

Fermentation product를 이용한 축산폐수 악취제거 특성 연구

이재성 · 이현준 · Janjit Iamchaturapatr

한국과학기술연구원, 수질환경 및 복원센터

Removal of malodorous substances of piggery wastes by fermented product

Jae Seong Rhee, Hyun June Lee and Janjit Iamchaturapatr

Water Environmental Research Center, KIST

This study was conducted to investigate the malodorous substances in piggery wastes and its removal under the help of fermented products through anaerobic process. All experiments were carried out in Laboratory-scale under controlled conditions at constant temperature and air supply. Control and other batches are designed by batch experimental method. Results had shown the variation of ammonia (NH_3) and hydrogen sulfide (H_2S) gas in all batches during 22 days. It was found that addition of fermented products to piggery wastes affected to the emission of H_2S and NH_3 in piggery wastes. during experimental process, ammonia gas was broken out a little and 95% of hydrogen sulfide was removed in all batches except control at the first time. Additionally, the main waste characteristic parameters such as pH, NH_4^+N and COD were investigated.

Key words: malodorous substances, piggery waste, fermented substrate, COD, hydrogen sulfide, ammonia

1. 서 론

환경오염에 대한 관심이 고조되면서 축산업에서의 악취문제가 심각히 대두되고 있으며 특히 양돈업에서의 악취 문제는 분뇨처리 문제와 함께 시급히 해결해야할 과제가 되었다.

악취의 원인은 주로 가축의 분과 뇨이고, 돈사에서 발생하는 악취의 성분으로는 암모니아와 휘발성지방산이 주체가 되며(Bell, 1970; Tanaka, 1979; 本多, 1993)¹⁾ 이밖에 황화수소, 이황화메틸, 트리메틸아민, 스틸렌, 아세트알데히드 등의 복합취로 구성되어 있다.

이러한 악취는 사람 뿐 만아니라 가축에게도 해로운 작용을 주며 가축의 생산성을 떨어뜨리는 원인이 된다. 효소제는 주로 가축의 생산성 향상에 초점이 맞추어져 사용되어 왔으나(Bedford 등, 1992; Lindemann 등, 1986)²⁾ 악취 감소 및 분배설량 감소에 대한 연구도 보고되고 있다(Jongbloed와 Lenis, 1992).³⁾ 생균제는 세균 및 그 부산물로서 장내 미생물 균형을 변화시키는 물질로 알려져 왔으며 양분의 공급, 사료의 소화, 유해

세균의 억제 등이 알려져 있다. 생균제에 대한 연구도 주로 가축의 생산성 향상 측면에서 주로 사용되어 왔으며(Pollmann 등, 1980)⁴⁾ 최근에는 생균제를 사용하여 악취를 제거하기 위한 연구가 진행되어 왔다(Collington 등, 1988; Tanaka 등, 1992).⁵⁾ 하지만 지금까지 개발된 생균제나 효소제의 경우 일부 미생물을 선정, 배양 후 다른 물질과 혼합, 제조하여 일정 분야에 국한해 사용해야하는 단점을 가져 놓아, 축산에 적용하는데 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 다양한 미생물의 서식이 가능한 fermented product를 이용하여 축산폐수 처리, 악취제거의 효과를 알아보고 아울러 EDTA-Fe등을 첨가하여 악취제거에 효율을 증가시키고자 하였다.

2. 실험방법

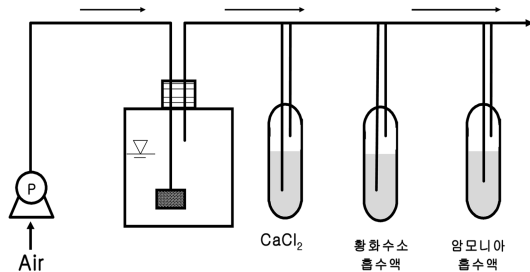
2.1. 실험재료 및 운전방법

본 실험에 사용된 축산폐수는 서울에서 약 50 Km 떨어진 경기도 Y군에 위치한 약 300마리의 돼지를 사

[†]To whom correspondence should be addressed.

Table 1. Composition of Piggery Waste in Control and Target batches

Batch	Percentage of PW (% by weight)	Fermented product (% by weight)	Mixture solution (% by weight)	Distilled Water (% by weight)
control	40	0	0	60
A1	40	5	0	55
A2	40	5	0.5	54.5
A3	40	5	2.5	52.5
B1	40	10	0	50
B2	40	10	0.5	49.5
B3	40	10	2.5	47.5

**Fig. 1.** Schematic diagram of experimental apparatus.

육하는 양돈농가에서 채취 후 이물질을 제거하기 위해 증류수와 분뇨의 무게비를 1:5로 하여 265 μm Sieve를 사용해 여과시킨 후 여과된 액을 4C0에서 냉장 보관하여 본 실험의 양돈분뇨로 이용하였다.

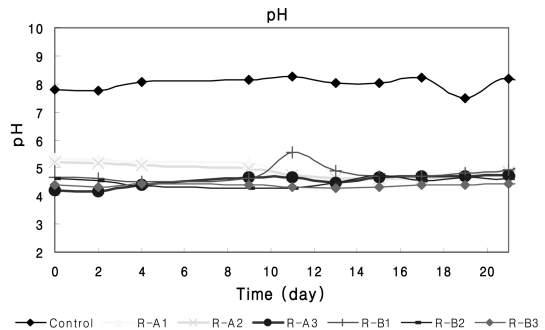
여과된 시료액은 500 mL의 밀폐형 유리용기 7개에 각각 400 mL씩 분주 후 Peristaltic pump (Gilsion사의 Minipulse 3 model)을 사용하여 14.01 mL/min의 공기를 주입하였다. 또한 발효액의 악취 제거 효능을 알아보기 위해 Control과 여러 개의 조로 나누어 실험하였다(Table 1). 유리용기는 공기의 차단을 위해 impinger형태로 제작하였고 미세 가스 누출방지를 위해 뚜껑을 덮은 후 sealing film으로 봉인하였다. 실험 장치는 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 배출 가스 중 황화수소와 암모니아를 측정할 수 있도록 구성하였고 수분에 의한 영향을 막기 위해 CaCl_2 를 흡수용액 앞에 설치하였고 미생물의 활동을 최적화하기 위해 water bath를 설치하여 30°C로 유지하였다.

2.2. 분석항목 및 측정방법

본 연구에서는 분석항목 크게 2개로 나누어 pH, COD, T-N, T-P, $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 Nutrients와 배출가스인 H_2S , NH_3 를 측정하였다. pH는 이온전극법(ISTACK Model 750P), 다른 항목은 모두 Standard method를 사용한 후 UV/VIS-151 UV-visible detector(Gilsion)

Table 2. Measurement of Parameters

Parameters	Units	Experimental method
pH	-	pH meter
COD	mg/L	Standard method
TP	mg/L	Standard method
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L	Standard method
H_2S	mg/L	Standard method
NH_3	mg/L	Standard method
Temperature(°C)	°C	Thermometer

**Fig. 2.** Variation of pH in all batches.

를 사용하여 측정하였다. 본 실험에 사용된 분석항목 및 분석방법은 Table 2과 같다.

3. 실험결과

3.1. pH의 변화

fermented product 주입에 따른 양돈분뇨중의 pH변화는 Fig. 2와 같다. Control의 경우는 pH 7-8범위에서 대체로 일정하게 나타나지만 다른 batch의 경우는 최초 pH가 낮아진 후 점차 증가하는 것을 볼 수 있다. 초기 pH의 감소는 Fermented Product의 첨가로 유기산 성분이 증가하였기 때문이며 그 후 pH의 증가는 ammonium의 증가로 인해 pH가 영향을 받았기 때문으로 사료된다. 또한 pH는 각각의 batch의 fermentation

첨가량에 비례하여 감소함을 확인할 수 있었다.

3.2. Soluble COD(Chemical Oxygen Demand)의 변화

sample의 특성상 solid fraction과 particulate matter를 함유하여 일정한 COD값을 얻기 어려워 SCOD를 측정하였다. 초기 SCOD값은 pH와 반대로 fermented product의 함량에 따라 SCOD가 비례적으로 증가하는 것을 잘 보여주고 있다. 모든 batch중 B2와 B3는 각각 약 75%, 72%의 SCOD제거 효율을 보여주고 있다. 하지만 모든 batch에서 제거효율이 낮은 이유는 최초 substrate의 높은 농도로 인해 미생물이 불충분하게 적응하는 “shock”현상이 일어나고 liquid fraction이 부족한 반면 solid fraction이 풍부해 미생물 성장에 어려움을 주기 때문으로 생각된다. 11일 이후 solid와 soluble fraction의 hydrolysis로 인해 SCOD가 모든 batch에서 증가하고 있고 이는 최초 4일후 hydrolysis의 반복으로 보여진다.

미생물의 활동과 hydrolysis의 강도의 세기로 인해 대체로 불규칙한 SCOD값이 얻어졌다고 사료된다.

3.3. 암모니아성 질소의 변화

암모니아성 질소의 경우도 SCOD의 그래프와 동일하게 반응 초 fermented product의 함량에 따라 비례적으로 증가하는 것을 잘 보여주고 있다. 또한 SCOD의 그래프의 변곡점인 11일 이후에 그래프의 변화된 모습을 보이고 있다. 이는 반응 초 11일까지는 미생물의 적응, hydrolysis나 유기 고분자의 liquid fraction이 더 작은 하위 단위로 변화되는 단계로 생각된다. 그 이후 미생물에 의해 고분자 특히 단백질이 암모늄으로 분해되어 농도가 상승하는 경향을 보이고 있다. 초기 fermentation product의 증가는 암모늄의 농도 상승에 영향을 준다. 하지만 이는 pH의해 보여 지는 화학적

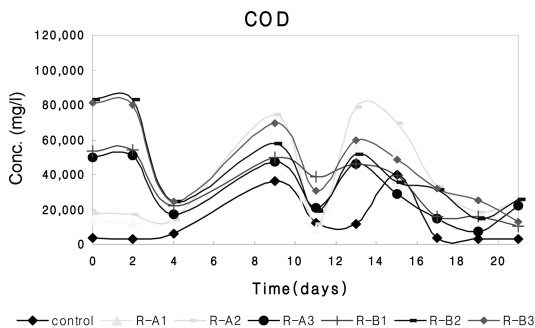


Fig. 3. Variation of COD in Control and Target Reactors.

평형뿐만 아니라 미생물수의 증가, 풍부한 초기 substrate의 농도 때문으로 이해될 수 있다. 또한 실험 기간 중 암모니아 가스는 낮은 농도로 발생하였다. 이는 fermented product의 부과로 낮은 pH에서 암모늄과 암모니아의 평형관계에 의해 암모늄의 형태로 대부분 존재하기 때문으로 생각된다.

3.4. 총인의 변화

총인은 Control, Target 모두 16일 동안 증가추세를 보이다 그 후부터 감소추세를 보이고 있는데 이는 미생물이 혐기성 상태에서 인을 Release하기 때문에 약간 증가하다 공기가 축적됨으로 16일 이후 인의 uptake가 일어난다고 생각된다(Fig. 5).

3.5. 황화수소의 변화

황화수소(Hydrogen sulfide)는 낮은 pH조건에서 배출 및 생성되는 물질로 pH 7 이하에선 대부분의 황산이온이 황화수소의 형태로 존재한다.^{6,7)} Control의 경우 반응 초 많은 양의 황화수소가 발생하나 다른 batch의 경우 반응초기부터 낮은 황화수소의 농도를 유지하고 있다.

이는 fermentation product의 첨가로 pH 7보다 낮

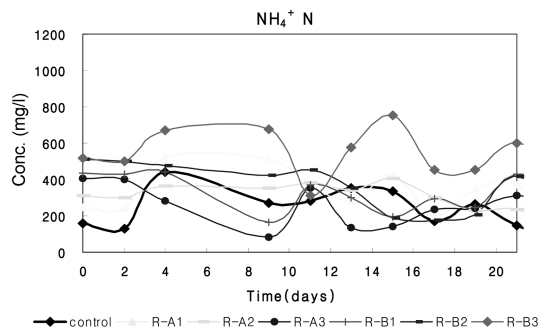


Fig. 4. Variation of NH₄⁺-N in Control and Target Reactors.

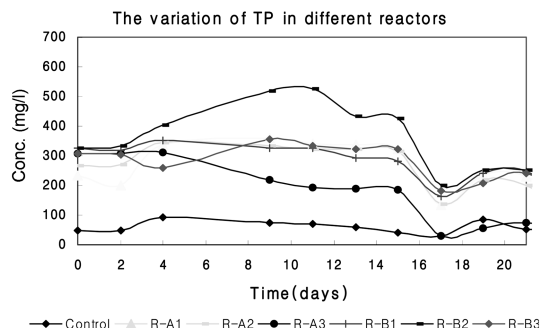


Fig. 5. Variation of TP in Control and Target Reactors.

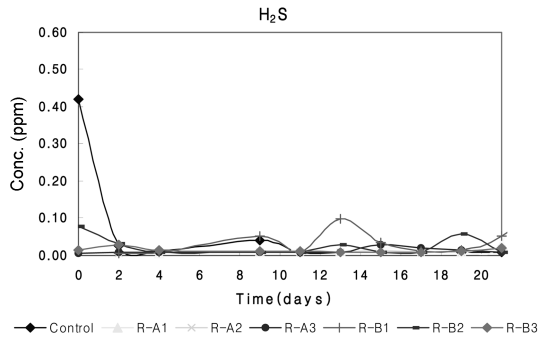


Fig. 6. Variation of H_2S in Control and Target Reactors.

아져 황산이온이 황화수소의 형태로 존재함에도 불구하고 yeast의 활동으로 안정적으로 황화수소의 농도를 보임을 알 수 있다. 또한 EDTA-Fe를 첨가한 batch는 다른 batch보다 실험기간 동안 안정적으로 황화수소 농도를 유지하였다. 대체로 fermented product를 첨가한 모든 batch 약 95%의 제거 효율을 얻을 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 축산 폐기물중 악취 발생물질인 황화수소와 암모니아가 pH, COD, NH_4^+ -N에 의해 많은 영향을 받는다는 것을 증명한다. 또한 fermented product의 첨가는 반응 초 빠르게 반응하여 황화수소를 95% 제거 하였으며 특히 EDTA-Fe를 첨가한 경우 첨가하지

않은 batch에 비해 약 5%정도의 제거 효율을 얻을 수 있었다. 암모니아 가스의 경우 대부분 낮은 농도로 검출되었고 이는 fermented product의 첨가로 낮아진 pH에서 암모늄 상태로 존재하기 때문으로 사료된다.

fermented product첨가 후 낮은 pH에서 H_2S 는 이론적으로 더 많이 방출되지만 반응기간 동안 안정적인 농도로 유지됨을 관찰할 수 있었다. 이는 암모니아, 황화수소의 제거에 fermented product가 효과가 있음을 나타내는 것이다. 하지만 fermented product의 황화수소와 암모니아의 제거에 정확하고 더 세밀한 실험이 향후 요구된다.

참고문헌

1. Bell, R. G. *Poul. Sci.* **1970**, 49, pp 1126
2. Bedford, M. R., Patience, J. E., Classen, H. L. and Inbarr, J. *Anim. Sci.* **1992**, 72, pp 97
3. Jongbloed, A. W. and Lenis, N. P. *Pig News and Information.* **1992**, 13(3), 262
4. Pollmann, D. S., Danielson, D. M. and Peo, Jr. E. R. *Anim. Sci.* **1980**, 51, 638
5. Collington, G. K., Parker, D. S., Elis, M. and Armstrong, D. G. *Animal Prod.* **1988**, 46(abs.), 521.
6. Werner, S. and James, J. M. *Aquatic Chemistry*, **1996**, John Willey and sons Inc. USA.
7. Clair, N. S. and Perry, L. M. *Chemistry for Environmental Engineering*, **1994**, McGraw-Hill, Inc. USA.