

시판 소독제의 넙치 *Paralichthys olivaceus*, 조피볼락 *Sebastes pachycephalus*, 감성돔 *Acanthopagrus schlegelii*에 대한 독성

박경희, 김석렬, 강소영, 정성주, 오명주*
전남대학교 식품·수산생명의학부

Toxicity of Disinfectants in Flounder *Paralichthys olivaceus*, Black Rockfish *Sebastes pachycephalus* and Black Sea Bream *Acanthopagrus schlegelii*

Kyung-Hee Park, Seok-Ryel Kim, So Young Kang, Sung-Ju Jung, and Myung-Joo Oh*
Division of Food Science and Aquaculture Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

Toxicity of ten commercial disinfectants (hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, chlorine dioxide, povidone iodine, formaldehyde, glutaraldehyde, quaternary ammonium compounds (QAC), didecyl dimethyl ammonium chloride (DDAC), ortho-dichlorobenzene, and copper sulfate) was measured by chinook salmon embryo-214 cell line and three fish species: flounder *Paralichthys olivaceus*, black rockfish *Sebastes pachycephalus*, and black sea bream *Acanthopagrus schlegelii*. The LC₅₀ levels of 24 hours acute toxicity with the ten disinfectants were tested in three species of fish. Effectiveness of ten chemical disinfectants were varied by each chemical as well as by species. Hydrogen peroxide showed the highest activity at 201, 269, and 139 ppm in the flounder, the black rockfish, and black sea bream, respectively. DDAC showed the lowest activity at 2.1, 1.0, and 1.5 ppm in the flounder, the black rockfish, and black sea bream, respectively. The highest variation was observed in copper sulfate by both the chemicals and the species.

Keywords: *Paralichthys olivaceus*, *Sebastes pachycephalus*, *Acanthopagrus schlegelii*, toxicity, LC₅₀

서론

어류양식의 발달과 더불어 어류 질병에 의한 피해는 지속적으로 증가하고 있으며(Kim et al., 2003; Park et al., 2003; Jung et al., 2006), 이를 위하여 수질 및 사육밀도 관리, 항균제 사용, 예방백신 등 다양한 방법이 적용되고 있다. 특히 쉽게 구할 수 있는 항생제에 대한 오·남용 사례가 증가하면서 항생제에 대한 내성균이 증가하면서 천연물에 의한 항균 및 항바이러스에 대한 연구도 진행되고 있다(Kang et al., 2006). 이러한 추세와 함께 질병의 발생 후 항생제를 이용한 치료 보다는 질병예방에 관심이 깊어지면서 양식현장에서 다양한 소독제를 사용이 증가하고 있는 실정이다.

현재 국내에서 허가된 수산용의약품에서 formalin, hydrogen peroxide, chlorine dioxide, povidone iodine, chloramine T 및 목초액 등이 있다. Formalin은 구충제로서 2006년 11월 정식 품목허가 되었으며, chlorine dioxide는 뱀장어, 잉어에 사용가능하며 사육원수·시설의 소독, povidone iodine은 어란의 소독, chloramine T와 목초액은 사육원수·시설의 소독에 사용할 수

*Corresponding author: ohmj@chonnam.ac.kr

있도록 승인되어 있다. 그러나 메틸렌블루, 과망간산칼륨, 공업용 formalin, 공업용 과산화수소는 양식수산동물치료용 화학물질의 사용금지에 관한 규정(해양수산부 고시 제2007-28호, 2007. 5.17)에 의해 사용이 제한되어 있다.

최근 양식현장에서 양식기자재 소독 및 어병 방제 효과를 얻기 위하여 다양한 소독제가 사용되고 있으나, 적정 사용 용량이나 어체에 대한 독성에 관한 연구가 많지 않은 실정이다. 어류에 대한 독성 연구는 구충제로 오래전부터 이용된 formalin이 뱀장어, 넙치 등의 어종에서 이루어졌고(Park et al., 1995; Jung et al., 2003), Hwang and Jeong (2000)의 Chloramine-T에 대한 넙치의 독성반응, Bae and Lee (1999)가 chlorine dioxide의 넙치에 대한 급성 독성에 대한 연구 및 Kim et al. (2006)이 보고한 목초액의 급성독성 연구가 있다.

본 연구에서는 10여종의 화학 소독제에 대한 Chinook salmon embryo (CHSE-214) cell line에 대한 독성작용 농도를 구하고, 넙치, 조피볼락 및 감성돔을 대상으로 환경생물 독성 시험 기준과 방법에 준하여 어독성 실험을 행하여 각각의 어류에 대한 반수치사농도인 LC₅₀를 구하여 화학소독제에 대한 급성 유해농도를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

소독제

국내 양식장에서 수질정화, 양식시설 및 기구 소독, 어류 질병예방 및 치료를 위해 현재 시판되고 있는 소독제들 중 가장 빈번히 이용되는 소독제 제품을 중심으로 과산화제인 hydrogen peroxide (H사 제품), 할로젠제인 sodium hypochlorite (S1사 제품), chlorine dioxide (S2사 제품), povidon iodine (S2사 제품), 알데하이드계인 formaldehyde (D사 제품), glutaraldehyde (S2사 제품), 양이온성 세정제인 quaternary ammonium compounds (QAC) (S3사 제품) 및 didecyl dimethyl ammonium chloride (DDAC)(S3사 제품), 페놀계인 ortho-dichlorobenzene (S3사 제품) 및 copper sulfate (DS사 제품)를 본 연구의 검토 대상 소독제로 적용하였다.

Cell-line에 대한 소독제의 독성

소독제의 세포 독성을 확인하기 위하여 CHSE-214 (Chinook salmon embryo) 어류 주화세포를 DMEM₅ (100 ug/mL penicillin, 100 ug/mL streptomycin (Gibco BRL. Co.), 5% Fetal bovine serum (Gibco BRL. Co., pH 7.4)을 이용하여 96 well plate에 100 µL씩 분주하여 15°C에서 24h 배양하였다. 10종의 소독제를 소독제 별로 DMEM₅를 이용하여 원액부터 2^o 계열로 희석하여 2^o까지 준비한 후 배양된 세포의 상층 배양액을 제거하고 소독제 별로 희석 순서에 따라 세포에 100 µL씩 접종하고 20°C에서 배양한 24 h 후 MTT법으로 판정하였다.

실험어 및 사육

최근 해산양식어로서 국내에서 대표적으로 사육되어지고 있는 넙치, 조피볼락 및 돔류인 감성돔을 대상으로 어독성 실험을 행하였다. 실험에 사용한 어류는 급성독성실험 기준에 제시되어져 있는 크기 범위의 것을 선택하여 사용하였는데, 넙치는 체중 4.06~6.3 g, 체장 6~7 cm, 조피볼락은 체중 7.76~9.14 g, 체장 7~8 cm, 감성돔은 체중 7.40~9.08 g, 체중 8.5~9.3 cm의 크기를 사용하였다.

각각의 어류는 실험실로 이동한 후 최소 10일 이상 실험수조 내에서 순치시킨 이후에 실험에 사용하였다. 먹이의 공급은 시험개시 24 h 이전에 중단하였다. 각각의 실험구별 실험용 수조는 사용수량 100 L 들이의 수조를 사용하였으며, 실험전에 깨끗이 세척하여 일광 건조시킨 후, 사용 사육수로 재차 세척하고 기준량의 실험수(사육용수 + 소독제)를 채워서 실험에 사용하였다. 실험 기간중의 수온은 18.5-20.5°C를 유지하였다.

실험어 사육수

실험어 사육수는 여수 소재 전남도립수산과학관에서 수족관용 사육수로 사용하는 고압미세여과해수를 물차로 수송하여 본 연구실에 설치된 사육실의 해수탱크에 저장하고, 오존발생장치

를 가동하여 잔류오존농도 TRO 0.5 ppm의 농도로 1시간 처리하여 해수 중에 있을 수도 있는 병원체를 살균한 후, 24 h 이상 폭기 시키고 사용 전 활성탄 (차콜) 여과기를 통과시켜 수중의 잔류오존이 없음을 확인하고 사육 및 실험수로 사용하였다.

독성실험

어류독성 시험은 Hall and Golding (1998)의 “Acute toxicity test protocol”에 준하여 행하였다. 시험용액의 조제는 각각의 소독제 제품을 원액으로 하여 독성 실험용 사육수에 농도(ppm) 별로 미리 잘 교반하여 현탁시켜 사용하였다. 각 어종에 대한 예비실험 처리조건으로 각 구당 10마리의 어류를 대상으로 24 h 관찰하여 본시험 농도에 적합한 농도범위를 결정하였다. 본 실험은 예비실험에서 얻어진 결과를 검토하여 어종마다 농도범위를 설정하여 실험하였다. 대조군은 약제를 무처리 한 해수에 각각의 어종을 수용하여 음성대조 실험군으로 하였다. 사육용 실험수조 내에 각각의 소독제를 처리 후 각 실험구당 10마리의 실험용어류를 수용하고 수시로 외관, 먹이섭식, 유행이상, 관찰하고 24 시간째의 폐사율을 확인하였다. 폐사 판정은 아가미 개폐운동이 정지된 실험어 중에서 유리봉으로 자극하여 반응이 없는 개체를 기준으로 하였다. 각각의 실험은 3반복으로 행하고 해당처리시간에 따른 LC₅₀을 probit 분석을 통하여 얻었다.

결 과

Cell-line에 대한 소독제의 독성

CHSE-214 cell line에 대한 각각의 소독제의 24 h 독성농도를 조사한 결과는 Table 1에 나타내었다. Hydrogen peroxide의 24 h 최소독성 농도는 시판액 기준으로 0.955 ppm (유효농도 기준, 0.334 ppm)로 세포에 대한 독성이 매우 높게 나타났다.

Sodium hypochlorite의 24 h 최소독성 농도는 시판액 기준으로 12.5 ppm (유효농도 기준, 1.44 ppm), chlorine dioxide의 경우

Table 1. Toxicity of ten disinfectants against CHSE-214 cell line following treatments of commercial and available chemical grades for 24 hr

Disinfectants	Concentration of minimal toxicity (ppm)	
	Commercial	Available
Hydrogen peroxide	0.955	0.334
Sodium hypochlorite	12.5	1.44
Chlorine dioxide	62.5	3.13
Povidon iodine	50	5.0
Formaldehyde	4	1.4
Glutaraldehyde	1	0.1
QAC*	10	0.75
DDAC**	0.4	0.04
Ortho-dichlorobenzen	6.2	4.65
Copper sulfate	-	-

*QAC, quaternary ammonium compounds.

**DDAC, didecyl dimethyl ammonium chloride.

Table 2. LC₅₀ of *Paralichthys olivaceus*, *Sebastes pachycephalus*, and *Acanthopagrus schlegelii* following treatments of available chemical grades for 24 hr

Disinfectants	Fish species	24 h LC ₅₀ (mg/L)		
		Mean	95% confidence limit	
Hydrogen peroxide	<i>Paralichthys olivaceus</i>	575	536	628
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	770	675	785
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	398	247	509
Sodium hypochlorite	<i>Paralichthys olivaceus</i>	30	23	36
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	45	52	92
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	48	47	49
Chlorine dioxide	<i>Paralichthys olivaceus</i>	2073	1764	2795
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	1179	1159	1196
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	1207	1176	1233
Povidon iodine	<i>Paralichthys olivaceus</i>	51	38	57
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	272	130	286
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	187	162	195
Formaldehyde	<i>Paralichthys olivaceus</i>	406	374	431
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	286	263	295
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	174	169	180
Glutaraldehyde	<i>Paralichthys olivaceus</i>	611	582	696
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	329	285	408
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	207	202	244
QAC*	<i>Paralichthys olivaceus</i>	45	37	49
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	34	33	36
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	37	35	39
DDAC**	<i>Paralichthys olivaceus</i>	20	19	21
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	10	10	11
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	15	4	20
Ortho-dichlorobenzene	<i>Paralichthys olivaceus</i>	17	12	20
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	12	11	13
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	19	19	20
Copper sulfate	<i>Paralichthys olivaceus</i>	43	21	65
	<i>Sebastes pachycephalus</i>	5	4	5
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	4	3	4

*QAC, quaternary ammonium compounds.

**DDAC, didecyl dimethyl ammonium chloride.

시판액 기준으로 62.5 ppm (유효농도 기준, 3.13 ppm), povidon iodine의 경우 시판액 기준으로 50 ppm (유효농도 기준, 5.0 ppm), formaldehyde는 시판액 기준으로 4 ppm (유효농도 기준, 1.4 ppm) 이었다. Glutaraldehyde의 경우에 있어서는 24h 최소독성 농도는 시판액 기준으로 1 ppm (유효농도 기준, 0.1 ppm), quaternary ammonium compounds (QAC)의 경우 시판액 기준으로 10 ppm (유효농도 기준, 0.75 ppm), didecyl dimethyl ammonium chloride (DDAC)의 경우에는 0.4 ppm (유효농도 기준, 0.04 ppm)으로 매우 민감한 결과를 나타내어 생물체의 유해성이 높은 것으로 판단되었다. Ortho-dichlorobenzene의 경우 6.2 ppm (유효농도 기준, 4.65 ppm)에서 독성을 나타내었다.

어체에 대한 소독제의 LC₅₀

소독제의 어류에 대한 독성시험은 Table 2에 나타내었다. 시판용 Hydrogen peroxide의 넙치에 대한 평균 24 h LC₅₀는

575 ppm 정도로 나타났고, 조피볼락에서는 770 ppm이었으나 감성돔의 경우는 두 종의 어류에 비하여 독성에 민감하여 390 ppm에서 24 h LC₅₀을 보였다(각각의 유효 농도, 200 ppm, 270 ppm, 136 ppm). Sodium hypochlorite에 노출된 경우, 넙치에 대한 평균 24 h LC₅₀는 30 ppm 정도로 나타났고, 조피볼락에서는 45 ppm, 감성돔의 경우는 48 ppm 정도의 유사한 범위의 24 h LC₅₀을 보였다(각각의 유효 농도, 3.4 ppm, 5.2 ppm, 5.6 ppm). Chlorine dioxide의 경우 시판용액을 기준으로 했을 때 그 농도가 각각 넙치 2073 ppm, 조피볼락 1179 ppm 및 감성돔 1207 ppm의 농도에서 반수치사를 나타내었다(각각의 유효 농도, 104 ppm, 59 ppm, 60 ppm). Povidon iodine의 경우, 넙치는 예민하여 51 ppm, 조피볼락 및 감성돔은 272, 187 ppm의 시판용액농도에서 LC₅₀을 나타내었다(각각의 유효 농도, 5 ppm, 27 ppm, 19 ppm). Formaldehyde의 경우 감성돔이 가장 민감하여 175 ppm, 조피볼락은 287 ppm, 가장 높은 농도에 반응

한 것은 넙치로서 407 ppm 정도의 시판 포르말린에 24 h 노출 되었을 때 LC₅₀을 나타내었다. Glutaraldehyde의 경우 시판용액을 기준으로 했을 때 611, 330 및 208 ppm의 농도 범위에서 넙치, 조피볼락, 감성돔에 각각의 LC₅₀을 나타내었다(각각의 유효 농도, 61 ppm, 33 ppm, 21 ppm). QACs의 경우 3종의 어류에 강한 독성을 나타내어 넙치 45 ppm, 조피볼락 35 ppm, 감성돔 37 ppm의 시판제농도 조건에서 LC₅₀을 나타내었다(각각의 유효 농도, 3.4 ppm, 2.6 ppm, 2.8 ppm). DDAC의 경우도 혼합제제와 유사하게 높은 독성을 나타내는데, 넙치 21 ppm, 조피볼락 10 ppm, 감성돔 15 ppm의 시판제농도 조건에서 LC₅₀을 나타내었다(각각의 유효 농도, 2.1 ppm, 1.0 ppm, 1.5 ppm). Ortho-dichlorobenzene의 경우 넙치 17 ppm, 조피볼락 12 ppm 및 감성돔 20 ppm의 시판농도조건에서 LC₅₀을 나타내었다(각각의 유효 농도, 13 ppm, 9.4 ppm, 15 ppm). Copper sulfate의 경우 넙치에 대해서는 유효농도 43 ppm의 농도에서 반수를 치사시켰으나, 다른 조피볼락 및 감성돔에 대해서는 5와 4 ppm의 농도조건에서 독성을 나타내었다.

고 찰

본 연구에서는 10여종의 화학 소독제에 대한 세포 독성작용 농도와 넙치, 조피볼락 및 감성돔을 대상으로 급성 유해농도를 관찰하였다. 본 연구에서 사용된 소독제는 산화제 소독제로는 과산화제; hydrogen peroxide, 할로젠제; sodium hypochlorite 및 chlorine dioxide, 요오드제; povidon iodine가 사용되었고, 환원제 소독제로는 formaldehyde와 glutaraldehyde, 세정제 소독제로 QACs와 DDAC, 페놀계 소독제의 ortho-dichlorobenzene와 기타 소독제로 copper sulfate가 사용되었다.

Hydrogen peroxide는 어류 병원체를 제어하기 위해 사용되고 있으며, 양식장에서 어류의 도입 전에 수조나 사육수를 소독하기 위한 일반적인 소독제로 추천되고 있는 소독제 중 하나이다(Avendano-Herrera et al., 2006). 또한 담수어류의 종묘 생산장에서 수정란의 진균증 치료에 매우 효과적인 치료제로 사용되고 있는 소독제로 보고되어 있지만(Dawson et al., 1994; Schreier et al., 1996; Small and Wolters, 2003), 세포에 대한 독성은 매우 강하다고 알려져 있고, 본 연구에서도 유효농도 0.334 ppm에서 세포독성이 확인되었다. Chlorine은 가격이 싸고 소독력이 비교적 크며 잔류 염소의 지속되는 장점을 가지고 있어 다양한 분야에서 소독제로 가장 많이 이용되어 왔다(Geo, 1992; Yun et al., 1998). Chlorine은 chlorine water의 형태로 1826년부터 의료계에서 사용하기 시작하였고, 활성 chlorine gas (Cl₂)를 12.5-25%까지 가지고 있는 sodium hypochlorite는 매우 다양한 범위에서 biocide제로 사용되고 있다(U.S. EPA, 1994). NaOCl을 물이나 하수에 처리하면, 이들은 빠르게 단백질과 nucleotide base들과 반응하여 수환경에 lipophilic하고 독성을 가진 난분해성의 다양한 유기염소화합물을 생성한다. 이러한 기

작으로 세균, 바이러스, 진균, 원충, 조류 등에 대한 biocide 활성이 매우 높은 화합물이다(U.S. EPA, 1989; Salinoja-Salonen and Jokela, 1991). 본 연구에서 시판용 sodium hypochlorite와 chlorine dioxide는 각각 12 ppm과 62 ppm에서 세포 독성을 보여 5배 정도 sodium hypochlorite가 낮게 나타났으나, 어류에 대한 반수치사 농도는 sodium hypochlorite와 chlorine dioxide는 각각 30~48 ppm와 1207~2073 ppm범위에서 LC₅₀을 보여 같은 할로젠계 소독제이지만 sodium hypochlorite가 어체에 대한 독성이 더 강한 것으로 나타났다.

Povidone-iodine은 *in vitro*에서 세균, 바이러스, 진균 및 원충에 대하여 활성을 갖는 매우 광범위한 소독제로서(Wutzler et al., 1996), 연어과 어류, 능성어, 새우 등에서 바이러스성 질병 예방을 위하여 난 소독에 효과가 입증되어 오래전부터 사용되어 왔지만(Evelyn et al., 1986; Heo and Sohn, 2000; Kim et al., 2001; Satoh et al., 2006a,b), 넙치와 CHSE-214 cell line에 있어서는 유효농도 5 ppm 정도에서 독성을 나타내어 어체에 강한 독성이 있는 것으로 판단되었다.

Aldehyde계 화합물인 formaldehyde 및 glutaraldehyde는 sulfhydryl, hydroxyl, carboxyl 과 amino groups의 alky화에 의해 세포의 핵산이나 단백질과 즉시 결합할 수 있는 carbonyl groups을 가지고 있어, 세균, 항산성균, 포자, 바이러스, 진균에 소독력을 가지고, 유기물에 의해 영향을 받지 않고 소독의 효과를 발휘 한다(Miner et al., 1977; Rutala, 1990; Chambon et al., 1992; Simons et al., 2000). Formaldehyde는 연어류, 잉어류, 넙치, 새우 등 다양한 양식어류에서 기생성 원충류, 흡충류 및 진균 등을 구제하기 위해 양식현장에서 오래전부터 사용되어 왔다(Rucker et al., 1963; Leteux and Meyer, 1972; Al-Hamed and Hermiz, 1973; Jung et al., 2003; Giesecker et al., 2006). Park 등(1995)은 formaldehyde의 24 h LC₅₀을 141 ppm이며, 죽은 개체들은 아가미 덮개 및 입이 열리고 몸통이 유안측으로 만곡되며, 표피 점액질에 손상을 입은 독성증후를 나타낸다고 보고하였다. 본 연구에서도 사후 증상은 비슷하였으나 LC₅₀은 높은 407 ppm으로 나타나 높게 나타났지만, 이는 formaldehyde의 정제도, 실험 온도 등에 따라 결과가 다르게 나올 수 있어 단순비교는 어렵다. 페놀계 소독제인 ortho-dichlorobenzene은 세포벽 및 세포막의 파괴시키는 작용기전을 가지나, 광분해가 빠르게 진행되고 분해산물이 부식작용을 나타내며, 또한 소독력이 낮기 때문에 소독약으로서 현재는 많이 사용되지 않고 있다. 또한, 본 연구에서 12~19 ppm 범위에서 LC₅₀을 보여 어체에도 독성이 강한 것으로 판단된다.

Copper는 생체 내에서 2가 양이온으로 생리학적으로 매우 중요한 미량원소고, Copper sulfate은 담수어류 양식장에서의 질병치료약제로 사용되어 왔고, 해산어에서도 외부기생충 치료를 위해서 사용되어 왔다(Cardailhac and Whitaker, 1988; Chen et al., 1994; Martin et al., 2006). 하지만, copper sulfate는 어체에 용혈작용과 넙치 적혈구에 대하여 유사한 cell damage system

을 가지고 있으며(Jung and Kim, 2005), zebrafish의 뇌막에서 cell signalling에 문제가 발생할 수 있음이 보고되어 있다(Rosemberg et al., 2007). 본 연구에서 copper sulfate에 대한 LC₅₀은 넙치가 43 ppm으로 조피볼락 5 ppm 및 감성돔 4 ppm보다 10배 정도 높게 나타나, 넙치가 copper sulfate에 대하여 다른 두종 보다 높은 내성을 가지고 있음을 확인하였다.

요 약

본 연구는 시판되는 10종의 소독제(hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, chlorine dioxide, povidon iodine, formaldehyde, glutaraldehyde, quaternary ammonium compounds (QAC), didecyl dimethyl ammonium chloride (DDAC), ortho-dichlorobenzene, and copper sulfate)에 대한 CHSE-214 cell line과 넙치 *Paralichthys olivaceus*, 조피볼락 *Sebastes pachycephalus*, 감성돔 *Acanthopagrus schlegelii*에 대한 24 h LC₅₀ 농도를 측정하였다. 시험에 사용된 시판용 소독제에 대한 CHSE-214 cell line의 24 h 독성 농도는 시판액을 기준으로 hydrogen peroxide 0.955 ppm, sodium hypochlorite 12.5 ppm, chlorine dioxide 62.5 ppm, povidon iodine 50 ppm, formaldehyde 4 ppm, glutaraldehyde 1 ppm, quaternary ammonium compounds 10 ppm, didecyl dimethyl ammonium chloride 0.4 ppm, ortho-dichlorobenzene 6.2 ppm이었다. 10종의 소독제의 독성 농도는 어종에 뿐만 아니라 각 소독제에 따라서도 매우 다양하게 관찰되었다. Hydrogen peroxide는 소독제 중에서 가장 높은 농도에서 어류에 대한 독성을 보였는데 넙치, 조피볼락 및 감성돔에 각각 201, 269 및 139 ppm에서 LD₅₀을 나타내었다. DDAC는 가장 낮은 농도에서 어류에 대한 독성을 보였는데 넙치, 조피볼락 및 감성돔에서 각각 2.1, 1.0 및 1.5 ppm에서 LD₅₀을 나타내었다. Copper sulfate는 어종에 따라 독성을 보이는 농도가 가장 크게 나타났다.

참고문헌

Al-Hamed, M. and L. Hermiz, 1973. Experiments on the control of anchor worm (*Lernaea cyprinacea*) Aquaculture, 2, 45–51.
 Avendano-Herrera, R., B. Magarinos, R. Irgang and A.E. Toranzo, 2006. Use of hydrogen peroxide against the fish pathogen *Tenacibaculum maritimum* and its effect on infected turbot (*Scophthalmus maximus*). Aquaculture, 257, 104–110.
 Bae, J. H. and D. S. Lee, 1999. Acute toxicity of chlorine dioxide to cultured-flounder (*Paralichthys olivaceus*) and its bactericidal efficacy. Kor. J. Lab. Anim. Sci., 15, 87–91.
 Cardeilhac, P. and B. Whitaker, 1988. Copper treatments: uses and precautions. Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract., 18, 435–448.
 Chambon, M., J. L. Bailly and H. Peigue-Lafeuille, 1992. Activity of glutaraldehyde at low concentrations against capsid proteins of polio-virus type 1 and echoirus type 25, Appl. Environ. Microbiol., 58, 3517–3521.

Chen, M. F., J. A. Apperson, G.D. Marty and Y.W. Cheng, 1994. Copper sulfate treatment decreases hatchery mortality of larval white seabass *Atractoscion nobilis*. Aquaculture, 254, 102–114.
 Dawson, V. K., J. J. Rach, and T. M. Schreier, 1994. Hydrogen peroxide as a fungicide for fish culture. Bull. Aquac. Assoc. Can., 2, 54–56.
 Evenyn, T. P. T., L. Prospero-Porta and J. E. Ketcheson, 1986. Persistence of the kidney-disease bacterium, *Renibacterium salmoninarum*, in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum), eggs treated during and after water-hardening with povidone-iodine. J. Fish Dis., 9, 461–464.
 Geo, C. W., 1992. The handbook of chlorination and alternative disinfectants. 3rd ed., Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 290–478.
 Gieseker, C. M., S. G. Serfling and R. Reimschuessel, 2006. Formalin treatment to reduce mortality associated with *Saprolegnia parasitica* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 253, 120–129.
 Hall, J. A. and L. A. Golding, 1998. Standard methods for whole effluent toxicity testing: development and application. NIWA, MFE80205, Wellington.
 Heo, M. S. and S. G. Sohn, 2000. Inactivation of white spot baculovirus (WSBV) by chlorine, iodine, sunlight exposure, drying and fresh water. J. Fish Pathol., 13, 97–102.
 Hwang, E. A. and H. D. Jeong, 2000. Toxicity of chloramine-T on the flounder, *Paralichthys olivaceus*, and bactericidal activity against fish pathogenic bacteria and blue green algae, *Tetraselmis suecica*. J. Fish Pathol. 13, 37–44.
 Jung, S. H. and J. W. Kim, 2005. In vitro hemolysis and methemoglobin formation in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) erythrocytes induced by potassium permanganate, stabilized chlorine dioxide, formalin and copper sulphate. J. Fish Pathol., 18, 179–185.
 Jung, S. H., D. S. Sim, M. S. Park, Q. T. Jo and Y. Kim, 2003. Effects of formalin on haematological and blood chemistry in olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquacult. Res., 34, 1269–1275.
 Jung, S. J., S. I. Kitamura, M. Aoyama, J. Y. Song, B. K. Kim and M. J. Oh, 2006. Immune response of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* against *Miamiensis avidus* (Ciliophora: Scuticociliatida). J. Fish Pathol., 19, 173–181.
 Kang, S. Y., M. J. Oh and J. A. Shin, 2005. Antimicrobial activities of Korean marine algae against fish pathogenic bacteria. J. Fish Pathol., 18, 147–156.
 Kim, S. R., S. J. Jung, S. I. Kitamura, S. Y. Kang and M. J. Oh, 2006. Acute toxicity of wood vinegar on culture fishes. J. Fish Pathol., 19, 277–284.
 Kim, W. S., K. H. Kim, C. S. Kim, Y. J. Kim, S. J. Jung, T. S. Jung, S. I. Kitamura, M. Yoshimizu and M. J. Oh, 2003. The infection of irido-like virus in cultured turbot (*Scophthalmus maximus*). J. Fish Pathol., 16, 153–159.
 Kim, Y. J., S. J. Jung and M. J. Oh, 2001. Investigation of the path way of white spot syndrome virus (WSSV) infection. J. Fish Pathol., 14, 129–136.

- Leteux, F. and F. P. Meyer, 1972. Mixtures of malachite green and formalin for controlling ichthyophthirius and other protozoan parasites of fish. *Prog. Fish-Cult.*, 34, 21–26.
- Martin F. C., J. A. Apperson, G. D. Marty and Y. W. Cheng, 2006. Copper sulfate treatment decreases hatchery mortality of larval white seabass *Atractoscion nobilis*. *Aquaculture*, 254, 102–114.
- Miner, N. A., J. W. McDowell, G. W. Wilcockson, N. I. Bruckner, R. L. Stark and E. J. Whitmore, 1977. Antimicrobial and other properties of a new stabilized alkaline glutaraldehyde disinfectant/sterilizer. *Am. J. Hosp. Pharm.*, 34, 376–382.
- Park, I. S., H. B. Kim, M. S. Kim and C. W. Park, 1995. Acute toxicity effects of formaline to flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Fish Pathol.*, 8, 57–67.
- Park, K. H., M. J. Oh and H. Y. Kim, 2003. Disinfection effect of chlorine dioxide on pathogenic bacteria from marine fish. *J. Fish Pathol.*, 16, 118–123.
- Rosemberg, D. B., E. P. Rico, M. R. Senger, M. B. Arizi, R. D. Dias, M. R. Bogoc and C. D. Bonanb, 2007. Acute and sub-chronic copper treatments alter extracellular nucleotide hydrolysis in zebrafish brain membranes. *Toxicol.*, 236, 132–139.
- Rucker, R. R., W. G. Taylor and D. P. Toney, 1963. Formalin in the hatchery. *Prog. Fish-Cult.*, 25, 203–207.
- Rutala, W. A., 1990. APIC guideline for selection and use of disinfectants. *Am. J. Infect. Control*, 18, 99–117.
- Salinoja-Salonen M. S. and J. K. Jokela, 1991. Measurement of organic halogen compounds in urine as an indicator of exposure. *Scand. J. Workplace Environ. Health*, 17, 75–78.
- Satoh, J., K. Mori, T. Nishioka, K. Hattori, M. Oka and K. Watanabe, 2006a. Disinfection method for fertilized eggs of kuruma prawn *Penaeus japonicus* using povidone-iodine. *Fish Pathol.*, 41, 117–120. (In Japanese with English abstract)
- Satoh, J., T. Saitoh and K. Watanabe, 2006b. Evaluation of Povidone-iodine treatment for disinfection and normal hatching rate on fertilized eggs of longtooth grouper, *Epinephelus bruneus*. *Aquacult. Sci.*, 54, 265–268.
- Schreier, T. M., J. J. Rach and G. E. Howe, 2000. Efficacy of formalin, hydrogen peroxide and sodium chloride on fungal infected rainbow trout eggs. *Aquaculture*, 140, 323–331.
- Simons, C., S. E. Walsh and J. Y. Mailar, 2003. A note: ortho-phthalaldehyde: proposed mechanism of action of a new antimicrobial agent. *Lett. Appl. Microbiol.*, 31, 299–302. 2000.
- Small, B. C., W. R. Wolters, 2003. Hydrogen peroxide treatment during egg incubation improves channel catfish hatching success. *N. Am. J. Aquacult.*, 65, 314–317.
- U.S. EPA, 1989. Drinking water criteria document for chlorine, hypochlorous acid and hypochlorite ion. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati (OH): U.S. EPA.
- U.S. EPA, 1994. Chemical Summary for Chlorine. Office of Pollution Prevention and Toxics. Cincinnati (OH): U.S. EPA; EPA 749-F-94-010a.
- Wutzler, P., A. Sauerbrei, R. Kicking, B. Brgmann and K. Reimer, 2002. Virucidal activity and cytotoxicity of the liposomal formulation of povidone-iodine. *Antiviral Res.*, 54, 89–97.
- Yoon, J. Y., S. J. Byun, S. D. Lee and K. S. Seok, 1998. Estimating disinfection processes in water treatment plants. *J. Kor. Soc. Wat. Qual.*, 14, 413–423.

원고접수 : 2007년 12월 21일

수정본 수리 : 2008년 1월 17일