

가루약제소독을 위한 오존함의 도입과 적용효과

박운성, 조연숙, 박경범

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구기관들과 과학자, 기술자들은 우리 나라의 실정에 맞고 나라의 경제발전에 이바지할수 있는 과학기술적문제를 더 많이 풀어야 하겠습니까.》(《김정일선집》 증보판 제13권 173페이지)

일반적으로 실천에서는 연구환경이나 생산환경의 무균화를 실현할 목적으로 자외선소독을 비롯한 여러가지 방법들을 리용하여 공기중의 미생물들을 제거하고있다.

현재까지 공기나 물소독에 미치는 오존의 영향을 검토한 자료들[1, 2, 4]은 소개되었지만 오존을가루약제와 같은 대상에 직접 주입하여가루약제내의 미생물들을 살균 및 소독하는데 적용한 실례는 소개된것이 없다.

본문에서는가루약제내의 미생물들을 제거하기 위하여 만든 오존함의 도입과 오존직접주입에 의한가루약제의 살균효과에 미치는 몇가지 인자들의 영향을 확증한 실험결과를 논의하였다.

재료와 방법

오존을 직접 주입하기 위한 실험재료로서가루약제를 리용하였다.

오존주입실험은 특정한 공간에서 오존농도를 최대로 보장하면서도가루약제를 최고 5kg까지 넣을수 있는 직6면체기둥모양의 소규모적인 크기(체적 0.7m^3)를 가지는 오존함을 따로 제작하여 진행하였다.

오존함안에는가루약제를 고르롭게 퍼놓으면서도 아래로 새지 않도록 120목채의 그물을 밑판으로 하는 크기가 $50\text{cm} \times 40\text{cm}$ 이고 높이가 1.5cm인 살균틀을 25개까지 넣을수 있도록 안내턱을 만들어주었다.

살균소독용오존발생장치(발생량 35g/h)에서 나오는 오존은 풍량이 $40 \sim 50\text{L/min}$ 인 배풍기를 리용하여 오존함에 넣어주도록 하였다.

오존주입을 위한 설정시간은 발생장치조종을 위해 제작된 한소편컴퓨터안에 내장된 시한기(설정범위 0~10h이상)를 리용하는 방법[3]으로 보장하였다.

오존농도는 오존농도측정기(《EXibdIICT3》, 측정대역 $0 \sim 0.005\%$)를 리용하여 측정하였다.

살균효과검사를 위한 재료로는 대장균 *E. coli* DH5 α 를 리용하였으며 기초배지로는 영양우무배지를 리용하였다.

실험은 방온도가 20°C 이고 표준대기압($1.01 \times 10^5\text{Pa}$)조건에서 입구공기의 습도가 $60 \sim 70\%$ 일 때 매 실험당 2.5kg의가루약제를 가지고 두 단계로 진행하였다.

첫번째 단계에서는 합리적인 오존함리용방식을 선정하기 위하여 위의 조건하에서 열린방식과 닫힌방식의 오존주입실험을 진행하였다.

먼저 열린방식의 실험에서는 오존함의 제일 아래쪽 옆면부위와 제일 윗쪽 옆면부위에 배풍기의 크기만 한 구멍을 뚫어주었다.

그리고 윗쪽 옆면부위에 뚫린 구멍과 외부에 설치한 장치의 배풍기를 서로 연결시켰으며 설정시간(0~35min)동안에 발생하는 오존을 흐름방향이 아래로부터 위로 향하도록 만들어주었다. 이러한 조건에서 오존함안의 중간부분에 가루약제를 끌고루 퍼놓아 약제의 두께가 1cm정도로 일정하게 유지되는 고정상태에서 설정시간동안 오존을 주입하면서 함안의 오존농도와 습도변화, 가루약제의 질량변화를 조사하기 위한 실험을 하였다.

다음으로 닫긴방식의 실험에서는 오존발생장치를 오존함안의 제일 윗부분에 설치하고 설정시간(0~35min)동안에 발생하는 오존을 흐름방향이 위로부터 아래로 향하도록 만들어주었다. 이러한 조건에서 열린방식의 실험에서와 같은 방법으로 설정시간동안 오존을 주입하면서 함안의 오존농도와 습도변화, 가루약제의 질량변화를 조사하기 위한 실험을 하였다.

두번째 단계에서는 먼저 가루약제의 두께를 1cm로 끌고루 퍼놓고 열린방식(오존농도 0.001 8%)과 닫긴방식(오존농도 0.004 2%)으로 오존함을 각각 리용할 때 설정시간동안 오존을 주입하면서 가루약제내미생물살균효과를 조사하기 위한 실험을 하였다.

다음으로 닫긴방식으로 오존함을 리용하여 오존농도를 보장하고 가루약제의 두께(1, 0.7, 0.5cm)를 변화시키면서 설정시간동안 오존을 주입하고 가루약제내미생물살균효과를 조사하기 위한 실험을 하였다.

대장균살균효과검사는 오존처리한 가루약제를 멸균수에 현탁하여 20 μ L씩 우무평판배지에 도말한 다음 37℃에서 12~24h 배양하면서 균무지가 생기는가를 판정하는 방법으로 진행하였다. 대조구로는 오존처리하지 않은 가루약제를 리용하였다.

결과 및 논의

오존농도에 미치는 오존함리용방식의 영향 오존함을 열린방식과 닫긴방식으로 리용할 때 오존농도변화에 미치는 영향을 측정한 결과는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 열린방식에서는 표준적인 주위공기의 온습도조건에서 장치의 동작시간이 0~30min까지는 오존의 농도가 거의나 선형적으로 증가하지만 그 이상에서는 크게 변화되지 않았다. 이것은 주어진 오존함안의 공간내에서는 실험에 리용한 장치가 열린리용방식으로 보존할수 있는 최대의 합리적인 오존농도가 0.001 8%까지라는것을 보여주고있다.

그러나 닫긴방식에서는 장치의 동작시간에 따라 오존의 농도가 거의나 선형적으로 증가하지만 30min이상부터는 더 변화되지 않았다. 이로부터 주어진 오존함안의 공간내에서는 실험에 리용한 장치가 닫긴리용방식으로 보존할수 있는 최대의 합리적인 오존농도가 4.2 $\cdot 10^{-3}\%$ 까지라는것을 알수 있다.

이 실험결과는 오존함리용방식에서 열린방식을 리용하는 경우 발생된 오존이 오존함안에서 순환될

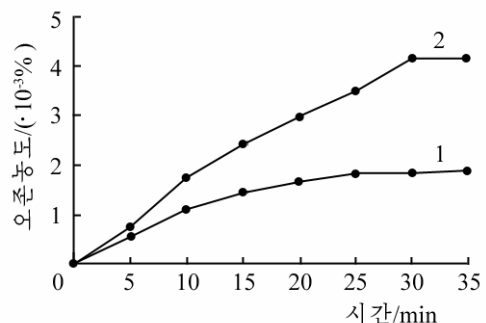


그림 1. 오존함리용방식에 따르는 오존농도변화

1-열린방식, 2-닫긴방식

뿐만아니라 바깥쪽과 연결된 배출구를 통해서도 빠지므로 오존함안의 오존농도는 닫긴방식을 선택하는 경우에 비해서 50%이하로 감소되며 따라서 단위시간당 오존에 의한 살균효과를 높일수 없다는것을 보여준다.

가루약제의 질량변화량에 미치는 오존함리용방식의 영향 오존함을 열린방식과 닫긴방식으로 리용할 때 가루약제의 질량변화에 미치는 영향을 측정한 결과는 그림 2와 같다.

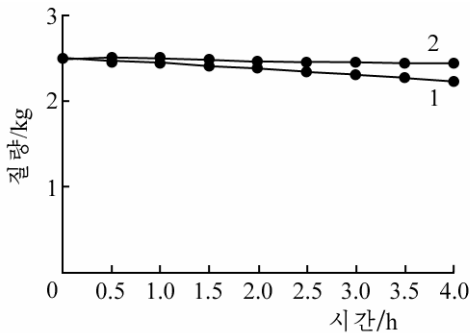


그림 2. 오존함리용방식에 따르는 질량변화
1-열린방식, 2-닫긴방식

그림 2에서 보는바와 같이 닫긴방식에서는 0~4h동안의 장치동작시간후에 오존함안의 가루약제의 질량(2.44kg)이 처음 가루약제의 질량과 비교해볼 때 약간 감소(0.9%)했다는것을 알수 있다.

그러나 열린방식에서는 0~4h동안의 장치동작시간후에 오존함안의 가루약제의 질량(2.24kg)이 처음 가루약제의 질량에 비하여 선형적으로 크게 감소(10.4%)되었다는것을 보여주고있다.

열린방식에서 보여주는 이 실험결과는 오존함에 오존을 쏘넣기 위하여 배풍기를 리용함으로써 가루약제내에 포함되어있는 수분이 증발된 결과 초래되는 현상이라고 론의할수 있다.

습도변화에 미치는 오존함리용방식의 영향 열린방식과 닫긴방식으로 리용할 때 오존함안의 습도변화에 미치는 영향을 측정한 결과는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 닫긴방식에서는 장치의 동작시간 0~4h동안에 오존함안의 습도가 초기 60%로부터 85%까지 크게 증가하는데 비하여 열린방식에서는 습도가 초기 60%로부터 68%범위내에서 변화됨으로써 오존함밖의 표준적인 주위공기와 온습도조건이 그대로 유지된다는것을 보여주고있다.

이 실험결과는 닫긴방식의 오존함리용이 열린방식보다 높은 오존농도의 유지와 가루약제에 대하여 질량변화를 가져오지 않는 합리적인 방법이지만 3h이후부터는 오존함안의 습도가 증가하므로 결국 오존농도를 감소시키며 질량변화를 가져온다는것을 알수 있다. 다시말하여 오존함안의 공기습도가 높은 경우 닫긴방식으로 장치를 동작시키면 일정한 시간이 지나 오존량이 현저히 감소되므로 이 경우에는 장치동작을 차단하고 습도를 떨구기 위하여 장치의 동작을 열린방식으로 진행하는것이 보다 효과적일것이다.

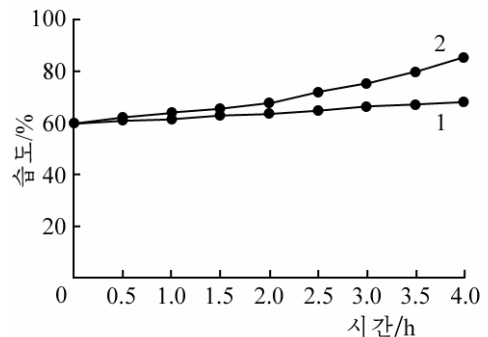


그림 3. 오존함리용방식에 따르는 습도변화
1-열린방식, 2-닫긴방식

결국 오존함안의 습도증가와 질량변화를 극복하면서 살균효과를 높이자면 닫긴방식과 열린방식을 다같이 합리적으로 리용(혼합방식)해야 하며 또한 오존함리용후 반드시 가루약제에 감소된 질량만큼 수분을 보충해주어야 한다는 결론을 얻을수 있다.

각이한 오존농도에서 처리시간에 따르는 살균효과 가루약제의 두께를 1cm로 골고루 펴놓고 열린방식(오존농도 0.001 8%)과 닫긴방식(오존농도 0.004 2%)으로 오존함을 각각 리용할 때 설

정시간동안 오존을 주입하면서 가루약제내 미생물살균효과를 확증한 결과는 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는바와 같이 오존농도에 따라 가루약제내에 들어있는 대장균을 비롯한 초기미생물들의 수가 오존처리전에 비하여 1h이내에 50%이상의 큰 살균효과를 나타낸다는것을 알수 있다.

오존농도가 0.004 2%인 경우 살균되지 않은 미생물의 수가 오존주입전에는 보통 3×10^6 CFU/mL였지만 4h 처리하면 3.5×10^4 CFU/mL로서 98.9%의 살균효과를 가지지만 오존농도가 0.001 8%인 경우에는 3.9×10^5 CFU/mL로서 87%의 살균효과를 가진다.

그러나 실험에 리용한 가루약제에 대해서는 살균효과를 98%정도(허용되는 미생물수 6.0×10^4 CFU/mL)까지 보장해야 하므로 오존농도를 0.004 2%까지 보장할수 있는 닫긴방식으로 오존함을 리용해야 한다는것을 알수 있다.

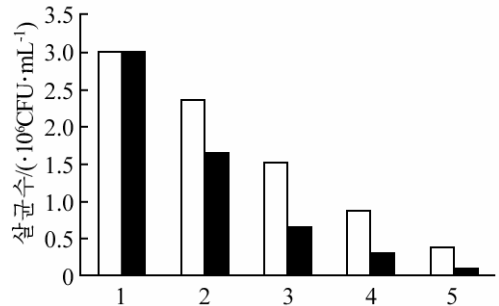


그림 4. 각이한 오존농도에서 설정시간에 따르는 미생물살균효과
1-5는 설정시간이 각각 0, 1, 2, 3, 4h일 때
□ 오존농도 0.001 8%, ■ 오존농도 0.004 2%

약제두께변화와 처리시간에 따르는 미생물살균효과 닫긴방식으로 오존함을 리용하여 오존농도를 보장하고 가루약제의 두께를 변화시키면서 설정시간동안 오존을 주입하고 진행한 가루약제내 미생물살균효과를 확증한 결과는 그림 5와 같다.

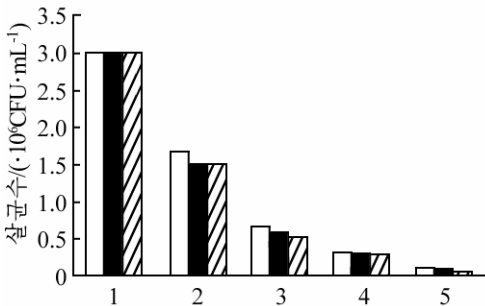


그림 5. 각이한 약제두께에서 설정시간에 따르는 미생물살균효과
1-5는 설정시간이 각각 0, 1, 2, 3, 4h일 때
□ 두께 1.0cm, ■ 두께 0.7cm, ▨ 두께 0.5cm

그림 5에서 보는바와 같이 약제내에 들어있는 대장균을 비롯한 미생물들의 수가 오존주입전에는 보통 3×10^6 CFU/mL였지만 4h 처리하면 살균되지 않은 미생물의 수가 약제두께(1.0, 0.7, 0.5cm)에 따라 $(8.3, 6.5, 3.5) \times 10^4$ 개로서 97.3, 97.9, 98.9%의 살균효과를 나타낸다는것을 알수 있다.

그림 5로부터 살균효과를 98%정도(허용되는 미생물수 6.0×10^4 CFU/mL)까지 보장해야 하므로 닫긴방식으로 오존함(오존농도 0.004 2%)을 리용할 때 약제두께를 0.5~0.7cm정도로 골고루 펴주면 살균목적을 달성할수 있으며 가루약제도 5kg까지 처리할수 있다고 본다.

맺 는 말

오존함($0.7m^3$)은 닫긴방식으로 리용할 때 오존농도를 0.004 2%까지 높일수 있으며 소독할수 있는 가루약제량은 120목채를 리용할 때 최대 5kg이다.

표준온습도조건에서 주어진 장치로 보장할수 있는 살균효과는 가루약제의 두께가 0.5~0.7cm이고 오존직접주입처리시간이 4h일 때 98.9%까지 보장된다.

참 고 문 헌

- [1] W. J. M. Samaranayake et al.; IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, 7, 2, 254, 2000.
- [2] J. M. Alonso et al.; IEEE Transactions on Industry Applications, 45, 4, 1513, 2009.
- [3] R. Blakeman et al.; US 2016/0235874 A1.
- [4] 山部長兵衛; IEEJ Trans. FM, 126, 9, 814, 2006.

주체107(2018)년 1월 5일 원고접수

Introduction and Application Effect of Ozone Box for Sterilization of Powdered Medicine

Pak Un Song, Jo Yon Suk and Pak Kyong Bom

Until now, the ozone box has been not introduced for sterilization of powdered medicine.

In this paper, the application method of ozone box introduced to enhance the sterilization effect of powdered medicine and the effect of some factors on sterilization has been discussed.

The ozone density in the ozone box(0.7m^3) can be raised up to 0.004 2% using closed method and the maximum amount of powdered medicine for sterilization is 5kg in 120 meshes.

The sterilization effect that can be ensured by the given equipment under the standard temperature and humidity showed up to 98.9% when the thickness of powdered medicine was 0.5~0.7cm and the processing duration of ozone was 4 hours.

Key words: ozone, ozonizer, sterilization