

## 이산화염소의 해산어류 병원세균 살균효과

박경희 · 오명주 · 김홍윤\*  
여수대학교 수산생명의학과

### Disinfection Effect of Chlorine Dioxide on Pathogenic Bacteria from Marine Fish

Kyung-Hee Park, Myung-Joo Oh and Heung-Yun Kim\*  
Department of Aqualife Medicine, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

This study was conducted to investigate the disinfection effects of chlorine dioxide ( $\text{ClO}_2$ ) on 4 fish pathogenic bacteria (*Vibrio anguillarum*, *Edwardsiella tarda*, *Streptococcus* sp. and *Staphylococcus* sp.) isolated from infected olive flounders. The bacteria were exposed to different concentrations of  $\text{ClO}_2$  (0.129, 0.246 and 0.455 ppm) and response times (0.5, 1, 3, 5 and 10 min), and then were incubated for 12 hr. The effective disinfection concentrations of  $\text{ClO}_2$  against experimental bacteria by  $\text{ClO}_2$  for 0.5 min were observed with 0.455 ppm for *Staphylococcus* sp., 0.246 ppm for *V. anguillarum* and *E. tarda*, and 0.129 ppm for *Streptococcus* sp., respectively. The duration of exposure at low concentration of  $\text{ClO}_2$  increased for the disinfectant ability to experimental bacteria.

**Keywords:** Chlorine dioxide, Disinfectant effect, Fish pathogenic bacteria, Seawater

#### 서론

양식어류는 자연에 서식하는 것과는 달리 폐쇄된 환경 내에 고밀도로 수용하여 인위적인 사육과정을 통해 성장하므로 사육 환경이 양식생물에 미치는 영향은 자연수계에 비해 보다 더 직접적이며 크다고 할 수 있다. 양식과정에 사용되는 사육용수는 감염성 질병과 관련되는 병원체들의 서식처 및 감염 경로로 이용되기 때문에 다양한 병원체와 양식생물 간의 접촉을 차단하기 위한 방법으로 오존, 자외선 및 화학소독제 처리 등에 의한 사육용수 관리가 시도되고 있다(Pascho et al., 1995; Yoshimizu et al., 1995; Oh et al., 1999; Ann and Rimstad, 2001). 최근 들어 국내 수산 양식장의 양식어류에 각종 질병이 빈발하면서 사육용수와 양식 기구의 살균을 목적으로 이산화염소( $\text{ClO}_2$ )를 위시하여 차아염소산( $\text{HOCl}$ )류와 같은 free chlorine 수용제 사용이 증가하는 추세에 있다.

$\text{ClO}_2$ 는 수용성과 산화력이 강하고, 가수분해가 일어나지 않아 수중에서 거의 100% 분자 상태로 존재하며, 자연광에 노출되면 쉽게 분해되는 화학적 특성을 가져 음용수의 살균 소독과 식품 표백제로 많이 활용되고 있다(American Public Health Association, 1995; Junli et al., 1997b). 특히, 수용액내에서 분자상태인  $\text{ClO}_2$ 는 쉽게 세균 세포막을 투과하여 세포막과 원형

질의 단백질을 산화시키는 기작에 의해 강력한 소독력을 나타내며(Junli et al., 1997b), 인간에게 질병을 유발하는 세균, 바이러스 및 미세 조류와 동물 플랑크톤을 대상으로 소독효과를 조사한 바  $\text{ClO}_2$ 는 free chlorine 수용액에 비해 살균력이 훨씬 뛰어난 광범위 소독제로서 보고되었다(Junli et al., 1997a). 더우기 차아염소산과 같은 free chlorine 수용액은 소독 처리시에 가수분해되면서 유기물과 반응하여 chloroform과 같은 trihalomethane (THM)을, 용존 암모니아나 질소화합물과 반응하여 발암성 물질인 chloramine을 생성하는 등 환경적 위해성이 많은 것으로 알려져 있다(Travis and Heath, 1981; Wan et al., 2000). 미국 환경보호청(U.S. EPA)에서는 음용수의 염소처리 및 발전소의 antifouling agent로서  $\text{ClO}_2$  사용을 권장하고 있으며, 음용수내  $\text{ClO}_2$ 의 표준치는 0.06 mg/L, 그리고 chlorite와 chlorate는 각각 0.007 mg/L이 되도록 추천하고 있다(Chanda, 1998). 따라서 수산 양식생물은 궁극적으로 모두 식품으로 소비되어 지고, 양식 과정에서 질병 예방과 수질정화를 목적으로 화학물질을 이용한 사육수 살균에는 양식생물 체내에 유해물질의 축적 우려가 적은 소독제를 사용함으로써 식품으로서의 안전성 역시 고려되어야 할 사항이라 할 수 있다.

Ann and Rimstad (2001)는 미생물에 대한 염소제의 불활화 기작은 종에 따라 다르며, 이는 세균에 따라 환원되는 화학종의 산화능과 관계있다고 하였다. 현재까지  $\text{ClO}_2$ 의 병원세균 살균 효과에 관한 연구는 주로 음용수의 소독처리와 유관한 담수산

\*Corresponding author: hykim@yosu.ac.kr

유래 미생물에 대한 최근의 보고에 국한되어 있을 뿐이며(Junli et al., 1997a,b), 해산어류 병원세균에 대한 연구는 찾아 보기 어렵다.

본 연구는, 국내 양식장에서 어류질병 원인체의 전파를 차단하는 목적으로 사용되고 있는  $\text{ClO}_2$ 에 대해 수중 어류 병원세균의 살균 유효농도와 살균시간 및 양식어류에 미치는 위해농도를 파악하기 위한 연구의 일환으로,  $\text{ClO}_2$  농도와 반응시간에 따른 어류 병원세균의 살균효과를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험균

전남 여주시 인근 넙치 양식장의 병어에서 분리하여 연구실에 보관중인 *Vibrio anguillarum*, *Edwardsiella tarda* 8705, *Staphylococcus* sp. 및 *Streptococcus* sp.를 1.5% NaCl이 첨가된 50 ml의 멸균 BHI (brain heart infusion) broth에 접종하고 25°C에서 100 rpm으로 진탕하면서 18시간 배양하여 본 연구의 실험균으로 사용하였다.

### 균액의 준비

유기물의 영향에 의한 실험 결과의 오차를 최소화하기 위하여 각 세균 배양액을 멸균된 원심분리용 튜브에 넣고 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 균체를 모은 다음 멸균된 생리식염수(phosphate buffered saline, PBS)로 현탁하는 조건으로 3회 반복하여 균체를 수세하였다. 최종적으로 얻어진 균체는 멸균된 생리식염수를 이용하여 균의 농도를  $10^8$  cells/ml로 조정하였다.

### $\text{ClO}_2$ 회석액 제조 및 농도 측정

세균과의 반응 실험을 위한 이산화염소 회석용액은 원액(Oxycraft, 5,000 ppm)을 멸균 증류수로 희석하여 설정농도가 되도록 제조한 즉시 실험에 사용하였다. 각 농도별 회석 반응액은  $\text{ClO}_2$  실제 농도를 확인하기 위하여 빛을 차광시킨 시험관에 회석액을 각각 10 ml 취하여 ion chromatography (Dionex-600, USA)로 정량하였다. 측정은 용매로서 2.7 mM  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 1 mM  $\text{NaHCO}_3$ 를, flow rate는 1.2 ml/min.로 조정하여 회석액 10  $\mu\text{l}$ 를 guard column (IonPac AG14)에 주입하여 main column (IonPac AS14-4 mm)을 통과시켰고, 추출된  $\text{ClO}_2$ 는 detector (AMMS-ICE)로 검출하였다.

### 유기물의 첨가와 일광 노출에 따른 $\text{ClO}_2$ 농도변화

일정시간  $\text{ClO}_2$  회석액과 실험균을 반응시킨 후, 반응을 정지시키는 목적으로 사용하기 위하여 MEM (minimum essential medium), FBS (fetal bovine serum), BHI broth 및 PBS를 대상으로 잔류  $\text{ClO}_2$  환원효과를 비교하였다. 실험은 1 ppm의  $\text{ClO}_2$  회석액에 각각의 유기물을 첨가하여 30초, 1분, 10분, 20분 및 30분간 반응시킨 후에 잔류  $\text{ClO}_2$  농도를 측정하였다. 자연광선과

암소 노출에 따른 해수중  $\text{ClO}_2$  잔류농도를 경시적으로 조사하였다. 여과해수(공경, 5  $\mu\text{m}$ )를 알루미늄 호일로 차광시킨 여과용 유리 삼각플라스크(용량, 500 ml)에 채우고  $\text{ClO}_2$  농도가 1 ppm이 되도록 구배하였다. 이어서 호일을 제거한 실험구와 차광 실험구는 자연광과 실내암소에 각각 두었고, 0, 2, 5, 10, 30 및 60분 경과 후에 채수하여 잔류  $\text{ClO}_2$  농도를 전술한 방법으로 측정하였다.

### $\text{ClO}_2$ 농도별 어류 병원세균의 살균효과

실험에 적용된  $\text{ClO}_2$  농도는 실험균에 대하여 10, 5, 1, 0.5 및 0.1 ppm에 살균능을 조사한 예비실험에서 높은 살균력을 나타내는 최저농도 0.5 ppm을 기준으로 희석하여 실측농도 0.129, 0.246 및 0.455 ppm으로 구배되었다.  $\text{ClO}_2$  회석액과 세균부유액의 반응은 1:1 정량비로 행하였으며, 반응시간은 30초, 1분, 3분, 5분, 10분으로 하였다. 이 때 대조구는 멸균된 PBS를 세균과 동량으로 반응시켜 준비하였다. 반응 종료 후, 96-well microplate를 ELISA reader (SPECTRA MAX 340, USA)에 넣고 25°C에서 12시간 동안 1시간 간격으로 600 nm에서 흡광도(OD)를 측정하여 세균의 증식 패턴을 관찰하였다.

### 실험균의 계수

$\text{ClO}_2$  농도별로 반응시킨 실험균의 생균수를 측정하기 위하여 agar plating법을 이용하였다. 반응 종료 후 실험균 부유액을 멸균 PBS로 연속 희석한 후 1.5% NaCl이 첨가된 BHI agar에 100  $\mu\text{l}$  씩 떨어뜨리고 멸균된 콘라주봉으로 도말하여 25°C에서 24시간 배양한 다음 배지에 형성된 실험균의 colony를 colony counter (SUNTEX, USA)로 계수하여 ml당 반응균의 수를 측정하였다.

## 결 과

실험세균과 이산화염소( $\text{ClO}_2$ )의 산화반응 종료 후 반응을 정지시킬 수 있는 적절한 방법을 찾기 위하여 유기물을 종류별로 첨가하고 실험구의  $\text{ClO}_2$  잔류농도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 0.5% FBS의 경우 실험구에 첨가한 뒤 1분 후부터 검출되지 않았으며, MEM은 환원시간이 매우 길어 0.5%의 경우 10분이 소요되었다. PBS는 동일 농도 조건에서 감소효과를 보이지 않아 반응 정지용으로 적절하지 않은 것으로 나타났다. 그러나 세균 배양액으로 사용된 1.5% NaCl을 함유한 BHI broth는 30초 이내에 잔류  $\text{ClO}_2$ 가 검출되지 않음이 확인되었기에 본 실험에서는  $\text{ClO}_2$ 와 세균의 산화반응 정지액으로서 1.5% NaCl이 포함된 BHI broth를 이용하였다(Table 1).

$\text{ClO}_2$  농도별 어류 병원세균의 살균실험은 4종류의 감염어 유래 분리주가 사용되었으며, 균액내 생균수를 colony count법으로 확인한 결과 *Vibrio anguillarum*이  $3.3 \times 10^8$  CFU/ml, *Edwardsiella tarda*는  $4.3 \times 10^8$  CFU/ml, *Staphylococcus* sp.와 *Streptococcus* sp.는

**Table 1.** Reduction effect of chlorine dioxide (ClO<sub>2</sub>) according to addition of different media, FBS, MEM, BHI and PBS. The values present ClO<sub>2</sub> concentration of parts per million (ppm)

Medium (conc.)	Elapse time (min)					
	0	0.5	1	10	20	30
FBS <sup>1)</sup> (0.1%)	0.84	0.80	0.75	0.70	ND	-
FBS (0.5%)	0.84	0.65	ND <sup>5)</sup>	-	-	-
MEM <sup>2)</sup> (0.1%)	0.84	0.81	0.80	0.80	0.72	0.65
MEM (0.5%)	0.84	0.82	0.80	ND	-	-
MEM (1.0%)	0.84	0.70	ND	-	-	-
BHI <sup>3)</sup> (1.5%)	0.84	ND <sup>5)</sup>	-	-	-	-
PBS <sup>4)</sup> (0.5%)	0.84	0.78	0.80	0.80	0.70	0.72

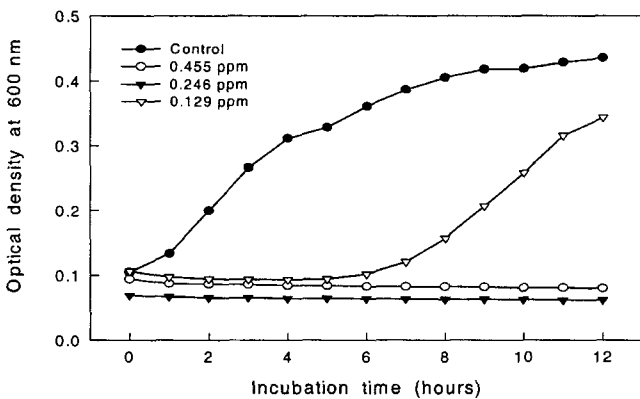
<sup>1)</sup>Fetal bovine serum.  
<sup>2)</sup>Minimum essential medium.  
<sup>3)</sup>Brain heart infusion.  
<sup>4)</sup>Phosphate buffered saline.  
<sup>5)</sup>Not detected.

**Table 2.** Bacterial strains and the number of bacteria

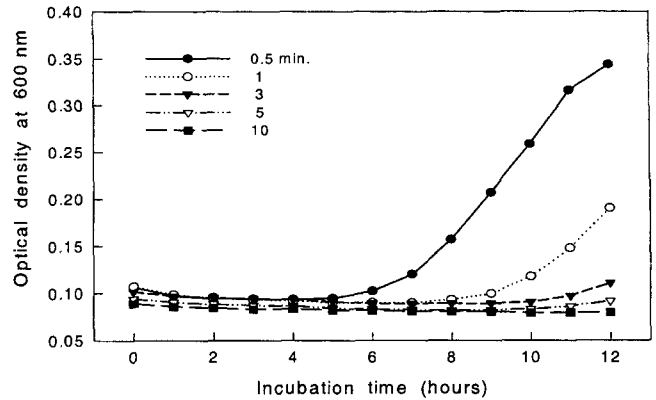
Bacteria	CFU/ml
<i>Vibrio anguillarum</i> .	3.3×10 <sup>8</sup>
<i>Edwardsiella tarda</i> 8705	4.3×10 <sup>8</sup>
<i>Staphylococcus</i> sp.	2.1×10 <sup>8</sup>
<i>Streptococcus</i> sp.	0.85×10 <sup>8</sup>

각각 2.1×10<sup>8</sup> 및 0.85×10<sup>8</sup> CFU/ml이었다(Table 2). 그리고 각 실험군의 살균효과 실험에 실제 적용된 ClO<sub>2</sub> 유효농도는 0.129, 0.246 및 0.455 ppm이었다.

넙치 감염어 유래 *V. anguillarum*은 0.246 및 0.455 ppm의 ClO<sub>2</sub>로 30초간 반응시킨 후 12시간 동안 배양한 실험에서 배양균의 증식이 완전히 저해되어 0.246 ppm 이상의 염소처리에 의해 균이 모두 사멸되었음을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 그러나 0.129 ppm에서 반응시간을 달리하여 균의 생존에 따른 성장을 관찰한 결과, 30초와 1분 동안 반응한 *V. anguillarum*은 각각 배양 후 5시간과 8시간 이후부터 균의 성장이 관찰되었으



**Fig. 1.** Growth curves of *Vibrio anguillarum* after exposure for 0.5 min at different concentrations of chlorine dioxide. Each point represents the mean of optical density determinations. Error bars are omitted.

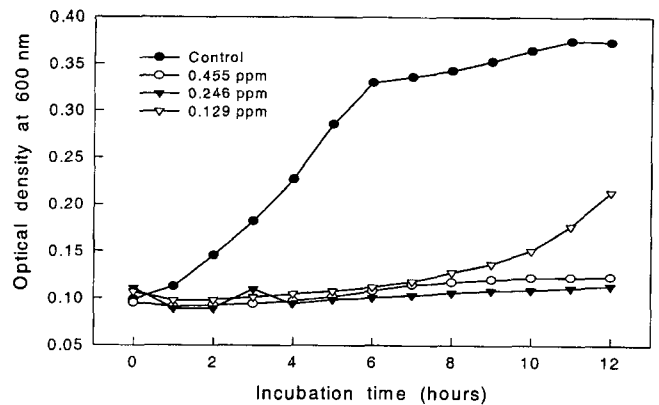


**Fig. 2.** Growth curves of *V. anguillarum* with different exposure times at 0.129 ppm of chlorine dioxide. Each point represents the mean of optical density determinations. Error bars are omitted.

며, 3분과 5분간 반응시킨 균은 배양 종료 시에 약간의 증식이 확인되는 것으로 보아 ClO<sub>2</sub>에 의해 균의 증식이 저해받은 것은 사실이나 100% 완벽한 사멸 효과는 인정할 수 없는 것으로 판단되었다. 한편 이 농도에서 10분 동안 반응한 균은 배양기간 동안 증식이 완전히 저해되었음을 확인할 수 있었다(Fig. 2).

해수 및 담수어에서 광범위하게 질병을 일으키는 병원체인 *E. tarda*에 대한 ClO<sub>2</sub> 소독효과를 조사한 결과는 Fig. 3과 4에 나타내었다. *E. tarda*는 *V. anguillarum*과 마찬가지로 0.246 ppm 이상의 염소농도로 30초간 처리 시 증식이 완전히 저해되었으나, 0.129 ppm에서는 배양 후 7시간 이후부터 완만한 증식이 이루어짐을 확인할 수 있었다(Fig. 3). 하지만 0.129 ppm의 경우 반응시간 1분과 3분의 실험구에서는 배양 9시간 이후부터, 5분과 10분간 반응시킨 실험구에서는 모두 10시간 이후부터 생장균의 증식이 이루어짐을 확인할 수 있었다(Fig. 4).

*Staphylococcus* sp.는 본 연구에 사용된 어병 세균들 중 ClO<sub>2</sub>에 가장 영향을 적게 받는 것으로 확인되었다(Fig. 5). 0.455 ppm에 노출된 실험 세균은 30초간 반응 후 그 증식이 완전히 저해되었으나, 0.129 ppm과 0.246 ppm에서는 배양 3시간 및 8시



**Fig. 3.** Growth curves of *Edwardsiella tarda* after exposure for 0.5 min at different concentrations of chlorine dioxide. Each point represents the mean of optical density determinations. Error bars are omitted.

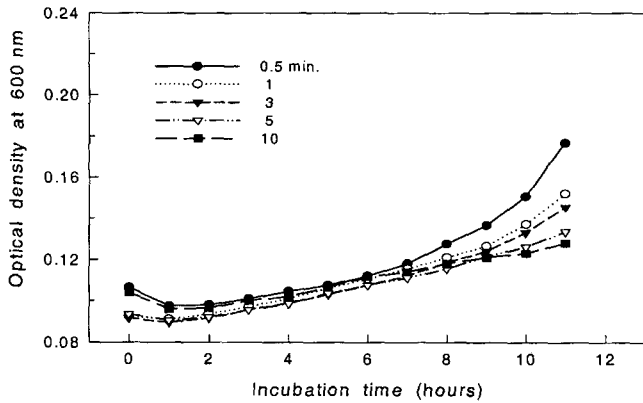


Fig. 4. Growth curves of *E. tarda* with different exposure times at 0.129 ppm of chlorine dioxide. Each point represents the mean of optical density determinations. Error bars are omitted.

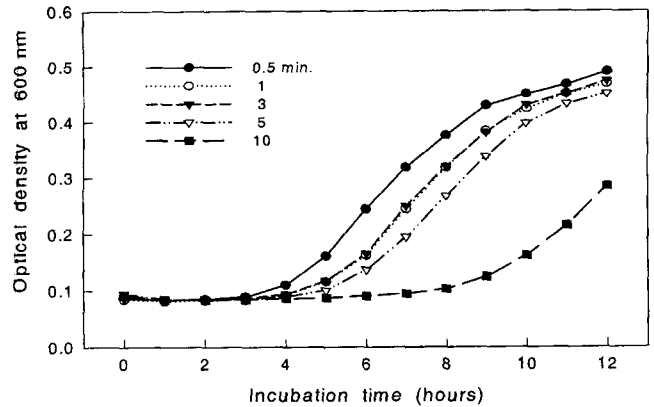


Fig. 6. Growth curves of *Staphylococcus sp.* with different exposure times at 0.129 ppm of chlorine dioxide. Each point represents the mean of optical density determinations. Error bars are omitted.

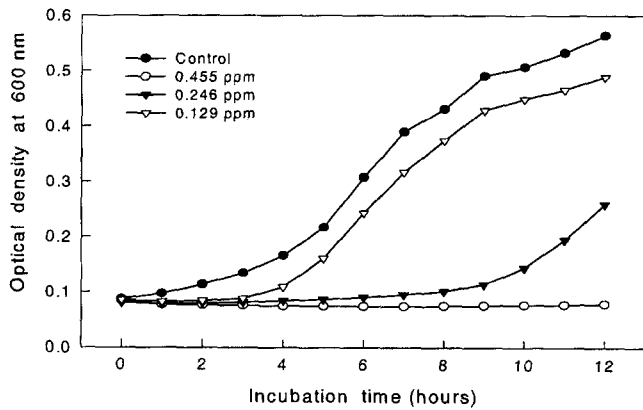


Fig. 5. Growth curves of *Staphylococcus sp.* after exposure for 0.5 min at different concentrations of chlorine dioxide. Each point represents the mean of optical density determinations. Error bars are omitted.

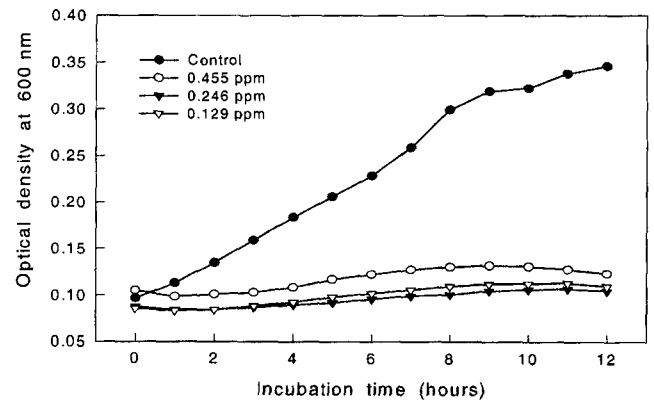


Fig. 7. Growth curves of *Streptococcus sp.* after exposure for 30 min at different concentration of chlorine dioxide. Each point represents the mean of optical density determinations. Error bars are omitted.

간 이후부터 균의 생존에 의한 증식이 확인되었다. 또한 0.129 ppm에서 반응시간의 지속에 따른 세균의 증식 유형을 조사한 결과에서 *Staphylococcus sp.*는 비브리온나 에드워드균의 경우와 비교하여 처리시간의 연장에 따른 살균효과는 더욱 기대하기 힘든 것으로 판단되었다(Fig. 6).

*Streptococcus sp.*는 실험에 사용된 어병 세균들 중 이산화염소 처리에 가장 민감한 것으로 확인되었는데, 이는 본 실험의 ClO<sub>2</sub> 최저 반응농도인 0.129 ppm에서 30초간 처리하는 조건에서 균이 사멸되는 것으로 알 수 있었다(Fig. 7).

한편, 여과해수중에 ClO<sub>2</sub> 초기농도를 1 ppm으로 구배한 후 직사광선과 실내 암소에 방치하면서 경과시간별로 잔류농도를

측정한 결과는 Table 3과 같다. 직사광선에 노출된 실험구는 10분이 경과하면 0.118 ppm으로 감소하여 초기농도의 약 11%가 잔류하였다. 실내 암소에 방치된 실험구는 5분이 경과하면 0.736 ppm, 10분째에는 0.501 ppm으로 감소하였지만 초기농도의 47%가 잔류하는 것으로 나타났다.

## 고 찰

Pascho et al. (1995)은 연어과 어류에서 문제시되고 있는 세균성 신장병 원인균인 *Renibacterium salmoninarum*을 대상으로 pH와 온도를 달리한 조건에서 free chlorine의 살균능을 조

Table 3. Residual chlorine dioxide concentrations (ppm) in the chlorinated-seawater exposed to sunlight irradiation and darkness conditions with elapse time. Values are mean±S.E.

Experimental condition	Elapse time (min)					
	0	2	5	10	30	60
Sunlight irradiation	1.036±0.054	0.612±0.032	0.234±0.027	0.118±0.021	0.078±0.017	0.047±0.012
Darkness	1.059±0.046	0.736±0.037	0.685±0.041	0.501±0.032	0.472±0.036	0.324±0.024

사하였던 바 pH는 중성 또는 산성 범위에서, 그리고 저수온인 7.5°C에 비해 15°C에서 효과적이며, 소독효과는 free chlorine 농도보다는 노출 반응시간이 더 중요한 요인인 것으로 보고하였다. 이에 대해 본 연구의 *V. anguillarum* 경우에서도 저농도인 0.129 ppm에서 30초와 1분간 반응시킨 것은 배양 후 5시간과 8시간 이후부터 균의 성장이 관찰되었지만 10분 동안 반응시킨 균은 배양기간 동안 증식이 완전히 저해되는 점으로 볼 때, 실내 암소에서는 일광하에 노출된 조건에 비해 염소처리 수중에 ClO<sub>2</sub>가 장시간 잔류함으로써 살균능이 오래 지속되는 것으로 보여진다.

Junli et al.(1997b)은 그람양성균인 *Staphylococcus aureus*와 그람음성균인 *E. coli*를 대상으로 ClO<sub>2</sub> 살균효과를 조사하여 그람양성인 *S. aureus*가 *E. coli* 보다 고농도의 ClO<sub>2</sub>에서 살균됨을 확인하였다. 또한 Mir et al. (1997)은 염소처리수에서 분리한 그람양성 및 그람음성균 균체를 free chlorine에 대한 불활화 kinetics를 조사한 결과, 그람양성균이 free chlorine에 훨씬 강한 내성을 보이며, chloramphenicol의 존재하에 일부 실험균은 불활화 저항 기작으로서 독특한 단백질을 합성하거나 세균 집합체를 형성하는 것으로 보인다고 하였다. 본 연구에서 그람양성균인 *Staphylococcus* sp.는 그람음성균인 *V. anguillarum*과 *E. tarda*에 비하여 ClO<sub>2</sub>에 비교적 영향을 적게 받는 결과를 보인 점은 이들과 유사한 경향이였지만 그람양성균의 일종인 *Streptococcus* sp.는 저농도 조건인 0.129 ppm에서 30초의 반응으로도 사멸되어져서 그람음성균인 *V. anguillarum*과 *E. tarda*에 비하여 오히려 감수성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 그람염색성에 따른 어병 세균들의 ClO<sub>2</sub> 살균효과에 관한 비교는 더욱 검토가 필요할 것으로 판단되어졌다.

Junli et al. (1997b)은 *Staphylococcus aureus*에 대해 유효 염소농도 2.5 ppm에서 pH 및 반응시간에 따른 ClO<sub>2</sub>와 free chlorine의 살균효과를 비교 조사한 실험에서 ClO<sub>2</sub>는 pH 3.0~9.0 범위와 반응시간 1~2분 사이에 98% 살균되었으나 free chlorine에서는 pH 7~8에서 반응시간은 2.5~3.5분이 소요됨을 확인하였다. 그리고 ClO<sub>2</sub> 농도가 0.75 ppm이고, 온도가 5~32°C 범위인 조건에서 *Bacillus* 균체에 대한 살균능은 온도가 10°C 증가할수록 살균시간은 1/2로 줄어들어 고수온에서 살균효과가 훨씬 강화되는 것을 보여 주었다. 본 실험은 pH 7.0, 온도가 20°C 전후인 실온조건에서 4종류의 어병세균을 대상으로 ClO<sub>2</sub>의 살균능을 조사한 결과 *Staphylococcus* sp.는 0.455 ppm, *V. anguillarum*과 *E. tarda*는 0.246 ppm, *Streptococcus* sp.는 0.129 ppm의 이산화염소에서 30초 동안 처리하였을 때 사멸되었다. 저농도 0.129 ppm에서는 반응시간이 10분으로 길어질수록 *V. anguillarum*에서는 생산균의 증식은 관찰되지 않았으며, *E. tarda*는 생산균의 증식이 현저하게 지연되는 것이 확인되었다.

이상의 내용에서와 같이 ClO<sub>2</sub>는 넓은 범위의 pH에서 살균효과가 높고, 직사광선이 없는 암소 조건에서는 잔류시간이 길며, chlorination 과정에 유기물 및 질소화합물과 반응하여 trihalomethane

이나 chloramine을 생성하지 않는 등 환경적 위해성이 적은 화학 소독제인 것으로 여겨진다. 따라서 수산양식장의 사육원수에 대한 살균처리, 기구의 표면소독, 오염된 유출수의 처리를 비롯한 양식장 사육관리상의 살균제로서 이산화염소 처리법은 유용하게 사용되어질 수 있을 것으로 사료된다.

## 요 약

이산화염소(ClO<sub>2</sub>) 처리에 의한 어병 세균의 살균 효과를 조사하기 위하여 감염어 유래 분리주인 *Vibrio anguillarum*, *Edwardsiella tarda*, *Staphylococcus* sp. 및 *Streptococcus* sp.를 대상으로 ClO<sub>2</sub> 유효 농도 0.455, 0.246 및 0.129 ppm에 30초, 1분, 3분, 5분 및 10분간 처리하여 ClO<sub>2</sub>의 살균효과를 조사하였다.

*V. anguillarum*과 *E. tarda*는 ClO<sub>2</sub> 0.246 ppm에서, 30초 이상의 처리에 의하여 세균의 증식이 완전히 저해되었다. 그러나 상대적으로 저농도인 0.129 ppm에서는 5분 이상의 염소처리 조건이 필요하였다. *Staphylococcus* sp.는 실험에 사용된 어병 세균 중 ClO<sub>2</sub>의 살균능이 가장 낮은 것으로 나타났다. 0.455 ppm에서 *Staphylococcus* sp.는 30초 반응 후 그 증식이 완전히 저해되었고, 0.246 ppm과 0.129 ppm의 ClO<sub>2</sub>에서는 각각 배양 3시간, 8시간 이후부터 그 생산에 의한 증식이 확인되어졌다. *Streptococcus* sp.는 본 실험에서 설정한 최저농도인 0.129 ppm에 30초간의 반응으로 균이 사멸됨으로서 실험에 사용된 세균 중 ClO<sub>2</sub>에 가장 민감한 것으로 나타났다. 그러므로 *Staphylococcus* sp.는 0.455 ppm, *V. anguillarum*과 *E. tarda*는 0.246 ppm, *Streptococcus* sp.는 0.129 ppm의 ClO<sub>2</sub> 농도로 30초 전후로 처리하는 조건이 가장 효과적임을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다.

## 감사의 글

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비(KRF-99-003-H00006)에 의해 연구된 결과의 일부이며, 연구비를 지원해 준 한국학술진흥재단에 감사드립니다.

## 참고문헌

- American Public Health Association, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Ann K. and E. Rimstad, 2001. Inactivation of infectious salmon virus, viral haemorrhagic septicaemia virus and infectious pancreatic necrosis virus in water using UVC irradiation. Dis. Aqua. Org., **48**: 1-5.
- Chanda, S., 1998. Chlorine dioxide. (in) Encyclopedia of toxicology, (ed) P. Wexler, New York, Vol I. pp. 307-308.
- Junli, H., W. Li, R. Nenqi, L. X. Li, S. R. Fun and Y. Guan, 1997a. Disinfection effect of chlorine dioxide on viruses, algae and animal planktons in water. Water Research, **31**(3): 455-460.
- Junli, H., W. Li, R. Nenqi, L. X. Li, M. Fang and Juli, 1997b. Dis-

- infection effect of chlorine dioxide on bacteria in water. *Water Research*, **31**(3): 607–613.
- Mir, J., J. Morato and F. Ribas, 1997. Resistance to chlorine of freshwater bacterial strains. *J. Appl. Microbiol.*, **82**: 7–18.
- Oh, M. J., H. Y. Kim and H. S. Cho, 1999. Disinfection of culture water supply by ozonation. I. Susceptibility of some fish pathogenic bacteria isolated from cultured marine Fish. *J. Fish. Pathol.*, **12**(1): 42–48.
- Pascho, R. J., M. L. Landolt and J. E. Ongerth, 1995. Inactivation of *Renibacterium salmoninarum* by free chlorine. *Aquaculture*, **131**: 165–175.
- Travis, T. W. and A. G. Heath, 1981. Some physiological responses of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to intermittent monochloramine exposure. *Water Research*, **15**: 977–983.
- Yoshimizu, M., S. Hyuga, M. J. Oh, S. Itoh, Y. Ezura and G. Minura, 1995. Disinfectant effect of oxidant produced by ozonation of sea water on fish pathogenic viruses, bacteria, and ciliata. (in) *Diseases in Asian Aquaculture II*. (ed) M. Schariff, J. R. Arthur and Subasianghe, Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila, pp. 203–209.
- Wan, M. T., R. G. Watts and W. Cheng, 2000. Acute toxicity of inorganic chloramines to *Daphnia magna* in two types of dilution Water. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **65**: 147–152.

---

원고접수 : 2003년 3월 13일

수정본 수리 : 2003년 4월 18일

책임편집위원 : 강주찬