알레르기의 주 원인인 집먼지진드기에 대한 오존의 살비 효과

연세대학교 대학원

의 학 과

한 재 혁

알레르기의 주 원인인 집먼지진드기에 대한 오존의 살비 효과

지도교수 김 규 언

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2003년 6월 일

연세대학교 대학원

의 학 과

한 재 혁

한재혁의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 ______________________ 인

심사위원 ______________________ 인

심사위원 ______________________ 인

연세대학교 대학원

2003년 6월 일

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 항상 자상한 논문 지도와 교정에 직접 도움을 주시고 관심으로 이끌어 주신 김규언 교수님께 진심으로 감사드리며, 본 연구를 위하여 각별한 조언을 아끼지 않으신 홍천수 교수님, 용태순 교수님, 강준원 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또 기생충학 교실 선생님들과 연세대 원주 캠퍼스 보건과학대학 환경공학과 선생님들 모두에게도 감사를 드리며 어려울 때마다 사랑으로 보살펴 주신 부모님과 아내에게 깊은 감사를 드립니다.

저 자 씀

차 례

그림 및 표 차례

국문요약 ···· 1

I. 서 론 ···· 3

II. 재료 및 방법 ···· 6

1. 재료 ···· 6

가. 실험 대상 집먼지진드기 ···· 6

나. 오존 발생기와 반응기 ···· 6

2. 실험 방법 ···· 7

III. 결 과 ···· 10

1. 오존 가스의 집먼지진드기 살비 여부와 사망 판정 ···· 10

2. 다양한 오존 농도에서 살비율 비교 ···· 12

3. 오존 농도, 노출 시간, 살비율 간의 상관 관계 ···· 14

4. 오존을 소멸시키는데 소요되는 시간 ···· 16

IV. 고 찰 ···· 18

V. 결 론 ···· 21

참고문헌 ···· 22

영문요약 ···· 25

그림 차례

그림 1. 실험에 사용한 오존 발생기, 반응기, 현미경 및 오존 측정기의 연결 모형도 7
그림 2. 일정한 오존 농도에서 노출 시간에 따른 살아 있는 집먼지진드기 수 11
그림 3. 오존의 농도와 노출 시간 차이에 따른 살아 있는 집먼지진드기 수 13
그림 4. 오존의 농도와 노출 시간에 따른 집먼지진드기 살비율 . 14
그림 5. 오존 노출 후 시간 경과에 따른 오존 농도와 집먼지진드기 살비율의 변화 15
그림 6. 오존 농도와 노출 시간의 곱인 CT값과 집먼지진드기 살비율간의 상관 관계 16
그림 7. 자연 환기시킬 경우 시간에 따른 오존 농도의 감소 양상 17

표 차례

표 1. 실험에 사용한 오존의 농도와 노출 시간 ························ 8

국문요약

알레르기의 주 원인인 집먼지진드기에 대한 오존의 살비 효과

목적: 집먼지진드기는 호흡기 알레르기 질환의 가장 중요한 원인으로서 집먼지진드기 항원에 반복적으로 노출되면 기관지 과민성 및 지속적인 호흡기 알레르기 증상이 나타나게 된다. 대표적인 알레르기 질환으로 천식, 알레르기 비염, 아토피 피부염이 있는데 이러한 알레르기 질환의 가장 기본이 되는 치료는 원인 항원을 제거하거나 노출을 줄이는 회피법이라 할 수 있다. 지금까지 알려진 회피법중 항원 불투과성 특수 카바만 그 효과가 입증되어 있을 뿐 공기 청정기, 진공 청소기나 acarosan 등의 효과는 아직 만족할 만하지 않은 것으로 알려져 있다.

강력한 산화력을 지닌 오존은 탈색, 탈취, 표백, 유기화합물의 구조 변경, 화학제품의 합성 등 산업분야에서 다양하게 사용되고 있다. 최근에는 식수나 공기의 살균, 탈취 및 폐수처리장이나 정수시설, 수족관, 음료 공장 등에 널리 적용되고 있다. 농도가 0.3 - 0.9 ppm에서 각종 세균, 즉 *E. coli, Vibrio, Salmonella, Yersinia, Pseudomonas, Staphylococcus, Listeria* 및 각종 바이러스가 제거된다고 알려져 있으나 아직까지 집먼지진드기에 대한 오존의 살비 효과에 관한 보고는 없는 상태이다. 이러한 오존이 집먼지진드기도 효율적으로 죽일 수 있는지에 대해 알아보고자 하였다.

재료 및 방법: 실험에 사용한 집먼지진드기는 우리 나라에서 흔히 채집되는 집먼지진드기(*Dermatophagoides farinae, Dermatophagoides pteronyssinus*)를 혼합 배지에서 사육하여 사용하였으며 오존 발생기는 고압 무성 방전식 오존 발생기를 사용하였다. 반응기 내부에 집먼지진드기를 넣고 오존 발생기를 연결하여 가스 상태의 오존을 투여하였으며 시간의 경과에 따라 살아 움직이는 집먼지진드기의 수를 현미경으로 실시간으로 관찰하여 기록하였다.

결과 : 오존은 그 농도가 높을수록 노출 시간이 길수록 비례하여 집먼지진드기를 죽였다. 40분, 60분, 80분, 100분 후 집먼지 진드기 살비율은 농도가 3.8 ppm일 때 각각 11%, 43%, 67%, 68%였고 5.8 ppm일 때는 44%, 59%, 81%, 96%였다. 12.5 ppm일 때는 40분 후 91%, 60분 후 100% 였고, 23.5 ppm일 때는 30분 후 100%였다. 처음에 19 ppm으로 오존 가스를 노출시킨 후 밀폐된 상태로 방치 하였을때는 40분 경과 후 집먼지진드기가 모두 죽었고 오존 농도는 10.5 ppm으로 감소하였다. 오존 농도와 노출 시간에 따른 오존의 집먼지진드기 살비율을 계산식으로 표현하면 $y= 0.2667x$ ($R^2=0.9442$, $P<0.05$)인데 여기서 y는 살비율(%), x는 오존 농도(ppm)와 노출 시간(min)의 곱을 나타낸다. 집먼지진드기 살비 후 자연 환기시킬 경우 오존 농도가 16 ppm 에서 1 ppm 이하로 감소하는데 45분이 소요되었다.

결론 : 오존은 집먼지진드기를 죽일 수 있는데 그 효과의 정도는 오존의 농도와 노출 시간에 비례한다. 그러나 일반적으로 높은 농도에서 오존의 살비 효과가 크게 나타나기 때문에 인체에 유해한 영향을 줄 수 있다. 따라서 오존을 안전하고 신속하게 분해하는 방법이나 환기시킬 수 있는 방법이 개발된다면 알레르기 환자의 환경관리에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되며 향후 이에 대한 연구가 필요하다.

핵심되는 말 : 집먼지진드기, 오존, 알레르기 질환

알레르기의 주 원인인 집먼지진드기에 대한 오존의 살비 효과

<지도 **김 규 언** 교수>

연세대학교 대학원 의학과

한 재 혁

Ⅰ. 서론

세계적으로 호흡기 알레르기 질환의 가장 흔한 원인은 집먼지진드기(houst dust mite)로 밝혀져 있다. 집먼지가 알레르기 질환의 원인이라는 사실은 1921년 Kern에 의해 처음 제시되었는데 1967년 덴마크의 Voorhorst는 집먼지 내에 서식하고 있는 집먼지진드기의 항원이 집먼지 알레르기의 주요 원인일 것이라 발표하였고 그 후 호흡기 알레르기 질환과 집먼지진드기와의 관련성이 지속적으로 보고되어 왔다[1-3].

집먼지진드기는 절지동물문 중에서 거미강, 진드기목, 옴진드기아목, 먼지진드기과에 속하는데 이것은 다시 유럽에 많은 큰다리먼지진드기(*Dermatophagoides farinae*)와 북아메리카에 많은 세로무늬먼지진드기(*Dermatophagoides pteronyssinus*)로 분류된다[4]. 이들은 알, 유충, 약충, 성충의 생활사를 거치며 성충인 경우 암컷의 크기는 평균 0.34 x 0.23 mm, 수컷은 0.28 x 0.19 mm이다[5].

집먼지진드기는 먼지 1g당 100마리 이상이면 감작을 일으키고 500마리 이상이면 심한 천식 발작을 일으킬 수 있다. 집먼지 진드기는 침대 매트리스, 양탄자, 천으로 된 소파, 옷, 이부자리 및 자동

차 시트에 많이 존재하며, 우리나라에서 집먼지진드기의 수효는 8월에 가장 많고 5월에 가장 적지만 5월에도 알레르기 질환을 유발하는데는 충분한 양이므로 연중 증세가 유발되게 된다[6]. 이러한 집먼지진드기의 주 항원인 Der f1과 Der p1은 주로 배설물에 존재 하는데 이들이 비만세포 표면에 붙어있는 면역글로불린 IgE와 결합하게 되면 히스타민 등 화학 매체가 분비된다. 이렇게 하여 기관지과민성 및 지속적인 호흡기 알레르기 증상을 일으키게 되는데 대표적인 알레르기 질환이 천식, 알레르기 비염, 아토피 피부염이다[7].

알레르기 질환의 가장 기본이 되는 치료는 원인 항원을 제거하거나 항원에 대한 노출을 줄이는 환경 관리이며 지금까지 알려진 집먼지진드기 회피법 중에서는 침구관리가 주를 이루고 있다[8,9].

집먼지진드기가 사는 최적온도가 섭씨 25-30도이고 상대습도는 75-80% 정도이므로 집먼지진드기의 서식을 줄이기 위해서는 온도를 섭씨 20도, 상대습도를 45% 이하로 유지하고, 침구류는 섭씨 55도 이상의 뜨거운 물에 2주에 1회 이상 세탁을 하는 것이 좋으며 햇볕에 완전히 말린 후 말린 것을 털어내야 효과적이다[4]. 침구나 소파는 항원 불투과성 플라스틱 카바로 씌워 집먼지진드기가 살지 못하게 하는 한편 공기 정화기, 진공 청소기도 도움이 된다. 최근에는 살충제인 primiphos methyl, benzyl benzoate로 만들어진 아카로산(Acarosan), natamycin 등이 집먼지진드기 수를 줄여 좀 더 나은 효과를 기대할 수 있다고 하지만 아직 이러한 방법으로도 진드기의 박멸은 불가능한 상태이다[9-11].

최근 오존이 여러가지 바이러스와 박테리아에 대해 살균력이 있어 각광받고 있는데 이에 연구자는 오존이 집먼지진드기를 죽일 수 있는가에 대한 연구가 필요하다고 생각하게 되었다.

오존(ozone)의 어원은 그리스어의 ozein(냄새맡는 것)에서 유래되었으며 산소원자 3개가 결합한 분자(O_3)로 매우 특이한 냄새가 나는 무색가스이나 액상에서는 짙은 갈색, 고체상태에서는 보라색을 띠게 된다[12]. 오존은 매우 불안정하여 대기 중 또는 수중에서 쉽게 자가분해 되기 때문에 다른 가스처럼 저장하여 사용할 수 없고 코

로나 방전이나 자외선으로 발생시켜 사용하게 된다[13]. 200-300 nm의 자외선 파장 흡수 특성이 있는 오존이 성층권에서 자외선을 흡수하여 지상에는 보다 긴 파장의 가시광선만 도달하게 된다.

성층권에서는 자외선을 거의 99% 흡수하지만, 대기중에서는 인체 피부에 있는 유기물과 닥치는 대로 결합하여 인체에 해로운 물질을 생성하고 치명적인 장애를 일으키므로 마치 양날을 가진 칼과 같다고 할 수 있다[14]. 이러한 인체와의 반응성에 대해 구체적인 기전은 충분히 해명되어 있지 않지만, 천식을 악화시키고 폐 세포를 공격하여 호흡기능을 떨어뜨린다는 보고가 있고, 세포 핵속의 유전자를 손상시켜 DNA 돌연변이로 암을 유발 할 수 있으며 어린이, 노약자, 심장병 환자 등에게 심각한 영향을 미칠 수 있다고 알려져 있다[15,16].

오존은 강력한 산화 분해력을 이용하여 탈색, 탈취, 표백, 유기화합물의 구조 변경, 화학제품의 합성 등 산업 분야에서 다양하게 사용되고 있으며 최근에는 식수나 공기의 살균, 탈취에도 탁월한 능력이 있다고 알려져 폐수처리장이나, 정수시설, 수족관, 음료공장 등에 널리 적용되어지고 있다[14]. 지금까지 오존 가스나 오존수를 이용하여 여러 바이러스, 세균을 제거 하는 실험은 있었으나 알레르기 질환의 주요 원인인 집먼지진드기를 죽일 수 있는지에 대한 연구는 아직까지 알려진 바가 없으며 만약 죽일 수 있다면 어떤 농도에서 어느 정도 노출시켜야 가능한지에 대한 보고도 없는 상태이다[16]. 이에 연구자는 지금까지 알려진 여러 가지 환경 관리법으로도 완전히 없앨 수 없는 집먼지진드기에 강력한 산화 분해력을 지닌 오존을 직접 노출시킴으로써 집먼지진드기를 죽일 수 있는지 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 재료

가. 실험 대상 집먼지진드기

실험 대상으로 큰다리먼지진드기(*Dermatophagoides farinae*)와 세로무늬먼지진드기(*Dermatophagoides pteronyssinus*)를 선택하였고 연세대학교 의과대학 기생충학교실에서 사육하고 있는 것을 분양받아서 사용하였다. 이들 집먼지진드기는 우리나라의 일반적인 침구류, 소파, 카펫트 등에서 진공 청소기를 이용하여 먼지를 채집한 후 분류하여 어류 사료(fish food powder)와 효모 가루(dried yeast)의 1:1 혼합 배지에서 집먼지진드기가 번식하기 좋은 환경에서 사육한 것이다[17]. 암컷, 수컷의 구별 없이 성충을 모으고 이중에서 유충과 알을 제외하여 연구에 적합한 집먼지진드기의 검체에서 일정량을 추출하였는데 이 때 배지에서 0.01 g을 추출하면 약 40-60 마리의 집먼지진드기가 포함되어 있었다.

나. 오존 발생기와 반응기

다양한 농도의 오존을 정확하게 가스상태로 발생시킬 수 있는 고압 무성 방전식 오존 발생기(Ozonia, Switzerland, 연세대학교 보건과학대학 강준원 교수 제공)를 사용하였다[18]. 적은 공간에서 집먼지진드기를 효율적으로 죽일 수 있으면서 밖에서 안을 잘 들여다 볼 수 있도록 유리 케이스로 제작된 가로 7 cm, 세로 4 cm, 높이 2 cm, 부피 56 ml의 반응기(reactor)를 오존 발생기와 연결하였다(그림 1). 반응기 내부의 온도는 섭씨 25도, 상대습도는 75%였으며 검체 배지에서 0.01 g을 추출한 집먼지진드기를 반응기 내부에 집어 넣고 이 반응기를 현미경(Reicherp, Germany) 위에 올려 놓아 200 배율로 관찰하며 살아 움직이는 집먼지진드기의 수를 실시간으로 기록하였

다. 반응기의 다른 한쪽 끝에는 오존 측정기(KI trap, 연세대학교 보건과학대학 강준원 교수 제공)를 연결하여 반응기를 거쳐 나온 오존의 농도를 정확히 측정하였으며 후드를 통해 자연 환기 되도록 설치하였다.

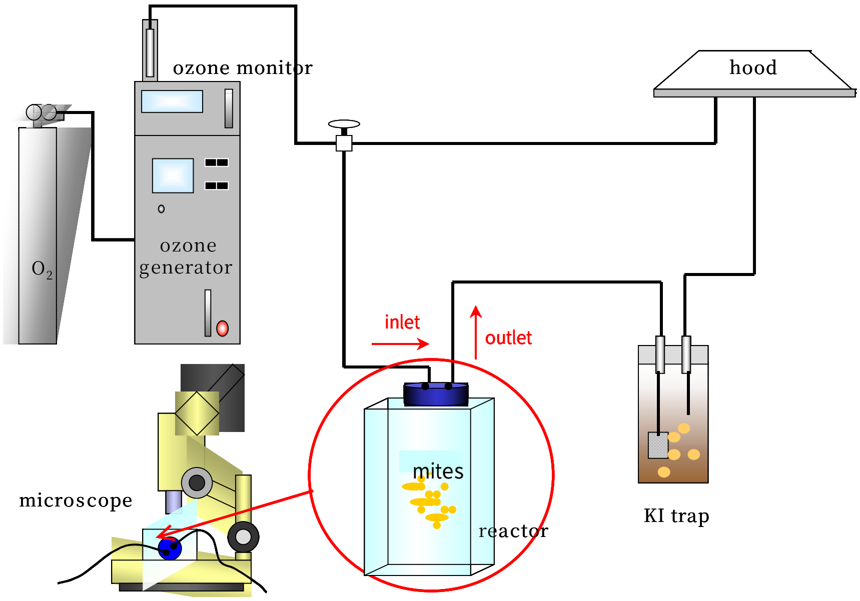

그림 1. 실험에 사용한 오존 발생기, 반응기(reactor), 현미경 및 오존측정기(KI trap)의 연결 모형도

2. 실험 방법

가. 오존 가스의 집먼지진드기 살비 여부와 사망 판정

첫번째 집먼지진드기 샘플을 반응기 내부에 집어 넣고 오존 농도를 9.5 ppm으로 일정하게 유지 시키면서 반응기 내부에 지속적으로 노출시켰을 때 집먼지진드기가 죽는지를 관찰하였다[19,20]. 만약 죽는다면 어느 정도 시간이 경과해야 모두 죽는지를 살펴 보았고 만약 죽지 않는다면 오존 농도를 더 높여가며 집먼지진드기가 죽을 때까

지 같은 방법으로 반복하여 실험하였다. 이 때 대조군에는 오존 대신 산소를 노출시켜 실험군과 비교할 수 있도록 하였다. 집먼지진드기는 살아 있는 한 끊임없이 움직이므로 현미경으로 관찰하여 조금이라도 움직이면 살아 있는 것으로, 움직이지 않고 정지한 상태로 있으면 죽은 것으로 판정하였으며 정지한 상태를 한시간 이상 확인하였다.

나. 다양한 오존 농도에서 살비율 비교

두번째 실험에서는 좀더 다양한 오존 농도와 노출 시간에 따른 효과를 알아보기 위하여 실험군에 오존 농도를 각각 3.8 ppm, 5.8 ppm, 12.5 ppm, 23.5 ppm으로 달리 해가면서 지속적으로 노출시켜 시간에 경과에 따라 살아있는 집먼지진드기의 수를 기록하였다. 각각의 오존의 농도는 처음부터 끝까지 일정하게 유지시켰으며 대조군의 반응기에는 오존에 노출시키지 않고 밀폐된 상태에서 실험을 진행하여 실험군과 비교하였다(표 1). 이때 단순히 죽은 집먼지진드기 수만으로는 서로를 객관적으로 비교할 수 없기 때문에 살비율(inactivation rate)이란 공식을 사용하여 비교하였다.

살비율(inactivation rate, %) = (1-Nt/Ni) x 100
Ni = 처음에 살아있는 총 집먼지진드기 수
Nt = 어느 시점(time)에서 살아 있는 집먼지진드기 수

표 1. 실험에 사용한 오존의 농도와 노출 시간.

오존 농도(ppm)	노출시간(분)
0 (대조군)	0, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100
3.8	0, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100
5.8	0, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100
12.5	0, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100
23.5	0, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100

다. 오존 농도, 노출 시간, 살비율 간의 상관 관계

첫번째, 두번째 실험에서는 가스 상태의 오존을 지속적으로 노출시켜 오존 농도를 처음부터 끝까지 일정하게 유지시켰는데 세번째 실험에서는 처음에 19 ppm으로 한번 유지시킨 후 더 이상 오존가스를 발생시키지 않았다. 시간이 경과함에 따라 오존 농도도 자연스럽게 변하게 되는데 이 때 오존 농도와 노출 시간, 집먼지진드기 살비율 간의 상관 관계를 분석해 보았다[21].

라. 오존을 소멸시키는데 소요되는 시간

마지막으로 집먼지진드기를 죽인 후 남아 있는 오존 가스가 인체에 치명적인 해를 줄 수 있으므로 인체에 무해한 대기중 농도로 감소하는데 필요한 소요시간을 알아보기 위하여 반응기 뚜껑을 열고 오존을 자연 환기 시키면서 시간의 경과에 따라 감소하는 오존의 농도를 기록하였다[22].

III. 결과

1. 오존 가스의 집먼지진드기 살비 여부와 사망 판정

일정한 오존 농도일 때 노출 시간에 비례하여 집먼지진드기가 살비되었다. 반응기 내부의 오존 농도를 9.5 ppm으로 일정하게 유지되도록 오존 처리를 했을때 처음에는 45마리가 살아 움직이고 있었으나 15분 경과 후 23마리, 30분 경과 후 9마리가 움직이고 있었고 45분 경과 후에는 모두 움직이지 않았다. 대조군에는 100% 산소를 지속적으로 주입하였으며 45분이 경과하였을 때 58마리의 집먼지진드기가 살아 움직이는 것을 관찰할 수 있었다. 반복 실험을 했을 때도 비슷한 결과가 나타났다(그림 2).

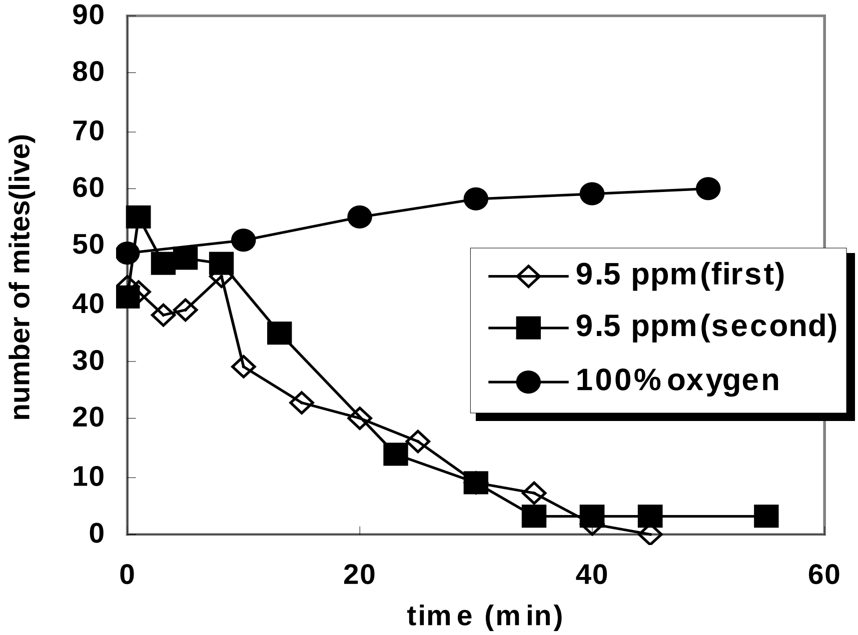

그림 2. 일정한 오존 농도에서 노출 시간에 따른 살아 있는 집먼지진드기 수. 9.5 ppm의 일정한 오존 농도에서 첫번째 실험군의 집먼지진드기는 45분 경과후 모두 죽었고 두번째 실험군에서는 3마리가 살아 있었으며 100% 산소에 노출시킨 대조군에서는 58마리가 살아 있었다.

2. 다양한 오존 농도에서 살비율 비교

반응기 내부의 오존 농도를 3.8 ppm, 5.8 ppm, 12.5 ppm, 23.5 ppm으로 각각 달리 하였을 때 오존의 농도가 높을수록 집먼지진드기가 더 빨리 죽었다. 오존에 노출시키지 않은 대조군의 반응기에서는 100분이 경과한 후에도 43마리가 살아 움직이는 것을 관찰할 수 있었다. 오존 농도가 3.8 ppm인 상태에서는 100분 경과 후 23마리가 움직이고 있었고, 5.8 ppm인 상태에서는 100분 경과 후 2마리가 움직이고 있었다. 12.5 ppm에서는 60분이 지나자 집먼지진드기가 모두 움직이지 않았고, 23.5 ppm에서는 30분 경과 후 모두 움직이지 않았다(그림 3).

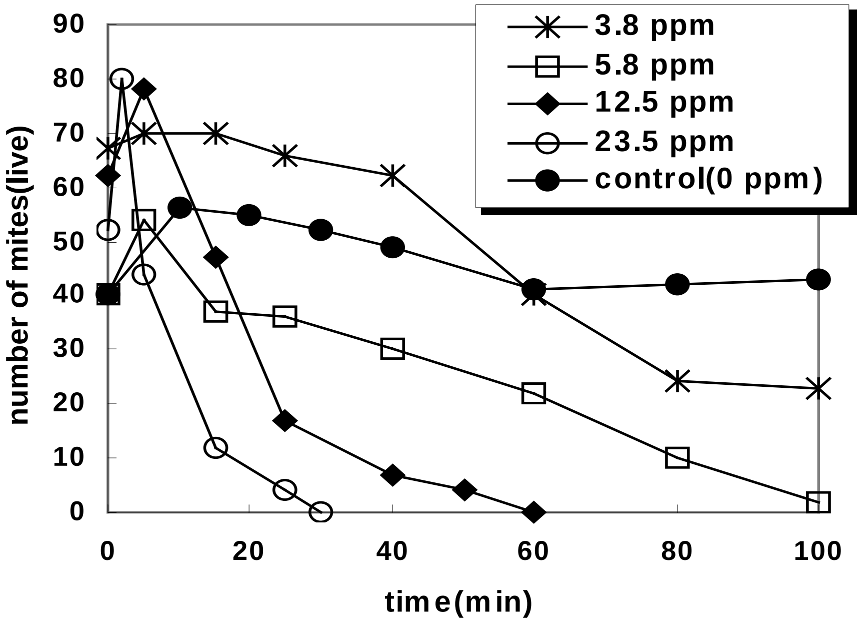

그림 3. 오존의 농도와 노출 시간 차이에 따른 살아 있는 집먼지진드기 수. 100분 경과 후 3.8 ppm에서는 23마리, 5.8 ppm에서는 2마리가 살아 있었다. 12.5 ppm일 때 60분 경과 후 모두 죽었고 23.5 ppm일 때 30분 경과 후 모두 죽었다. 그러나 대조군에는 43마리가 살아 있었다.

살아 있는 집먼지진드기가 가장 많았던 시점을 기준으로 하여 다시 한번 그래프로 나타내어 보았는데 객관적으로 비교하기 위해 세로(Y)축에는 집먼지진드기 수 대신 살비율로 나타내었다(그림 4).

오존 농도가 3.8 ppm일 때는 40분이 경과 한 후 살비율이 11%였고, 60분 후 43%, 80분 후 67% 100분 후 68%였다. 오존 농도가 5.8 ppm일 때는 40분 경과 후 살비율이 44%, 60분 후 59%, 80분 후 81%, 100분 후 96%였다. 오존 농도가 12.5 ppm일 때는 40분 경과후 살비율이 91%였고 60분 후 100%였다. 오존 농도가 23.5 ppm일 때는 30분이 지나자 살비율이 100%였다.

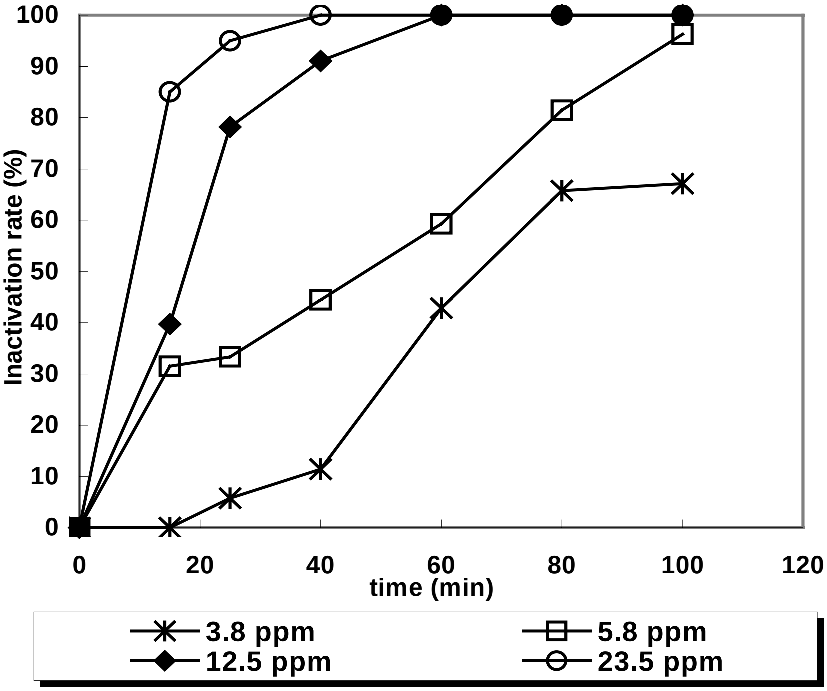

그림 4. 오존의 농도와 노출 시간에 따른 집먼지진드기 살비율. 40분, 60분, 80분, 100분 후 살충율은 오존 농도가 3.8 ppm일 때 각각 11%, 43%, 67%, 68%였고 5.8 ppm일 때는 44%, 59%, 81%, 96%였다. 12.5 ppm일 때는 40분 후 91%, 60분 후 100%였으며 23.5 ppm일 때는 30분 후 100%가 되었다.

3. 오존 농도, 노출 시간, 살비율 간의 상관 관계

오존 농도를 19 ppm으로 유지시킨 후 관찰한 결과 시간이 경과함에 따라 살아 있는 집먼지진드기의 수가 감소하였다. 이번에는 오존의 농도를 유지하지 않고 한번만 투여한 뒤 관찰한 결과 시간이 경과함에 따라 그 농도가 서서히 감소하기 시작하였다. 40분이 경과하자 오존 농도는 10.5 ppm으로 낮아졌으며 이때 집먼지진드기의 살비율이 100%가 되었다(그림 5).

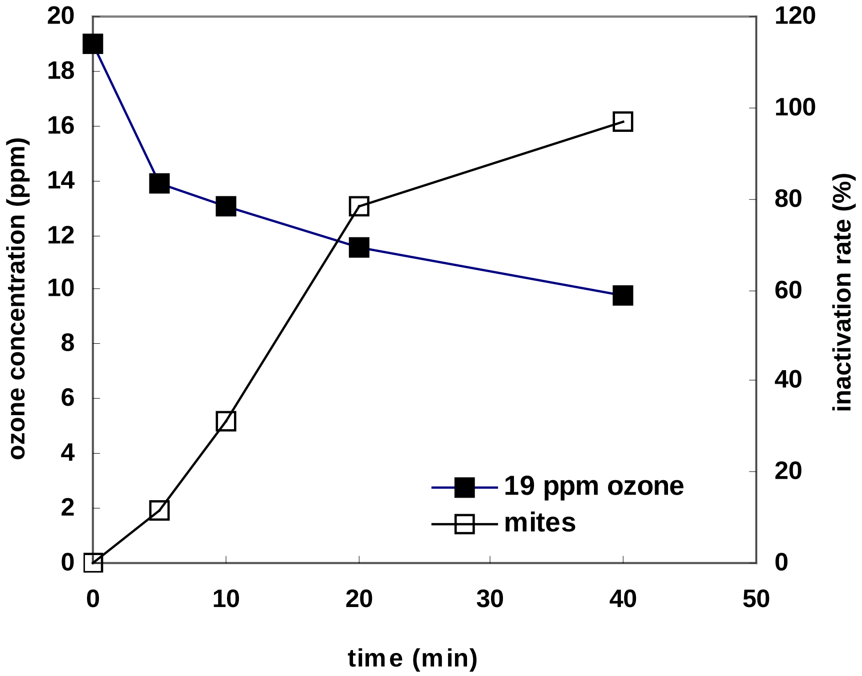

그림 5. 오존 노출 후 시간 경과에 따른 오존 농도와 집먼지진드기 살비율의 변화. 40분 경과 후 집먼지진드기는 모두 죽었고 오존 농도는 10.5 ppm으로 감소하였다.

여기에서 오존의 농도가 조금씩 감소함에도 불구하고 노출 시간이 증가함에 따라 집먼지진드기의 살비율이 높아지는 것을 살펴 볼 수 있는데 이들 세 변수의 상관 관계를 알아보기 위하여 다음과 같은 방법을 사용하였다. 즉 오존 농도와 노출 시간의 곱을 CT값이라 하여 가로(X)축에 나타내고 집먼지진드기의 살비율을 세로(Y)축에 나타낸 후 각각의 함수 값을 이용하여 최소자승법으로 대략적인 공식을 구해 낼 수가 있는데 그 식은 다음과 같다(그림 6).

y =0.2667x (R^2=0.9442, p < 0.05)

y : inactivation rate(살비율, %)

x : C(오존 농도, ppm) x T(노출 시간, min)

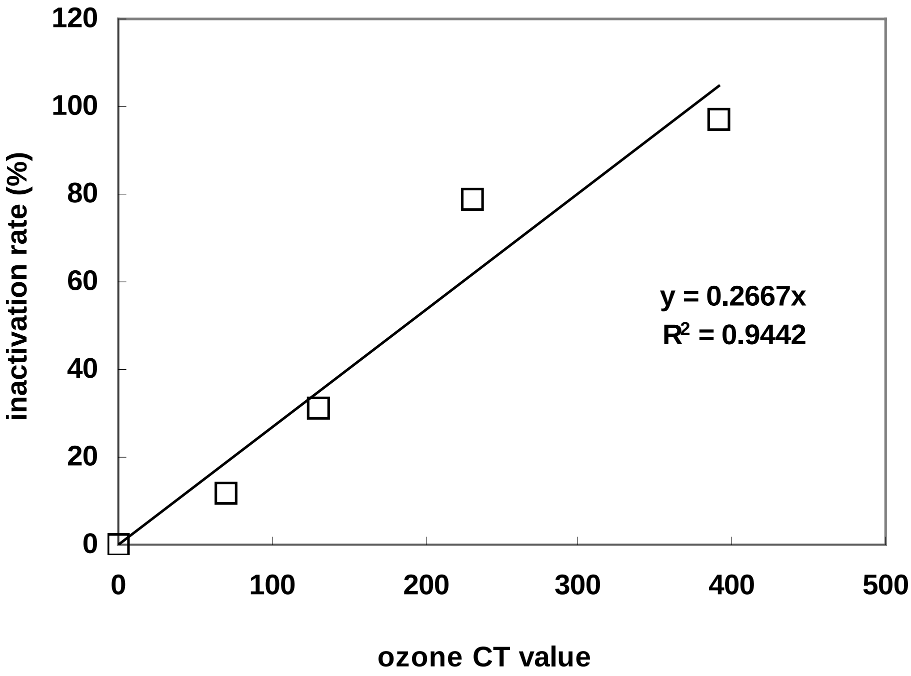

그림 6. 오존 농도와 노출 시간의 곱인 CT값과 집먼지진드기 살비율간의 상관 관계. y를 inactivation rate(살비율, %), x를 C(오존 농도, ppm) x T(노출 시간, min)라고 하였을 때 y= 0.2667x라는 공식을 얻을 수 있었다(R^2=0.9442, P < 0.05).

4. 오존을 소멸시키는데 소요되는 시간

부피가 56ml인 반응기 내부의 처음 오존 농도가 16 ppm일 경우 자연 환기를 시켰더니 45분 경과 후 오존의 농도가 1 ppm 이하로 감소되는 것을 알 수 있었다(그림 7).

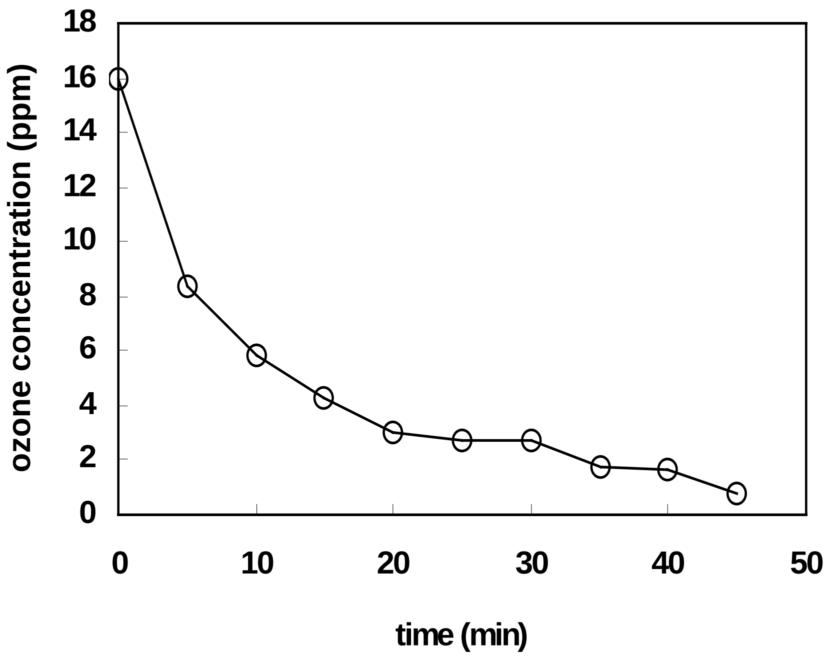

그림 7. 자연 환기시킬 경우 시간에 따른 오존 농도의 감소 양상.반응기 내부의 16 ppm 오존 농도가 1 ppm 이하로 되는데 45분이 소요된다.

Ⅳ. 고찰

오존 발생기는 현재 식수나 공기의 탈취, 정화를 비롯해서 미생물의 살균, 소독 등에 다양하게 사용되어지고 있다[12]. 오존 농도가 0.3 - 0.9 ppm의 범위에서는 *E. coli, Vibrio, Salmonella, Yersinia, Pseudomonas, Staphylococcus, Listeria* 및 각종 바이러스를 제거한다는 연구 결과가 나와 있고 yeast 보다는 그람양성균, 그람양성균보다는 그람음성균에 대한 살균 효과가 더 큰 것으로 알려져 있는데 아직 집먼지진드기에 대한 보고는 나와 있지 않았다[19,20,22].

20 ppm 일때 작은 동물이 2시간 이내에 죽을 수 있고 0.9 ppm 에서 각종 세균을 죽일 수 있기 때문에[14] 중간값을 선택하여 실험을 시작하였고 그 후 노출 시간을 늘리기로 하였다.

그림 2의 첫번째 실험군을 보면 9.5 ppm의 경우 45분이 경과하자 집먼지진드기가 모두 움직이지 않음을 알 수 있었다. 집먼지진드기가 움직이지 않는다고 해서 전부 죽었다고 판단하는 것은 무리일 수 있지만 짧은 시간 동안 현미경으로 관찰하면서 실제 집먼지진드기가 죽어서 변성된 과정을 일일이 확인하기란 불가능하다. 따라서 만약 처음에 활발히 움직이던 집먼지진드기가 어느 순간 정지하고 나서 끝까지 움직이지 않았다면 이것은 기절(knock down)한 것이 아니라 죽어 있는(killing) 상태라 보기로 하였으며 향후 좀 더 고려해야 할 부분이다. 대조군으로 지속적으로 산소를 투여한 반응기내에서는 집먼지진드기가 더 활발히 움직이는 것을 관찰 할 수 있었다.

그림 2의 두번째 실험군을 보면 9.5 ppm에서 45분 경과 후 3마리가 살아 남은 것을 관찰 할 수 있는데 만약 이보다 더 높은 농도에 노출시키면 더 짧은 노출 시간에서 집먼지진드기가 죽을 것이라 예측 할 수가 있으며 결국 23.5 ppm의 농도에서 30분 경과 후 집먼지진드기가 모두 죽었음을 알 수 있었다. 그림 3을 자세히 보면 처음에는 일시적으로 집먼지진드기 수가 증가한 것처럼 보이는 데 이것은 살아 있으면서도 움직이지 않던 집먼지진드기가 오존 가스 투여

후 조금씩 움직이면서 나타나는 현상이다. 따라서 집먼지진드기가 가장 많이 움직이는 시점을 가장 많이 살아 있는 것으로 보고 이 시점을 기준으로 하여 객관적인 살비율로 비교한 것이 그림 4이다.

그림 4를 보면 집먼지진드기 살비율은 오존 농도와 노출 시간과 비례 관계에 있음을 알 수 있는데 이를 공식으로 표현하면 $y= 0.2667x$ ($R^2=0.9442$, $P<0.05$)으로 나타낼 수 있으며 여기서 y는 살비율(%), x는 오존 농도(ppm)와 노출 시간(min)의 곱인 CT값을 의미하게 된다. 이 공식을 이용하면 집먼지진드기를 어느 정도 죽이려고 할 때 필요한 오존 농도에 따른 노출 시간을 추측하는 것이 가능하다. 예를 들어 집먼지진드기를 35% 죽이는데 필요한 CT값은 130이 나오게 되는데 이것은 오존 농도가 13 ppm일때 10분 정도 노출 시간이 필요하다는 것을 의미한다. 향후 집먼지진드기가 완전히 죽었는지 여부를 신속하고 정확히 알아내는 방법이 발견되고 더 많은 반복적인 실험을 시행하게 되면 훨씬 더 실제값에 가까운 공식을 구할 수 있으리라 생각된다. 집먼지진드기를 죽이는 기전은 오존이 3개의 산소 원자중 하나를 다른 물질에 빠르게 전하는 산화력이 매우 강하기 때문에 유기물과 신속히 결합하여 세포 핵 속의 유전자를 손상시키는 것으로 추측되며, 보다 정확한 기전 및 그 배설물의 항원성도 줄일 수 있는가에 대해서는 좀 더 연구가 필요하다.

분무기 형식으로 오존 가스를 발사시켜 집먼지진드기를 죽이고 나면 대기 중에 잔류된 오존 가스로 인해 환자의 호흡기 증상이 더 악화될 수도 있다[21]. 우리나라의 오존 경보제는 대기중 오존의 시간당 농도가 0.12 ppm 이상 일 때 주의보, 0.3 ppm 이상일 때 경보, 0.5 ppm 이상이면 중대 경보가 각각 발령되며, 주의보 때에는 실외 운동경기와 호흡기 환자, 노약자, 어린이의 실외활동을 자제하고 있다. 실제로 현재까지는 오존 농도가 0.12 ppm 이하에서는 호흡기 질환에 거의 영향이 없다고 알려져 있으나 0.14 ppm 이상일 경우에는 폐에 경한 손상을 주어 폐기능을 떨어뜨린다는 연구 결과가 나와 있다[13]. 또한 0.16 ppm 이상에 6.7시간 이상 노출될 경우 천식 환자의 증상이 악화 될 수 있다는 보고가 있으며 순간적으로 즉시 노출

시 인체에 해로운 농도(immediately dangerous to life or health concentration; IDLH)는 5 ppm으로 제한되어 있다[12,15,23].

그렇지만 밀폐된 통 안에 알레르기 환자의 침구류를 담고 오존으로 소독한 후 오존을 제거하는 방법은 가능할 수 있다. 이것은 오존이 상당히 불안정하여 대기중 또는 수중에서 쉽게 분해되기 때문인데 액상에서의 잔류 오존은 섭씨 온도 20도에서 반감기가 25분으로 매우 불안정하여 비교적 단시간 안에 산소와 물로 분해된다. 그러나 기체 상태의 오존은 좀더 시간이 걸리는 것으로 알려져 있는데[12,13,24] 본 실험에서도 밀폐된 기체 상태의 오존일 경우 19 ppm에서 10.5 ppm으로 되는데 40분이 소요됨을 알 수 있었다(그림 5). 그리고 대기중으로 자연 환기를 시킨 경우에도 16 ppm에서 1 ppm으로 되는데 45분이 소요됨을 알 수 있었다(그림 7).

오존의 분해 속도는 온도, 농도, 압력 등에 의존하게 되며 수산화기(OH-)에 의해 스스로 분해 될 수 있는 특성(self-decomposition)을 가지고 있기 때문에 pH에도 크게 영향을 받는다[14]. 즉 산성에서는 비교적 안정하지만 알칼리성으로 되어감에 따라 불안정하게 되어 분해 속도가 빨라지는 것으로 알려져 있다. 만약 보다 안전하면서 빠른 환기법, 또는 오존을 완전히 제거하는 오존 처리법이 개발된다면 알레르기 환자의 환경관리에 큰 도움을 줄 수 있으리라 생각된다.

V. 결론

우리나라의 호흡기 알레르기 질환의 가장 흔한 원인 항원은 집먼지진드기이며 대표적인 질환으로 천식, 알레르기 비염, 아토피 피부염 등이 있는데 현재까지 이러한 집먼지진드기의 박멸은 어렵다고 알려져 있다.

오존 발생기를 사용하여 발생된 오존은 집먼지진드기를 죽이는데 효과가 있으며, 그 효과는 오존 농도와 노출 시간에 비례하게 되는데 이것을 식으로 표현 하면 $y= 0.2667x$(R^2=0.9442, $P<0.05$)으로 나타낼 수 있다. 여기서 *y*는 살비율(%), *x*는 오존 농도(ppm)와 노출 시간(min)의 곱을 의미한다.

오존의 농도가 비교적 높을 때 효과가 크게 나타나기 때문에 인체의 폐기능을 감소시키는 등 유해한 영향을 줄 수도 있다. 그러나 오존은 쉽게 산소와 물로 분해되는 성질이 있기 때문에 신속하고 안전하게 오존을 환기시키는 방법이나 분해 처리하는 방법이 고안된다면 알레르기 환자의 환경관리에 획기적인 도움을 줄 수 있으리라 생각된다.

참고 문헌

1. Voorhorst R, Spieksma FTM, Varekamp N. House dust mite atopy and allergens it produce: identity with the house dust allergen. J Allerg 1967;3:325-9.
2. Boner AL, Niero E, Antolini I, Valletta EA, Gaburro D. Pulmonary function and bronchial reactivity in asthmatic children with houst dust mie allergy during prolonged stay in the Italian Alps. Ann Allergy 1985;54:42-5.
3. 홍천수. 집먼지진드기에 대한 환자의 감작상태와 환자 집먼지내 집먼지진드기의 생태에 관한 조사. 알레르기 1991;11:457-65.
4. Arlian LG, Platts-Mills T, Dayton. The biology of dust mites and the remediation of mite allergens in allergic disease. J Allergy Clin Immunol 2001;107:406-13.
5. Arlian LG. Immunology of scabies. In: Wikel S, ed. Immunology of hostparasitic arthropods relationships. Wallingford, UK: CAB International;1996. p.232-58.
6. 홍천수, 이미경. 서울 집먼지내 진드기 Group 1 알레르겐의 측정과 Der f1의 월별 변동에 관한 조사. 알레르기 1992;12:482-92.
7. 전숙영, 염혜영, 류정우, 정병주, 김규언, 이기영. 아토피 피부염 환아에서 두피의 비듬내 집먼지진드기 항원 농도와 임상증상 사이의 상관관계. 소아알레르기 및 호흡기학회지 1999;9:32-40.
8. 최정윤, 손명현, 김철홍, 이경은, 김규언. 침구류에서의 집먼지진드기 농도 측정. 소아알레르기 및 호흡기학회지 2002;12:185-191.
9. Crank P, Hepworth J, Pickering C, Woodcock A. Concentrations of the domestic house dust mite allergen Der p1 after treatment with solidified benzyl benzoate(Acarosan) or liquid nitrogen. Thorax 1993;48:10-3.
10. Cloosterman SG, Schermer TR, Bijl-Hofland ID, Van der Heide S, Brunekreef B, Van den Elshout FJ, et al. Effects of house dust mite avoidance measures on Der p 1 concentrations and clinical condition of

mild adult house dust mite-allergic asthmatic patients, using no inhaled steroids. Clin Exp Allergy 1999;29:1336-46.

11. Vyszenski-Moher DL, Rapp CM, Neal JS, Martin F, Arlian LG. Management of house dust mites and their allergens by benzyl benzoate products. Ann Allergy Asthma Immunol 2000;84:136.
12. Gottschalk C, Libra JA, Saupe A. Ozonation of water and waste water. Wiley Vch;2000. p5-10.
13. Berrington AW, Pedler SJ. Investigations of gaseous ozone for MRSA decontamination of hosiptal side-rooms. J Hosp Infect 1998;40:61-5.
14. Sechi LA, Lezcano I, Nunez N, Espim M. Antibacterial activity of ozonized sunflower oil(Oleozon). J Appl Microbiol 2001;90:279-84
15. Kehrl HR, Peden DB, Ball B, Folinsbee LJ. Increased specific airway reactivity of persons with mild allergic asthma after 7.6 hours of exposure to 0.16 ppm ozone. J Allergy Clin Immunol 1999;104:1198-204.
16. Dyas A, Boughton BJ, Das BC. Ozone killing action against bacterial and fungal species; microbiological testing of a domestic ozone generator. J Clin Pathol 1983;36:1102-4.
17. Ree HI, Lee IY, Kim TE, Jeon SH, Hong CS. Mass culture of house dust mite, Dermatophagoides *farinae* and *D. pteronyssinus*. Med Entomol Zool 1997;48:109-16
18. de Silva MV, Gibbs PA, Kirby RM. Sensorial and microbial effects of gaseous ozone on fresh scad(Trachurus trachurus). J Appl Microbiol 1998;84:802-10.
19. Unal R, Kim JG, Yousef AE. Inactivation of E coli, Listeria and Lactobacillus by combinations of ozone and pulsed electric field. J Food Prot 2001;64:777-82.
20. Fan L, Song J, Hildebrand PD, Forney CF. Interaction of ozone and negative air ions to control micro-organism. J Appl Microbiol 2002;93:144-8.
21. Phillips TJ, Bloudoff DP, Jenkins PL, Stroud KR. Ozone emissions from

a "personal air purifier". J Expo Anal Environ Epidemiol 1999;9:594-601.
22. Moore G, Griffith C, Peters A. Bactericidal properties of ozone and its potential application as a terminal disinfectant. J food Prot 2000;63:1100-6.
23. Peden DB, Boehlecke B, Horstman D, Devlin R. Prolonged acute xposure to 0.16 ppm ozone induces eosinophilic airway inflammation in asthmatic subjects with allergies. J Allergy Clin Immunol 1997;100:802-8.
24. Labbe RG, Kinsley M, Wu J. Limitations in the use of ozone to disinfect maple sap. J Food Prot 2001;64(1):104-7.

Abstract

Killing effect of ozone on house dust mites known as the major indoor allergen of allergic disease

Jae-Hyuk Han

Department of Medicine

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Kyu-Earn Kim)

Objectives : The house dust mite (HDM) is one of the most common causes of allergic diseases such as asthma, allergic rhinitis and atopic dermatitis. Repeated exposure to HDM triggers broncho-hyperactivity, constant respiratory allergic symptoms. In addition, avoiding the mite allergen is the most important method for treating allergic disease. Only antigen-proof special covers have proven to be strongly effective, and other methods such as air purifiers, vacuum cleaners, and the use of chemical acarosan have resulted in an insufficient reduction in the allegen concentration.

Ozone, which is a strong oxidant, has been used in a variety of industries for purposes such as decoloration, deodorizaton, and producing structural changes in organic compounds. Recently, the use of ozone has been extended to the sterilization of drinking water and air, deodorization of a wide variety of facilities such as wastewater disposal or for purifying various facilities, aquariums, beverage factories etc. Ozone with a density ranging from 0.3 to 0.9 ppm was reported to be able to kill *E. coli, Vibrio, Salmonella, Yersinia, Pseudomonas, Staphylococcus, Listeria* as well as various kinds of viruses. However, there is no report on ozone's killing effect of HDM. This study examined whether or not ozone could kill HDM and whether or not an ozone generator is helpful in the environmental control of allergic patients.

Methods : HDM were collected from a mixture of 50% fish food powder and 50% dried yeast culture media. Once the HDM were placed into a reactor, vaporized ozone was injected through an ozone generator and the number of live-and active HDM was recorded in real time during the following one minute interval.

Results : Ozone can kill HDM and is more effective as it becomes more concentrated and the exposure time is extended. The inactivation rate was 11%, 43%, 67% and 68% after 40, 60, 80 and 100 minutes, respectively at an ozone concentration of 3.8 ppm. In addition, when it was increased up to 5.8 ppm, the inactivation rate was increased to 44%, 59%, 81% and 96% with respect to each corresponding test time. When the concentration was increased to 12.5 ppm, the inactivaton rate was 91% after 40 minutes and 100% after one hour. Furthermore, all the mites were eliminated after a half hour at 23.5 ppm. In a test where 19 ppm ozone was injected once into a sealed space, all the dust mites were killed and the concentraion was decreased to 10.5 ppm after 40 minutes.

The ability of ozone to kill HDM is described in a regression equation as $y= 0.2667x$ ($R^2=0.9442$, $P<0.05$), where x represents the product of the concentration(ppm) and the exposure time(min), and y represents the inactivation rate(%). In the case of natural ventilation, 45 minutes was required to decrease the ozone density from 16 ppm to <1 ppm after the dust mites were eliminated.

Conclusion : High concentration of ozone can be used to eliminate house dust mites. The degree of effectiveness is proportionally to the ozone concentraion and the exposure time. Therefore, if a safe-and-quick decomposition method can be developed, ozone will certainly help in the control of HDM. With this in mind, future clinical study of this method is recommended.

Key Words: house dust mite, ozone, allergic disease