

## Lamp 형 오존 발생기에서 발생하는 자외선과 오존을 이용한 돈사 내의 살균과 탈취

정 봉 우\* · 이 현 철\*\* · 이 은 미\*\*\* · 고 명 석\*\*\*\* · 윤 영 미\*\*\*\* · 한 지 혜\*\*\*\*

### Disinfection and Deodorization in the Piggery Using UV/O<sub>3</sub> Lamp Type Ozonizer

Bong-Woo Chung\*, Hyun-Chul Lee\*\*, Eun-Mi Lee\*\*\*, Myong-Seok Ko\*\*\*\*,  
Young-Mi Yoon\*\*\*\* and Ji-Hye Han\*\*\*\*

#### ABSTRACT

Ozone has a potency for disinfection, deodorization, decolorization and decomposition of organic materials by strong oxidation, therefore we used the ozonizer for disinfection and deodorization of a piggery. CFU of the ozonated piggery was lower than the others, and the ozonizer was redesigned from open-type to close-type to obtain high ozone concentration. We also investigated the effect of air velocity to ozone concentration.

*Keywords* : Ozone, Disinfection, Deodorization, Ozonizer

#### 1. 서 론

최근 산업계에서는 자외선과 오존이 널리 이용되고 있다. 이는 2차 오염물질이 없고 높은 에너지와 산화력을 가지고 있어 유·무기 오염물질의 분해제거·살균·탈취가 가능하기 때문이다. 이를 광산화법이라고 한다. 특히 오존은 산화력이 염소의 7배 정도로 강하여 살균, 탈색, 탈취 능력이 우수할 뿐만 아니라 반감기가 30분 정도로 매우 짧아 독성이 오래 잔류하지 않

며, 공기나 산소를 이용하여 비교적 용이하게 생성시킬 수 있다는 장점이 있어 그 이용도가 증가하고 있다.<sup>1,2,3,4)</sup>

최근 우리 나라의 축산업은 점점 사육규모가 대형화, 밀집화 되고 있는 실정이다. 그런데 축사 내 환경이 적합치 않으면 보호 대응력이 떨어지고 스트레스, 고혈압, 위궤양 등이 다발하며 면적이 약해져 쉽게 질병에 노출된다고 한다. 특히 집단 사육에 따른 암모니아 가스와 부유 미생물의 증가는 질병 감염의 큰 원인이 되고

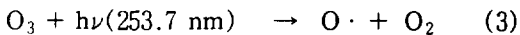
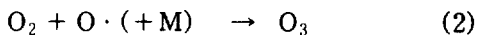
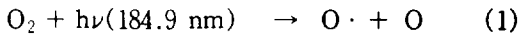
\* 전북대학교 화학공학부 교수  
\*\* 한려대학교 전임강사  
\*\*\* 우석대학교 강사  
\*\*\*\* 전북대학교 대학원 석사과정

있다. 이에 본 연구에서는 돈사 내 공기의 살균과 탈취를 위하여 오존의 산화력을 이용하였으며 인체와 돼지에 영향을 미치지 않는 적절한 농도 범위를 유지할 수 있는 시스템을 구축하고자 하였다.

## 2. 관련 이론

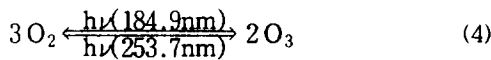
오존생성을 위해서는 우선 공기중에 있는 산소를 분해시키지 않으면 안된다. 산소분자의 결합에너지보다 큰 에너지를 공급하여 분해할 수 있다. 많은 종류의 램프 중에서 저압수은램프가 오존생성에 적합한 단파장의 자외선을 잘 방사하기 때문에 오존발생기로 주로 사용되고 있다.

자외선에 의한 오존생성은 다음 식(1), (2), (3)를 따른다.



여기에서,  $h$ 는 플랑크상수,  $\nu$ 는 진동수( $\lambda$ 의 역수),  $+M$ 은 금속 등의 다른 분자이다.

인공적 자외선에 의해 발생하는 오존농도는 다음에 보이는 평형상태에 의해 상한 값이 결정된다.



발생하는 오존농도는 원료와 공기 혹은 산소의 건조상태, 석영유리의 재질(184.9nm의 강도와 관여한다), 발생기의 길이, 풍량 등에 의해 달라진다.<sup>5,6,7)</sup>

## 3. 재료 및 실험 방법

### 3.1 오존에 의한 종축장 내의 살균 및 탈취 효과

본 실험은 전북 김제시 용지면에 있는 종축장에서 실시하였다. 우선 분만사에는 3대(0.05~0.06ppm), 자돈사에는 2대(0.06~0.07ppm), 비육사에는 5대(0.07ppm)의 오존발생장치를 천정에 매달아 가동시켰으며, 각각에 대해 실험군 및 대조군을 설정하였다. 사용된 오존발생장치는 (주)한국오존텍 제품이며, 오존발생량은 0.5g/hr이다. 공기 중 부유 세균은 돈사 바닥에서 30cm 떨어진 여러 위치에 배지를 놓고 10초간 노출시켜 37℃에서 24시간 배양 후 집락수를 관찰하고 평균값을 취했다. 오존농도는 휴대용 ozone detector(Murco Co.)로 측정하였으며, 측정범위는 0.000~1.999이다. 암모니아, 황화수소, 메탄은 LTX310(IS corp., USA)를 사용하여 측정하였다.

### 3.2 기존의 오존램프와 변형된 오존램프의 오존 농도

기존 오존발생장치는 220V/60Hz의 전원을 연결하여 안정기를 통과한 후 램프가 켜지면 강한 자외선이 공기 중으로 조사되며 공기 중의 산소와 반응하여 생성되는 오존을 하단부의 송풍장치를 이용하여 돈사 내 공기를 순환시키는 제품이다(Fig. 1).

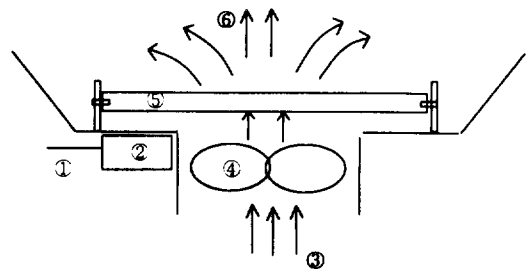


Fig. 1 The ozonizer with UV lamp  
(①power, ②regulator, ③feed air, ④fan ⑤UV lamp, ⑥generated ozone & air).

기존의 개방형 램프의 오염에 의한 효율저하를 방지하고 적정한 공기 흡입량을 산정하기 위하여 밀폐형의 원통형 오존 발생장치(시작품 I)를 제작하였다. 사용된 자외선 램프는 0.5 g/hr의 오존발생량을 유지하고 최대 송풍 팬용량은  $4\text{m}^3/\text{min}$ 로 그 구조는 Fig. 2와 같다.

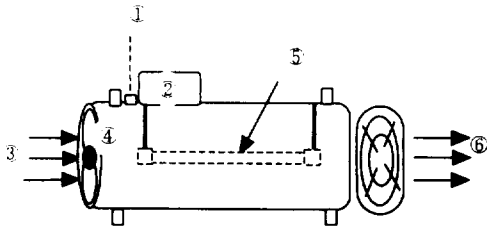


Fig. 2 The circular-type ozonizer  
(section area  $0.02\text{m}^2$ , length 90cm)

(①power, ②regulator, ③feed air, ④fan ⑤UV lamp, ⑥generated ozone & air).

풍량 증가를 위해 단면적을 크게하고, 재질을 반사가 잘 되는 스테인레스 스틸로 변경하여 시작품 II를 제작하였다. 단면은 사각형 ( $24.6\text{cm} \times 24.6\text{cm}$ )이고 단면적이  $0.06\text{m}^2$ 이며 길이 90cm인 사각통형으로 내부에 송풍기 및 자외선 램프를 장착하였다(Fig. 3).

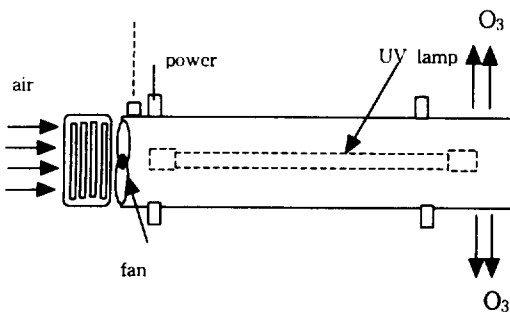


Fig. 3. The cubic-type ozonizer  
( section area  $0.06\text{m}^2$ , length 90cm ).

### 3.3 송풍량에 따른 오존 농도

종축장에서는 돈사 내의 온도조절을 위하여 외부 공기를 흡입하고 강제로 배기시키기 때문

에 설치된 오존발생기의 이에 대한 영향을 평가하기 위하여 흡기구 부근과 배기구 부근에서 오존농도를 측정하였다.

송풍기에 부착된 모터의 전압을 변화시켜(105~220V), 평균 풍속과 풍량변화에 따른 오존농도를 측정하였다. 평균풍속은 위치별 풍속을 측정하여 계산하였으며(FCO12-MICROMANOMETER, U.S.A), 1.42~3.43 m/sec의 범위를 나타냈다(이때의 풍량은  $1.7\sim 4.1\text{m}^3/\text{sec}$  범위를 나타냈다).

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 오존에 의한 종축장 내의 살균 및 탈취효과

여러 유해기체를 측정해 본 결과 대부분은 소량 검출되었으며, 주로 돈사 내 문제가 되고 있는 것은 암모니아 기체였다. 하절기에는 출입구 등을 개방 운영하고 있어 암모니아와 오존 농도 측정에 어려움이 있었다. 동절기의 오존농도와 암모니아 농도는 Fig. 4, Fig. 5와 같다. 오존 발생기를 설치하기 전에 암모니아 농도가 14ppm이었으나 점차적으로 낮아져 7~8ppm으로 유지되었다. 시일이 지남에 따라 분뇨가 쌓이고 환경이 악화되는 것을 감안할 때 상당한 탈취효과가 있는 것으로 판단된다.

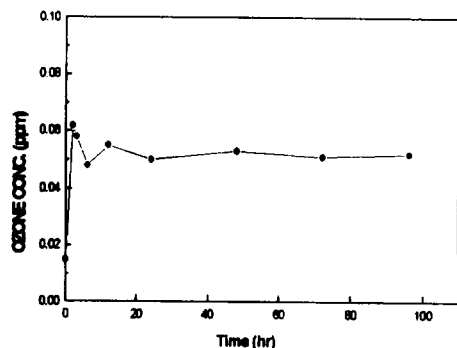


Fig. 4 The concentration of ozone in the piggery.

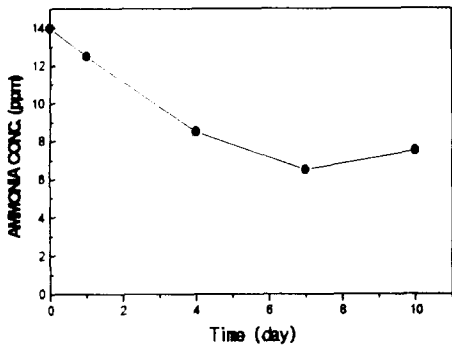


Fig. 5 The concentration of ammonia in the piggery.

돈사 내 부유 미생물의 경우 하절기와 동절기 모두 높은 살균 효과를 보였다(Fig. 6, Fig. 7).

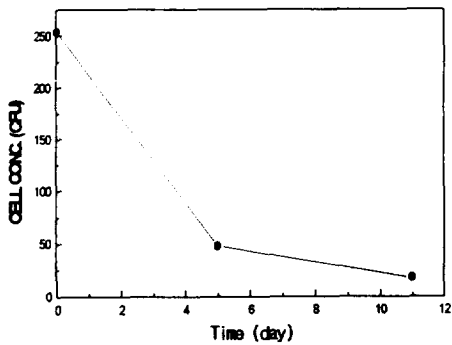


Fig. 6 The CFU change by ozone treatment in winter.

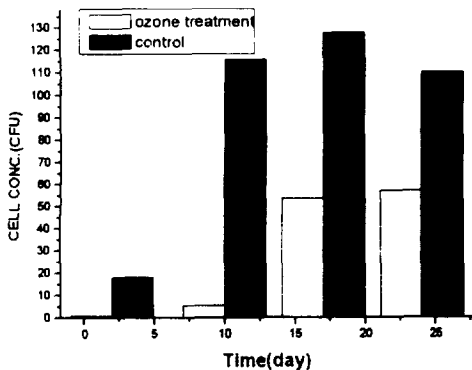


Fig. 7 The CFU change by ozone treatment in summer.

#### 4.2 기존의 오프온제너와 변형된 오프온제너의 오프온 농도

기존 오프온발생장치는 가동 후 30분 정도 경과되면 0.075~0.085ppm 범위에서 일정한 값을 나타냈으며 오프온측정 위치에 따라 크게 달라지지 않음을 확인할 수 있었다. 이는 공기순환이 없는 밀폐공간에서 얻어진 결과로 돈사 환경과는 약간의 차이가 있을 것으로 판단되며 가동을 중단한 후 20분이 경과하면 0.05ppm으로 낮아짐을 알 수 있었다. 이러한 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

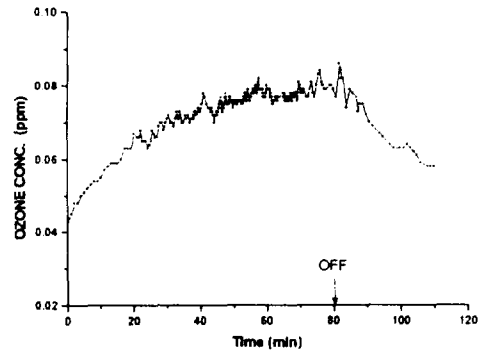


Fig. 8 The ozone conc. vs. operation time of the open-type ozonizer

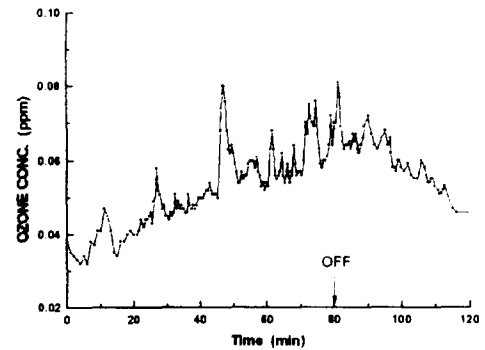


Fig. 9 The ozone conc. vs. operation time of the circular type ozonizer

Fig. 9는 원통형 오프온 발생장치의 시간에 따

른 오존 농도를 나타낸 것으로 40분 이후 0.06ppm 수준의 오존농도를 나타냈다. 이는 개방형의 풍량( $22\text{m}^3/\text{min}$ )에 비해 훨씬 낮은 풍량의 유입으로 오존생성이 충분치 못했으며, 원통 재질을 PVC로 함에 따른 설치 시 불편한 점이 있었다.

이를 개선하기 위해 사각통형 오존 발생장치를 제작하였다. 개선한 오존 발생기 팬의 송풍 용량은 최대  $10\text{m}^3/\text{min}$  (평균속도  $2.08\text{m}/\text{sec}$ )로 설계하였으며 공기의 체류시간을 증가시킬 목적으로 출구에 구멍을 만들어 상하쪽으로 오존이 분사되도록 제작하였다. 이러한 사각통형 오존 발생장치를 상기 실험과 동일한 조건에서 가동시킨 결과를 Fig. 10에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 충분한 원료공기의 공급과 체류시간의 확보로 기존제품이나 원통형 발생장치에 비해 많은 오존생성이 가능하였다. 재질을 고가의 스테인레스 스틸로 변경하여 제작비 상승요인이 되는 점을 극복하기 위해서는 오존에 대한 산화 부식의 염려가 없고 가벼우며 값이 저렴한 재질의 선택이 필요하다.

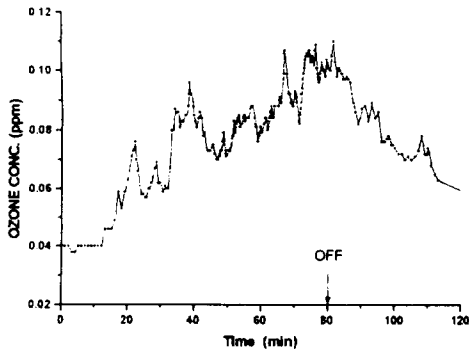


Fig. 10 The ozone conc. vs. operation time of the cubic type ozonizer.

돈사 내의 온도조절을 위한 시스템의 오존 농도 영향을 알아본 결과 Fig. 11에서 보는 바와 같이 흡기구 및 배기구 부근에서 약간 낮게 나타났으나

별 문제는 없는 것으로 판단하였다. 이는 오존의 확산속도가 빠를 뿐 아니라 반감기도 30분 내외로 짧기 때문에 공기 조화시스템의 영향은 그다지 크지 않는 것으로 해석할 수 있다.

오존의 원료가 되는 공기(산소)의 접촉량과 체류시간에 따른 발생기내의 오존 발생량을 측정한 결과 풍량이  $14.7\text{m}^3/\text{min}$  에서 가장 높은 농도를 나타냄을 알 수 있었으며, Fig. 12에 풍량과 오존발생량과의 관계를 나타내었다.

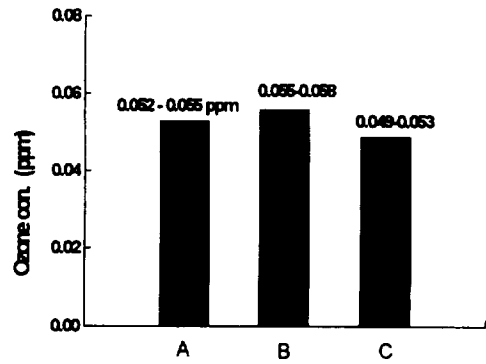


Fig. 11 Ozone concentrations in delivery piggery(A: entering part, B: central part, C: exiting part).

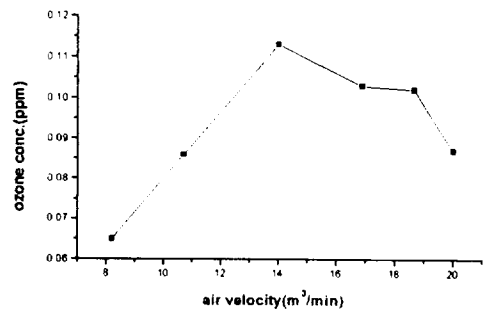


Fig. 12 The ozone conc. vs. air velocity.

## 5. 결 론

오존과 UV를 함께 방출하는 Lamp형 오존발

생기는 축사내 살균과 탈취작용에 탁월한 능력을 나타냈는데(암모니아 농도 14ppm에서 7ppm으로 감소, 90% 이상의 부유미생물 살균) 이는 0.05~0.07ppm의 작업자와 돼지에게 피해를 최소화 할 수 있는 오존 농도 범위여서 그 효과가 크다 하겠다. 본 실험에서 오존은 발생장치 내에서의 원료공기(산소)의 체류시간에 따라 각기

다른 발생농도를 나타냈으며, 풍량이 14.7m<sup>3</sup>/min 일 때 가장 높은 오존 농도를 보임을 알 수 있었다. 또한 오존 발생기를 개방형에서 폐쇄형으로 변형함으로써 같은 조건에서 더 높은 오존 발생농도(폐쇄형: 0.13ppm, 개방형: 0.08ppm)를 얻을 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. 稻毛 正治, “食品の安定性と オゾン熏蒸システム”, 化學工學會誌, 3月号, pp.61-62, 1996.
2. 김광영, “식품산업에의 오존의 이용(I)”, 식품기술, 6, pp.85-91, 1993.
3. 編輯部, “オゾンによる殺菌・洗淨技術”, 食品と開發, 34, pp.38-43, 1999.
4. 김익곤, “환경산업분야에서의 오존 이용기술”, 화학공업과 기술, 9, pp.8-17, 1991.
5. 藤田 恭生, 小林 悟朗, “紫外線式オゾン脱臭器「エアプロデュースデ」”, 建設設備と配管工事, pp.52-55, 1998.
6. 강천수, 송현직외 4명, “Lamp형 오존발생기에 관한 연구”, 한국조명·전기설비학회, pp.25-28, 1995.
7. 김상구, 송현직외 4명, “Lamp형 오존발생기의試作 및 特性에 관한 연구”, 한국조명·전기설비학회, 10, pp.62-71, 1996.