

광화학 램프를 이용한 오존응용특성 연구

(A study on the Characteristics of Ozone Application Using Photochemical Reaction Lamp)

우성훈*, 이광식**

(* 경운대학교, ** 영남대학교)

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

(* Kyungwoon University, **Yeungnam University)

Abstract

In this paper, We have designed and manufactured a photochemical reaction lamp type ozonizer system which was applied to keep quality of herb medicines during storage. We used photochemical reaction lamp in a storage system, and investigated the sterilization characteristic. Also, we made research an ingredient and quality characteristic of herb medicines according to ozone storage.

1. 서 론

현재, 세계 각국들의 자국산 생약에 대한 관심이 더욱 고조되어가고 있으며, 우리나라의 경우도 이와 마찬가지로이다. 특히 국민 생활수준이 높아지면서 건강에 대한 관심이 높아지고 한약에 대한 수요가 늘고 있는 실정이다. 해마다 새로운 유효한 생약이 발굴되면서, 한약에 대한 임상 응용의 폭이 넓혀지고 있으며, 한방의학 적 치료에 접근하는 추세가 강하게 일고 있기 때문에 한약에 대한 적극적인 사고방식이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 즉, 우수한 한약재 품질을 보존·개량하고 병충해의 예방으로부터 품질을 유지시키는 일련의 사항들이 중요한 문제로 대두된다고 할 수 있다. 특히, 채집한 약물은 그의 성능을 보존하기 위하여 습기와 곰팡이가 슬거나 벌레 먹고 변색하는 등의 변화를 방지하도록 잘 보관하여야 한다.

본 연구에서는 한약재의 저장 중 품질 유지를 위한 다양한 방법을 검토하던 중 오존이 박테리아 및 바이러스에 대한 살균효과가 우수하다는 선행연구를 바탕으로, 한약재 살균 및 저장에 오존을 적용 하고자 한다.

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][2]

오존을 발생시키는 방법으로써는 무성 방전법, 전해

법, 자외선조사법, 고주파 전계법, 광화학반응법 등이 있으며, 오존발생량 및 농도에 따라 어떤 방법을 채택할 것인가가 결정된다.

본 연구에서는 광화학 반응을 이용한 램프 형태의 오존발생기를 제작하여, 한약재의 오존살균 및 저장 특성을 연구하였다. 즉, 오존 처리 저장에 따른 한약재 살균 특성, 한약재의 품질 및 고유의 성분변화 특성을 연구하였다.

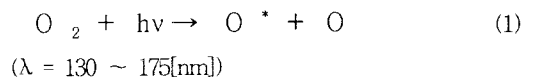
2. 광화학 반응법에 의한 오존생성 이론

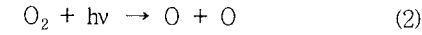
광화학 반응법에 의한 오존생성이론은 기체중의 산소 분자에 자외선이 조사되면 산소분자가 산소원자로 해리하고, 이러한 산소원자가 산소분자와 결합하여 오존을 생성시키는 반응법이다.

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.

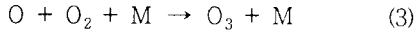
이러한 과정에서 생성된 기저상태의 산소원자는 제 3 물질(M : 공존가스)과 산소분자와 반응하여 식(3)과 같이 오존을 생성한다.

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

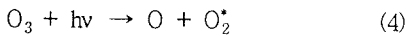




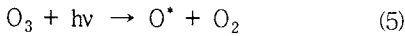
($\lambda = 175 \sim 242[\text{nm}]$)



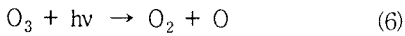
또한 파장 210~300[nm]의 Hartey 帶 및 300~374[nm]의 Huggins 帶의 자외선을 오존이 흡수하게 되면 광분해가 일어난다. 식(4), (5)에서와 같이 오존의 광분해는 가시광선에서도 일어나며 파장이 550~610[nm]의 Chappius 帶의 광을 흡수함으로써, 오존은 식(6)과 같이 기체상태의 산소분자와 산소원자로 해리되어 분해된다. 이때 생성된 산소원자도 식(7)에서와 같이 오존을 해리시킨다.



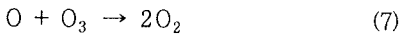
($\lambda > 310[\text{nm}]$)



($\lambda < 310[\text{nm}]$)



($\lambda \sim 600[\text{nm}]$)



3. 광화학 램프 제작

광화학 램프를 이용한 한약재 처리 및 저장을 위해서는 저전력, 저농도의 램프가 적합하며, 사진 1과 같은 광화학 반응 램프를 제작하였다. 제작·사용된 광화학 램프는 살균선(253.7[nm]) 및 오존선(184.9[nm])을 방사하는 특징으로 접촉 및 비접촉 처리가 가능하며, 방사선 조사 저장의 단점을 극복할 수 있는 특성을 지니고 있다.



사진 1. 광화학 오존 램프
Photo 1. Photochemical reaction ozone lamp

그림 1은 오존발생장치의 배치도로서 오존생성특성을 조사하기 위한 장치들을 연결한 회로와 오존발생기의 방전특성을 조사하기 위하여 전원장치와 계측장치를 연결한 회로의 개략도 이다.

원료 가스는 대기로부터 공급되는 공기이며, 광화학 램프로부터 오존이 생성되어 한약재와 반응하도록 되어 있으며, 오존농도를 분석하기 위한 오존농도 측정 장치와 연결되어 있다. 오존농도 측정은 오존발생기내에서 발생한 오존화 가스를 실험마다 0.3[l/min]로 샘플링하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존 모니터로 측정하

였다.

방전특성 평가에서 방전전압·전류·전력은 Digital Oscilloscope 및 Power Meter로 측정하였다.

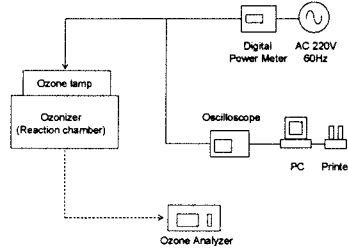


그림 1. 오존발생장치의 배치도
Fig. 1. Ozone generation & measuring system

4. 광화학 램프의 방전 및 오존발생 특성

4.1 오존생성 특성

한약재 저장장치의 구조는 사진 2와 같은 구조이다.

한약재 처리 및 저장을 위해 챔버 내부에 오존램프 2개를 설치하였으며, 내부 오존농도를 측정한 결과 0.13[ppm] 정도로 나타났다. 30초 이내에 포화되어 전체적으로 균일한 오존농도를 유지하였다. 이때, 챔버 외부에 노출되는 실내 대기 오존농도는 0~0.02[ppm]로 측정되었다. 제작된 오존발생장치는 저장함을 열더라도 시야에 드러나지 않는 구조이므로, 자외선에 의한 생리 작용에 영향을 받지 않을 뿐 아니라, 오존의 인체 유해성 기준으로 볼 때 외부에 노출되는 오존농도는 평상시 접하고 있는 오존농도 0.02~0.07[ppm]보다 낮아서 인체에 전혀 문제가 되지 않음을 알 수 있다.[2]

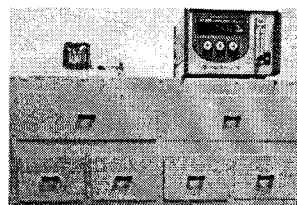
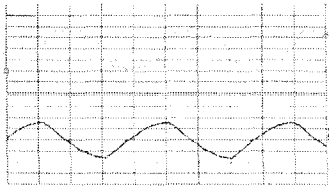


사진 2. 한약재 저장 장치
Photo 2. Herb medicines storage system

4.2 전기적 방전 특성

전원장치는 정격입력전압 220[V], 정격입력전류 20[mA]의 특성을 가지고 있다. 그림 2는 계측된 오존램프 1개의 방전 파형이며, 방전전압 26.9[V], 방전전류 104.9[mA], 방전전력 2.012[W]로 나타났다. 전압과 전류파형이 90[°]의 위상차를 보이고 있다.

방전전력은 오존램프에 인가된 전압과 전류를 이용하여 오실로스코프 Lissajous V-I 특성곡선에서 계측하였다.



上 : 전압파형(5[μ s], 20[V] / div), 26.9[V]
 下 : 전류파형(5[μ s], 100[mA] / div), 104.9[mA]
 방전전력 : 2.012[W]

그림 2. 방전 파형 및 실효값
 Fig. 2. Discharge waveform & r.m.s value

5. 한약재 특성 평가

오존살균 특성 및 일반성분 분석, 생리활성물질의 정량분석을 실시하였다. 오존살균 실험은 0.13[ppm]의 농도로 30분간 오존 처리후 특성을 조사하였다. 성분변화 실험은 4가지 약재에 대하여 0.13[ppm]의 오존 농도로 하루 4시간, 6개월간 시료에 직·간접적으로 조사(照射)하여 실험을 하였다.



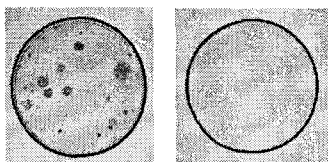
작약 감초 황기 백출

사진 3. 4종류의 한약재
 Photo 3. Four kinds of Herb medicines

5.1 오존살균 특성

일반적으로 한약재에서 검출되는 유해 세균은 살모넬라균, 대장균(E. coli), 포도상구균, 녹농균 및 곰팡이류 등이 있으며, 본 연구에서는 4종류의 약재 중 우선 작약(Paeoniae Radix)에 대한 대장균(E. coli) 살균 특성을 조사하였다. 대장균 개수를 정량적으로 산출하기 위하여 평판집락법을 사용하였으며, 오존처리 30분 후에 CFU(Colony Forming Unit ; 집락형성단위)를 조사하였다.[3][4]

사진 4에서 볼 수 있듯이 800[CFU/g]인 작약의 대장균이 오존처리 후 100% 제거되었다.



800[CFU/g] 0[CFU/g]
 (a) 처리 전 (b) 처리 후

사진 4. 대장균 살균 특성
 Photo 4. Characteristic of E. coli sterilization

5.2 일반성분 분석

오존처리 전후의 일반성분을 비교하였다. 즉, pH, 갈색도, 탁도, 전기전도도, 가용성 고형물, 단백질 함량, °Brix 당도, 환원당, 총당 등 9가지의 변화를 조사하였다. 그 결과 백출, 작약, 황기의 경우 갈색도와 탁도에 있어서 미소의 변화를 제외하고는 오존처리 전후에 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나, 감초의 경우 갈색도의 변화가 심하게 나타으며, 단백질 함량이 2.04[mg%], 환원당 함량이 126.71[μ g%]의 차이가 나서 변화의 폭이 높았다.[5]

5.3 생리활성물질의 정량 분석

오존 저장 전후의 백출, 작약, 황기, 감초의 생리활성물질의 함량 변화를 조사한 결과 pattern이 거의 일치하였으며, 4종류의 한약재 모두 생리활성물질의 변화가 없음을 확인할 수 있었다.[5]

6. 결 론

본 연구에서 제작되어 사용된 광화학 램프는 방전전압 26.9[V], 방전전류 104.9[mA], 방전전력 2.012[W]의 실효치 특성을 가지고 있다. 광화학 램프는 한약재 저장장치 내부에 2개 설치되어 있으며, 내부에 0.13[ppm]의 오존 농도를 발생시킨다.

한약재 특성 평가를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 한약재 살균 처리에 있어서 오존이 효과가 있음을 확인할 수 있었다.
- (2) 한약재 저장 특성에 있어서 백출, 황기, 감초의 경우 일반성분 및 생리활성물질의 변화는 없었지만, 작약의 경우 장기간 저장에 따라 일반성분 물질인 단백질 및 환원당 함량의 차이가 크게 나타났다. 따라서, 작약의 경우 가동시간을 최소화 하여 오존처리를 할 필요가 있다고 사료된다.

향후, 저장효과 및 경제성, 품질평가에 대한 지속적인 연구를 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 宗宮功, " 오존의 응용 ", 電學論D, 114卷 4號, pp.362 ~ 369, 平成 6年
- [2] 石井啓夫, " 오존利用の新技術 ", 三瑒書房, pp.152 ~ 153, 昭和61年
- [3] 環境廳, " 環境汚染公定試験法(水質分野) ", 韓國環境廳, pp.46 ~ 120, pp.193 ~ 200, 1987
- [4] Thomann R.V, " System analysis and water quality management " McGraw-Hill, pp.286, 1972
- [5] 우성훈, 이광식, " 주요 한약재의 오존처리저장 특성 ", 한국조명전기설비학회 논문지, vol. 22, No. 1, pp.66 ~ pp.72, 2008