

효소복합체가 양돈슬러리 및 돈사 악취발생에 미치는 영향

정기한 · 한정철 · 광석준* · 정재두* · 이진우* · 김두환
진주산업대학교 동물소재공학과 · 동물생명산업센터

Effects of Enzyme Complex on Odor Emission from Swine Slurry and Swine Buildings

Jung, K. H., Han, J. C., Kwack, S. J.*, Jung J. D.*, Lee, J. W.* and Kim, D. H.
Department of Animal Resources Technology, Regional Animal Industry Center,
Jinju National University

Summary

This study was carried out to investigate the effect of enzyme complex on odor emission from swine slurry and the process of making swine liquid manure. Ammonia and hydrogen sulfide concentrations were significantly decreased by using the enzyme complex of liter per ton level of liquid swine slurry in the manure storage tank according to the time.

Characteristics of liquid swine slurry were affected by the enzyme complex, total nitrogen and ammonia nitrogen contents were reduced compare with control. Ammonia and hydrogen sulfide concentrations in the finishing pig building and offensive odor compound on the boundary line of swine farm were significantly decreased by spraying in swine finishing building.

In conclusion, the results obtained from this study suggest that using the enzyme complex of liter per ton level of liquid swine slurry for making liquid swine manure may improve the quality of swine liquid fertilizer and reduce odor emission. Also farm scale enzyme complex treatment may improve air quality in finishing pig building and deduce offensive odor compound of swine farm.

(Key words : Enzyme complex, Swine slurry, Odor reduction)

서 론

악취는 자극성을 가진 기체상태의 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 기분 나쁜 냄새이다. 낮은 농도의 악취 물질이 심한 불쾌감을 유발시키는 경우와 높은 농도에서도 상대적으로 적은 냄새를 유발

시키는 경우가 있으나 대부분 다양한 원인물질이 복합적으로 사람의 후각을 자극하여 문제를 발생시키게 된다.

2005년 2월 악취방지법이 시행되면서 축산 시설에서 발생하는 악취 대책이 매우 부족한 실정으로 특히 양돈장 악취 저감을 위한 현장적용 기술이 시급히 요구되고 있다. 양돈

* 경남축산진흥연구소 (Gyeongnam Livestock Veterinary Institute)

Corresponding author : Kim, Doo Hwan, Department of Animal Resources Technology, Jinju National University, 660-758 150 Chilamdong, Jinju, Korea.

Tel : 055-751-3284, E-mail : dhkim@jinju.ac.kr

시설 발생 악취저감을 위한 돈사 환경개선 기술의 적용이 시급한 실정이며, 냄새, 유해가스 및 먼지의 측정 및 제어에 관한 이론적 배경이 요구되기도 한다.

악취물질 및 유해가스의 주성분은 암모니아 등 아민계열, 황화수소 등 황화합물계, 휘발성 지방산 등이다. 이들 악취 및 유해가스는 돼지의 성장저하와 함께 농장관리자의 건강에도 영향을 미치기 때문에 악취 및 유해가스의 저감은 양돈산업의 지속가능 여부에 영향을 미칠 수 있는 중요한 변수로 등장하였다.

악취, 유해가스 및 먼지의 돼지와 관리자의 건강에 미치는 영향에 관한 자료가 요구되고 있으며, 양돈산업의 안정적 기반 확보와 지속발전을 위하여 양돈시설에서 발생하는 악취, 유해가스 및 먼지제어는 필수적이며, 양돈산업 종사자에 대한 근무환경 개선 또한 반드시 실현되어야 할 것이다. 향후 지속가능한 양돈산업, 친환경, 동물친화, 관리자 친화적 양돈산업으로 자리잡기 위하여 해결해야 할 과제가 악취저감이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 최근의 이러한 사회적 여건 변화와 제도의 변화에 따라 축산시설 중에서도 가장 악취 민원이 많은 양돈장의 악취대책은 반드시 마련되어야 할 것이다.

따라서 본 연구는 최근 확산되고 있는 가축분뇨를 활용한 자연순환농업의 활성화를 위하여 반드시 요구되고 있는 악취문제에 대한 기술적 대안을 제시하고자 효소복합체 처리가 양돈분뇨의 자원화 과정의 악취 저감에 미치는 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 시험설계

돈사에서 배출된 슬러리 상태의 양돈분뇨를 효소복합체 처리, 폭기 처리, 효소복합체+

폭기 처리 및 아무 처리하지 않은 대조구로 나누어 5톤 용량의 액비탱크에 저장하면서 당일, 7일, 14일, 21일 및 28일 경과후의 변화를 조사 비교하였다.

본 시험에 이용된 효소복합체는 amylase, lipase, protease, cellulase, phytase, urease 등을 포함한 오렌지, 레몬 등의 식물체에서 추출한 것이었다. 효소복합체는 분뇨 톤당 1 수준으로 처리하고 폭기는 SHP의 폭기장치를 이용하여 각각의 저장탱크에 분당 4m³의 공기량이 공급되도록 하였다.

돈사에 살포한 현장시험은 사육환경, 사양관리, 기후차이 등의 외부요인에 의한 오차를 최소화하기 위해 동일한 농장에서 비슷한 크기와 수용두수를 가진 육성비육사를 선정하여 효소복합체를 살포한 후와 살포전의 돈사내부 공기의 질과 슬러리 성상 및 부지경계선에서의 복합악취 농도를 비교하였다.

2. 분석방법

암모니아와 황화수소 농도는 복합가스측정기를 사용하여 돈사외부의 중앙환기통풍구에서 측정하였고 돈사내부는 중앙, 입구, 안쪽 등의 좌우 6곳 돈방과 돈사중앙 등 7곳에서 바닥으로부터 20 cm 및 120 cm 높이에서 오전 10시에서 11시 사이에 각각 조사하였다.

슬러리 성상변화를 조사하기 위하여 pH, 고형물은 효소복합체 살포 2주 및 4주 후 슬러리 시료를 채취하여 가축분뇨성분분석실험법(축산과학원, 2006)에 의거 분석하였으며, 암모니아성질소는 인도페놀법으로 아질산성질소, 총질소 및 총인은 흡광광도법으로 질산성질소는 이온크로마토그래피법으로 각각 분석하였다.

복합악취 측정은 악취방지법에 정한 악취공정시험방법의 공기희석관능법에 따라 시료 채취 및 희석배수를 판정하였다.

결과 및 고찰

1. 양돈분뇨 액비화 과정의 악취

가. 암모니아

액비탱크에 최초 옮겨진 양돈분뇨의 암모니아 농도는 30 ppm 수준이었으나, 시간이 경과할수록 점차 낮아져 효소복합체와 폭기를 동시에 처리한 경우 4주후 9.9 ppm 수준까지 떨어지는 것으로 나타났다.

단순 저장만 하는 대조구의 경우 시간이 경과할수록 암모니아 농도가 점차 떨어지는 하지만 그 속도가 매우 느리며, 2주 지난 시점에서 25.7 ppm, 4주 경과하면 16.5 ppm 수준을 나타내었는데, 폭기처리만 할 경우 대조구와 큰 차이를 보이지 않았다. 반면 효소복합체와 폭기처리를 동시에 할 경우에는 2주후 19.8 ppm, 4주후에는 8.4 ppm 수준까지 떨어지는 것으로 나타났으며, 효소복합체 단독 처리와는 차이가 없었다.

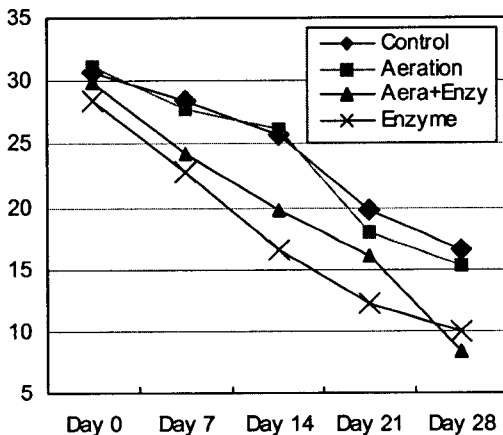


Fig. 1. Changes in ammonia concentration in the swine slurry storage tank.

이러한 결과는 효소복합체 처리가 양돈분뇨의 액비화 과정의 암모니아 저감에 효과적으로 작용하고 있는 것으로 판단할 수 있겠고 적절한 폭기 처리를 병행할 경우 효과가

더욱 향상될 수 있을 것으로 보인다.

나. 황화수소

액비저장 탱크에 저장되어 액비화가 진행되는 동안의 황화수소 농도는 초기에 6.1 ppm~6.8 ppm 수준이었으며, 효소복합체 처리와 폭기 처리 및 효소복합체와 폭기 동시 처리구에서는 시간이 경과할수록 점차 낮아져 4주후에는 0.1 ppm 수준을 유지하였다. 그러나 대조구의 황화수소 농도는 4주경과 후에도 5.3 ppm을 나타내어 여전히 높은 수준이 유지되고 있음을 나타내고 있다.

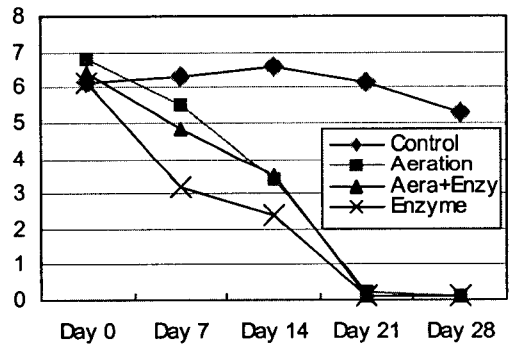


Fig. 2. Changes in hydrogen sulfide concentration in the swine slurry storage tank.

2. 분뇨의 성상

가. 온도, pH, 고형물 함량

액비저장 탱크 내부의 온도는 대조구와 처리구 모두 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 효소복합체 처리구에서 약간 높게 유지되는 특성을 나타내어 4주 경과후의 온도가 대조구에 비하여 3.4℃ 높은 것으로 조사되었다.

양돈분뇨 액비화 과정의 pH 변화를 보면, 효소복합체 처리, 폭기 처리, 효소·폭기 동시 처리 및 아무 처리하지 않은 대조구 모두 큰 차이를 나타내지 않았으며, 초기에 7.20~7.38, 4주경과 후에는 8.12~8.72로 비슷한 수

Table 1. Changes in the characteristics of swine slurry

Treatment		Control	Aeration	Aeration +Enzyme	Enzyme
Temperature (°C)	Day 0	23.0	23.9	23.0	25.1
	Day 7	25.8	25.9	25.8	25.8
	Day 14	23.3	23.9	23.3	24.9
	Day 21	21.8	23.5	21.8	24.5
	Day 28	19.5	21.3	19.5	22.9
pH	Day 0	7.20	7.35	7.37	7.38
	Day 7	7.69	8.29	8.25	8.35
	Day 14	8.05	8.56	8.28	8.47
	Day 21	8.08	8.60	8.56	8.68
	Day 28	8.12	8.56	8.69	8.72
Solid contents (%)	Day 0	2.24	2.24	2.24	2.24
	Day 7	2.21	2.10	1.96	1.92
	Day 14	1.96	1.92	1.86	1.85
	Day 21	1.94	1.62	1.64	1.66
	Day 28	1.60	1.50	1.58	1.50

준을 나타내었다.

pH는 침전, 용해, 흡수와 같은 각종 화학적 반응의 진행에 영향을 미치는데 일반적으로 혐기성 분해 단계에서는 산도가 높다고 보고 되어 있고 이후 호기적 조건으로 바뀌면서 화학적 반응이 진행되고 있다고 할 수 있다.

양돈분뇨의 액비화 과정을 거치면서 측정 한 pH가 효소복합체 처리, 폭기처리, 효소와 폭기 동시 처리 및 대조구 사이에 큰 차이가 없으나 시간이 경과함에 따라 알칼리성으로 변화된 것으로 조사되어 미생물의 활성도 조건을 충족하고 있는 것으로 보여 진다.

나. 총질소

양돈분뇨 액비화 과정의 총질소 함량 변화를 보면 대조구, 처리구 모두 시간이 경과함에 따라 총질소 함량이 점차 감소되는 경향을 나타내었다.

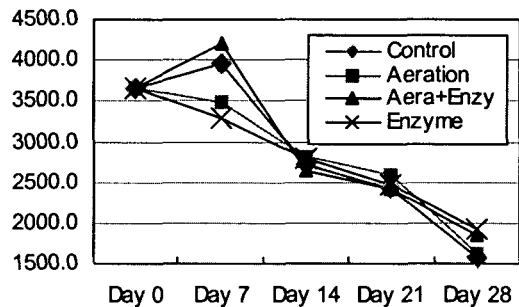


Fig. 3. Changes in total nitrogen contents in the swine slurry.

4주간의 효소복합체 처리, 폭기 처리 및 효소와 폭기 동시처리는 물론 아무 처리를 하지 않은 대조구에서도 액상의 양돈분뇨 중 총질소 함량은 지속적으로 떨어지게 된다. 그러나 4주 후 대조구가 1,584.8 ppm인데 비하여 효소복합체 처리구는 2,771 ppm으로 상당히 높은 수준의 총질소 함량이 유지되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 양돈분뇨

액비화 과정의 악취발생과 최종 액비의 품질 과도 관련되는 것으로 효소복합체 처리는 양돈분뇨의 액비화 과정의 악취제어는 물론 액비품질의 유지에도 효과적으로 작용할 것임을 시사하는 것이다.

다. 암모니아성 질소

암모니아성 질소 함량변화에 미치는 영향을 조사한 결과를 보면, 액상의 양돈분뇨 내 암모니아성 질소 함량의 변화는 아무처리 하지 않은 대조구의 경우 1주경과 후에 증가하였다가 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으나 4주경과 후 721.3 ppm으로 상당히 높은 수준을 나타내고 있다.

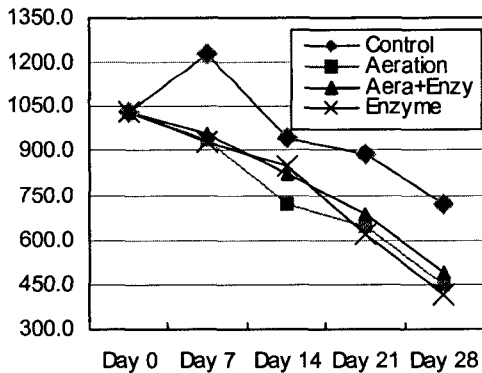


Fig. 4. Changes in ammonia nitrogen contents in the swine slurry.

효소복합체와 폭기 처리 및 동시 처리구에서는 시간이 경과할수록 지속적으로 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 4주경과 후에는 각각 415.7 ppm, 487.2 ppm 및 451.3 ppm 수준을 나타내어 액비화가 진행되는 과정에 암모니아성 질소함량의 감소 속도가 달랐음을 나타내고 있다. 이러한 결과는 효소복합체 처리가 양돈분뇨 액비화 과정에 가장 문제될 수 있는 악취문제 해결에 효과적으로 작용하고 있는 것으로 판단할 수 있으며, 최종 액비의 품질에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

라. 총 인

액상 양돈분뇨의 액비화 과정의 총인 함량 변화를 조사한 결과를 보면, 효소복합체 처리, 폭기 처리 및 대조구 모두 시간이 경과함에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

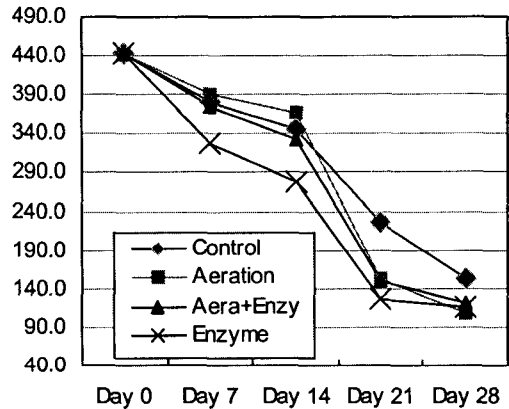


Fig. 5. Changes in total phosphorus contents in the swine slurry.

4주경과 후에는 대조구가 151.4 ppm으로 가장 높은 수준이 유지됨을 알 수 있고 효소복합체 처리와 폭기 처리 및 동시 처리는 108.9 ppm~121.8 ppm 수준으로 대조구에 비하여 월등히 높은 수준으로 인이 제거되었음을 보여주고 있다.

따라서 효소복합체 처리는 양돈분뇨 액비화 과정의 인 제거에 효과적으로 영향을 미치는 것으로 판단되며, 이는 양돈분뇨의 액비 이용에 대한 부정적인 단점 중 하나인 토양 내 인 축적으로 인한 토양오염 부담을 경감시킬 수 있는 하나의 기술적 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 돈사환경 개선

가. 돈사내부환경

효소복합체 살포는 밀폐형 비육돈사의 암모니아 농도에 뚜렷하게 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 최초 13.5 ppm이던 암모니아 농도가 4주 후에는 4.7 ppm으로 낮아져 65% 정도의 암모니아 저감 효과가 인정되고 돈사 내 공기의 질 상태가 매우 개선됨을 보여준다.

황화수소 농도는 최초 0.37 ppm이던 것이 4주후 0.05 ppm 수준으로 떨어져 효소복합체가 황화수소 농도의 저감에도 영향을 미치는 것으로 판단되나, 돈사 내에서의 황화수소는 기본적으로 낮고 그 차이를 명확하게 설명하기가 어렵다.

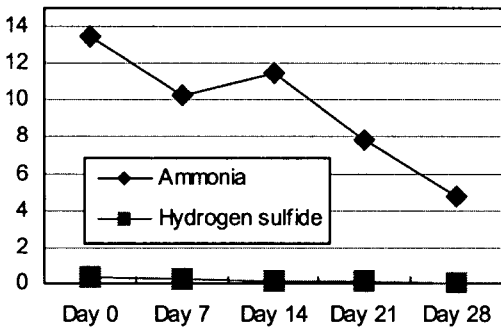


Fig. 6. Ammonia and hydrogen sulfide concentrations in the finishing pig building.

암모니아는 가축의 장관 내에서 분비된 요소가 요소분해 효소에 의하여 암모니아로 분해되고(Wrong, 1981), 이러한 암모니아는 가축의 성장을 저해할 수 있으며, 15 ppm의 암모니아 가스는 호흡기 계통의 질병을 유발할 수 있다고 보고하였다(Headon과 Walsh, 1994). 따라서 효소복합체 처리는 돈사내 공기의 질에 영향을 미쳐 암모니아 발생을 줄이는 것으로 사료된다. 그러나 본 연구의 이러한 결과에도 불구하고 양돈장에서 황화수소 발생이 외부 평균농도, 돈사 내 정화조의 면적, 돈사내 공기의 통풍율 및 사료 내 황 함량에 따라 높은 상관관계를 가지고 있기(Avery 등,

1975) 때문에, 단순히 효소복합체 처리에 의한 순수한 효과로 규정하기는 한계가 있을 것으로 사료된다.

나. 복합악취

효소복합체를 매일 1회 돈사 내 살포하여 돈사내 공기의 질과 양돈분뇨의 액비화 과정의 변화를 조사하는 동안, 양돈장 부지경계선에서 측정된 복합악취 농도는 효소복합체 처리 전 희석배수는 15.9로 악취방지법이 정한 배출허용기준을 초과하는 수준을 나타내었으나, 효소복합체 처리 후에는 희석배수 4.6으로 배출허용기준에 크게 못 미치는 결과를 나타내었다.

따라서 효소복합체 처리는 돈사 내 공기의 질에 영향을 미치고 분뇨의 발효과정에도 영향을 미치는 것으로 보이며, 돈사 내부 공기가 외부로 배출되어 복합악취를 형성하는데 긍정적으로 기여하여 양돈장의 악취제어에 효과적으로 작용하는 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 효소복합체 처리가 양돈분뇨의 액비화 과정의 악취제어 가능성을 조사하기 위하여 액비저장 탱크에 4주간 저장하면서 효소복합체 처리, 폭기 처리, 효소와 폭기 동시 처리 및 대조구로 나누어 비교하였다. 또한 효소복합체를 돈사에 살포하여 돈사내 공기의 질과 양돈장 부지경계선에서의 복합악취농도를 조사하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

효소복합체와 폭기 처리는 양돈분뇨의 액비화 과정의 암모니아와 황화수소 농도에 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 암모니아와 황화수소 농도는 4주간의 액비화 과정 동안 지속적으로 감소되었다. 효소복합체의 일정 수준 처리는 양돈분뇨 액비화 과정의 악

취저감을 위한 효율적인 수단이 될 수 있을 것으로 판단된다.

효소복합체와 폭기 처리는 양돈분뇨의 액비화 과정의 총질소, 총인 및 암모니아성 질소 농도에 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 효소복합체 처리는 양돈분뇨 액비의 품질 유지와 악취저감을 위한 하나의 기술적 대안으로 충분한 것으로 보인다.

효소복합체 살포는 돈사내 공기의 질을 개선하고 양돈장의 부지경계선에서의 복합악취저감에도 효과적으로 작용하는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 요약하면, 효소복합체 처리는 양돈분뇨 액비화 과정의 악취제어와 고품질 액비제조 가능성이 인정되며, 돈사 내부 및 양돈장 환경개선과 악취저감 효과가 있는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업과 산업자원부와 한국산업기술평가원이 지정한 진주산업대학교 동물생명산업센터의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

인 용 문 헌

- Avery, G. L., Merva, G. E. and Gerrish, J. B. 1975. Hydrogen sulfide production in swine confinement units. *Trans. ASAE*. 17:149-151.
- Headon, D. R. and Walsh, G. 1994. Biological control of pollutants principle of pig science. In *biotechnology in the feed industry*. Cole, D. J. A., Wiseman, J. and Varley, M.A. (Eds.). Nottingham Univ. Press, Nottingham, U.K.
- O'Neill, D. H. and Phillips, V. R. 1992. A review of the control of odor nuisance from livestock buildings : part 3. Properties to the odorous substances which have identified in livestock wastes or in the air around them. *J. of Agric. Eng. Res.* 53: 23-50.
- Sanjay, S. 2007. Use of amendments in pits and lagoons for reducing ammonia, odor and sludge. In *Proc. 51st NC Pork Conference in Greenville, NC*.
- Wu, J. J., Park, S., Hengemuehle, S. M., Yokoyama, M. T., Person, H. L., Geerish, J. B. and Masten, S. J. 1999. The use of ozone to reduce the concentration of malodorous metabolites in swine manure slurry. *J. Agric. Eng. Res.* 72:317-327.
- Wrong, O. M. 1981. Nitrogen compounds. In *the large intestine: Its role in mammalian nitrogen and homeostasis*. Wrong O. M., C. J. Edmonds and V.S. Chadwick (Eds.). John Wiley and Sons. New York.
- 김두환 등. 2006. 양돈장 냄새실태조사 및 냄새저감 방안 연구. 대한양돈협회.
- 김두환, 김희란. 2006. 복합생균효소제 급여가 돈사 환경개선과 비육돈 생산성에 미치는 영향. *한국축산시설환경학회지*. 12 (2):67-74.
- 김두환, 김인배. 1999. 양돈시설 내부의 악취조절에 관한 기술 및 연구동향. *한국축산시설환경학회지*. 5(3):203-216.
- 류희욱, 조경숙, 이태호, 허 목. 2003. 양돈장 악취관리 I. 국내 양돈산업 현황 및 악취 특성. *한국냄새환경학회지*. 2(2):69-77.
- 류희욱, 조경숙, 이태호, 허 목. 2004. 양돈시설 악취관리 III. 악취제어기술. *한국냄새환경학회지*. 3(1):1-11.
- 박귀환, 오길영, 정경훈, 정선용, 차규석. 2005. 축사시설의 악취 특성에 관한 연

- 구. 한국냄새환경학회지. 4(4):207-215.
13. 유용희, 김태일, 정종원,곽정훈, 최희철, 송준익, 양창범, 장영기, 김호정, 송기봉. 2005. 돈사내 및 부지경계선에서 악취물질 발생 조사 연구. 한국축산시설환경학회지. 11(1):45-54.
14. 이성현, 윤남규, 김경원, 이인복, 김태일, 장진택. 2006. 양돈 슬러리의 암모니아 발생 특성에 관한 연구. 한국축산시설환경학회지. 12(1):7-12.
15. 환경부. 2005. 악취방지법.