 악취가 발생하도록 하였다. 악취저감 제제의 사용은 각 제제의 용량 및 용법에 제시하는 권장량을 첨가하였다.

(3) 양돈 분뇨 발효시 발생 악취 조사

악취 저감제 첨가에 따른 분뇨 발효시 발생하는 가스의 조사 성분은 NH_3 , H_2S 및 Oder를 측정하여 비교 분석하였다. 이들 분석에 사용된 기기는 휴대용 디지털 가스 측정기 (Portable multi-gas detector, SKY2000-M4)를 이용하여

디지털 가스 측정기 사용 매뉴얼에 따라 10초 이상 흡입시킨 후 일정한 수치를 유지하였을 때 표시된 수치를 기록하였다. 이들 성분의 측정은 양돈 분뇨 *in vitro* 발효하는 동안 12시간 간격으로 측정하여 무침가구와 비교하여 분석하였다.

(4) 양돈 분뇨 발효시 미생물 변화 조사

미생물 변화 조사를 위하여 배양 초기 (0시간) 및 종료 (72시간) 시에 샘플을 채취하여 5 g을 소독된 용기에 넣고 멸균된 식염수 (0.85% NaCl)를 45 mL를 넣어 5분동안 혼합하여주며 미생물 추출액을 준비하여 총균수, 효모류, 유산균류 및 고초균류를 분석하였다.

미생물 조사는 식품 및 식품첨가물 공전 (고시 제2020-98호, 2020.10.16.)에 따라 실시하였다. 미생물 추출액은 10배 희석법으로 희석하여 100 μL 를 멸균평판에 분주하여 미리 준비한 45~50°C의 선택 한천배지를 20 mL를 가하여 plate count medium을 35~37°C에서 2~3일간 배양하였으며, 각 미생물의 콜로니수가 평판당 집락수가 30~300 CFU가 형성된 희석배수의 것을 측정하여 산정하였다.

총균수는 PCA (Plate Count Agar, MB Cell, Korea)를 사용하여 plate count medium을 준비하여 35~37°C에서 1~2일간 배양하였으며 콜로니 형성을 관찰 및 계수하였고, 유산균류는 MRS agar (MB Cell, Korea) 그리고 고초균류는 Nutrient agar (MB Cell, Korea)를 사용하여 plate count medium을 준비하여 37°C에서 1~2일간 배양하였으며 콜로니 형성을 관찰 및 계수하였다. 효모류는 YM agar (MB Cell, Korea)를 사용하여 plate count medium을 준비하여 28~33°C에서 1~2일간 배양하였으며 콜로니 형성을 관찰 및 계수하였다.

결과 및 고찰

1. 국내 유통 중인 축산 악취저감제 분류 특성

축산 환경개선 및 축산 악취저감과 관련이 있는 환경개선제에 대해 나라장터 (조달청)에서 유통되고 있는 제품 (n = 247)을 제공된 정보 기반으로 조사하였다. 결과 제품의 물리적 형태에 따라서는 고상형이 75.3%, 액상형이 24.7%으로서 대부분 고상형 제품이 유통되는 것으로 파악되었다. 또한 주요 구성 성분 (원료)에 따른 분류 결과 미생물 및 생균제 (71.3%) > 아미노산제 (11.7%) > 혼합제

Figure 1. Plastic reaction vessel for *in vitro* fermentation of pig manure.

Table 2. Classification of odor reducing agents (n = 247) for significant components.

Odor Reducing Agents	Solid type	Liquid type	Total
Microbial & Probiotics agents	124 (50.2%)	52 (21.1%)	176 (71.3%)
Amino acid supplements	28 (11.3%)	1 (0.4%)	29 (11.7%)
Composite type [†]	12 (4.9%)	3 (1.2%)	15 (6.1%)
Silicate supplements	10 (4.0%)	2 (0.8%)	12 (4.9%)
Extract [‡]	5 (2.0%)	2 (0.8%)	7 (2.8%)
Vitamin supplements	4 (1.6%)	1 (0.4%)	5 (2.0%)
Enzyme	3 (1.2%)	-	3 (1.0%)
Total	186 (75.3%)	61 (24.7%)	247 (100%)

[†] Composite type: Products mixed with Microbial & Probiotics agents, Extract, Enzyme, etc.

[‡] Extract: Extracts derived from fruits, plants, herbs, etc.

(6.1%) > 규산염제 (4.9%) > 추출물 (2.8%) > 비타민제 (2.0%) > 효소제 (1.0%) 순이었으며, 미생물 및 생균제의 비율이 가장 높은 것으로 나타났다 (Table 2).

유통되는 악취저감제에 대해 가장 큰 비율을 차지하는 미생물제 및 생균제 (n = 176)에 대하여 제품을 구성하는 주요 균종의 분포 특성을 조사하였다 (Figure 2). 미생물제를 구성하는 주요 균종은 *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus coagulans*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces*

cerevisiae, *Enterococcus faecium*, *Rhodopseudomonas capsulata* 등 매우 다양하게 나타났으며, 그중에서도 가장 많은 유형으로 나타나는 균종은 *Bacillus subtilis*로서 미생물의 균체 농도는 $10^6 \sim 10^{11}$ CFU/g 수준인 것으로 조사되었다.

2. 악취 저감 생물학 제제의 양돈분뇨 *in vitro* 발효 평가

(1) 양돈분뇨 *in vitro* 발효 동안 악취 발생에 미치는 영향

분뇨 발효기간 동안 odor 측정치는 Figure 3A에서와 같이 배양 후 12시간에 모든 실험구에서 최고점을 형성한 후 감소하였고, 그 이후 낮은 수준을 유지하였다. 그리고 초기 배양기간 (0~24 시간)에는 첨가제 처리구가 무첨가구에 비하여 높은 경향을 보였으나 배양 24시간 이후에는 모두 낮은 수준으로 차이를 발견할 수 없었다. Figure 3B에서와 같이 암모니아 발생은 모든 실험구가 배양시간이 경과함에 따라 증가하였고, 배양 36시간 이후에는 큰 변화를 보이지 않고 유지되거나 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 전반적으로 악취저감제 처리구가 무첨가구 보다 낮은 수준을 유지하였으며, 배양 초기에 treatment II (고초균 기반 복합제)와 treatment III (효모 및 유산균 복합제)가 다른 실험구에 비하여 좀 더 저감되는 경향을 나타내었고, treatment I (식물추출제)는 배양 24시간 이후부터 무첨가구에 비하여 낮은 경향을 나타내었다. Figure 3C에서와 같이 황화수소 발생은 시험을 위한 처리 후 측정된 초기 (0시간) 때에 모든 처리구에서 검출 되었으나, 24시간 이후에는 대부분의 처리구에서 측정이 안 되거나 아주 낮은 수준이었다, 다만 treatment III (효모 및 유산균 복합제)에서만 배양 12시간에 증가하였다. 그리고 전반적으로 악취저감제 첨가에 의한 황화수소 감소 경향을 발견할 수 없었다.

Figure 2. Distribution characteristics of the used species for odor reducing agents based on microbial and probiotics agents (n = 176).

Figure 3. The changes of odor (A), hydrogen sulfide (B) and ammonia (C) by odour reducing agents.

Sung et al. (2017)은 국내 유통되는 환경개선제의 효능 평가에서 제제에 따른 악취저감 능력이 다양한 것을 보고 하였고, 본 연구에서도 처리구별 다른 효능이 관찰되었다. 국내에서 유통되는 개선제 중 암모니아 및 황화수소의 저감 효능을 나타내는 제품이 각각 71% 및 74%로이었으며, 그 중 무첨가에 비하여 30% 이상 저감 효과를 보이는 것이 각각 44% 및 32% 차지하였다 (Sung et al., 2017). 그러나 본 연구에서 사용된 환경개선제는 황화수소 및 order의 저감 효과는 발견되지 않았고, 암모니아에서만 발효기간 동안 시간대별 측정치의 평균 저감율이 treatment I, II 및 III에서 각각 무첨가에 비하여 6.06, 29.38 및 15.49% 감소된 효과를 관찰하였다.

농가에서는 악취를 줄이기 위하여 환경개선제의 사용은 하고 있으나 감소 효과는 다양하다. 그러므로 악취 발생을 효과적으로 제어하기 위해서는 악취 발생에 대한 농장 환경 조사와 함께 이들 제제의 기능을 이해하고 선별할 줄 알아야한다. 악취가스 발생을 감소시키기 위해서는 최우

선으로 사료내 환경 영양소 (질소, 황 등)의 이용성을 증가시켜 악취 발생 성분의 분내 배출을 줄이고, 다음으로 가축의 분내 수분함량을 감소시켜 발효 악취가스 발생을 제어하여야하며, 또한 분뇨액에서 악취 발생 인자 (urea 등)의 분해 및 활성을 제어함으로써 악취가스 발생을 효율적으로 저감시킬 수 있을 것이다.

(2) 양돈분뇨 *in vitro* 발효시 미생물 변화에 미치는 영향

돈분뇨 발효기간 동안 총균수 변화는 Figure 4A에서와 같이 배양 초기 (0시간)에 비하여 배양 종료 (72 hrs)에 모든 처리구에서 증가하였다. 그리고 배양 종료 (72 hrs)에 총균수는 모든 첨가제 처리구가 무첨가구에 비하여 높았고, treatment II (고초균 기반 복합제)가 가장 큰 증가를 나타내었다.

Leser et al. (2002)은 돼지의 장내에 375 계통의 다양한 미생물이 분포하고 있다고 보고 하였다. 그리고 Raúl et al. (2005)은 돼지 분뇨에서 108 계통의 다양한 박테리아를 관찰하였고, 단지 39 계통의 박테리아만이 기존에 보고된 유전정보와 97% 이상의 유사성을 보고한바 있다. 그리고 Cotta et al. (2003)은 현미경관찰로 돈분뇨에서 $10^9 \sim 10^{10}$ bacteria/mL를 직접 계수하였고, 10~20%만이 배양할 수 있다고 하였다. 본 연구에서도 배양초기 (0 hrs)에는 $1.22 \sim 4.02 \times 10^9$ CFU/g 수준에서 관찰되었고 배양종료 (72 hrs)에는 $2.51 \times 10^9 \sim 1.03 \times 10^{10}$ CFU/g 수준으로 증가하였다.

Figure 4B에서와 같이 고초균류의 경우도 배양 초기 (0 시간)에 비하여 배양 종료 (72 시간)에 모든 처리구에서 증가한 경향을 나타내었다. 첨가제 무처리구와 treatment III (효모 및 유산균 복합제)는 배양기간 동안 유사한 경향을 보였다. 그러나 treatment I (식물추출제) 및 treatment II (고초균 기반 복합제)는 무처리구에 비하여 더 큰 폭으로 증가하였고, 처리구 중 treatment II가 가장 큰 폭으로 증가한 것이 관찰 되었다.

Figure 4C에서와 같이 돈분뇨 발효기간 동안 유산균류는 treatment I 외의 다른 실험구는 종료시에 배양 초기 보다 감소하는 경향을 나타냈다. 배양 실험동안 첨가제 처리구가 무첨가구에 비하여 유산균류가 더 높게 분포하고 있음이 관찰되었다. 그리고 효모류 (Figure 4D)는 배양 초기에는 대조구에 비하여 모든 처리구가 높은 수준을 보였으나 종료시에는 모든 실험구에서 검출되지 않았다. 따라서 본 연구에 사용된 돈분뇨에서는 효모 생존이 어려운 환경이었던 것으로 사료된다.

Figure 4. The changes of total bacteria (A), Bacillus sp. (B), lactobacillus sp. (C) and Yeast (D) by odor reducing agents.

Pourcher et al. (2007)은 생분뇨에서 두 종의 유산균류 *Bifidobacterium sp.* 및 *Lactobacillus sp.*를 발견하였고, Raúl et al. (2005)도 저장 돈분뇨에서 박테리아 다양성에서 *Bacillus sp.* 및 *Lactobacillus sp.*가 존재함을 보고하였다. 본 연구에서도 *Bacillus sp.* 및 *Lactobacillus sp.*가 생존하고 제제의 처리에 따라 증감함을 발견하였다. 그러나 효모는 배양 종료 (72 hrs)에는 발견되지 않았다.

Wang et al. (2020)은 바실러스 및 효모 복합제를 육성돈에 급여 하였을 때 분에서 유산균의 증가를 보고하였고, 바실러스 균류 구성 복합제를 급여한 육성돈의 분내에서 유산균을 관찰하였다 (Balasubramanian et al., 2018; Lan and Kim, 2019). 그러나 본 연구의 *in vitro* 분뇨 발효에서는 treatment I (식물추출제)를 제외한 모든 실험구에서 배양 종료시 배양 초기보다 감소하였다. 이러한 차이는 첨가제 구성 및 배양 환경의 관계성에서 나타난 현상이라 사료된다. 분뇨는 에너지를 함유하고 있는 물질로 가축이 태양으로부터 식물이 축적한 에너지를 성장 및 축산물 생산을 위하여 이용하고 남은 에너지 형태이다. 그리고 이들 에너지는 분뇨에 생존하는 미생물이 생존 및 증식하는데 에너지 원료로 이용되어지고 발효 산물이 생성된다. 불쾌한 냄새,

메탄가스 및 부식유기물은 이들 미생물 활동에 의하여 결과물로 온도, pH, 수분, 시간, 초기 분뇨의 성분 및 미생물 구성에 의하여 영향을 받는다. 본 연구 결과에서도 주어진 *in vitro* 조건에서 제제에 따라 총균수, 바실러스 균류, 유산균류 및 효모의 분포 변화가 관찰되었다. 그러므로 효율적 분뇨관리를 위한 제제의 선택과 발효환경 조성을 위한 좀 더 세부적 연구가 이루어져야 할 것이다.

결론

본 연구는 양돈농가에서 사용하는 환경개선제의 종류 및 주요성분에 대한 특성을 조사하였고, 친환경제제를 사용하여 양돈분뇨 악취저감 효능을 관찰하기 위해 *in vitro* 발효 실험을 진행하고, 주요 악취 성분 및 미생물의 변화를 조사하였다.

축산 환경개선 및 축산 악취저감과 관련이 있는 환경개선제에 대해 나라장터 (조달청)에서 유통되고 있는 제품 (n = 247)을 제공된 정보 기반으로 조사하였다. 그 결과 물리적 형태에 따라서는 고상형이 75.3%, 액상형이 24.7%인 것으로 나타났으며, 주요 구성 성분 (원료)에 따라서는

미생물 및 생균제 (71.3%), 아미노산제 (11.7%), 혼합제 (6.1%), 규산염제 (4.9%), 추출물 (2.8%), 비타민제 (2.0%), 효소제 (1.0%) 순으로 조사되었다. 유통되는 악취저감제에 대해 가장 큰 비율을 차지하는 미생물 및 생균제 ($n = 176$)에 대하여 제품을 구성하는 주요 균종의 분포 특성을 조사한 결과 미생물제를 구성하는 다양한 균종 중에서도 가장 높은 비율을 차지하는 것은 *Bacillus subtilis*로서 제품 내 미생물의 균체 농도는 $10^6 \sim 10^{11}$ CFU/g 수준인 것으로 조사되었다.

본 연구에서 사용된 환경개선제는 황화수소 및 odor의 저감 효과는 발견되지 않았고, 암모니아에서만 발효기간 동안 시간대별 측정치의 평균 저감율이 treatment I (식물추출제), II (고초균 기반 복합제) 및 III (효모 및 유산균 복합제)에서 각각 무첨가에 비하여 6.06, 29.38 및 15.49% 수준의 감소 효과를 보였다. 총균수는 배양초기 (0 hrs)에는 $1.22 \sim 4.02 \times 10^9$ CFU/g 수준에서 관찰되었고 배양종료 (72 hrs)에는 $2.51 \times 10^9 \sim 1.03 \times 10^{10}$ CFU/g 수준으로 증가하였다. 그리고 모든 첨가제 처리구가 무첨가구에 비하여 높았다. 고초균류는 배양시간이 경과함에 따라 증가하였고, treatment I 및 treatment II가 첨가제 무처리구와 treatment III보다 높은 수준을 나타내었다. 유산균류는 treatment I 외의 다른 실험구 모두 감소하였으나, 배양 실험동안 첨가제 처리구가 무첨가구에 비하여 더 높은 수준을 유지하였다. 효모는 배양 초기에는 $3.13 \sim 7.93 \times 10^9$ CFU/g 수준이었으나 종료시에는 검출되지 않았다.

양돈농가에서는 악취를 줄이기 위하여 다양한 환경개선제의 사용하고 있고, 그 효과는 제제 특성에 따라 다양하다. 따라서 효율적 악취 제어를 위해서는 농장에서 악취 발생 및 환경개선 제제의 특성에 대한 이해가 우선적으로 되어야 할 것으로 사료된다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농촌현안해결리빙랩프로젝트사업의 지원을 받아 연구되었음 (과제번호 120100-03).

인용문헌

Balasubramanian, B., Lee, S.I., Kim, I.H., 2018. Inclusion of dietary multi-species probiotic on growth performance,

nutrient digestibility, meat quality traits, faecal microbiota and diarrhoea score in growing-finishing pigs. *Italian Journal of Animal Science*, 17(1), 100-106.

Cotta, M.A., Whitehead, T.R., Zeltwanger, R.L., 2003. Isolation, characterization and comparison of bacteria from swine faeces and manure storage pits. *Environmental Microbiology*, 5(9), 737-745.

Donham, K.J., 2000. The concentration of swine production: Effects on swine health, productivity, human health, and the environment. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 16, 559-597.

Inverson, M., Kirychuk, S., Drost, H., Jaconson, L., 2000. Human health effects of dust exposure in animal confinement buildings. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 6, 283-286.

Jang, H.D., Kim, H.J., Cho, J.H., Chen, Y.G., Yoo, J.S., Kim, I.H., 2007. Effects of dietary probiotic complex on growth performance, blood immunological parameters and fecal malodor gas emission in growing pigs. *Journal of Animal Science and Technology*, 49, 501-508.

Jang, Y.K., Song, K.P., Kim, H.J., Yoo, Y.H., 2004. An investigation on the odor characteristics of livestock facilities. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 13, 33-40.

Kim, T.W., Kim, K.I., 1992. Effects of feeding diets containing probiotics or antimicrobial agent on urease activity and ammonia production in the intestinal contents of rats. *Korean Journal of Animal Sciences*, 34, 167-173.

Lan, R., Kim, I.H., 2019. Effects of *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* complex on growth performance and faecal noxious gas emissions in growing-finishing pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(4), 1554-1560.

Lee, S.J., Chang, D.I., Chang, H.H., 2006. Effect of biofilter made of composted pine tree bark and perils on reducing odor from pig house. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 25, 118-123.

Leser, T.D., Amenuvor, J.Z., Jensen, T.K., Lindecrone, R.H., Boye, M., Moller, K., 2002. Culture-independent analysis of gut bacteria: The pig gastrointestinal tract microbiota revisited. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(2), 673-690.

Oh, Y.S., Kim, K.H., Koo, Y.S., Kim, M.S., Seol, M.S., Chon, S.S., Choi, Y.J., Ahn, D.H., 2006. Odor emission characteristics in livestock waste treatment facilities. *Korean Journal of Odor and Indoor Environment*, 5(1), 1-9.

O'Neill, D.H., Phillips, V.R., 1992. A 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. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 53, 23-50.

- Phung, D.L., André, J.A.A., Nico, W.M.O., Petra, M.B., Martin, W.A.V., 2005. Odour from animal production facilities: Its relationship to diet. *Nutrition Research Reviews*, 18, 3-30.
- Pourcher, A.M., Marti, R., Thorigné, A. Jégou, B., Dabert, P., 2007. Effect of anaerobic storage and aerobic digestion on micro-organisms in pig manure: Cultural and molecular approaches. *ISAH Tartu, Estonia*, 926-931.
- Raúl, S.C., Godon, J.J., Delgenès, J.P., Dabert, P., 2005. Characterisation of the microbial diversity in a pig manure storage pit using small subunit rDNA sequence analysis. *FEMS Microbiology Ecology* 52, 229-242.
- Santoso, U., Ohtani, S., Tanaka, K., Sakaida, M., 1999. Dried *Bacillus subtilis* culture reduced ammonia gas release in poultry house. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12, 806-816.
- Schenker, M., Christiani, D., Cormier, Y., 1998. Respiratory health hazards in agriculture. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 158, S1-S76.
- Sung, H.G., 2013. Effects of fermented phytochemicals on fecal odour and performance in laying hens. *Annals of Animal Resource Sciences*, 24(1), 29-37.
- Sung, H.G., Cho, S.B., Le, S.S., Choi, Y.J., Le, S.S., 2017. Study on Korean commercial additives and agents for reducing odor of manure in animal farm. *Journal of Agriculture & Life Science*, 51(3), 95-104.
- Wang, H., Ha, B.D., Kim, I.H., 2020. Effects of probiotics complex supplementation in low nutrient density diet on growth performance, nutrient digestibility, faecal microbial, and faecal noxious gas emission in growing pigs. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 163-170.
- Yeo, J., Kim, K.I., 1997. Effect of feeding diets containing an antibiotic, a probiotic, or yucca extract on growth and intestinal urease activity in broiler chicks. *Poultry Science*, 76, 381-385.
- Zhu, J., Bundy, D.S., Li, X.W., Rashid, N., 1996. Reduction of odor and volatile substances in pig slurries by using pit additives. *Journal of Environmental Science and Health*, 31, 2487-2501.