

시간경과에 따른 안정화 이산화염소(Stabilized ClO₂)의 콩팥조직 부패억제에 대한 현미경적 연구

황규성, 최기주¹, 백두진², 임도선^{3,*}

울지대학교 보건산업대학 장례지도학과, ¹울지대학교 전자현미경실

²한양대학교 의과대학 해부·세포생물학교실, ³울지대학교 보건과학대학 치위생학과

Microscopic Study of Decomposition-Inhibition in Stabilized ClO₂ Gas in Kidney of Rat with Passage of Time

Kyu-Sung Hwang, Ki-Ju Choi¹, Doo-Jin Paik² and Do-Seon Lim^{3,*}

Department of Funeral Science, College of Health Industry, Eulji University

¹Electron Microscopy Laboratory, Eulji University

²Department of Anatomy and Cell Biology, College of Medicine, Hanyang University

³Department of Dental Hygiene, College of Health Science, Eulji University

(Received August 30, 2008; Accepted September 22, 2008)

ABSTRACT

The stabilized ClO₂ gas has been used for many years by the food industry as a strong oxidizing and sanitizing agent that has broad and high biocidal effectiveness. Therefore, "stabilized ClO₂" gas may be used in fields of disinfectant and sterilization. But, there have been few studies on the decomposition-inhibition effect of stabilized ClO₂ gas with passage of time. The main purpose of this study was to examine the decomposition-inhibition effect of stabilized ClO₂ gas and the morphological change of kidney by measuring of the light and electron microscope.

Sprague-Dawley (SD) rats weighting from 230 gm to 250 gm were used as experimental animals. Under ether anesthesia, the right kidney of rat was obtained. Put each sample in 37°C and humidity 80±5% incubator, we obtained each sample after 0 day, 1 day, 2 days, 3 days, 4 days and 5 days. We proceeded the observation of light and electron microscope.

The results obtained in this study reveal that stabilized ClO₂ gas is an effective decomposition inhibitor until 2 days that was conducted at 37°C and humidity 80±5% conditions.

Keywords : Decomposition-inhibition effect, Kidney, Morphological change, Stabilized ClO₂ gas

서 론

안정화 이산화염소(ClO₂)는 강한 산화력과 소독효과로 매우 효과적이고 광범위한 소독제로 주로 식품산업분야에 사

용되어져 왔다. 안정화 이산화염소는 화학적 결합이 극히 불안정하여 공기 중에 10% 이상 혼합되면 폭발을 유발할 뿐만 아니라 높은 온도와 강한 빛이 있는 조건에서는 쉽게 분해되는 단점 때문에 거의 사용하지 않았던 이산화염소를 규산칼슘(calcium silicate)이나 제올라이트(Zeolite) 등의 분말

* Correspondence should be addressed to Do-Seon Lim, Department of Dental Hygiene, College of Health Science, Eulji University, 212 Yangji-dong, Sujung-gu, Sungnam-si, Gyeonggi-do 461-713, Korea. Ph.: (031) 740-7229, Fax: (031) 740-7352, E-mail: idsun@eulji.ac.kr

또는 입자에 흡입시켜 소량씩 공기에 역발산시키는 방법으로 개발되어진 화학제이다(Jinli et al., 2001).

안정화 이산화염소는 강한 소취효과와 소독효과를 가지고 있어 주로 세균, 이끼류 및 진균에 관한 살균소독 효과에 대해 많은 연구가 진행되어져 왔다. Tan et al. (1987)은 안정화 이산화염소가 주로 자연계의 S-radical이나 방향족 고리를 포함하고 있는 아미노산과 주로 반응하기 때문에 소취효과가 뛰어나며, 이황화결합에 의한 세포벽의 단백질 변성에 의해 살균작용을 한다고 하였다. 안정화 이산화염소의 소독력은 염소화작용이 아닌 강력한 산화작용에 의한 것으로 유사한 염소계 화학제보다 뛰어난 소독효과가 있으며, 차아염소산소다(NaClO)나 아염소산소다(NaClO_2)와 달리 산성(pH 7.0 이하) 상태에서 살균효과가 증가한다고 보고된 바 있다(Chang et al., 2000; Han et al., 2001; Kastner et al., 2003). 특히 여타의 염소계 화학제와 수중의 유기물과 반응하여 발생하는 발암물질인 트리할로메탄(THM, trihalomethane)을 생성하지 않아 상수도 소독제로 광범위하게 사용되어져 왔다.

이상과 같이 안정화 이산화염소의 소독 및 소취 효과에 대한 연구가 계속되어져 왔지만 조직 부패억제 효과 및 보존력에 관한 연구는 미비한 실정이다. 안정화 이산화염소가 단백질 등의 이황화결합에 의해 소독효과가 있다면 효소의 비활성화, 부패억제 및 보존효과 또한 관찰될 것으로 사료되었다. 따라서 본 연구에서는 광학 및 전자현미경을 이용하여 흰쥐에서 부패에 따른 조직학적 및 구조적 변화가 뚜렷한 콩팥조직의 피질 부위를 선택하여 안정화 이산화염소의 부패억제 효과 검증 및 구조적 변화를 살펴보고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 동물

실험동물로는 체중 230~250 g 내외의 건강한 8주령 Sprague-Dawley (SD)계 흰쥐 수컷을 사용하였다. 모든 실험동물을 대조군과 실험군([안정화 이산화염소(S-ClO_2) 분말과 안정화 이산화염소 수용액 처리])으로 나누어 각각을 0일군, 1일군, 2일군, 3일군, 4일군 및 5일군으로 분류하고 각 군마다 5마리를 사용하였다. 모든 동물은 ether로 마취시킨 후 복부의 백색선(linea alba)을 절개하여 오른쪽 콩팥을 적출하였다. 이 후 바닥에 거즈를 깔 직경 약 9 cm의 petri-dish 위에 놓고 실험하였다.

2. 안정화 이산화염소 적용 실험

대조군 및 실험군을 37°C incubator에 각각 넣어 처리하였으며, 습도는 $80 \pm 5\%$ 를 유지하였다. 실험군에는 안정화

이산화염소(S-ClO_2) 분말 부직포제 한 포를 실험 시작부터 첨가하여 실험이 끝날 때까지 incubator 내에 방치하였으며, 1일마다 1회씩 실험군 조직에는 안정화 이산화염소(S-ClO_2) 수용액을 분무하였다. 실험 개시일로부터 5일간 처리하였다.

3. 광학현미경적 관찰

대조군과 실험군을 해당 날에 꺼내어 시료를 10% NBF(neutral buffer formalin)로 고정시킨 후, 통상적인 방법으로 파라핀 블록을 제작하고 4 μm 두께의 절편을 제작한 다음 2% AES(3-aminopropyltriethoxysilane: Sigma A 3468)로 도말한 슬라이드에 시료를 붙였다. 이후 조직절편에서 파라핀을 제거하기 위해 슬라이드를 80°C 오븐에서 1시간 방치한 다음 xylene에 5분간 처리 후, 순수 ethanol에 5분간 처리하였다. 파라핀이 제거된 슬라이드를 80°C의 건조기에서 1시간 건조시켰다.

수세된 시료의 핵을 염색하기 위하여 Hematoxylin(Harri's method)용액으로 3분간 염색하였고, 흐르는 물에서 20분간 세척하였다. 이 후 세포질을 염색하기 위하여 Eosin Y용액으로 5분간 염색 후, 다시 흐르는 물에서 5분간 세척하였다. 모든 처리가 끝난 시료를 광학현미경(Olympus BX51, Japan)에서 200배로 관찰하였다.

4. 투과전자현미경적 관찰

시료를 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde(4°C, phosphate buffer, pH 7.4)에 1시간 전고정하고, 인산완충용액(4°C, 0.1 M phosphate buffer, pH 7.4)으로 15분씩 2회 세척한 다음, 1% OsO_4 (4°C, phosphate buffer)로 1시간 후고정하였다. 고정이 끝난 시료는 동일 완충용액으로 2회 세척한 후, ethanol 농도 상승 순으로 탈수하고, propylene oxide로 치환하여 Poly/EM Bed 812 embedding medium으로 포매한 다음, 60°C vacuum drying oven(Yamato, Japan)에서 2일 동안 중합 반응시켰다. 포매된 조직은 초박절편기(ultramicrotome, LKB-2088)로 1 μm 두께의 준초박절편(semi-thin section)을 제작하여 1% toluidine blue로 염색하고 광학현미경으로 관찰하였다. 동일부위에서 60~80 nm로 초박절편을 제작하여 copper grid에 부착시킨 다음, uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 투과전자현미경(H-7600, Japan)으로 80 kV에서 관찰하였다.

결 과

1. 광학현미경적 소견

1) 대조군

0일군 콩팥에서 전형적인 콩팥 피질의 조직구조를 관찰

할 수 있었다. 보우만주머니(bowman's capsule), 토리(glomerulus), 세뇨관(convoluted tubules) 및 이들을 이루는 세포들의 형태와 경계가 명확하였고 핵이 뚜렷이 관찰되었다(Fig. 1A). 1일군에서는 보우만주머니의 경계가 불분명해지기 시작하였고, 토리를 이루는 세포의 핵은 관찰되지 않았으며 일부는 괴사(necrosis)되어 있었다. 세뇨관의 전체적 형태는 남아있었으나, 세포들의 경계가 불분명하고 세뇨관의 크기가 다소 커진 형태로 확인되었다(Fig. 1B). 2일군의 경우, 보우만주머니와 토리는 대부분이 괴사되어 일부만이 형태를 유지하고 있었고 핵은 관찰되지 않았다. 세뇨관의 세포들은 경계가 완전히 유실되어 있었고, 1일군에 비해 전체적으로 신장된 형태(longitudinal form)로 관찰되었다(Fig. 1C). 3일군에서는 보우만주머니와 토리가 완전히 괴사되어 세포사이 경계와 핵이 모두 관찰되지 않았으며, 세뇨관의 형태가 심하게 위축되고 세뇨관의 안쪽부터 조직이 유실되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 1D). 4일군의 경우, 보우만주머니, 토리 및 세뇨관의 세포사이 경계가 모두 유실되어 혼재된 양상이 관찰되었다(Fig. 1E). 한편, 5일군에서는 보우만주머니, 토리, 세뇨관 및 주변세포들이 모두 괴사되어 세포소기관 및 세포구성물들이 서로 혼재되어 형태를 알아볼 수 없었다(Fig. 1F).

2) 실험군

1일군에서 보우만주머니, 토리, 세뇨관 및 이들을 이루는 세포들은 정상적인 형태를 하고 있었고, 세뇨관 내 세포사이의 경계가 명확하였고, 핵이 뚜렷이 관찰되었다(Fig. 1G). 2일군은 정상적인 형태의 보우만주머니가 관찰되었고, 토리의 일부가 괴사되고 있음을 관찰할 수 있었으나 토리 세포의 핵은 뚜렷이 확인되었다. 세뇨관의 경우, 전체적인 형태는 유지되었으나 세뇨관을 이루는 세포가 괴사되기 시작하여 세포내 핵이 관찰되지 않았다(Fig. 1H). 3일군의 경우, 보우만주머니와 토리 내 세포들의 핵이 관찰되었고, 형태는 2일군과 유사하였다. 세뇨관의 경우, 전체적으로 약간 신장된 형태(longitudinal form)로 관찰되었다(Fig. 1I). 4일군에서는 보우만주머니의 경계가 불분명하였으며, 토리에서 일부 핵이 확인되었으나 내부세포가 거의 괴사된 상태로 세포경계가 불분명하였다(Fig. 1J). 한편, 5일군에서는 보우만주머니, 세뇨관 및 주변세포 모두가 4일군에서 관찰된 결과와 유사하게 관찰되었으나, 토리의 경우 대부분이 괴사되어 일부만이 형태를 유지하고 있었고 핵은 관찰되지 않았다(Fig. 1K).

2. 전자현미경적 소견

1) 대조군

0일군의 콩팥에서는 발세포(podocyte)의 경우 치밀한 세포구조를 가지고 있는 독특한 형태로서, 세포돌기는 세포체

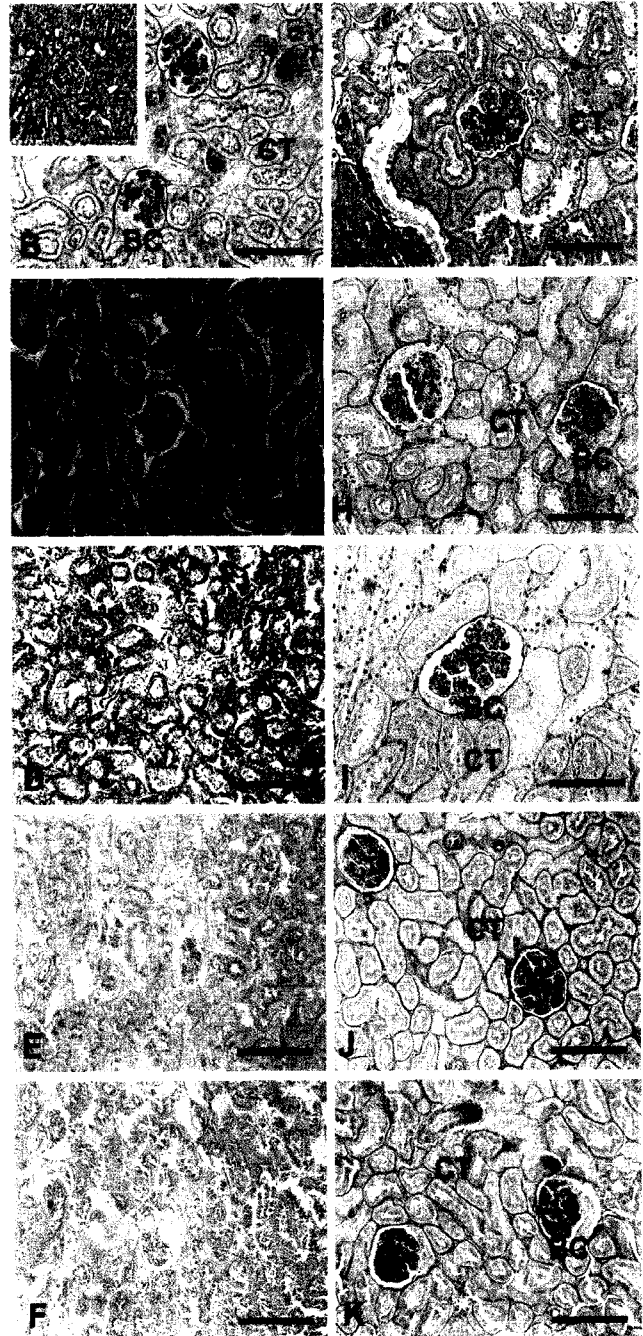


Fig. 1. Light microscopic observation of rat kidney with passage of time (BC=Bowman's capsule, CT=convoluted tubules, G=glomerulus; A~F: control, G~K: experimental; A=0 day, B, G=1 day, C, H=2 days, D, I=3 days, E, J=4 days, F, K=5 days). Scale bars=25 μm.

에 인접한 일차돌기(primary foot process)와 일차돌기에서 또다시 분지한 이차돌기(secondary foot process)로 구성되어 있었고, 이들 이차돌기들이 나와서 모세혈관의 바닥판(basal lamina)에 부착되어 있는 전형적인 형태가 관찰되었다(Fig. 2A). 1일군에서는 바닥판의 일부분이 붕괴되었고 세포질내 세포소기관들의 붕괴가 관찰되었다. 특히 미토콘

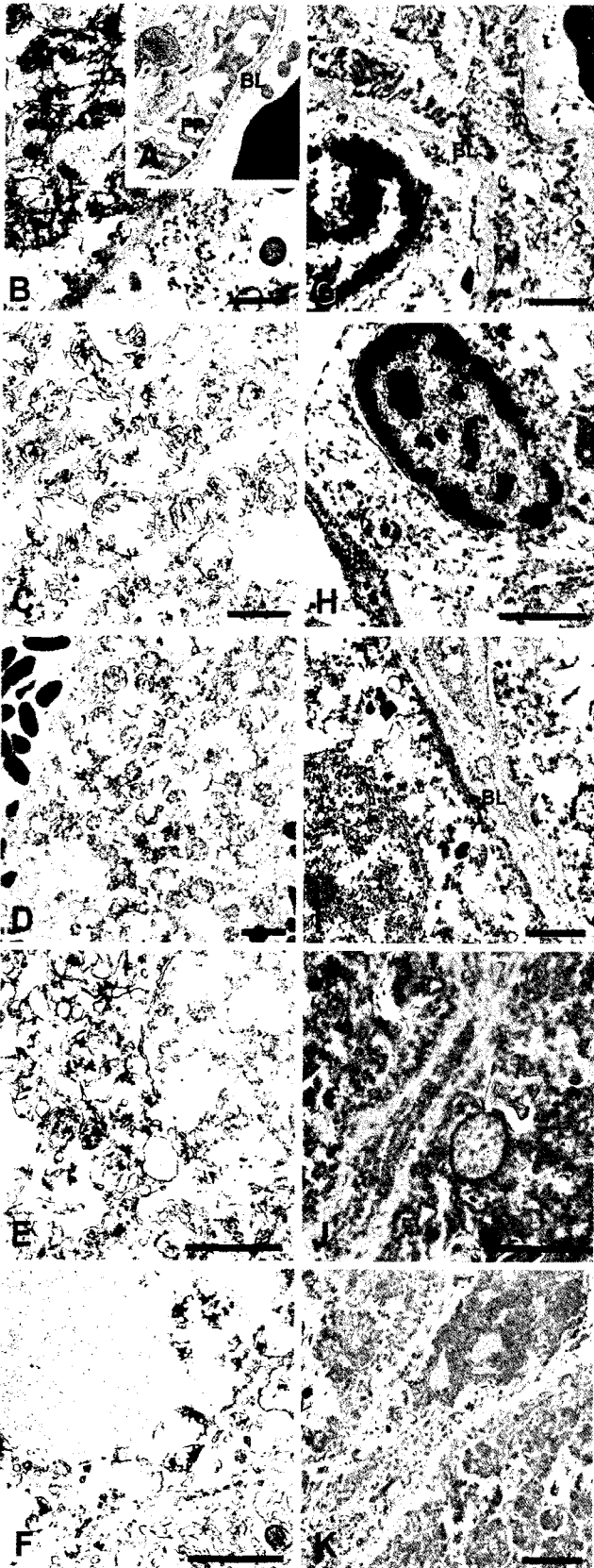


Fig. 2. Transmission electron microscopic observation of rat kidney with passage of time (BL: Basal lamina, FP: Foot process of podocyte; A~F: control, G~K: experimental; A=0 day, B, G=1 day, C, H=2 days, D, I=3 days, E, J=4 days, F, K=5 days). Scale bars indicate 10 μ m (A) and 2 μ m (B~K).

드리아의 경우, 부분적으로 막이 붕괴되면서 미토콘드리아 과립들이 응집되어 전자밀도가 높게 관찰되었다. 또한 붕괴된 세포질의 일부가 응집되어 관찰되었다(Fig. 2B). 2일군의 경우, 세포질내 세포소기관들은 대부분 붕괴되어 형태를 알아보기 어려웠고, 미토콘드리아의 일부는 외막만이 존재하거나 다른 일부의 미토콘드리아는 완전히 붕괴되어 과립들이 세포질에 산재되어 관찰되었다(Fig. 2C). 3일군은 세포막과 세포소기관 모두 붕괴되고, 세포질의 대부분을 부패 세균으로 가득 차 있었다(Fig. 2D). 특히, 4일군 및 5일군에서는 세포막 및 세포소기관도 모두 붕괴되어 세포의 형태를 전혀 구별할 수 없었다(Fig. 2E, F).

2) 실험군

1일군의 경우, 대조군의 0일군과 거의 유사하게 관찰되었다. 즉, 발세포(podocyte)의 이차돌기(secondary process)와 바닥판 그리고 전자밀도가 높은 농축된 염색질이 가득 찬 핵이 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 2G). 2일군에서는 일부 세포소기관에서 막의 유실이 나타났고, 바닥판의 중심부위에 부분적으로 빈 공간이 관찰되었으나 전체적인 바닥판의 형태는 뚜렷하였다. 또한 핵질의 농축된 염색질은 일부 응집 현상과 조각화 현상이 나타났으나, 1일군과 유사한 양상으로 관찰되었다(Fig. 2H). 3일군에서는 바닥판이 2일군에 비해 더욱 확장되어 나타났고, 두 갈래로 갈라지며 붕괴되는 양상을 관찰할 수 있었다. 또한 세포소기관들의 붕괴 현상이 현저하게 나타났고, 특히 붕괴된 미토콘드리아가 세포질에 혼재되어 관찰되었다. 그리고 붕괴된 핵의 핵질은 대부분 산재되어 있었고 부분적으로 응집된 염색질이 관찰되었으나, 핵막은 바깥막과 속막이 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 2I). 한편, 4일군 및 5일군의 경우는 세포소기관들이 모두 붕괴되어 세포의 형태를 구분할 수 없었고, 바닥판이 거의 대부분 갈라져 붕괴된 양상을 보였으나, 전체적인 형태는 그대로 존재하였다. 그리고 동일 시간대의 대조군과는 다르게 붕괴된 세포소기관들이 서로 응집되어 전자밀도가 매우 높게 관찰되었다(Fig. 2J, K).

고 찰

안정화 이산화염소는 여타 염소계의 화합물질과 같이 염소화작용에 의하여 살균작용을 하는 것이 아니라 강력한 산화작용에 의해 살균효과를 함으로 면역성 또는 항상성을 발생시키지 않는 이상적 약재이며 탈취효과도 뛰어난 것으로 알려져 있다. 또한 현재 일반 보건환경 정화를 비롯하여 농·수·축산업과 공업분야에 이르기까지 놀라운 속도로 실용화가 이루어지고 있다(Fukayama et al., 1986; Chang et al., 2000).

Harakeh et al. (1988)은 “안정화 이산화염소”가 강력한 산

화작용에 의한 살균효과와 약제면역성 또는 약제내성을 발생시키지 않는 이상적 약재이며 탈취효과가 있음을 보고하였다. Kastner et al. (2003)은 안정화 이산화염소가 산성 상태(acidic condition)에서도 살균효과가 크며 낮은 온도에서도 잘 작용하고 무미 무취하고, 특히 냄새를 제거하는 소취효과가 있다고 하였다(Prokop, 1991; White, 1992; Edwards & Amirtharajah, 1993). 안정화 이산화염소에 대한 연구는 대부분 식품 또는 상수원의 소독력 및 탈취효과에 대한 것으로 국한되어 있다(Fukayama et al., 1986; Chang et al., 2000; Świetlik et al., 2002, 2003).

한편, Tan et al. (1987)은 안정화 이산화염소와 가장 잘 반응하는 화합물은 자연계에서는 S-radical이나 방향족 고리(aromatic ring)를 포함하고 있는 아미노산(amino acid)이며 지방족 아민(aliphatic amine)이나 다당류(polysaccharide), 불포화 지방산(unsaturated fatty acid)과는 잘 반응하지 않는다고 보고하였다. 또한, 단백질의 3차원적 구조에 있어서 이황화결합(disulfide bond)이 소취의 주요 기전이며 이를 통해 효소의 기능을 변성시켜 부패 억제 및 세균의 살균작용을 하는 것이라고 하였다(Harakeh et al., 1988; Kastner et al., 2003). 알데히드 계통의 보존 및 소독제가 주로 단백질, 아미노산 등에 존재하는 질소(nitrogen)기에 알데히드가 결합하여 부패 억제 및 소독효과를 나타내는 것(Dorn & Hopkins, 1998)에 비해 안정화 이산화염소는 이황화결합을 통해 조직내 부패억제 효과를 나타낸다고 보고되었을 뿐, 최근까지도 조직의 부패 또는 보존효과에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 실험결과, 대조군의 광학현미경 관찰에서 시간경과에 따라 콩팥 피질의 안쪽 부위에 비해 바깥 부위에서 현저한 피사가 관찰되었는데, 이는 공기와 수분의 접촉이 많은 바깥쪽 부분이 호기성 부패에 의해 안쪽 부분보다 부패의 활성도가 높았기 때문으로 확인되었다(Sundberg & Jönsson, 2008). 콩팥 피질에서의 부패가 진행됨에 따라 나타나는 특징적 부패양상은 보우만주머니(bowman's capsule), 토리(glomerulus) 및 세뇨관(convoluted tubules) 세포 내의 핵과 세포경계가 불분명해지며, 세뇨관의 경우 신장되었다가 결국에는 수축되는 현상을 나타내었다. 전자현미경 관찰에서 대조군의 1일군에서 세포소기관 및 미토콘드리아 막의 부분적 붕괴가 관찰되었고, 2일군에서는 대부분의 세포소기관이 붕괴되어 있는 것을 관찰할 수 있었으며 광학현미경 결과와 유사하였다.

실험군의 경우, 광학현미경상에서 대조군의 1일군 부패양상과 실험군의 4일군 부패양상이 유사하게 관찰되었다. 실험군에서 3일군까지 토리 및 세뇨관의 핵들을 관찰할 수 있었으며, 세뇨관이 다소 신장되어 관찰되었으나 전체적인 형태변화는 관찰되지 않았다. 이와 같은 결과는 Tan et al. (1987)의 이황화결합(disulfide bond)을 통한 부패 억제 연

구와 Han et al. (2001)의 ClO₂ gas가 E. coli의 세포표면과 반응하여 비활성화시켜 살균 작용을 한다는 연구결과와 밀접한 연관성이 있으며, 이산화염소가 펩타이드 및 아미노기와 산화작용을 통해 부패를 억제하여 느리게 진행되었다고 사료된다.

그러나 전자현미경 관찰에서는 대조군의 1일군에서 확인된 세포소기관 및 미토콘드리아의 부분적 붕괴 현상이 실험군의 3일군에서 관찰되었다. 즉, 광학현미경에서 관찰되는 실험군 4일군의 형태학적 변화양상보다 앞서 세포소기관의 붕괴가 발생하며, 대조군의 1일군과 유사한 부패양상은 실험군의 3일군으로 결론내릴 수 있었다.

한편, H-E 염색에서 특징적 현상은 대조군의 2일군에서 eosin 염색이 강하게 나타나 전체적으로 붉게 관찰되었으나 이후 점차로 산도가 약해지는 것이 확인되었다. 반면, 실험군의 2일군에서는 대조군의 2일군에서 보이는 강한 산성 염색이 전반적으로 나타나지 않았는데, 이는 Kastner et al. (2003)의 산성배출물이 안정화 이산화염소의 활성을 증가시켜 살균효과가 높아진다는 결과와 일치하는 것으로 사료된다. 즉 산도가 증가됨에 따라 안정화 이산화염소도의 활성도도 증가되어 부패에 의한 산성화를 억제하는 것으로 추정되나, 이에 대해서는 보다 면밀한 검토가 필요하다.

이상의 연구 결과에서 37°C, 습도 80±5%에서 안정화 이산화염소(S-ClO₂)가 부패와 변성을 억제하는 부패억제제로서 효과가 있고, 억제 정도는 실험군의 3일군이 대조군의 1일군에 해당하는 것으로 보아 최소 2일 정도의 부패억제 효과가 있는 것으로 판단되었다. 향후 대조군의 1일군을 시간대별로 세분화하여 안정화 이산화염소의 부패억제 효과와 기타 조직에 대해서도 면밀한 검토가 있어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Chang CY, Hsieh YH, Shih IC, Hsu SS, Wang KH: The formation and control of disinfection by products using chlorine dioxide. *Chemosphere* 41 : 1181-1186, 2000.
- Dorn JM, Hopkins BM: *Thanatochemistry*. Prentice-Hall, Inc : 311-322, 1998.
- Edwards GA, Amirtharajah A: Removing color caused by humic acid. *JAWWA* 77 : 50-62, 1993.
- Fukayama MY, Tan H, Wheeler WB, Wei CI: Reaction of aqueous chlorine and chlorine dioxide with model food compounds. *Environ Health Perspect* 69 : 267-274, 1986.
- Han Y, Floros JD, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE: Response surface modeling for the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on green peppers (*capsicum annum* L.) by chlorine dioxide gas treatments. *J Food Protection* 64 : 1128-1133, 2001.
- Harakeh S, Illescas A, Matin A: Inactivation of bacteria by purogen.

- J Appl Bacteriol 64 : 459-463, 1988.
- Jinli H, Lihua C, Zhenye Z: The pattern of ClO_2 stabilized by Na_2CO_3 / H_2O_2 . Water Research 35 : 2570-2573, 2001.
- Kastner JR, Das KC, Hu C, McClendon R: Effect of pH and temperature on the kinetics of odor oxidation using chlorine dioxide. J Air and Waste Manage Assoc 53 : 1218-1224, 2003.
- Prokop WH: Control methods for treating odors emissions from inedible render plants. In Processings of the 84th Annual Conference and Exhibition of A & WMA, Vancouver, British Columbia, Canada, pp. 1-16, 1991.
- Sundberg C, Jönsson H: Higher pH and faster decomposition in biowaste composting by increased aeration. Waste Management 28 : 518-526, 2008.
- Świetlik J, Raczyk-Stanislawiak U, Bilozor S, Ilecki W, Nawrocki J: Adsorption of natural organic matter oxidized with ClO_2 on granular activated carbon. Water Research 36 : 2328-2336, 2002.
- Świetlik J, Raczyk-Stanislawiak U, Bilozor S, Ilecki W, Nawrocki J: Reduction of ClO_2 demand by ClO_2 oxidation and subsequent GAC filtration. Water Research 37 : 4693-4702, 2003.
- Tan HK, Wheeler WB, Wei CI: Reaction of chlorine dioxide with amino acids and peptides: Kinetics and mutagenicity studies. Mutat Res 188 : 259-266, 1987.
- White GC: The handbook of chlorination and alternative disinfections. 3rd ed. Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp. 150-151, 1992.

< 국문 초록 >

소취 및 소독제로서 사용되어온 안정화 이산화염소(S-ClO_2)의 조직에 대한 부패억제 효과를 확인하고자 본 연구를 수행하였다. 실험을 위해 8주령 SD계 흰쥐 콩팥(kidney)을 사용하였고, 안정화 이산화염소를 처리하지 않은 대조군과, 안정화 이산화염소의 분말과 수용액을 처리한 실험군으로 구분하여 광학 및 전자현미경으로 관찰하였다.

광학현미경 관찰 결과, 부패양상은 시간경과에 따라 토리, 보우만주머니 및 세뇨관을 구성하는 세포의 핵과 세포사이 경계가 불분명해지며, 세뇨관의 경우 신장되었다가 결국에 수축되었다. 대조군의 1일군부터 괴사(necrosis)가 시작되어 3일군 이후는 전체적인 조직 괴사로 형태를 구별하기 어려웠다. 실험군에서 3일군의 경우, 조직의 전반적 형태와 괴사정도가 대조군의 1일군과 유사하였다. 전자현미경 관찰 결과, 시간경과에 따라 세포소기관 및 미토콘드리아의 부분적 붕괴로 시작되어 결과적으로 모든 세포대소기관이 붕괴되었다. 대조군의 1일군에서 세포소기관의 부분적 붕괴가 관찰되었으며, 실험군의 3일군에서 세포소기관 및 미토콘드리아의 부분적 붕괴 현상이 관찰되었다. 대조군의 3일군 이후에서는 세포소기관을 구별할 수 없었다.

이상의 연구 결과에서 37°C , 습도 $80 \pm 5\%$ 에서 안정화 이산화염소(S-ClO_2)가 부패와 변성을 억제하는 부패억제제로서 효과가 있고, 억제 정도는 실험군의 3일군이 대조군의 1일군에 해당하는 것으로 보아 최소 2일 정도의 부패억제 효과가 있는 것으로 확인되었다.