

## 올리브 오일의 오존화 혼합비율을 높여주는 오존수 확산장치개발에 관한 연구

김덕술<sup>†</sup>

동명대학교 의용공학과

(2014년 11월 19일 접수; 2014년 12월 17일 수정; 2014년 12월 18일 채택)

### The Study on the Development of Ozone Water Diffusion Device by Ozonated Olive Oil Mix Ratio that will Increase

Duck-Sool Kim<sup>†</sup>

*Dept. of Biomedical Engineering, TongMyong University,  
428, Sinseon-ro, Nam-go, Busan 608-711, Korea,*

*(Received November 19, 2014; Revised December 17, 2014; Accepted December 18, 2014)*

**요약** : 본 연구는 생활주변에서 오존수를 쉽게 활용할 수 있도록 오존수 발생장치의 활용성을 증가시키고 한 동작으로 작동하는 시스템을 개발하고자 한다. 더 나아가 올리브 오일과 오존과 반응시켜 제조하는 기술에 적용하고자 한다. 기존의 경우 대부분이 오존수 시스템이 아닌 오존발생기 위주의 제품이 많다. 오존수기의 경우 펌프로 강제 흡입시키는 일반압력 방식으로 오존가스 누출 위험요소가 내포되어 있으나, 본 과제에의 경우 인젝터를 이용하여 물의 유입여부에 따른 오존의 발생과 흡입을 제한하고 있어 기존 제품의 오존 누출에 의한 위험을 최소화하였다. 인젝터 방식의 단점에도 불구하고 미생물 살균능을 유지하는 것으로 본 연구에서 사용된 인젝터 방식 오존수 제조 장치의 효용성을 알 수 있었다.

*주제어* : 오존수, 인젝터, 미생물, 올리브 오일, 확산장치

**Abstract** : This study is to increase the utilization of the ozonated water generator to make it easier to take advantage of the ozone water in the world today, there will be to develop a system that operates in one motion. Furthermore, olive oil and ozone is reacted with the wish to apply to the manufacturing technology. In the case of many existing products ozone generator driven mostly non-ozone system. In the case of ozone, but handwriting is implied general way pressure ozone gas leakage risks of suction force to the pump, it is the case of the challenge by using the injector, and limit the generation of ozone and ozone inhalation according to whether the water inlet leakage of existing products risk due to minimized. Despite the disadvantages of the injector system was found the effectiveness of the ozonated water production unit injector system used in this study to maintain the microbiological disinfection performance.

*Keywords* : Ozone water, Injector, Microorganism, Olive Oil, Diffusion Device

<sup>†</sup>Corresponding author (E-mail: [dskim@tu.ac.kr](mailto:dskim@tu.ac.kr))

### 1. 서론

최근 현대인들은 수질오염과 환경오염 등에 노출되어 있으며, 주거공간에서도 각종 화학물질 등에 의하여 각종 피부병 등에 시달리고 있다. 근래에 오존이 세균성, 바이러스성 및 진균성 감염증을 포함하는 피부 질환에 우수한 치료효과를 가진다는 연구 결과가 알려지면서 오존을 피부 질환치료에 사용하려는 시도가 있어 왔다 [1-3]. 오존은 자외선을 흡수하고, 생물의 생존에 중요한 역할을 하는 강한 산화력으로 살균, 탈색, 탈취에 뛰어난 능력을 발휘해 수 처리, 식품, 의료 등 광범위하게 이용된다. 오존은 오존기체 자체를 사용하기도 하지만, 물에 오존을 혼합시킨 오존수를 주로 사용하고 있다[4-6].

기체 상태의 오존은 반감기가 짧아서 오존을 기체 상태로 사용하거나 물에 용해하여 사용하더라도 오존을 장시간 가두어 두기가 곤란하여 오존의 살균 기능을 충분히 발휘할 수 있는 제품이 개발되고 있지 못한 실정이다. 일부 맛사지 크림 등에 오존을 포집시켜 피부질환을 치료하려는 시도가 있기는 하였지만, 친수성 재료로부터 오존은 쉽게 탈출하여 공기중에 방출되므로 이 또한 오존의 기능을 충분히 사용할 수 없는 단점이 있었다[7,8]. 이에 착안하여 본 기술에서는 올리브 오일과 오존 버블을 장시간 접촉시켜 오존화 오일을 제조하는 장치기술 및 그 방법을 제시하고자 한다. 그 동안 오존수의 뛰어난 효과에도 불구하고 고농도의 오존수 제조가 어렵고[9-11], 장치가 고가이며 주로 대형 시설을 중심으로 개발되어 실생활에 직접적으로 사용하는데 한계가 있다[12-15]. 따라서 본 연구는 생활주변에서 오존수를 쉽게 활용할 수 있도록 오존수 발생장치의 활용성을 증가시키고 한 동작으로 작동하는 시스템을 개발하고자 한다. 더 나아가 올리브 오일과 오존과 반응시켜 제조하는 기술에 적용하고자 한다.

### 2. 실험

#### 2.1. 인젝트 방식의 오존수 발생장치

Fig. 1.는 본 연구에서 사용된 인젝터 방식 오존수 발생장치의 개략도와 시스템 사양이다. 장치 중의 오존의 발생은 무성방전관(CZ-OG, Chamjoen Co.)을 사용하였으며, 직류 인버터 인

가방식으로 운전하였다. 물-오존의 접촉혼합은 기존의 가압용해 방식이 아닌 인젝터 방식으로, 자체 개발한 인젝터를 이용하여 오존가스를 흡입, 혼합, 용해하였다. 인젝터 안에서 급속혼합이 이루어질 수 있어 오존의 물질전달을 촉진시켜 빠르게 용해할 수 있는 이점이 있다.

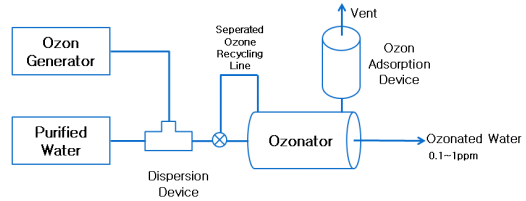


Fig. 1. Schematic diagram of ozone water system.

인젝터의 성능측정은 Table 1.의 유입유량에 따른 공기의 방출량을 측정하여 표시하였다.

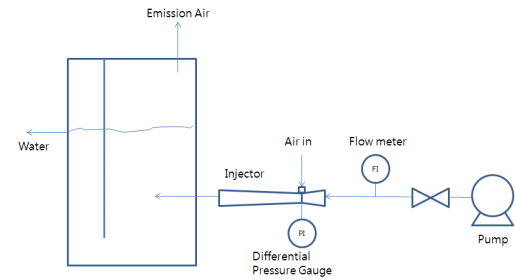


Fig. 2. Injector performance tester machine.

오존은 불안정한 화합물로 수용액 중에서 빠르게 자기분해한다. 본 연구에서의 인젝터 방식이 물-오존간 접촉효율은 좋다. 그래서 Fig. 3.은 제작된 인젝터를 사용하여 유입수 유량과 압력손실 및 가스상의 유입유량을 포함한 인젝터의 성능을 측정한다. 이것은 압력손실에 따른 유량변화를 나타낸 것으로 일반적으로 인젝터 유입유량은 압력손실의 제곱근에 비례한다.

$$Q = K_e \sqrt{\Delta P}$$

위 식에서  $K_e$ 는 인젝터의 마찰저항에 따른 상수로 본 연구에서 사용된 인젝터의  $K_e$ 값은 163.5~207.6 ( $mL/mmH_2O^{1/2} \cdot min$ ) 이었다. 그리고 인젝터의 성능곡선으로 물의 유량( $Q_w$ )

Table 1. Injector method ozone water generator specification

List	Specification
Ozone Generator: air flow rate ozone conc.	max. 0.5Nm <sup>3</sup> /hr, 1500 mg/L
Ozone-Water contact zone: type Water flow	venturi injector max. 0.6 m <sup>3</sup> /hr
Ozone Adsorption zone: Size location Fill ratio in operation	φ 170(D)x310(L)mm horizontal location max. 60%
Excessive O <sub>3</sub> Removal zone: type	adsorption by AC

4.5~5.5 L/min에 대하여 공기유량( $Q_a$ ) 1.5~2.4 L/min을 나타낸다.

오존의 농도측정은 발생오존과 배오존은 가스검지관(Gastec 18M)으로 측정하였으며, 수중 용해오존은 오존분석기(Kerom O3-2Z)를 이용하였다.

## 2.2. 오존의 미생물 살균

오존은 일반적으로 세균, 대장균, 효모, 바이러스 등에 유효하다[16]. 오존에 의한 살균 메커니즘을 살펴보면 오존은 분해되어 산소와 발생기 산소를 생성하는데 이 발생기 산소가 세포벽과 세포막에 작용해 지질의 이중결합과 반응함으로써 세포막을 파괴하고 sulfur hydroxyl group 효소를 파괴한다. 이와 같은 작용으로 세포내의 DNA에 약간의 손상을 줌에 따라 변이, 사멸을 초래한다. 또한 이것은 세균의 세포막을 통과하여 흡수계 효소를 손상시켜 세포의 동화작용을 정지시켜 살균하는 염소계 약제에 비해 살균 속도가 매우 빠르게 된다[17]

그러서 본 연구에서 미생물 살균력 테스트는 주요 미생물 5종(대장균, 살모넬라균, 포도상구균, 비브리오균, 병원성 대장균 O-157)을 대상으로 오존수 제조장치의 오존수와 접촉 후 일정시간 간격으로 개체수를 확인하는 실험을 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 인젝트 테스트

인젝터의 성능측정은 Fig. 3의 인젝트 성능 테

스트기의 유입유량에 따른 공기의 방출량을 측정하여 표시하였다. 물-오존의 접촉혼합은 기존의 가압용해 방식이 아닌 인젝터 방식으로, 자체 개발한 인젝터를 이용하여 오존가스를 흡입, 혼합, 용해하여 실험하였다. 이것은 인젝터 안에서 급속 혼합이 이루어질 수 있어 오존의 물질전달을 촉진시켜 빠르게 용해할 수 있는 이점이 있다.

장치 중의 오존의 발생은 무성방전관(CZ-OG, Chamjoen Co.)을 사용하였으며, 직류 인버터 인가방식으로 운전하여 실험 하였다. 그리고 실험 결과는 Fig. 4.와 Fig. 5.에 나타내었다. 오존의 농도측정은 발생오존과 배오존은 가스검지관(Gastec 18M)으로 측정하였으며, 수중 용해오존은 오존분석기(Kerom O3-2Z)를 이용하였다.

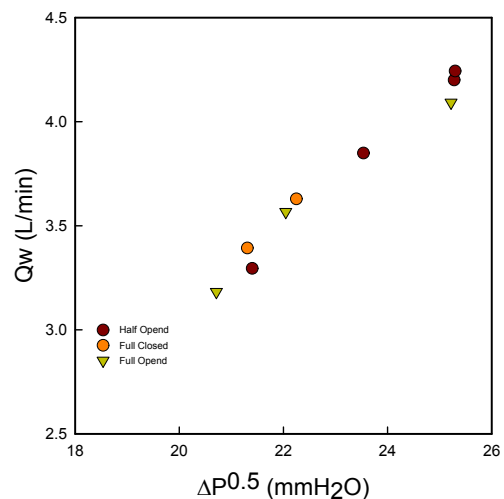


Fig. 3. Flow rate according to the pressure loss of the injector.

Fig. 3.에서 인젝트 입구에서 유량을 조절함에 따라 압력도 조절되는 것을 볼 수 있다. 이것은 온존가스의 농도를 조절하는 아주 중요한 장치이다. 즉 인젝트의 조절에 따라 압력과 유량이 조절되고, 이것에 준하여 압력과 유량이 조절된다. Fig. 3.에서 압력이 증가됨에 따라 유속도 증가한다, 이것은 인젝트 입구에서 유속을 줄여서 유량을 줄면 압력도 증가하는 것을 보여준다. 즉 오존 기체의 농도를 조절하는 중요한 실험 결과이다.

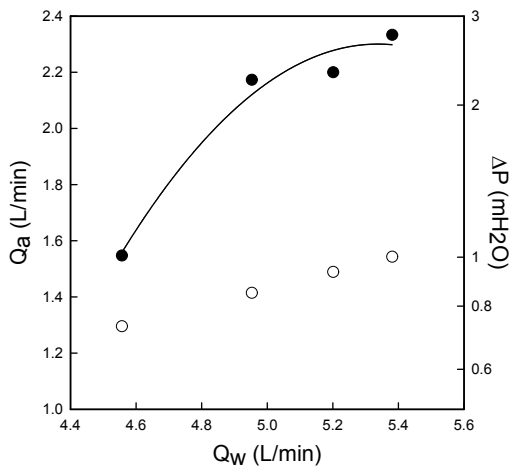


Fig. 4. Performance curve of the injector. (● Air flow rate, ○ Pressure drop)

Fig. 4.에서는 인젝트의 성능시험을 보여준다. Fig. 3.에서 나타난 data에서 인젝트의 조절이 오존기체와 섞여서 오존 농도를 조절하는 system을 개발하는 것이어서 인젝트의 성능시험은 필수라 하겠다. 곡선에서 나타내는 바와 같이 공기 유속이 증가하면 압력도 증가하는 것을 보여준다. 이러한 변화가 오존농도를 조절하는 변수가 됨으로 인젝트의 성능은 아주 중요하므로 성능 테스트는 필수이며 Fig. 4.에서 나타나 결과는 아주 양호한 실험결과이다.

Fig. 5.은 용존 오존의 잔류특성을 나타낸 것이다. 초기 오존의 분해는 급격히 일어나며, 일반 가압방식(●)의 경우 반감기는 약 6분으로 측정되었다. 그러나 본 연구의 인젝터방식(▼)에서는 이보다 상당히 짧게 측정되었으며, 이것은 본 연구에서의 인젝터 방식이 물-오존간 접촉효율은 좋았으나 가압조건이 생성되지 않음으로서 오존 용해율이 낮고 잔존시간이 짧게 나타나는 것으로

생각된다. 따라서 산업용 장치로서보다 가정용 오존 제조장치에 적합하다.

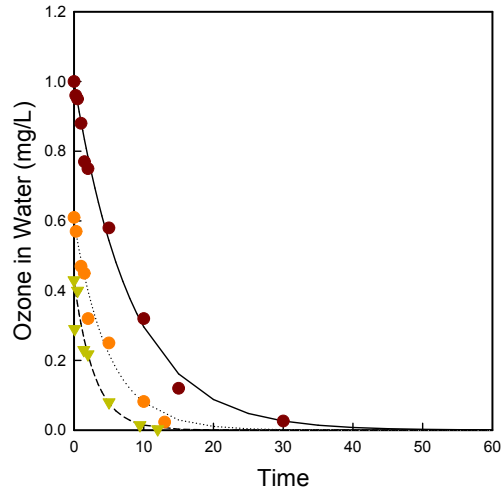


Fig. 5. Residual concentration of ozone water. (● Pressure dissolution, ▼ Injector dissolution)

### 3.2. 미생물 살균력 테스트

오존수 제조 장치의 주요 기능으로 오존의 살균력이다. 미생물 살균력 테스트는 주요 미생물 5종(대장균, 살모넬라균, 포도상구균, 비브리오균, 병원성 대장균 O-157)을 대상으로 오존수제조장치의 오존수로 일정시간(300 sec) 접촉 후 개체수를 확인하였다.

Table 2.는 인젝터방식의 오존수 제조장치의 미생물 살균력 테스트 결과이다. 인젝터 방식의 단점에도 불구하고 미생물 살균능을 유지하는 것으로 본 연구에서 사용된 인젝터 방식 오존수제조 장치의 효용성을 알 수 있었다.

## 4. 결론

1. 기존의 경우 대부분이 오존수 시스템이 아닌 오존발생기 위주의 제품이 많으며 오존수기의 경우 펌프로 강제 흡입시키는 일반 압력 방식으로 오존가스 누출 위험요소가 내포 되어있으나, 본 과제의 경우 인젝터를 이용하여 물의 유입여부에 따른 오존의 발생과 흡입을 제한하고 있어 기존 제품의 오존 누출에 의한 위험을 최소화하였다.

Table 2. Microbial disinfection performance

Test Items	Sterilization results		
	Initial	After 5 minutes	Removal rate(%)
Escherichia coli	$8.1 \times 10^6$	$9.7 \times 10^4$	98.8%
Salmonella typhimurium	$1.2 \times 10^6$	$6.0 \times 10^3$	99.5%
Staphylococcus aureus	$1.2 \times 10^6$	$2.4 \times 10^3$	99.8%
Vibrio parahaemolyticus	$7.0 \times 10^5$	$7.0 \times 10^2$	99.9%
O-157	$7.1 \times 10^5$	$5.7 \times 10^3$	99.2%

2. 인젝터 방식의 단점에도 불구하고 미생물 살균능을 유지하는 것으로 본 연구에서 사용된 인젝터 방식 오존수제조 장치의 효용성을 알 수 있었다.

### 감사의 글

과제는 동명대학교 2013년도 교내학술연구비로 진행되었습니다.

### References

1. C. G. Hewes, and R. P. Davison, Kinetics of Ozone Decomposition and Reaction with Organics in Water, *AIChE Journal*, **17**, 141(1971).
2. J. Staehelin, and Hoigné, Decomposition of Ozone in Water: Rate of Initiation by Hydroxide Ions and Hydrogen Peroxide, *Environ. Sci. Technol.*, **16**, 676(1982).
3. Staehelin, J. and Hoigné, Decomposition of Ozone in Water in the Presence of Organic Solutes Acting as Promoters and Inhibitors of Radical Reactions, *Environ. Sci. Technol.*, **19**, 1206(1985).
4. T. Bruce Stanley, Electrolytic Ozone Generation and Its Application In Pure Water Systems, 12th Ozone World Congress, San Francisco (1993).
5. C. Hubele, and H. Sontheimer, Adsorption and biodegradation in activated carbon filters treating preozonated humic acid, Proc. of the 1984 Speciality Conf. in Environ. Eng., New York, ASCE (1984).
6. W. Kuhn, , H. Sontheimer, L. Steiglite, D. Maier, and R. Kurz, Use of ozone and chlorine in water utilities in the Federal Republic of Germany, *J. AWWA*, **70(6)**, 326(1978).
7. H. S. Park, H. J. Oh, W. J. Kim, J. W. Kang, Characterization of Raw Water for the Ozone Application by Measuring Ozone Consumption Rate, IOA, 14th Ozone World Congress (1999).
8. H. J. Oh, W. J. Kim, C. S. Gee, S. H. Kim, Optimization of Ozone Dosage in Preozonation Process, 12th IWA - ASPAC Conference (2000).
9. APHA, AWWA and WEF, Standard Methods for the examination of water & wastewater, M.A.N. Franson(ed.), Port City Press, Baltimore (MA) (2005).
10. C.W.K. Chow, F. Fitzgerald, L. Sutherland-Stacey, R. Dexter, R. Fabris, and M. Drikas, Applications of UV/Vis spectrometry in Drinking Water Quality Management, In proceedings 'Australian Water Association '2nd Annual Water Industry Engineers and Operators (SA) Conference', Adelaide, Apr. 4, (2006).
11. P.M. Gy, Sampling for analytical purposes, Wiley VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany (1998).
12. F. Hammes, etc., Mechanistic and kinetic evaluation of organic disinfection by-product and assimilable organic carbon

- (AOC) formation during ozonation of drinking water, *Water Research*, **40(12)**, 2275(2006).
13. J. Hoigné and H. Bader, Characterisation of water quality criteria for ozonation processes. Part 2: Lifetime of added ozone, *Ozone: Science & Engineering*, **16**, 121(1994).
  14. E. Huber, and M. Frost, Light scattering by small particles, *Journal of Water Supply: Research and Technology- Aqua*, **47**, 87(1998).
  15. G.V. Korshin, C.-W. Li and Benjamin, M.M., The decrease of UV-absorbance as an indicator of TOX formation, *Water Research*, **31(4)**, 946(1997).
  16. G. Langergraber, N. Fleischmann, and F. Hofstaedter, A multivariate calibration procedure for UV/Vis spectrometric quantification of organic matter and nitrate in wastewater, *Water Science and Technology*, **47(2)**, 63(2003).
  17. C.W. Li, G.V. Korshin and M.M. Benjamin, Monitoring DBP formation with differential UV spectroscopy, *J. AWWA*, **90(8)**, 88(1998).