

광화학 램프를 이용한 오존발생 특성 연구

(A study on the characteristics of ozone generation using photochemical reaction lamp)

우성훈*, 이상근**, 이광식***

(* 아시아대학교, ** 구미1대학, *** 영남대학교)

Sung-Hun Woo*, Sang-keun Lee**, Kwang-Sik Lee***

(* Asia University, ** Kumi 1 College, ***Yeungnam University)

Abstract

In this paper, We have designed and manufactured a photochemical reaction lamp type ozonizer system which was performed a role of preservation of oriental herbal medicine. This paper describes preliminary discussions on the characteristics of ozone concentration and discharge parameters according to number of turn-on lamp.

1. 서론

80년대에 들어서면서 세계 각국들의 자국산 생약에 대한 관심이 더욱 고조되어가고 있으며, 우리나라의 경우도 이와 마찬가지로이다. 특히, 국민 생활수준이 높아지면서 건강생활 추구하고 함께 장수에 대한 관심이 높아지고 한약에 대한 수요가 늘고 있는 실정이다. 한편, 한약재의 우수한 품질을 보존, 개량하고 유용한 식물의 남벌을 막아 품질을 유지하고 또 수확량을 늘리기 위한 재배법이 개선되고, 병충해의 예방으로부터 품질을 유지시키는 일련의 사항들이 중요한 문제로 대두되고 있다.

한편, 전기적 방전현상을 이용한 오존발생기에 관한 연구는 의료, 환경, 식품, 반도체 제조, 어류양식 분야 등 응용범위가 다양하게 확대되어 왔으며, 본 연구의 응용에 있어서도 적합할 것으로 사료된다. 왜냐하면, 오존은 자연계에서 불소(F) 다음으로 강한 산화력을 가지고 있으므로 박테리아 및 바이러스 등의 살균효과가 뛰어나서 식품의 부패 및 변질방지, 탈취, 탈색, 실내공기정화 등에 이용되며 최종적으로는 산소로 환원되어 2차 공해를 일으키지 않는 장점이 있기 때문이다[1]~[6].

오존을 발생시키는 방법으로써는 무성 방전법, 전해법, 자외선조사법, 고주파 전계법, 광화학반응법 등이 있으며, 오존발생량 및 농도에 따라 어떤 방법을 채택할 것인가 결정된다.

본 연구에서는 한약 보관의 관점에서 광화학 반응을 이용한 램프 형태의 오존발생기를 제작하였으며, 우선 전기적 방전특성 및 오존생성특성에 관한 기초 연구를 하고자 한다.

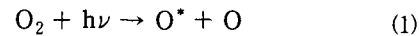
2. 광화학 반응법에 의한 오존생성 이론

광화학 반응법에 의한 오존생성이론은 기체중의 산소 분자에 자외선이 조사되면 산소분자가 산소원자로 해리하고, 이러한 산소원자가 산소분자와 결합하여 오존을 생성시키는 반응법이다.

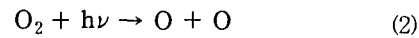
방전공간내의 산소분자가 130~175[nm]파장의 자외선을 조사하면 식(1)과 같이 기저상태의 산소원자와 여기상태의 산소원자로 해리되고, 파장 175~245[nm]의 자외선이 조사되어지면 식(2)에 나타난 것과 같이 2개의 기저상태인 산소원자로 해리된다.

이러한 과정에서 생성된 기저상태의 산소원자는 제 3 물질(M : 공존가스)과 산소분자와 반응하여 식(3)과 같이 ozone을 생성한다.

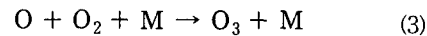
여기에서 산소분자가 해리되기 위해 필요한 에너지는 5.08[eV](117[kcal/mol])이며, 파장으로 환산하여 나타내면 244[nm]로 나타낼 수 있다.



$$(\lambda = 130 \sim 175[nm])$$



$$(\lambda = 175 \sim 242[nm])$$



또한 파장 210~300[nm]의 Hartey 帶 및 300~374[nm]의 Huggins 帶의 자외선을 오존이 흡수하게 되면 광분해가 일어난다. 식(4), (5)에서와 같이 오존의 광분해는 가시광선에서도 일어나며 파장이 550~610[nm]의 Chapplus 帶의 광을 흡수함으로써, 오존은 식(6)과

같이 기체상태의 산소분자와 산소원자로 해리되어 분해된다. 이때 생성된 산소원자도 식(7)에서와 같이 오존을 해리시킨다.

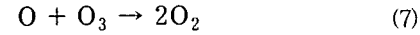
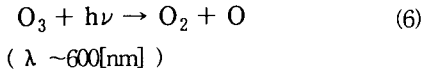
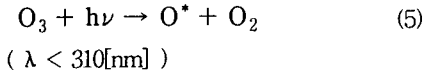
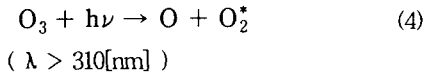


표 1은 광화학 반응에 의한 광화학반응램프(photochemical reaction lamp)의 자외선 파장에 따른 용도와 특성을 나타내고 있다.

표 1. 자외선 파장에 따른 용도와 특성
Table 1. Characteristics and utility with variation of wavelengths in ultraviolet

종류	주파장 [nm]	부파장 [nm]	용도
오존발생용	184.9	253.7, 365	오존 발생용
살균용	253.7	365	공기, 식기소독
유기물 분해용	253.7, 365	184.9, 403	유기물 분해
선탠용	297, 313	365, 405	피부 소독
경화용	365, 420	200~450	잉크 경화

3. 광화학 램프 제작

광화학 반응 램프 타입의 오존 램프를 그림 1과 같이 제작하였다. 제조 공정은 I 타입의 석영방전관 내의 먼지, 이물질, 불순가스 및 습기를 제거하여, 마운팅을 통하여 석영방전관 내의 도입선에 필라멘트를 핀칭 후, 석영방전관 내부를 $10^{-3} \sim 10^{-2}[\text{torr}]$ 정도의 진공도로 배기한 후, 진공도를 유지하면서 수은(Hg)과 아르곤(Ar) 가스를 주입하여 램프 점등시 수은 증기압이 $10^{-3} \sim 10^{-1}[\text{torr}]$ 정도의 압력하에서 자외선의 공진선이 185[nm] 및 235.7[nm]에서 최대로 방사를 할 수 있도록 설계 및 제작하였다.



그림 1. 광화학 오존 램프
Fig. 1. Photochemical reaction ozone lamp

오존 램프는 자외선의 투과효율이 좋은 I 타입의 석영 방전관으로써 방전관의 규격은 직경 12[mm], 길이 130[mm] 구조이며, 이때 석영은 급냉 및 급열의 내성에 강하며, 절연내력이 최대 40[kV/mm]이 되도록 한다. 또한 자외선 투과효율이 좋은 SiO₂ 99.9[%]와 B₂O₃ 0.1[%]를 용융한 투명 석영유리를 사용하였다.

그림 2는 한약재의 보관을 위한 최적의 오존농도 측정 및 중요한 인자 평가를 위한 측정 시스템 개략도이다. 그림에서부터 알 수 있듯이 원료가스는 대기공기를 이용하고 있으며, 램프 형태의 오존발생장치로부터 오존이 생성되어 한약재와 반응하도록 되어 있으며, 오존 농도를 분석하기 위한 기상용 오존모니터가 연결되어 있다.

전기적 특성 평가에서 방전전압·전류는 분압기(분압비 = 10 : 1), 분류기(분류비 = 10 : 1) 및 Digital Storage Oscilloscope(LeCroy 9350AL, 500 MHz, 1 GHz/s)로 측정된 후, 파형은 컴퓨터와 프린터로 출력한다. 방전전력은 digital power meter(0 ~ 500[V], 0 ~ 20[A], 0 ~ 9999[W], accuracy : ±0.2[%], Light Star Co., Ltd.)를 이용하여 측정하였다.

또한, 오존농도 측정은 오존발생기 내에서 발생한 오존화 가스를 매실함마다 3[l/min Air]로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존모니터(OZ-100D Digital Ozone Analyzer, O3TECH CO., LTD)로 측정하였다.

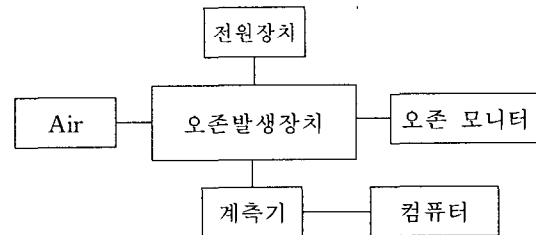


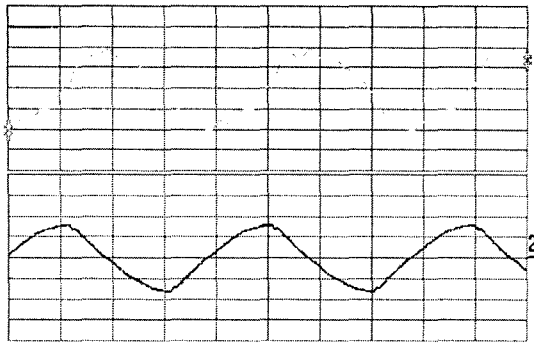
그림 2 오존발생장치 측정 시스템 개략도
Fig. 2. Schematic diagram of ozone measuring system

4. 광화학 램프의 방전 및 오존발생 특성

광화학 오존 램프의 응용을 위한 기초 연구로서, 우선 오존 램프의 개수를 1~3개 사용하여 이의 전기적 특성 및 오존 생성 특성을 조사하였다.

본 연구에서 사용한 전원장치의 특성은 정격입력전압 220[V], 정격입력전류 20[mA]의 특성을 가지고 있으며, 제작된 광화학 오존 램프를 통한 방전전압 및 방전전류는 그림 3과 같다.

그림에서 보는 바와 같이 램프 1개의 방전전압 및 방전전류는 실효치 26.9[V] 및 105[mA]로 측정 되었다.



上 : 전압파형(5[μs], 20[V] / div)
 下 : 전류파형(5[μs], 100[mA] / div)

그림 3. 방전전압 및 방전전류 파형
 Fig. 3. Waveform of discharge voltage and discharge current

사진 1은 본 연구에서 구상, 제작한 전체 챔버를 보여주고 있으며, 그 크기는 (가로 × 세로 × 높이 : 79 × 45 × 74)의 체적[cm]이며, 4개의 오존램프 설치함(가로 × 세로 × 높이 : 35 × 34 × 11)과 8개의 약재 보관함(가로 × 세로 × 높이 : 16 × 34 × 11)으로 구성되어 있다. 특히, 각각의 오존램프 설치함에는 2개의 약재 보관 챔버가 있다.

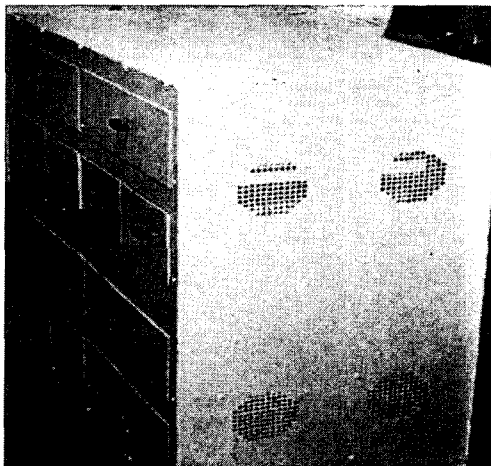


사진 1. 약재 보관용 오존발생 챔버
 Photo 1. Ozone chamber for preservation of oriental herbal medicine

그림 4는 광화학 오존램프의 개수에 따른 오존 농도를 나타내고 있다. 이때의 농도는 약재를 저장할 수 있는 1개의 공간 내에서의 농도를 나타낸다. 램프의 개수가 1, 2 및 3개의 경우 농도는 각각 0.57[ppm], 1.23[ppm] 및 1.75[ppm] 정도이며, 각각의 경우에 있어서 농도의 변동 범위는 5% 이내로 나타났다.

한편, 제작된 챔버는 보통 실내에 설치되므로, 인체에 미치는 영향도 고려해야한다. 따라서, 전체 챔버 내에 6개의 오존램프를 설치하여 챔버 주위의 대기중 오존 농도를 측정 한 하였으며, 그 결과, 최대 0.05[ppm]의 범위 내에 있었다. 이정도 수치는 사람에게 큰 영향을 미치지 않으며, 오히려 주변 공기정화에 도움을 주는 것으로 알려져 있다[7].

향후, 램프 개수에 따른 오존생성 특성, 전기적 특성, 그리고, 약재 보관을 위한 장치로서 적합한지 오존 처리후 약재 성분 분석 등 다양한 연구를 하고자 한다.

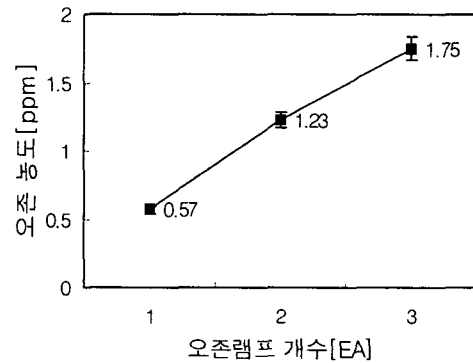


그림 4. 오존 농도 특성
 Fig. 4. Characteristic of ozone concentration

참 고 문 헌

- (1) 石井啓夫, “ 오존利用의新技術 ”, 三瑠書房, pp.152 ~ 153, 昭和61年
- (2) 増田 閃, “ 오존で魚を育てる ”, 114卷 10號, pp.649 ~ 653, 1994年
- (3) 宗宮功, “ 오존의 應用 ”, 電學論D, 114卷 4號, pp.362 ~ 369, 平成 6年
- (4) 出口富雄, “ 오존を中心とした高度淨水處理技術 ”, 三瑠書房, pp.32 ~ 43, 1990
- (5) 杉光英後 “ 오존의基礎と應用 ”, 光琳, 1996年
- (6) 岡崎幸子, 清水博則 “ 오존利用의新技術 ”, 三瑠書房, pp.119 ~ 130, pp.337 ~ 357, 昭和61年
- (7) 宗宮功, “ 오존利用水處理技術 ”, 公害對策技術同友會, pp.83 ~ 95, 昭和63年
- (8) J. Katz, “ Ozone and Chlorine of Bioxide Technology for Disinfection of Drinking Water ”, Noyes Data Coporation, 1977
- (9) Yukiharu Nomoto, “ The effect of hybridization of silent surface discharge on ozone yield ”, ED-93-10, pp.261 ~ 264, 1990
- (10) 井 關昇, “ 오즈나이즈における오존生成機構と今後の課題 ”, 靜電氣學會誌, Vol. 7, No. 3, pp.142 ~ 149, 1993
- (11) 佐藤敦久, “ 水處理その新しい展開 ”, 技報堂出版, 平成4年
- (12) 佐藤敦久, “ 水處理その新しい展開 ”, 技報堂出版, 平成4年
- (13) 日本電氣學會 放電應用 分野會, 電氣學會 技術報告, II -127, 1982
- (14) 井關昇, “ 오즈나이즈의오존收率におよぼす原料ガス中水分の影響 ”, ED-86-86, pp.9 ~ 15, 1986