

붕소가 도핑된 다이아몬드 전극을 이용한 오존발생 효과 및 미생물 살균

인진경, 유지영, 榮長 泰明, 藤嶋 昭*, 박수길*
충북대학교, 게이오대, 동경대학교

Ozone Generation Effects and Microbial Sterilization using Boron-doped Diamond

(Jin-Kyung In, Ji-Young Yoo, Y. Einaga*, A. Fujishima**, Soo-Gil Park)

Dept. of Industrial Chemical Eng., School of Process Eng., Chungbuk Natl Univ.,
San 48, Kaeshin, Heungduk, Cheongju, Chungbuk, Korea

*Dept. of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Keio University, Japan

**Dept. of Applied Chemistry, School of Eng., The University of Tokyo, Japan

Abstract

Ozonic use of sterilization and heat treatment of raw material to extend the conservation period of food recently is increased by hard vegetable or microorganism sterilization purpose of fruit. If ozone can create as is easy comparatively because do air or oxygen by raw material and schedule period passes, there is advantage that do not leave the second contaminant because being gotten restored by oxygen.

Also, because the effect is big to decolorization beside sterilization effect about microorganism, deodorization, disjointing of venomousness hazardous substance, food save, indoor air purge, good hand processing, hydrospace agricultural chemicals processing etc. the use extent is wide. This research ran parallel a sterilization experiment of E.coli colitis germs by ozone that manufacture ozonizer that use doped diamond maund electrode (BDD) by boron and searched special quality electrochemistry enemy of the ozonizer and is created. E.coli. After cultivate E.coli colitis germs during 37C 1 day is LB ship, after do ozonation, was sterilized more than 90% by ozone as result that examine sterilizing power by substance microscope and could confirm excellency of diamond electrode.

Key Words : boron-doped diamond(BDD), ozone

1. 서론

오존은 강력한 산화제로 살균, 소독, 탈색, 탈취 등의 효과등이 우수하고 화학적 성질이 잔류하지 않으므로 최종적으로 산소로 돌아가서 이차 공해를 일으키지 않기 때문에 살균과 열처리가 힘든 야채나 과일의 미생물 살균 목적으로 그 사용이 증가되고 있는 실정이다.[1] 전기분해식 오존발생기는 고전압 방식의 오존 발생방식이 전혀 다르고 발생기 용량도 고전압 방식에 비하여 소규모(통상

100g/hr 이하)이나 많은 장점을 가지고 있다.[2-4]

기존의 전기분해식 오존발생기는 이산화탄소 등의 전극을 이용하여 오존을 발생시켰으나, 이들 전극은 장시간 운전 시 전극의 구조가 바뀌고 표면 또한 오염되거나 노화되는 등의 문제점을 안고 있어 영구적으로 사용하기에는 부적합하지만, 붕소가 도핑된 다이아몬드전극은 탁월한 경도, 우수한 물리적·화학적 안정성, 내구성을 지니는 매우 기대되는 재료이다. 또한 넓은 전위창과 낮은 잔류전류로 인해 많은 관심이 집중되고 있다.[5-10]

따라서, 본 연구에서는 전도성 다이아몬드 전극을 이용하여 오존발생기를 제작하고, 그 오존 발생기 의에서 발생된 오존을 생성하여 오존수를 만들고 그 오존수와 UV lamp를 동시에 투여하여 미생물 살균 실험을 하여 다이아몬드 전극을 이용하여 발생시킨 오존의 미생물 살균효과를 확인하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

전해system과 전해cell은 그림 1과 그림 2에 나타내었다. 셀은 테프론을 사용하여 제작하였고, 집전체로는 Cu를 사용하였으며, cathode로는 Pt plate를 사용하였다. 전해질로는 1M의 H₂SO₄ 수용액을 사용하였다. 우선 H₂SO₄ 수용액은 펌프를 통해 셀속으로 들어가게 된다. 셀속에는 다이아몬드 전극이 anode, Pt plate가 cathode로 Power Supply에 연결되어 있으며, 다이아몬드 전극에서는 오존, 산소가, 백금전극에서는 수소가 발생하게 된다. 여기서 발생된 가스들과 미 반응 전해질은 다시 관을 통해 H₂SO₄ 수용액 통속으로 들어가게 된다. 통속에서 가스들은 다시 관을 통해 KI 용액속으로 버블링 된다. 이 순환과정 중 반응기 내부에서 열이 발생하지만 전해질의 지속적인 Cooling System 순환에 의해 발생열은 감소하게 되고, 반응에 의해 생성된 발생가스를 모두 포집할 수 있다는 장점을 가지게 된다. 상온에서의 실험을 위하여 반응기를 별도의 냉각기에 넣어 저온 특성을 실험하였다. 또한 동시에 uv lamp 254nm를 동시에 투여하며 실험을 진행하였다.

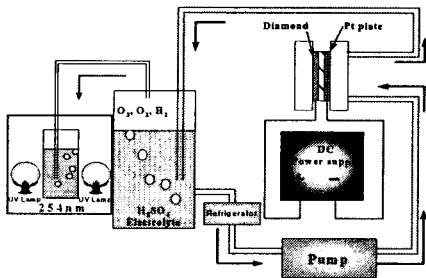


그림 1. Schematic diagram of ozone generation system and electrolysis cell.

이 장치에 쓰인 전기화학 셀은 그림 2에 나타내었다. 테프론 판으로 전체적인 셀을 구성하고 실리콘

고무를 이용하여 셀을 밀폐하였다. 다이아몬드 전극은 실버 페이스트를 이용하여 구리 집전체와 접착시켰고, Pt plate의 경우도 동일한 방법으로 접착하였다. 실버 페이스트와 전극과의 접점의 힘을 주면서 H₂SO₄ 수용액에 견디게 할 수 있도록 접점 부분을 내 산성 에폭시로 견고함을 도모하였다.

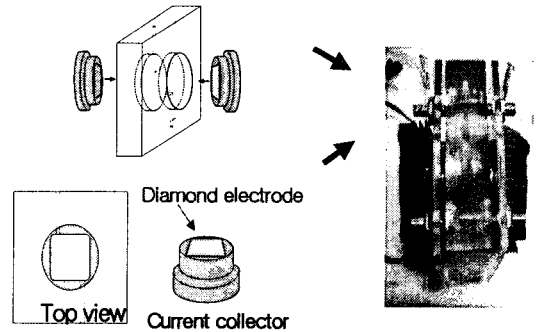


그림 2. Real Image of electrolysis flow cell

2.2 실험 방법

e.coli 대장균은 37℃를 유지하며 LB배지에 하루 동안 배양하였으며, 오존수는 BDD전극을 이용한 오존발생기를 사용, 3ppm 농도로 준비했다. 대장균 배양은 5개의 배양지에 하였고, 각각에 3ppm의 오존수를 주입한 후, 30초, 60초, 90초, 120초 간격으로 샘플링하여 관찰하였다. 1차 실험은 오존수만으로 실험을 하였으며, 2차 실험은 uv 램프(254nm)를 같이 쬐어주는 광오존화장치(O₃/UV)로 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 시간에 따른 오존 수의 e.coli 대장균 살균

그림 3은 LB 배지 위에 e.coli 대장균을 하루동안 배양한 초기 image와 시간간격을(30s, 60s, 90s) 두고 오존 살균 실험을 한 image 이다. 시간이 지남에 따라 대장균의 수가 줄어들었으며, 이로써 오존에 의한 대장균의 살균 효과를 확인할 수가 있었다.

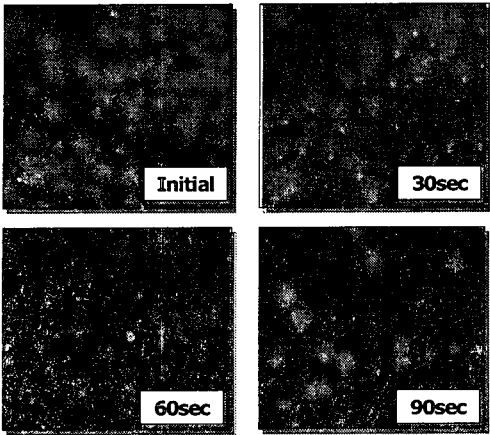


그림 3. 시간에 따른 오존 살균 image.

3.2 e.coli 대장균의 광오존화 장치(UV/O₃)에 의한 살균 효과

그림 4은 LB 배지 위에 e.coli 대장균을 하루동안 배양한 초기 image와 시간간격을(30s, 60s, 90s, 12S) 두고 광 오존화 장치에 의한 살균 실험을 한 image 이다. 이 실험으로써 UV ramp를 같이 쬐어 실험을 한 광 오존화 장치에서 살균이 더 빠르게 일어났음을 볼 수 가 있다. 즉 오존만 단독 처리하는 것 보다는 UV를 같이 응용함으로써 더 빠른 살균 효과를 기대할 수 있다.

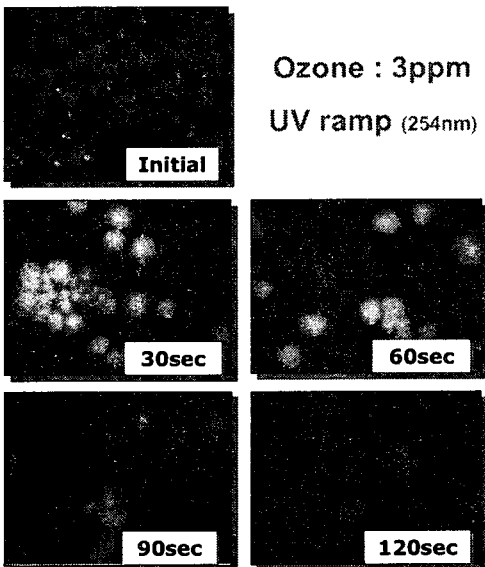


그림 4. e.coli 대장균의 오존화장치(UV/O₃)에 의한 살균 image.

3.3 염소와 오존의 대장균 살균효과 비교

그림 5는 염소와 오존의 대장균 살균 효과 비교 image이다. 염소의 농도는 5ppm, 오존의 농도는 3ppm으로 염소의 농도가 더 높았으나 살균효과는 비슷하게 나타난 것을 볼 수 있다. 따라서 염소보다는 오존의 살균효과가 더 뛰어나다고 볼 수 있다.

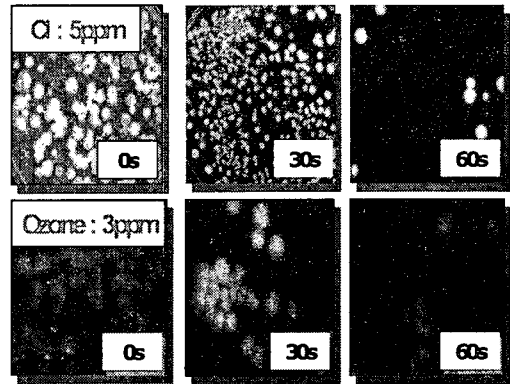


그림 5. 염소와 오존의 살균 image.

4. 결론

기존의 전극을 대신할 새로운 전극으로 다이아몬드를 이용하여 오존발생기를 제작하였고, 전극의 영구화와 더 높은 효율을 얻었다. 다이아몬드 전극을 사용하여 오존발생기를 제작하여 오존을 발생시키고 UV lamp 254nm를 동시에 투여함으로써 즉, 광 오존화 장치를 이용하여 E.coli 대장균에 대한 살균특성 실험 결과 오존에 의한 우수한 살균특성을 나타내었다. E.coli 대장균은 오존수와 광 오존화 장치에서 100%의 살균특성을 보였으며 오존수만을 주입한 경우보다 광 오존화 장치를 이용하였을 경우 대장균이 살균되는 시간이 단축되었다. 또한 염소에 의한 살균효과와 비교해 보았을 때 염소 보다 낮은 농도에서 더 우수한 살균특성이 있음을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2003.년도 NEDO의 연구비 지원 (Project 01MB9)에 의해서 이루어졌습니다.

참고 문헌

- [1] A. A. Rouse, J. B. Bernhard, E. D. Sosa, D. E. Golden, *Appl. Phys. Lett.*, **75**, 3417, (1999)
- [2] J. W. Lindsay, J. M. Larson, S. L. Girshick, *Diamond Relat. Mater.* **6**, 481, (1997)
- [3] H. B. Martin, A. Argoitia, J. C. Angus, U. Landau, *J. Electrochem. Soc.*, **146**, 2959, (1999)
- [4] Y. Einaga, Gyu-sik Kim, Soo-Gil Park, A. Fujishima, *Diamond and Related Materials* **10**, 3-7, (2001)
- [6] J.C.Angus, C.C.Hayman, *Scienc*, **241**, 913, (1988)
- [7] W.A.Yarbrough, R.Messier, *Science* ,**247**, 688, (1990)
- [8] W. Piekarczyk, W. A. Yarbrough, *J. Cryst. Growth* , **108**, 583, (1991).
- [9] K. Hirabayashi, Y. Hirose, *Diamond Relat. Mater.* **5**, 48, (1996)
- [10] E.Popa, Y.Kubota, D. A. Truk, and A. Fujishima, *Anal. Chem.*, in press.