

플라즈마를 이용한 축사배출가스 정화시스템 개발

김상하*, 김영권**, 원승호**, 김광환**, 서충원**

*건양대학교 보건복지대학원

e-mail: jis5687@hanmail.net

Kim Sang Ha*, Kim Young Kwon**, Won Seung Ho,

Kim Kwang Hwan**, Seo Choong Won**

*Konyang University,

Graduate school of Public Health and Welfare

요 약

축사 외부로 배출되는 분진을 제거하고, 축사내부에서 발생하는 악취를 방지하고, 축사에서 배출되는 공기를 살균하여 돈사 외부로 배출되는 공기의 질을 향상시키는 배출 가스 정화장치 개발하려 한다. 축사 내부의 환기에도 적용가능하여 무창돈사에 적용가능 하며, 반응시스템이 축사 내부에 있을 필요가 없기 때문에 내부의 환경에 영향을 받지 않아 반응시스템의 내구수명을 연장시킬 수 있을 뿐 아니라, 내부 환기가 필요없는 무창돈사에 적용할 수 있다. 앞으로는 돈사 뿐만 아니라 계사, 우사 등에도 적용가능성 타진을 조사하고, 무창돈사 시스템의 확보와, 기타 악취배출 장소에서의 냄새제거에 활용 증대하면 좋을 것 같다.

1. 서론

외부로 방출하는 악취를 제거하는 방법에는 크게 세 가지가 있을 수 있다. 첫째는 내부 공기를 정화하여 배출하는 방법이고, 둘째는 배출공기를 정화하여 배출하는 방법이며, 세 번째는 앞의 두가지방법을 병행하는 것이다. 첫 번째 방법으로, 기존의 돈사 내 설비로 오존을 사용하는 시스템이 공급되다가 보급이 부진한 실정에 있다. 이는 오염된 공기를 처리하기 위해 실내에 공급된 고농도의 오존이 돼지에게 악영향을 미쳐 피해를 입히게 되므로, 오염된 공기를 처리하기 위한 필요 오존 농도보다 낮은 저농도의 오존을 사용하게 되고 이에 따라 살균, 탈취의 효과가 나타나지 않았기 때문이다. 또한 기존의 오존발생기는 진공관형태가 주를 이루었는데 진공관형태는 수명이 짧고 사용 중 간극의 변화에 따라 발생효율이 떨어진다. 두 번째 방법은, 본 연구에서 사용하고자하는 방법으로써, 관형 플라즈마 방식으로 수명이 길고 사용 중 간극의 변화가 없는 고농도의 제품을 사용하고 잔유오존을 환원하여 배출하는 시스템을 사용하고자 한다. 본 연구의 최종 목표는 돈사 내에서, 돼지 분노 등에 의해 발생하는 악취가 외부

로 방출되는 것을 방지하는 환기 시스템 개발에 있다. 개발하고자하는 돈사 배출가스 정화 시스템의 분진제거는 고압분진제거기를 이용한다. 악취의 탈취와 살균을 위해 오존을 이용한 악취처리 반응조를 설치하여 돈사 배출시의 공기를 정화시키고, 최종 말단에는 오존을 환원시키는 장치를 설치하여 정화된 공기에 오존이 잔존하지 않도록 한다. 이러한 시스템은 덕트로 구성되어 실내에 설치될 수 있음으로서 시스템의 수명을 길게 하는데도 좋은 역할을 할 수 있다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 조사기간 및 조사대상

본본 과제의 개발 내용은 직접 악취물질을 제거하는 플라즈마 발생기를 이용한 오존발생기의 개발 및 오존발생기를 이용한 반응조개발과 미세분진 제거 시스템 개발로 이루어지며 개발된 시스템을 실험은 1차실험과 본 실험을 수행하였다.

2.2. 플라즈마 발생기를 이용한 오존발생 시스템 개발

2.2.1. 오존발생부 제작

2.2.2. 전원장치(power supply)

2.2.3. 오존발생기 실험

2.2.4. 반응조 개발

반응조는 투입된 오존과 오염물질이 잘 반응되도록 개발한 시스템으로, 기존의 오존 사용하는 곳에서 미반응으로 인한 잔류 오존 때문에 문제가 많이 발생하였다. 본 연구에서 개발한 반응조는 오존과 오염물질이 잘 반응되도록 기체가 서로 잘 섞일 수 있게 설계하였다. 이 반응조는 2번에 걸쳐서 개량, 제작되었다.

2.2.5 미세분진 제거 시스템 제작

실제 적용하여야 할 환경은 상당한 분진이 예상되므로 분진을 제거하기 위한 미세 분진제거 시스템을 제작하였다. 분진제거 방식은 필터를 사용하여하여 분진을 제거하고 필터의 분진은 수세노즐에 의한 수처리 방식을 사용하였다.

2.2.6. 냄새제거기 적용실험

냄새제거기의 적용실험은 1월 15일에 1차 실험과 6월 17일의 2차실험을 실시 했다. 1차실험에는 공기를 이용한 오존발생기를 사용하였고 2차실험에는 산소발생기를 적용하여 보다 고농도의 오존을 적용하였다.

2.2.6.1 1차 실험

본 조사는 2008년 1월 15일 충남 논산 인근 지역의 돈사를 대상으로 공기 중 바이오 에어로졸을 대상으로 공기 오염 미생물을 측정하였다. 측정 위치는 주변시설 등에 의한 영향과 부착물 등으로 인한 측정 장애가 없고, 대상 시설의 오염도를 대표할 수 있다고 판단되는 곳을 선정하였으며, 기본적으로 시설의 실내와 1층과 2층의 공기배출 환풍기 장소를 선정하였다. 측정시간은 AM 10:00-PM 05:00 사이에 실시하였으며, 중앙부 바닥으로부터 1.2 m 높이에서 측정하였다.

실제 적용하여야 할 환경은 상당한 분진이 예상되므로 분진을 제거하기 위한 미세 분진제거 시스템을 제작하였다. 분진제거 방식은 필터를 사용하여하여 분진을 제거하고 필터의 분진은 수세노즐에 의한 수처리 방식을 사용하였다.

본 과제의 개발 내용은 직접 악취물질을 제거하는 플라즈마 발생기를 이용한 오존발생기의 개발 및 오

존발생기를 이용한 반응조개발과 미세분진 제거 시스템 개발로 이루어지며 개발된 시스템을 실험은 1차실험과 본 실험을 수행하였다.

3. 결 과

3.1. 실험 가검물 동정 결과

본 조사에서 분리된 미생물들의 대부분은 인체 또는 동물에서 정상적으로 서식하거나 실내 공기 중 오염균들이며, 이들 중 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)은 사람에게 구강, 비강의 정상상재균종이지만 화농성 염증을 일으키는 주요 원인균으로 최근에는 독소성 쇼크 증후군(toxic shock syndrome ; TSS), 피부괴사, 구토, 설사, 복통 및 쇼크 등의 식중독을 일으키며 심하면 사망에 이르기도 하는 세균으로 실내에 오염도가 높을 경우에는 감염으로 진행될 수 있으므로 주의가 필요하다. 곰팡이들은 모두 기회감염균(opportunistic pathogens)으로 건강한 사람에게는 큰 문제가 없으나 노인이나 어린이 또는 면역력이 약해진 사람에게 중증의 감염으로 진행 될 수 있어 오염된 양에 따라 주의가 요구된다. 분리된 진균 중 *Mucor spp.*는 야채나 과일에서 부패를 일으키기 때문에 부패한 과일이나 야채를 먹음으로써 질병을 유발시킬 수 있으며, 매우 드물게 모균증(*zygomycosis*)과 외이도 감염증과 알러지를 일으키기도 한다. *Aspergillus spp.*는 폐 감염, 기관지, 특히 농촌에서 폐-알러지 질환이 많은 것으로 알려졌으며, 진균성 각막염, 외이도염, 비누선염(*nasal sinuses*) 등을 일으킨다. 아스퍼질루스증은 미국 질병관리본부(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)에 따르면 샌프란시스코에서만 매년 인구 10만 명당 1-2명꼴로 발병하며 심한 경우 사망한 사례도 있는 것으로 보고되어 주의가 요구된다. *Alternaria spp.*는 진균성 각막염, 피부감염, 골수염, 폐 감염 및 비중격 감염 등의 질환을 일으키는 진균이다. *Penicillium spp.* 또한 각막염, 외이도염, 조·갑부위 감염, 드물게 심부 감염을 일으키는 기회감염진균이다.

돼지분변을 배양한 결과 대장균(*Escherichia coli* 1), *Proteus vulgaris* group 같은 동물의 장관내 상재균으로 동정되었으며, 돼지단독 및 사람 피부염증을 일으키는 돼지단독균(*Erysipelothrix rhusiopathiae*)으로 의심되는 세균이 분리되었다.

시설의 규모와 준공시점, 기타 여러 환경조건의

차이가 미생물의 수와 균종에 영향을 주었을 것으로 사료되며, 앞으로 계절별, 집단 특성별 조사가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

4. 고찰

4.1. 미생물의 집락 수

공기청정 장치를 가동하기 전 돈사 내 대기오염 농도를 측정한 결과 오존 0 ppm, 암모니아 15 ppm, 황화수소 0.6 ppm이었으며, 미생물의 오염도는 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수가 12개로 분리되었다.

전압 100V에서 산소 2(l/min), 오존 30% ($6.3 g/m^3$)로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 0.98 ppm, 암모니아는 6 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 16개로 관찰되었다.

전압 100V에서 산소 2 (l/min), 오존 60% ($8.7 g/m^3$)로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 1.35 ppm, 암모니아는 6 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 17개로 관찰되었다.

전압 100V에서 산소 2 (l/min), 오존 100% ($11.2 g/m^3$)로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 1.70 ppm, 암모니아는 0 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 28개로 관찰되었다.

전압 100V에서 산소 3 (l/min), 오존 30%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 1.07 ppm, 암모니아는 11 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 22개로 관찰되었다.

전압 100V에서 산소 3 (l/min), 오존 60%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 1.47 ppm, 암모니아는 10 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 25개로 관찰되었다.

전압 100V에서 산소 3 (l/min), 오존 100%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 1.99 ppm, 암모니아는 8 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 17개로 관찰되었다.

전압 120V에서 산소 2 (l/min), 오존 30%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 0.64

ppm, 암모니아는 14 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 27개로 관찰되었다.

전압 120V에서 산소 2 (l/min), 오존 60%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 0.85 ppm, 암모니아는 10 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 15개로 관찰되었다.

전압 120V에서 산소 2 (l/min), 오존 100%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 1.08 ppm, 암모니아는 7 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 29개로 관찰되었다.

전압 120V에서 산소 3(l/min), 오존 30%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 0.69 ppm, 암모니아는 10 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 42개로 관찰되었다.

전압 120V에서 산소 3 (l/min), 오존 60%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 1.00 ppm, 암모니아는 9 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 43개로 관찰되었다.

전압 120V에서 산소 3 (l/min), 오존 100%로 설정하여 공기청정 장치를 가동했을 때 오존은 1.28 ppm, 암모니아는 6 ppm, 황화수소는 0 ppm으로 측정되었으며, 보통영양한천배지에서 전체 미생물의 평균 집락 수는 41개로 관찰되었다(표1).

[표 1] 총부유미생물

(Unit : cfu/m³)

처리후결과		처리전조건				총부유 미생물	
Voltage	O ₂ (l/min)	O ₃ (%)	ppm	ppm	ppm		
		100V	2	3	0.98	6	0
6	1.35			6	0	17	
10	1.7			0	0	28	
3	3		1.07	11	0	22	
	6		1.47	10	0	25	
	10		1.99	8	0	17	
	합계			125			
120V	2		3	0.64	14	0	27
			6	0.85	10	0	15
			10	1.08	7	0	29
	3	3	0.69	10	0	42	
		6	1	9	0	43	
		10	1.28	6	0	41	
		합계			197		

4.2. 진균의 동정결과

돈사 내에서 채취한 SDA 배지를 24℃ 배양기 (HWAHSHIN공업)에서 24-48시간동안 배양시킨 후, 집락들을 Lactophenol cotton blue(LPCB)염색을 하여 관찰한 결과 *Aspergillus* spp.로 가장 많았으며, *Mucor* spp., *Penicillium* spp., *Alternaria* spp.의 순으로 분리되었다.

참고문헌

- [1] 김성환. “바이오에어로졸로서의 곰팡이 특성 및 측정 평가”, 한국공기청정협회지 (2006) 20(1), 40-49
- [2] 김윤신, 이은규, 엽무중, 김기영. “다중이용시설에서 돈사 내공기 중 미생물 분포에 관한 연구”. 한국환경위생학회지 (2002) 28(1), 85-92
- [3] Martga E. Alcantara-Gardurio, et. al. “Experimental and mathematical evaluation of trichloroethylene removal from saturated soil using acetic acid with saturated ozone”, Separation and Purification Technology Vol.60, 3 (2008), 299-307
- [4] Maher Bou Jaoude, et. al. “Analysis of the ozone effect on soybean in the Mediterranean region II. The consequences on growth, yield and water use efficiency”, European Journal of Agronomy Vol.28, 4, (2008), 519-525