

대전광역시 양축농가의 축분뇨 관리 실태 및 VOCs 농도 조사

이봉덕 · 이수기 · 오홍록 · 허정민 · 정기철 · 김성복

Investigation on the Management of Livestock Wastes and VOCs Concentration of Farms in Daejeon Area

Lee, Bong-Duk · Lee, Soo-Kee · Oh, Hong-Rok · Heo, Jung-Min ·
Jung, Kie-Chul · Kim, Sung-Bok

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the style of livestock house, concentration of malodorous substances of livestock feces and livestock houses in Daejeon area.

Among the livestock houses investigated, as most of cow pens(94.5%) have sawdust or chaff on the bottom, there was no leakage of feces out of pen. Most pig pens adopted slurry style, but some of them currently use buffering material on the bottom. It is thought that there will be no possible contamination leakage. When it comes to hen house, all the broiler house use litters on the bottom and all the layer house use scrapper. It is also thought that there will be no possible contamination leakage. 3 out of 12 deer pens used buffering material on the bottom, 10 places were maintained in a traditional method, and 7 places left possibility of contamination leakage considering whether the roof was installed or not.

The contents of ammonia, amine and volatile fatty acid in fresh feces were lower compared to

이 논문은 대전광역시 2004년 대학참여 지역공익사업비 지원에 의하여 수행되었음.

충남대학교 농업생명과학대학 동물자원학부(Division of Animal Science and Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

교신저자 : 이수기(E-mail : leesk@chnu.ac.kr Tel : 042-821-5775)

rotten feces, but the concentration of sulfur-containing matter - hydrogen sulfide, methylmercapthan and ethylmercapthan were higher compared to rotten feces. In the case of malodorous ingredient in livestock houses, only small amount of ammonia and hydrogen sulfide were detected in pig pen and hen house, and other ingredients were not detectable. And those who are engaged in animal husbandry reacted negatively to the use of feed additives for decreasing malodor.

In conclusion, it is not worrisome that contamination can be leaked out of animal raising facilities. But if we take into consideration that the point of investigation time is wintry season, there should be more considerate attitude. And feed additives for decreasing malodor need establishing criteria in the manufacturing process.

Keywords : Livestock Wastes, Malodorous Substances, VOCs

1. 서 론

인류의 생활에 있어 환경보전의 필요성은 더 이상 설명할 필요조차 없이 중요하다. 환경오염은 인간의 건강을 위협하고, 가축의 생산성을 저하시킬 뿐만 아니라 경제적 수명을 단축하여 막대한 손실을 주고 있다(Anderson 등, 1994). 그리하여 오염물질에 대한 규제도 점점 강화되고 있는 바, 2005년 2월 10일부터 악취관리법이 시행되었다. 암모니아, 메틸메르캅탄, 황화수소 외 9개 항목이 규제 대상이 되었으며, 2008년 2월부터는 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 메틸이소부틸케톤 및 뷰틸아세테이트가 새로이 추가되게 된다. 그리고 2010년 2월부터는 프로피온산 외 4종의 휘발성취기물질이 규제 대상에 추가될 전망이다(환경부, 2005).

대전광역시내에는 소 3,114두, 돼지 3,702두, 가금 163,472수가 사육되고 있고, 분뇨생산량은 연간 4만 여톤에 달하고 있다(국립농산물관리원, 2004). 그러나 분뇨처리 기술은 매우 낙후되

어 일부 폐기물은 도시하천에 용해되어 포타슘, 질산염 및 인의 형태로 축적되어 공해물질이 되고 있으며, 또한 공기층으로 기화되어 암모니아 혹은 암황 화합물에 의한 악취를 발생시키거나 메탄이나 산화질소화합물로 휘발되어 오존층 파괴의 원인이 되고 있다. 이와 같이 각종 폐기물의 일부가 인식부족, 처리방법 미숙 등의 원인으로 방치되고 있는 실정이며, 이와 같은 피해를 방지하기 위해서는 양축가들에 대한 교육을 통하여 중요성을 인식시키고 처리 방안을 제시하여 적극적으로 지원할 필요가 있다.

이에 저자들은 청정한 도시환경 조성을 위한 배후권역의 오염원 정화 운동으로서 대전광역시에서 실시한 2005년 대학참여 지역공익사업에 참여하여, '환경오염감소를 위한 축산농가 교육사업'을 수행하였다. 이 사업의 일환으로 실시한, 대전광역시 양축농가의 축분뇨 관리실태, 그리고 축분 및 축사주위의 악취물질의 농도를 조사하고 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 조사 대상

대전광역시 소재 축산 농가 중, 축우 10두 이상, 모돈 10두 이상, 닭 500수 이상, 사슴 10두 이상, 산양 20두 이상 사육하는 조건에서 1개 항목 이상에 해당되는 농가를 무작위로 선정하였다.

2. 조사 항목

1) 축사의 형태

환경오염과 직접 관련이 될 수 있는 바닥 흡수재의 사용여부, 축분의 이송방법을 조사하였다.

2) 축분 및 축사별 악취성분

축분의 악취물질에는 매우 많은 종류가 있으나 본 조사에서는 환경부에서 악취물질로 지정된 바 있거나, 발생빈도가 높은(Zhu 등, 1997; Yasuhara 와 Fuwa, 1980; Yasuhara 등, 1984a, 1984b) 아래의 몇 가지 물질에 한하여, 배설 3시간 내의 생분과 30일 정도 경과된 부숙분의 성분을 조사하였다.

우사, 돈사 및 계사내의 악취 농도의 측정은 축사 중앙 1 m 높이의 공기를 1 L gas bag에 수집하여 검지관 또는 GC로 측정하였으며, 또한 부지경계선에서의 악취농도도 측정하였다.

① 암모니아, 아민류

축분을 2 L 용량의 용기에 건물 중량 기준으로 10 g씩 넣어 30°C에서 60분간 가온한 다음 검지관(Gastec, Japan)으로 100 ml씩 흡인하여 측정하였다(太田과 池田, 1979; 太田 등, 1979).

② 함황 가스

CH₃SH와 H₂S의 분석은 축분 건물 10 g을 2 L

용량의 삼각 플라스크에 넣고 30°C에서 60분간 가온하여 가스를 발생시킨 후 gas tight 주입기로 시료를 채취하여 GC에 injection 하였다. 본 분석에 사용된 분석기는 FPD(Flame photometric Detector)가 장착된 gas chromatograph(GC-14B, Shimadzu)를 사용하였는 바, column은 glass 제품(3.1 m×3.2 mm)을 사용하였고 충전제는 ODPN (Oxydipropionitrile, 25%, Chromosorb W, 60-80, AW-DMCS-ST)을 사용하였다. GC 분석조건은 column 70°C, injector 150°C, detector 150°C로 하였으며, carrier gas는 He를 사용하였는 바, 유량은 50 ml/min으로 하였다. 그리고 H₂ gas 압력은 60 kpa로 조정하였다. 분석 시 표준물질은 고압질소가스에 충전된 99.6 mol/mole의 H₂S와 88.1 mol/mole의 CH₃SH(한국표준과학연구원 제조)를 사용하였다. C₂H₅SH는 분 10 g을 10 ml의 ether에 잘 용해시킨 후, 0.5 M Na-methoxide 0.4 ml를 넣고 충분히 혼합하고 12시간 이상 정치시켰다. 이것에 acetic acid를 20 μl 넣고, 이어서 CaCl₂를 4 g 넣고 2시간 실온에 보존한 후, 2000-3000rpm으로 10분간 원심분리하여 GC용 시료로 사용하였다(Cristie, 2000; Hannano 등, 1972; Ohta와 Sato, 1985; Sato 등, 2001).

③ 휘발성지방산

시료 1 g을 250 ml screw cap vial에 넣은 후 septum과 cap으로 밀폐 시켰다. Cap에는 지름 0.2 mm 정도의 구멍을 뚫어 SPME(Solid Phase Microextraction) fiber가 들어가도록 하였다. 본 실험에 사용된 fiber는 50/30 μg의 divinylbenzene/carboxen이 polydimethyl-siloxane에 coating되어 있는 것을 사용하였다. 휘발성 지방산의 분석은 GC를 이용하여 SPME법(Rizzuti 등, 1999; Abalos 등, 2000)으로 실시하였으며, GC(GC- 17A, FID,

Shimadzu)의 측정조건은 oven 150℃, injector 250℃, detector 275℃, Split Mode는 93:1로 하였으며, carrier gas는 질소를 사용하였고 flow rate는 64 ml/min으로 하였다. Column은 Alltech EC-1000(30 m×0.25 mm ID×0.25 μm)을 사용하였다.

3) 축분악취 감소용 첨가제의 사용 여부 및 만족도

44 농가를 대상으로 축분악취 감소용 첨가제의 사용 여부, 사용방법 및 만족도를 조사하였다.

4) 사업추진 기간

조사기간은 2004년 10월 1일 ~ 2005년 1월 31일까지였다.

Table 1. Number of livestock and amount of livestock wastes in Daejeon area

Livestock	Head	Daily wastes/ head (kg)	wastes/year (M/T)
Beef Cattle	2,808	20	20,498
Dairy cattle	306	30	3,350
Swine	3,702	6	8,107
Poultry	163,472	0.14	8,353
Total	170,288	56.14	40,308

※Source : National Agricultural Products Quality Management Service, Livestock Breau, 2004

III. 결과 및 고찰

1. 축사의 형태

축사의 형태는 사육농가 중에서 행정동 단위로 부락을 선정하여 그 구역내의 재료 및 방법에서

제시한 일정조건 이상의 농가를 임의로 직접 방문하여 실시하였는바, 그 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 한우사는 조사 농가 중 대부분(94.5%)이 톱밥 또는 왕겨를 축사 바닥에 깔아 주고 있어서 분뇨가 축사 밖으로 유출되지 않았다. 그러나 3개소는 재래식으로 관리되고 있어 분뇨 유출의 가능성이 있다고 생각된다. 돈사의 경우는 대부분(66.7%)이 슬러리식을 채택하고 있었으나 아직도 일부 농가는 바닥 충전재를 사용하고 있었으며 축사로부터의 오물 유출가능성은 없다고 판단되었다. 계사의 경우, 육계사는 전부 바닥 깔짚을 사용하고 있었고 산란계사는 스크레퍼를 이용하고 있었으며 축사로부터의 오염물의 유출 가능성은 없을 것으로 예견된다. 사슴사는 12개소 중 3개소는 바닥 충전재를 사용하고 있었으며, 10개소는 재래식으로 관리되고 있었고, 지붕설치 여부와 관련하여 볼 때 7개소는 우천 시 오물의 유출이 우려된다고 하겠다. 그리고 산양사는 2개소 모두 바닥재료를 사용하고 있었다.

2. 축분 및 축사내외의 악취물질 농도

생분의 pH는 6.47~6.60으로서 약산성을 나타내고 있으며, 악취물질의 농도는 Table 3에서 보는 바와 같이 암모니아는 25~64 ppm으로 육계>성돈>한우분의 순으로 높게 나타났으며, 아민류도 10~16 ppm으로서 육계>성돈>한우분의 순으로 높게 검출되었다. 황화수소는 2.0~4.2 ppm으로 성돈>육계>한우분의 순으로 높았다. 그리고 에틸메르캅탄은 2.3~3.5 ppm으로 육계분과 성돈분은 같은 수준이었으며 한우분은 2.3 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 메틸메르캅탄은 11.0~15.6 ppm으로 육계>성돈>한우분의 순으로 높게 분석되었다. 위에 기술한 바와 같이 각 축종간에 차이를 나타내는 것은 급여되는 사료의 성분 및 함량과

Table 2. Styles of livestock houses

Livestock	Number of livestock farm	Littered bottom	Screpper styled farm	Traditional farm	Slurry styled farm	Possibility of livestock waste leakage	
						yes	no
				farms in households			
Beef cattle	55	51 (96.2)	1 (0.2)	3 (0.6)	0	3 (0.5)	52 (94.5)
Swine	6	2 (33.2)	0	0	4 (66.7)	0	6 (100)
Poultry	5	4 ¹ (80)	1 ² (20)	0	0	0	5 (100)
Deer	12	2 (16.7)	0	10 (83.3)	0	7 (58.3)	5 (41.7)
Goat	2	2 (100)	0	0	0	0	2 (100)

() Percent

¹ Broiler

² Layer

매우 밀접한 관계가 있으며, 우분이 계분이나 돈분보다 낮은 농도를 나타내는 것은 섭취하는 사료에 있어 조사료가 많은 것이 원인이라고 생각되며, 계분이 돈분보다 높은 수준을 나타내는 것도 사료적 요인·축종간의 생리 및 대사과정의 차이에서 기인된 것이라 생각된다. 즉 닭은 분에 요성분이 포함되어 있어 질소 함량이 높은 것도 주된 원인이라 생각된다.

한편, 1개월 부숙된 축분의 pH는 6.20~6.37로 생분에 비하여 낮은 경향을 보였으며, 악취성분은 암모니아와 아민류에 있어 생분보다 높은 수준을 나타내었다. 그러나 함황 물질인 황화수소·에틸메르캅탄·메틸메르캅탄은 생분에 비하여 낮은 수준을 나타내었다(Table 4). 축분의 pH는 부패가 진행되는 과정에서는 각종 유기산이 생성되어 낮아지는 것이 일반적이지만(太田, 1994), 부패가 최성기를 지날 경우 오히려 휘발성지방산 등의 이탈 및 생성물의 2차적 분해로 pH가 다시 상승할 수도 있다고 사료된다.

한편 축분의 휘발성 지방산의 함량은 생분의 경우 초산은 3.4~5.5 ppm으로 성돈>육계>한우분, 프로피온산은 3.4~10.3 ppm으로 성돈>육계>한우분, 낙산은 2.5~7.6 ppm으로 육계>성돈>한우분, 이소발레린산은 1.3~5.4 ppm으로 육계>성돈>한우분, 발레린산은 2.2~3.0 ppm으로 성돈>육계>한우분의 순으로 높게 나타났으며, 이소낙산은 육계분에서만 검출되었다(Table 5). 부숙분의 휘발성지방산 함량(Table 6)은 전체적으로 생분에 비하여 낮은 수치를 나타내었는데, 이 결과는 축분내 미생물의 생육조건 및 부숙의 정도에 따라 차이가 있는 것으로서, 축분이 자연적 저장상태라고 할 경우 부숙 정도의 차이라고 해석할 수 있겠으나, 조사기간이 동절기인 관계로 낮은 기온이 축분의 분해 및 악취성분의 휘발에 저해요인으로 작용했다고 생각된다. 그러나 계절적 요인이 아니라 하더라도 부패 초기에 이들 성분의 양이 많아질 수 있다는 보고(Yasuhara 등, 1984b)도 있다.

Table 3. pH and concentration of malodorous substances in fresh livestock feces

Livestock feces	pH	Ammonia	Amines	Hydrogen sulfide	Ethylmercapthan	Methylmercapthan
----- ppm, DM -----						
Beef cattle	6.60	25	10	2.0	2.3	11.0
Layer	6.53	64	16	3.1	3.5	15.6
Swine	6.47	50	13	4.2	3.5	12.9

Table 4. pH and concentration of malodorous substances in rotten livestock feces

Livestock feces	pH	Ammonia	Amines	Hydrogen sulfide	Ethylmercapthan	Methylmercapthan
----- ppm, DM -----						
Beef cattle	6.20	35	18	1.2	0.9	1.5
Broiler	6.37	90	47	3.4	2.0	2.0
Swine	6.33	78	50	2.8	2.5	2.3

Table 5. Concentration of volatile fatty acid in fresh livestock-feces

Livestock feces	Acetic acid	Propionic acid	iso-Butyric acid	Butyric acid	iso-Valeric acid	Valeric acid
----- ppm, DM -----						
Beef cattle	3.4	3.4	-	2.5	1.3	2.2
Broiler	5.3	8.4	2.7	7.6	5.4	2.4
Swine	5.5	10.3	-	4.5	4.2	3.0

¹ : Not detectable

Table 6. Concentration of volatile fatty acid in rotten livestock-feces

Livestock feces	Acetic acid	Propionic acid	iso-Butyric acid	Butyric acid	iso-Valeric acid	Valeric acid
----- ppm, DM -----						
Beef cattle	0.8	-	-	1.4	-	-
Broiler	2.5	4.6	0.5	3.2	0.4	0.5
Swine	4.2	1.0	-	2.8	0.5	0.5

¹ : Not detectable

Table 7. Concentration of malodorous substance in various livestock houses

Livestock house	Number of farms	Inside of livestock house						Outside of livestock house						
		NH ₃	H ₂ S	CH ₃ SH	C2	C3	C4	NH ₃	H ₂ S	CH ₃ SH	C2	C3	C4	
Beef cattle	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Swine	2	2.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Broiler	2	2.5	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deer	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goat	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : Not detectable

Table 8. Utilization of feed additives for reduction of malodor

Item	Number of hired farms	Additives application	No additives application	Usage style			Satisfaction	
				Feed additives (1)	Sprinkling on feces (2)	(1) + (2)	Yes	No
----- farms in households -----								
Number of farms	44 (100)	24 (55)	20 (45)	19	7	4	6 (25)	18 (75)

() Percent

축사내의 악취성분은 각 2개소에서 시료를 채취하여 평균치를 나타내었다(Table 7). 돈사에서 암모니아 2 ppm, 황화수소 1 ppm, 육계사에서는 암모니아 2.5 ppm, 황화수소 1 ppm으로 나타났다으며, 축사의(부지 경계선)에서는 검출한계 이하로 측정되었다. 그러나 본 사업의 조사기간이 동절기(5℃ 정도)였다는 것을 감안한다면, 고온다습한 계절에는 이보다 높은 농도로 배출될 수도 있다고 생각된다.

3. 축분 악취감소용 첨가제의 사용 실태 및 문제점

축분의 악취 및 오염물질을 감소시키는 방법은 1차적 방법으로서 사료내의 질소와 인·아연 등의 영양소 이용효율을 높여 오염물질의 배출을

줄이고, 생균제 등의 첨가제를 급여하여 분취를 감소시키는 방안이 있다. 그리고 2차적 방법은 배출된 축분을 신속하게, 무해하고 분자량이 적은 물질로 변환시키는 것이다(Ota와 Kuwada, 1988; Yun과 Ohta, 1997; 김 등, 1999).

위에서 언급한 바와 같이 1차적 및 2차적 방법을 효율적으로 실행하여야 되겠지만 농가에서 가장 보편적으로 시행하는 방법은 생균제의 첨가로 생각된다. 그러나 업체와 제품의 난립으로 인하여 양축가들이 제품의 선택에 있어 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

(1) 사용 현황

축분 악취 감소제는 조사농가 44농가 중 55%인 24농가가 사용하고 있었으며, 첨가 유형은 주

로 사료첨가제의 형태로 쓰이고 있었다. 그리고 만족도에서는 25%인 6농가가 만족한다고 하였으며, 75%인 18농가가 미흡하다고 답변하여 효능에 만족하지 못하는 것으로 나타났다(Table 8).

(2) 문제점

우선 생산업체의 수가 많고 영세하다. 그리고 생균제는 미생물의 살아있는 균체이므로 배양 및 취급에 있어서 잡균의 오염을 방지할 수 있도록 무균조작이 필요함에도 불구하고, 업체에서는 이를 뒷받침할 시설 및 인적 자원을 보유하지 못하고 있다(이 등, 2005).

또한 충전제(부형제)는 탈지미강 위주의 분상 유기물을 사용하고 있는 바, 혼합하기 전에 살균 처리가 필수적임에도 불구하고, 이러한 전처리공정이 생산원가를 상승시킴으로 이를 생략하는 경우가 허다하며, 따라서 제품에 잡균오염을 초래하고 있다(이 등, 2005).

이 등(2005)에 의하면 임의로 선정한 국내산 생균제 9종 중에서 5종이 모두 성분함량이 미달되거나 검출되지 않는 경우도 있다고 하였으며, 수입제품에서도 성분함량이 미달되거나 오염되어 있는 것을 볼 수 있다고 하였다. 이러한 결과는 각 생산업체에서의 생산·품질관리가 적절하지 못함을 나타내는 것이며, 또한 유통 중 제품의 취급에 있어서도 조건에 부합되지 않는 과정을 거치게 됨을 의미한다.

또한 모든 제품의 효능은 성장촉진·사료효율 개선·증체율향상·면역기능강화·설사예방·악취제거 등 다목적용으로 열거되어 있으나 이러한 효능을 검증하기 위한 간편한 방법이 개발되어 있지 않으며, 축산현장에서도 다양한 환경요인으로 인하여 이러한 효능을 확인하기 어려운 경우가 많다.

V. 적 요

본 조사는 대전광역시 양축농가의 축사 형태, 그리고 축분 및 축사주위의 악취물질의 농도를 측정하기 위하여 실시하였다.

한우사는 조사 농가 중 대부분(94.5%)이 톱밥 또는 왕겨를 축사 바닥에 깔아주고 있어서 분뇨가 축사 밖으로 유출되지 않았다. 돈사의 경우는 대부분이 슬러리식을 채택하고 있었으나 아직도 일부 농가는 바닥 충전제를 사용하고 있었으며 축사로부터의 오물 유출가능성은 없다고 판단되었다. 계사의 경우, 육계사는 전부 바닥 깔짚을 사용하고 있었고 산란계사는 스크레퍼를 이용하고 있었으며, 축사로부터의 오염물의 유출 가능성은 없다고 판단된다. 사슴사는 12개소 중 3개소는 바닥 충전제를 사용하고 있었으며, 10개소는 재래식으로 관리되고 있었으며, 지붕설치 여부와 관련하여 볼 때 7개소는 우천 시 오물의 유출이 우려된다고 하겠다.

생분의 암모니아, 아민류 및 휘발성지방산 함량은 부숙분에 비하여 전반적으로 낮았으며, 함량 물질인 황화수소, 메틸메르캅탄 및 에틸메르캅탄의 농도는 부숙분에 비하여 높게 나타났다. 축사내의 악취성분은 돈사와 육계사에서 암모니아와 황화수소가 미량 검출되었을 뿐 다른 성분은 검출한계 이하였다. 축사 외 부지경계선에서의 악취성분은 검출되지 않았다. 그리고 악취감소용 사료첨가제에 대한 축산농가의 반응은 전반적으로 부정적으로 나타났다.

위와 같은 사실로 미루어 볼 때 축산 시설로부터의 오염물질 유출은 우려할 수준은 아니라고 생각되지만, 조사 시점이 동절기인 것을 감안하면 좀 더 세심한 배려가 있어야 할 것으로 생각된다. 그리고 악취저감 사료첨가제에 대해서는

제조기준을 설정할 필요가 있다고 생각된다.

인용문헌

1. 국립 농산물 품질관리원. 2004. 가축사육통계.
2. 김태일, 한정대, 남은숙, 양창범, 김재환, 백순용. 1999. 숲 토양 미생물의 돼지슬러리탈취 적용 효과. 한축지 41(1):101-108.
3. 이수기, 최우영, 허정민. 2005. 사료첨가용 생균제의 품질평가에 관한 연구. 미발표.
4. 환경부. 2005. 악취방지법.
5. Abalos, M., J. M. Bayona, and J. Pawliszyn. 2000. Development of a head space solid-phase microextraction procedure for the determination of free volatile fatty acids in waste waters. J. chromatography A. 873:107-115.
6. Anderson, D. P., Beard, C. W. and Hanson, R. P. 1994. The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with New castle disease virus. Avian Diseases, 8:360-379.
7. Christie, W. W. 2000. Lipid analysis(short chain fatty acid), 2nd ed. Pregman PRESS. p. 55
8. Hannano, T., Y. Oka, O. Takada, and T. Asano. 1972. Test of malodor composition in the feces of domestic animals, Bull. Hyogo Prefect, Stan, Anim. Husbandry. 9:140-145.
9. Ohta Y., and Y. Kuwada. 1988. Rapid deodorization of cattle feces by microorganisms. Biological Wastes 24:227-240.
10. Ohta, Y., and H. Sato. 1985. An artificial medium for deodorant microorganisms. Agric. Biol. Chem., 49(4):1195-1196.
11. Sato, H., T. Hirose, T. Kimura, Y. Moriyama, and Y. Nakashima. 2001. Analysis of malodorous volatile substances of human waste: feces and urine. J. Health Sci.47(5):483-490.
12. Rizzuti, A. M., A. D. Cohen, P. G. Hunt, and M. B. Vonotti. 1999. Avaluating peats for their capacities to remove odorous compounds from liquid swine manure using headspace "solid-phase microextraction" J. Environ. Sci. Health, B34(4):709-748.
13. Yasuhara Akio and Keiichiro Fuwa. 1980. Isolation and characterization of odorous compounds in solid swine manure. Agric. Biol. Chem., 44(10): 2379-2385.
14. Yasuhara Akio, Keiichiro Fuwa and Masayuki Jimnbu. 1984a. Identification of odorous compound in heated swine feces. Agric. Biol. Chem., 48(1):111-116.
15. Yasuhara Akio, Keiichiro Fuwa and Masayuki Jimnbu. 1984b. Identification of odorous compound in fresh and rotton swine manure. Agric. Biol. Chem., 48(12):301-310.
16. Yun, Soon-Il, and Y. Ohta. 1997. Some physiological properties of microorganisms capable of deodorizing farm animal feces. Bioresource Technology 60:21-26.
17. Zahn, J. A., J. L. Hatfield, Y. S. Do, A. A. DiSprito, D. A. Laird, and R. L. Pfeiffer. 1997. Characterization of volatile organic emissions and wastes from a swine production facility. J. Environ. Qual. 26:1687-1696.
18. Zhu Jun, D. S. Bundy, X. W. Li, and N. Rashid. 1997. Reduction of odor and volatile substances in pig slurries by using pit additives. J. Environ. Sci. Health, A32(3):605-619.
19. 太田欽幸, 1994. 微生物で悪臭を防ぐ. 化学と生物 Vol.32(1):11-12.
20. 田欽幸, 池田貢. 1979. 微生物による豚ふんの急速無臭化法. 日本農藝化学會誌. 53(9): 277-284.
21. 太田欽幸, 池田貢, 逸見良則. 1979. 鶏ふんの微生物による急速無臭化法. 發酵工學會誌. 57(5):372-379.