

## 수종의 양식어류에 대한 목초액의 급성독성

김석렬 · 정성주 · 기타무라 신이치\* · 강소영 · 오명주†

전남대학교 수산생명의학과, \*에히메대학교 이학부

## Acute toxicity of wood vinegar on culture fishes

Seok-Ryel Kim, Sung-Ju Jung, Shin-Ichi Kitamura\*, So Young Kang and Myung-Joo Oh†

Dept. of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

\*Center for Marine Environmental Studies, Ehime University, Matsuyama 790-8577, Japan

Application of wood vinegar in fish farms has been used for the disinfection of pathogenic microorganisms and the treatment of infectious diseases. This study was performed to know the acute toxicity of wood vinegar to carp *Cyprinus carpio*, flounder *Paralichthys olivaceus*, rock fish *Sebastes schlegeli* and black sea bream *Pagrus major*. The 24 hr, 48 hr and 96 hr LC<sub>50</sub> respectively were: carp 1243, 1143 and 1016 ppm; flounder 1397, 1253 and 1226 ppm; rock fish 1058, 993 and 967 ppm; and black sea bream 650, 616 and 596 ppm. Death and survival of fish exposed to lethal concentrations of wood vinegar were apparently related to massive necrosis, fusion and epithelial lifting of gill lamellar epithelium, suggesting the osmotic imbalance and lack of oxygen uptake.

*Key words:* Wood vinegar, LC<sub>50</sub>, Carp, Flounder, Rock fish, Black sea bream

최근 환경보존의 필요성 증대와 육상 및 해상 식물의 부가가치를 높이려는 추세에 힘입어, 항생제나 화학비료 등을 대체하는 친환경 천연물질을 개발하려는 연구가 꾸준히 진행되고 있다 (Pillmoor *et al.*, 1993; Neale, 2000; Lee *et al.*, 2003).

목초액 (wood vinegar)은 목재를 탄화시키는 과정에서 발생하는 연기를 냉각시켜 얻어지는 응축물을 일정기간동안 정치하게 되면 3개 층으로 분리되는데, 보통 위층 (경질유)과 아래층 (타르)을 분리제거한 가운데층의 수용액을 말하며, 구미지역에서는 오래전부터 목초액을 항균, 살균, 보존성 향상, 항산화효과, 가공식품의 향취개선 등을 목적으로 식품용 첨가제로 사용하여 왔고 (Toth and Potthast, 1984; Pszczola, 1995; Guillen and Manzanos, 1996), 우리나라에서도 옛

부터 살균효과가 있어 천연농약으로도 많이 사용되어 왔다 (등록특허공보, 1999).

목초의 주요 구성성분은 보통 물이 80~90%를 차지하고 나머지가 유기물인데, 유기물 중에는 항균력을 가진 초산을 비롯한 유기산과 꽤놀류가 주성분이며, 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 나트륨 등의 무기질과 비타민 B1, B2 등 200여가지의 유기물로 구성되어 있고, pH 3~4 정도가 품질이 좋은 것으로 보고되어 있다 (Kim *et al.*, 2001; Farag, 1989).

목초액은 원래 목재를 사용하여 목탄을 제조하는 과정에서 부산물로서 얻어졌으나 최근에는 목초액의 수요증가에 따라 목초액을 제조하는 전문회사들에 의해 생산되고 있다.

최근 양식현장에서 양식기자재 소독 및 어병방제 효과를 얻을 목적으로 일부 사용되고 있으

†Corresponding Author : Myung-Joo Oh, Tel : 061-659-3173,  
E-mail : ohmj@chonnam.ac.kr

나, 아직까지 목초액의 효능에 관한 구체적인 검증이 이루어지지 않았고, 사용목적에 따른 목초액의 적정 사용 용량이나 어체에 대한 독성의 유무도 검증되어 있지 않은 실정이다.

본 연구에서는 천연소독제로 알려져 있는 목초액의 사용에 따른 어류에 대한 독성 확인을 목적으로 담수어류인 잉어, 해산어류인 넙치, 조피볼락 및 최근 연안에서 양식 및 방류가 성행하고 있는 감성돔을 대상으로 환경생물 독성 시험 기준과 방법에 준하여 어독성 실험을 행하고 각각의 어류에 대한 반수치사농도인 LC<sub>50</sub>를 제시하마로서 목초액의 수계 생물에 대한 급성 유해농도 기준을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험어

본 연구에서는 담수산 어종인 잉어와 해산 어종인 넙치, 조피볼락 및 감성돔을 대상으로 어독성을 평가하였다. 본 연구에 사용한 잉어는 체중 3.6 - 4.2 g, 체장 6 - 7 cm 넙치는 체중 4.1 - 6.3 g, 체장 6 - 7 cm, 조피볼락은 체중 7.8 - 9.1 g, 체장 7 - 8 cm의 크기를 사용하였고, 감성돔은 체중 7.4 - 9.1 g, 체장 8.5 - 9.3 cm 크기의 어체를 사용하였다 (Table 1). 모든 시험어는 여수 인근의 양식장에서 사육하고 있는 건강한 어체를 선발하여, 실험실로 이동한 후 최소 10일 이상 실험수조 내에서 순치시킨 이후에 시험에 사용하였다.

### 사육 조건

각각의 실험구별 실험용 수조는 수량 100 L 유리수조를 사용하였다. 사용 수조는 시험 전에

깨끗이 세척하여 일광 건조시킨 후 사용 사육수로 재차 세척한 후 기준량의 사육수 (사육용수+ 목초액)를 채워서 시험에 사용하였다.

잉어의 시험에는 수돗물을 3일간 폭기 시켜 탈염소 처리된 물을 사육수로 사용하였다. 넙치, 조피볼락 및 감성돔의 사육수는 여수 소재 전남도립수산과학관에서 수족관용 사육수로 사용하는 고압미세여과해수를 물차로 수송하여 본 연구실에 설치된 사육실의 해수탱크에 저장하고 오 등 (1999)의 방법에 준하여 오존발생장치를 가동하여 잔류오존농도 TRO 0.5 ppm의 농도로 1시간 처리하여 해수 중에 있을 수도 있는 병원체를 살균한 후, 24시간이상 폭기 시키고 사용 전 charcoal 여과기를 통과시켜 수중의 잔류오존이 없음을 확인하고 사육 및 사육수로 사용하였으며, 실험 기간 중의 수온은 18.5 - 20.5°C를 유지하였다.

### 독성 실험

독성 시험은 Hall and Golding (1998)의 "Acute toxicity test protocol" 및 수의과학검역원 제시 "환경생물독성시험의 기준과 방법"에 준하여 담수어류 급성독성 실험으로 잉어를 대상으로, 해수어류 급성독성 실험으로 넙치 및 조피볼락과 감성돔을 대상으로 실시하였다.

시험용액의 조제는 시판되고 있는 목초액 제품을 원액으로 하여 독성 실험용 사육수에 농도 (ppm)별로 미리 잘 교반하여 현탁 시켜 사용하였다. 각 어종에 대한 예비시험으로 10000 ppm, 5000 ppm, 2500 ppm, 1250 ppm, 625 ppm, 312 ppm 및 156 ppm 처리조건으로 각 구당 10미씩의 어류를 대상으로 48시간 관찰하여 본시험 농도

**Table 1.** Weight and length of fish used in this study

	Carp	Flounder	Rock fish	Black sea bream
Weight (g)	3.6 - 4.2	4.1 - 6.3	7.8 - 9.14	7.4 - 9.1
Standard length (cm)	6 - 7	6 - 7	7 - 8	8.5 - 9.3

에 적합한 농도범위를 결정하였다. 본 시험은 예비시험에서 얻어진 결과를 검토하여 어종마다 농도범위를 설정하여 시험하였다. 대조군은 약제를 무처리 한 담수 및 해수에 각각의 어종을 수용하여 대조 시험군으로 사용하였다.

사육용 시험수조 내에 약제 처리 후 각 시험구당 10미씩의 시험용 어류를 수용하고 수시로 외관, 먹이섭식, 유영이상을 관찰하고 24, 48, 96 시간째의 폐사율을 확인하였다. 폐사 판정은 아가미 개폐운동이 정지된 시험어 중에서 유리봉으로 자극하여 반응이 없는 개체를 기준으로 하였다.

실험기간동안 사육수조의 수온, 용존산소농도, pH 등을 1일 간격으로 정기적으로 측정하였다. 음성 대조군 및 시험군에 대하여 시험시작 및 부검 시에 체중을 측정하여 비교하였다. 각각의 시험은 3반복으로 행하고 해당처리시간에 따른 반수치사농도 ( $LC_{50}$ )를 probit 분석을 통하여 계산하였다.

### 병리조직학적 검사

시험 중 죽은 개체는 즉시, 그리고 생존하고 있는 전 개체에 대하여는 시험 종료 시에 부검하고 폐사의 원인조사를 위하여 상법에 따라 아가미, 피부, 간 비장, 신장을 적취하여 10% 포르말린 고정 및 파라핀 포매를 행하고 탈수, 투명 이후 hematoxiline-eosin (H-E) 염색을 하여 현미경하에서 병리학적인 관찰을 행하였다.

## 결 과

### 잉어에 대한 목초액의 농도 및 처리시간에 따른 폐사량 및 반수치사 농도 ( $LC_{50}$ )

예비시험에서 2500 ppm 이상의 조건에서 전량 폐사하였고, 1250 ppm에서는 40%의 폐사가 나타났으며, 625 ppm에서는 폐사가 나타나지 않아 본 시험의 농도구간을 500 ppm에서 2250 ppm 사이에 250 ppm의 간격을 두고 8구간을 설

정하였다.

이와 같이 설정되어진 시험 농도구에서 24시간, 48시간 및 96시간째의 폐사량은 24시간째에는 1500 ppm 이상의 농도에서 100% 폐사되었고, 1000 ppm과 1250 ppm의 농도구간에서 10 - 50%의 폐사가 확인되었고, 48시간째의 경우 24시간째와 크게 변동은 없으며, 96시간째에까지 약간 증가하는 경향을 띄었다.

이들 잉어를 대상으로 행한 시험구별 폐사 결과를 바탕으로 프로빗 분석을 행하여 잉어의 목초액 소독액 처리에 따른 반수치사농도를 계산하여 본 결과 24시간 노출구의 경우 1243 ppm, 48시간은 1143 ppm, 96시간째는 1016 ppm이 확인되었다.

### 넙치에 대한 목초액의 농도 및 처리시간에 따른 폐사량 및 반수치사 농도 ( $LC_{50}$ )

목초액의 넙치에 대한 반수치사농도를 측정하기 위한 시험의 예비시험으로 행한 농도 조건에서 2500 ppm 이상의 조건에서 잉어의 경우와 같이 전량 폐사하였고, 그 다음 시험구간이었던 1250 ppm에서 2%의 폐사가 나타났으나, 그 한 단계 아래의 농도조건인 625 ppm에서는 폐사가 나타나지 않은 결과를 바탕으로 넙치의 어류독성 본시험의 농도구간을 잉어의 경우와 같이 500 ppm에서 2250 ppm 사이에 250 ppm의 간격을 두고 8구간을 설정하였다.

이와 같이 설정된 시험 농도구에서 24시간, 48시간 및 96시간째의 폐사량을 검토한 결과 1500 ppm 이상의 농도에서 거의 100% 폐사되었던 잉어의 경우와 다르게 1000 ppm의 농도구간에는 폐사가 0-10%였으며, 1250 ppm의 농도구간에서 10-40%의 폐사가 확인되었다. 48시간째의 경우 1500 ppm의 구간에서 전량 폐사하였고, 1250 ppm의 농도구간에서도 폐사량이 일부 증가하였으나, 그 이후 96시간째가 경과할 때까지의 폐사체의 증가는 보이지 않았다.

이들 넙치를 대상으로 행한 시험구별 폐사 결과를 바탕으로 프로빗 분석을 행하여 넙치의 목

초액 소독액 처리에 따른 반수치사농도를 계산하여 본 결과 넙치의 목초액에 대한 24시간째 반수치사농도는 1379 ppm, 48시간째는 1253 ppm, 96시간째는 1226 ppm이 확인되었다.

#### 조피볼락에 대한 목초액의 농도 및 처리시간에 따른 폐사량 및 반수치사 농도 (LC<sub>50</sub>)

목초액의 조피볼락에 대한 반수치사농도를 측정하기 위한 예비시험으로 행한 농도 조건에서 2500 ppm 이상의 조건에서 잉어의 경우와 같이 전량 폐사하고, 그 다음 시험구간이었던 1250 ppm에서 3회 반복 결과 50% 이상의 폐사가 나타났다. 그 한 단계 아래의 농도조건인 625 ppm에서는 폐사가 나타나지 않은 결과를 바탕으로 조피볼락의 본시험 농도구간을 잉어의 경우와 같이 500 ppm에서 2250 ppm 사이에 250 ppm의 간격을 두고 8구간을 설정하였다.

이와 같이 설정된 시험 농도구에서 24시간, 48시간 및 96시간째의 폐사량을 검토해보면 24시간째에는 1750 ppm 이상의 농도에서 100%, 1500 ppm에서 90%의 평균 폐사율을 보였으나, 앞의 잉어 및 넙치의 경우와는 달리 750 ppm에서 1250 ppm의 농도구간에서 지속적인 폐사가 발생하는 경향이 있었다.

이들 조피볼락을 대상으로 행한 시험구별 폐사 결과를 바탕으로 프로빗 분석을 행하여 목초액 소독액 처리에 따른 반수치사농도를 계산하여 본 결과 24시간째 반수치사농도는 1058 ppm,

48시간째는 993 ppm, 96시간째는 967 ppm이 계산되었다.

#### 감성돔에 대한 목초액의 농도 및 처리시간에 따른 폐사량 및 반수치사 농도 (LC<sub>50</sub>)

최근에 국내 연안의 자원 조성용 및 양식용으로 사육이 활성화 되고 있는 감성돔을 대상으로 목초액처리에 따른 반수치사농도를 측정하기 위한 예비시험으로 행한 농도 조건에서 잉어, 넙치 및 조피볼락의 예비시험 결과와 다르게 1250 ppm 이상의 농도조건에서는 전량 폐사하고, 그 아래 시험구였던 625 ppm의 시험구에서도 3회 반복 결과 50% 이상의 폐사가 확인되어, 다른 어종에 대한 본시험 농도구간과는 달리 250, 500, 750, 1000, 1250 및 1500 ppm의 6개의 농도구간을 설정하여 본 시험을 행하였다.

이와 같이 설정된 시험 농도구에서 24시간, 48시간 및 96시간째의 폐사량을 검토해보면 1000 ppm 이상의 농도구간에서는 24시간째에 전량 폐사되었고, 750 ppm의 구간에서는 80-100%의 폐사가 확인되었다.

이들 감성돔을 대상으로 행한 시험구별 폐사 결과를 바탕으로 프로빗 분석을 행하여 목초액 소독액 처리에 따른 반수치사농도를 계산하여 본 결과 24시간째 LC<sub>50</sub>치는 650 ppm, 48시간째는 616 ppm, 96시간째는 596 ppm으로 계산되었다 (Table 2).

**Table 2.** LC<sub>50</sub> of carp, flounder, rock fish and black sea bream to wood vinegar treated for 24 hr, 48 hr and 96 hr.

	24 h LC <sub>50</sub> (ml/L)			48 h LC <sub>50</sub> (ml/L)			96 h LC <sub>50</sub> (ml/L)		
	Mean	95% confidence limit		Mean	95% confidence limit		Mean	95% confidence limit	
Carp	1243	1176	1316	1143	1038	1251	1016	972	1060
Flounder	1379	1349	1409	1253	1204	1300	1226	1170	1288
Rock fish	1058	980	1134	993	940	1044	967	897	1035
Black sea bream	650	624	675	616	589	643	596	571	623

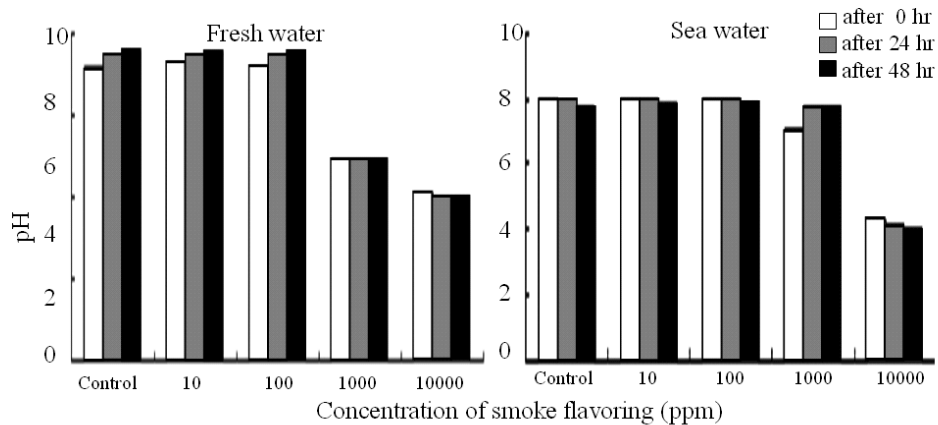


Fig. 1. pH change of fresh water and sea water by treatment with wood vinegar.

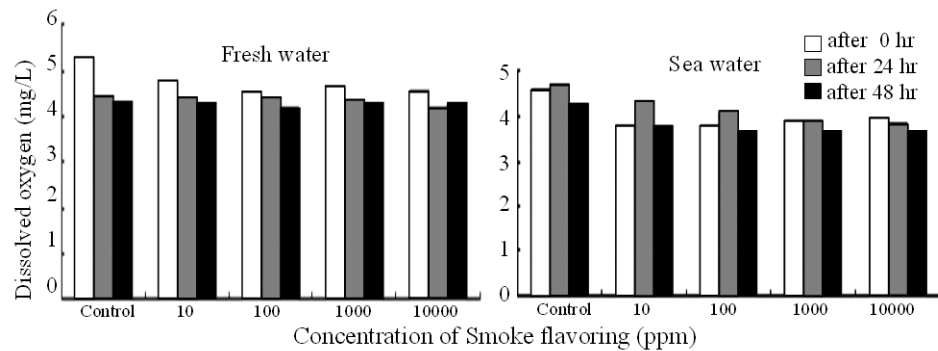


Fig. 2. DO change of fresh water and sea water by treatment with wood vinegar.

#### 목초액 농도에 따른 pH와 용존산소량 (DO)의 변화

담수와 해수에서, 목초액 농도에 따른 pH의 변화는 차이를 보였다. 담수에서는 100 ppm의 목초액 농도에서 약 7.5 pH로 대조구와 유사하였으나 1000 ppm에서 4.95 pH로 낮은 값을 보였다. 이에 반해 해수에서는 목초액 1000 ppm 농도에서도 pH의 변동이 거의 없으며, 10,000 ppm에서 약 4.2로 낮은 pH를 보였다 (Fig. 1).

목초액 농도에 따른 용존산소량의 변화는 담수와 해수환경 모두 특이적인 변화가 관찰되지 않았고 (Fig. 2), 시험 직후, 24 h 과 48 h 경과 후의 pH와 용존산소량의 변화 또한 큰 차이를 보이지 않았다.

#### 병리 조직학적 관찰

각각의 독성시험에서 폐사된 잉어, 넙치, 조피볼락, 감성돔의 아가미 조직에서 노출 후 병변을 관찰하였다.

노출에 의해 잉어의 아가미 조직은 상피세포가 박리되어 있었으며, 새판의 융합이 관찰되고, 넙치는 전반적인 아가미의 심한 괴사와 박리로 인해 아가미의 형태가 변형되었음이 관찰되었다. 조피볼락의 아가미는 새판의 융합과 상피층이 심하게 박리되어 있었고 증생되어 있었으며, 감성돔은 아가미의 새판이 심하게 융합되어 있었고 상피세포의 증생과 괴사가 관찰되었다 (Fig. 3).

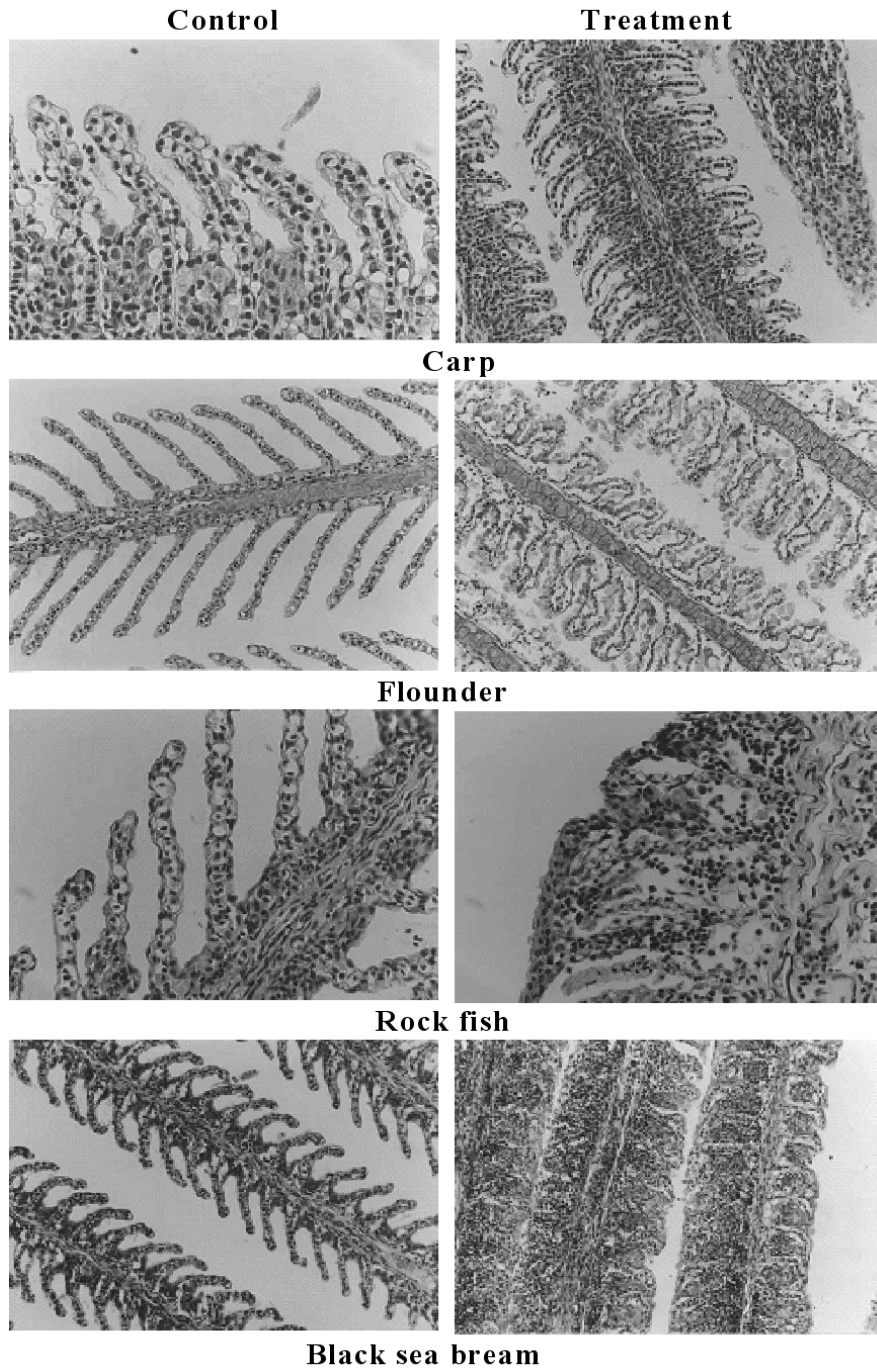


Fig. 3. Histological section of gills exposed to each lethal concentration of wood vinegar.

## 고 찰

목초액의 적용에 관한 연구로 비료, 식품 보존

제, 제조제, 항균 및 살균 효과등에 관한 내용이 상당수 보고 되어 있지만, 지금까지 수산분야에 서는 연구된 바가 거의 없다 (Toth and Potthast,

1984; Pillmoor *et al.*, 1993; Pszczola, 1995; Guillen and Manzanos, 1996; Neale, 2000; Lee *et al.*, 2003).

목초액의 성분은 10~20%가 유기화합물이며 이들 내에는 12종의 유기산류와 13종의 phenol류, 19종의 carbonyl 화합물류, 9종의 alcohol류를 포함하며 약 200여종의 성분이 함유되어 있는 것으로 알려져 있고 (Kim *et al.*, 2001; Farag, 1989; Yatagai *et al.*, 1988), 타르, 페놀, 메탄올, 크레졸, 벤조피렌 등과 같은 유해성분이 함유되어 있어, 세포독성을 갖고 있는 것으로 알려져 있다 (변 2005).

Kim 등 (2001)은 시판되고 있는 목초액을 분석한 결과 산성분획물로 26종의 성분을 동정하였고, 페놀성 분획물에서는 32종의 페놀화합물을 동정하였으며, 시판제품의 공통적인 주요 구성 성분은 guaiacol, 4-methylguaiacol, phenol, *p*-cresol, *m*-cresol 등이라고 보고하였다.

본 연구에서 독성을 확인하기 위해 사용된 잉어, 넙치, 조피볼락 및 감성돔의 반수치사량이 각각 약 1200 ppm, 1300 ppm, 1000 ppm 및 650 ppm으로 나타났다. 특히 감성돔의 경우 잉어와 넙치 반정도의 농도에서 반수치사량이 나타나 목초액에 대한 민감성을 보였다. 이는 서식환경에 민감한 감성돔이 목초액에 함유되어 있는 페놀, 메탄올 등과 같은 유해성분과 급격한 수질의 pH 저하 등에 의한 것으로 추정된다. LC<sub>50</sub> 값을 비교하였을 때 넙치가 가장 높았는데 이는 넙치가 섭식할 경우를 제외하고는 활성이 적고, 유영 능력이 강한 다른 어종에 비하여 대사강도가 낮으므로 (Kikuchi *et al.*, 1990) 목초액의 독성에 대한 내성이 다소 높게 나타난 것으로 생각된다.

Hwang 등 (1998)은 목질 탄화액의 pH와 산도는 탄화방법과 밀접한 관계가 있다고 하였고, 또한 낮은 탄화온도에서는 용해타르 함량이 적다고 하였으며, 이 등 (2002)은 재래식 및 기계식 목초액의 특성을 조사한 결과 pH, 비중, 산도, 용해타르 등이 재래식 목초액이 기계식 목초액보다 독성을 나타내는 성분의 함량이 적게 함유되

어 품질이 우수하다고 보고 하여, 목초액의 독성은 제조공법에 따라 정도가 다르게 나타날 수 있음을 보고하여, 기계식에 의해 대량생산된 목초액은 독성성분이 재래식 공법에 비해 더 많이 함유되어 있음을 시사하였다.

어류는 수중에서 사육수와 가장 광범위하게 접촉하는 부위가 아가미이므로 사육수 중에 용해되어 있는 목초액의 독성물에 의해 일차적으로 영향을 받는 부위가 아가미라 할 수 있다.

본 연구에서 목초액의 LC<sub>50</sub>에 사용된 각 어류에 대한 아가미의 병리조직학적 관찰 결과, 잉어의 경우 아가미 조직에서 상피세포가 박리화 새판의 융합, 넙치의 경우 아가미의 심한 괴사와 박리로 인해 아가미의 형태가 변형, 조피볼락에서의 경우 아가미는 새판의 융합과 상피층이 심하게 박리 및 증생, 감성돔에서의 경우 아가미 새판의 심한 융합 및 상피세포의 증생과 괴사가 관찰되었다. 이처럼 손상된 아가미로서는 어체에 산소공급이 어려울 것으로 사료된다.

또한, 본 연구에 사용된 해산어는 체액이 해수에 비해 낮은 삼투질 농도를 갖는 저장성 어류로서 아가미 손상에 의해 고장성 해수 전해질이 혈액에 유입될 가능성이 있고, 손상에 의해 아가미 상피세포의 삼투조절 능력이 상실됨으로서 폐사에 이른 것으로 추정되었다. 본 연구에서 목초액의 어류에 대한 독성은 확인 할 수 있었지만, 목초액의 어떤 독성 성분인지는 확인하지 못하였다.

## 요 약

최근 양식현장에서 양식기구 소독과 어병방역을 목적으로 목초액을 사용하고 있으나 목초액에 대한 정보는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 목초액에 대한 어류독성을 검토하기 위하여 잉어, 넙치, 조피볼락 및 감성돔을 대상으로 독성 여부를 확인하였다. 목초액에 대한 반수치사 농도는 담수 어종인 잉어의 경우 48시간 LC<sub>50</sub>치가 1243 ppm, 넙치에서 1397 ppm으로 나

타나 시험에 대상으로 한 다른 어종에 비해 높게 나타났으며, 조피볼락에서는 1058 ppm, 감성돔의 경우는 LC<sub>50</sub> 치가 650 ppm으로 조사되어 가장 낮게 나타났다. LC<sub>50</sub> 농도에 노출된 어체의 조직학적 관찰에서는 목초액이 처리된 모든 어체의 아가미에서 괴사, 증생 및 박리 등이 관찰되어, 아가미의 심각한 손상으로 삼투조절 및 산소공급에 문제가 있을 것으로 추정되었다.

### 참 고 문 헌

- Farag, R.S.: Antimicrobial activity of some egyptian spice essential oils. *Journal of Food Protection*, 52: 665-670, 1989.
- Guillen, M.D. and Manzanos, M.J.: Study of the components of an aqueous smoke flavoring by means of Fourier transform infrared spectroscopy and gas chromatography with mass spectrometry and flame ionization detectors. *Advence of Food Science (CTML)*, 18: 121-127, 1996.
- Hall, J.A. and L.A.: *Golding. Standard methods for whole effluent toxicity testing: development and application. Report No. MFE 80205. NIWA report for the Ministry for Environment, Wellington, New Zealand. 1998.*
- Hwang, B.H., Koo, J.O., Kim, Y.S., Mun, S.P., Moon, C.K., Park, K.H., Ahn, W.Y., Lee, J.Y., Lee, H.J. and Cho, J.S.: Wood biomass. *Shinjinmunhwasa, Seoul*, p.31-37, 1998.
- Kikuchi, K., Takeda, S., Honda, H. and Kiyono, M.: Oxygen consumption and nitrogenous excretion of starved Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56: 1891, 1990.
- Kim, Y.H., Kim, S.K., Kim, K.S. and Lee, Y.H.: Composition of constituents of commercial wood vinegar liquor in Korea. *Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 7: 337-341, 2001.
- Lee, F.Z. and Eun, J.B.: Physicochemical characteristics of bamboo smoke distillates processed by mechanical steel kiln and traditional earth kiln. *Journal of Korean Society for Food Science and Nutrition*, 31: 251-256, 2002.
- Neale, M.: The regulation of natural products as crop-protection agents, *Pest managements Sceience*, 56: 677-680, 2000.
- Pillmoor, J.B., Wright, K. and Terry, A.S.: Natural products as a source of agrochemicals and leads for chemical synthesis. *Pesticide Science*. 39: 131-140, 1993.
- Pszczola, D.E.: Tour highlights production and uses of smoke-based flavors. *Food Technology*, 49: 70-74, 1995.
- Tóth, L. and Potthast, K.: Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. *Advence of Food Research*, 29: 87-158, 1984.
- Yatagai, M., Unrinine, G. and Ohira, T.: By-products of wood carbonization IV. components of wood vinegars. *Mokuzai Gakkaishi*, 34: 184-188, 1988.
- 등록특허공보: 기초목초액에 함유된 유해성분 제거 방법, 대한민국특허청, 1999.
- 변무원: 조목초액의 정제 방법 및 이에 따라 정제된 목초액, 대한민국특허청, 출원번호: 2005-0098620.
- 오명주, 김홍윤, 조현서: 오존 처리법에 따른 양어용수의 살균에 대하여 1. 해산어류 병원세균의 오존감수성. *한국어병학회지*, 12: 42-48, 1999.

Manuscript Received : July 22, 2006

Revision Accepted : September 28, 2006

Responsible Editorial Member : Joon-ki Chung  
(Pukyong Univ.)