

## 자외선을 이용한 활어용 수조수의 위생 대책 수립

최승태 · 박미연 · 장동석  
부산수산대학교 식품공학과

### Sanitary Control of Aquarium Tank Water with U.V. Light

Seung-Tae CHOI, Mi-Yeon PARK and Dong-Suck CHANG

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,  
Nam-gu, Pusan 608, Korea

The purpose of this study is to develop a sanitary aquarium for the safety slices of raw fish by using U.V. light. Water re-circulating system was composed of two tanks. One of the tanks (90×45×45cm in size) was used for rearing fish and the other (90×45×45cm in size) with 37 pieces of corrugated plastic plates was used for the growth of *Nitrosomonas* and *Nitrobacter* to remove ammonia from the water. Consequently, bactericidal effects of U.V. light were examined under the controlled condition of water with flow rate 730ml/sec (water flow thickness: 10mm), the width 41cm of water flow route, and the distance 4.75 cm from the lamp to its water bottom, and U.V. light 75W (5 lamps). The water of the aquarium tank will be theoretically circulated 1 cycle per 18 min.

In these conditions the bactericidal effect was 85 % just after passing through U.V. light and 3 log cycle in aquarium tank water. The count of *Vibrio parahaemolyticus* just after irradiation was decreased by about over than 3 log cycle.

Under the irradiation for 72 hours, viable cell counts in both skin and gill of fish reared were decreased into about 2 log cycle, but there was no significant decrease in viscera. When the temperature of the tank was controlled at about 20~23°C under the same condition, viable cell counts were reduced about 2 log cycle, and fecal coliforms were reduced about 1 log cycle and 3 log cycle in *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis*, respectively.

Key words : U.V. light, aquarium tank, slices of raw fish

### 서론

우리 국민의 기호 식품으로 빼 수 없는 생선회의 소비는 교통 수단의 발달에 힘입어 전국적으로 크게 늘고 있다. 그런데 연안 해수의 오염이나 비위생적인 처리로 인한 세균성 식중독이 빈번히 발생하고 있으며, 주 원인균은 장염 비브리오균으로 알려져 있다. 이 균에 관한 연구 보고로는 국내외적으로 많으며 (Beuchat, 1973; Kim and Chang, 1977; Chang and Kim, 1978), 음식점에서의 생선회도 세균 오염 상태가 심하다고 보고된 바도 있다.

위의 연구 결과들을 검토하여 보면 횃집에서 활용

하고 있는 활어용 수조에 대한 위생 처리가 시급함을 알 수 있다. 활어용 수조의 해수나 활어에 대한 제균 방법에는 여러 방법을 들 수 있겠으나, 우선 시설비가 적게 들고 사용이 간편한 자외선 살균 장치를 들 수 있다.

실제로 자외선을 이용한 예로서 미국에서는 오염된 패류의 정화에 널리 이용되어지고 있었으며 (Furfari, 1966), 우리 나라 식품 공장에서도 공기 살균이나 음료수의 살균에 일부 이용되기도 한다.

한국에 있어 연안 해수나 어패류에 대한 세균학적 특성과 오염 상태에 관한 보고는 많으나 생선회의 위생 대책 수립을 위한 연구는 거의 없으며, 생선회로

인한 식중독 사고가 빈발하는 한여름철에는 생선회의 판매 금지나 극히 소극적인 대책을 취하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 생선회에서 제일 문제가 되고 있는 병원균에 대한 위생 대책 수립을 위해 횡집에서 사용하는 수조의 해수나 활어에 오염되어 있는 세균을 효과적으로 제거하기 위하여 자외선등을 이용하였으며, 물의 두께를 조절하면서 활어용 수조의 해수나 활어패류에 부착된 호염성 병원균 및 위생 지표세균에 대한 제균 효과의 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 활어용 수조

활어용 수조는 90(L)×60(W)×45(D) cm 크기의 유리 수조에 깊이 35cm되게 해수를 채워 하부에 설치하였으며, 특히 해수 공급이 어려운 곳에서 해수를 반복 사용할 수 있도록 하기 위하여 90(L)×45(W)×45(D) cm되는 다른 수조를 상부에 연결시켰으며 (Fig. 1), 상하부 수조의 수량은 약 400l 정도였다.

한편 수조 중의 어류에서 분비되는 배설물 등 유기물질의 분해로 인하여 수조수 중의 ammonia 농도가 높아지게 되어 어류가 쉽게 죽게 되는데, 이를 막기 위하여 상부의 수조 내에 70×20 cm 크기의 플라스틱 37매를 1 cm 간격으로 설치하였으며, 질산화 세균의 증식을 좋게 하기 위하여 직경이 33 cm인 원판 스티로폴 37매를 수직으로 63 cm되게 연결함으로 해서 표면적을 크게 하였고, 하부 수조의 중앙에는 원추형의 배수관을 연결시켜 그 곳에 모인 배설물을 제거시켰다. 또한 400l의 축양 수조수를 반복 사용하기 위하여 105 W 용량의 순환 펌프로 하부의 수조수를 상부로 올라 오게 하여 순환시켰다.

수조수에 자외선을 직접 조사할 경우 깊은 곳까지 자외선이 투과하지 못할 뿐 아니라 어류에 피해를 끼칠 수도 있으므로 상하부의 수조 사이에 폭 41 cm와 길이 105 cm되는 수로를 설치하고, 그 위에 15 W 용량의 자외선등(Toshiba, Germicidal lamp GL 15) 5조를 설치하였다.

수로의 바닥과 자외선등과의 거리는 4.75 cm였으며, 수로를 흐르는 물의 두께는 조절할 수 있도록 하였

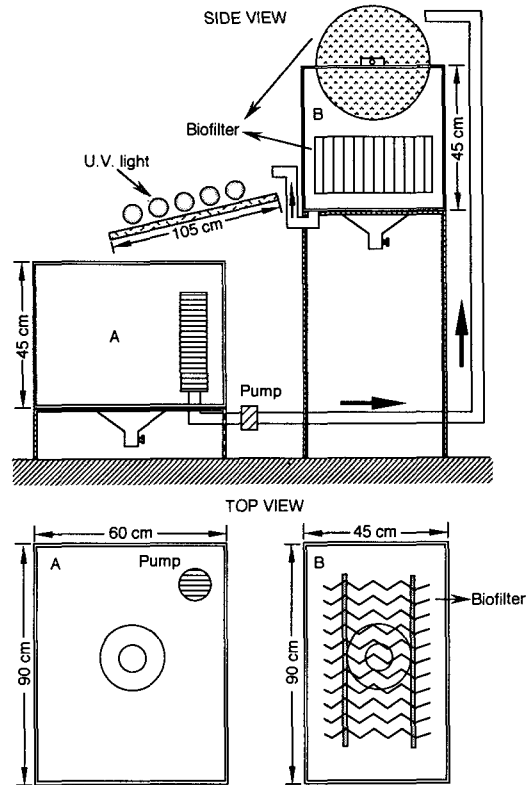


Fig. 1. View of re-circulating system for the experiment.

A: Water tank for fish rearing.  
B: Water tank for depuration.

다. 물의 두께를 3.3 mm로 조절하였을 때 유수량은 850 ml/sec였으며, 5조의 등을 통과하는 데에는 약 1.1 초가 소요되었다. 이 때 상하부의 수조수 전량이 한 바퀴 순환하는 데에는 이론적으로 16분이 소요되었다.

경사를 조절하여 물 두께를 10 mm로 했을 때의 유수량은 730 ml/sec 이었고, 5조의 등을 통과하는 데에는 약 2.4초가 소요되었으며, 수조수 전량이 한바퀴 순환하는 데에는 18분이 소요되었다. 수조수를 순환시킬 때 생기는 물거품이 자외선등에 부착하는 것을 막기 위하여 수로의 해수면 위에 얇은 film (식품포장용, 염화비닐수지)을 깔아서 물거품이 발생하는 것을 억제시켰다.

### 2. 해수에 대한 제균 시험

실험용 해수는 해운대 소재 부산수산대학 부설 해양과학연구소에서 인양하여 미세 조류 및 협잡물을

제거하기 위해서 plankton net (pore size: 20 $\mu$ m)로 여과시킨 해수를 사용하였으며, 안정화를 위하여 48 시간 이상 충분히 순환시켰고, 자외선등을 각각 2조(30 W), 3조(45 W), 4조(60 W) 및 5조(75 W)씩 조사하면서 자외선등 통과 전후의 해수를 취해 인산완충 회석수로 단계 회석한 다음 균수를 측정하였다. 또한 순환수에서의 일반 세균 및 장염 비브리오균의 변화를 보기 위해 임의로 배양시킨 세균 배양액(*E. coli* ATCC1129, *Salmonella enteritidis* ATCC13076, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC17802)을 오염시켰으며, 장염 비브리오균의 분리 및 동정은 Hugh and Sakazaki(1972)의 방법에 준하였다.

### 3. 어패류에 대한 제균 시험

어패류는 내장, 표피 및 아가미 그리고 패류는 가식부만을 취해 인산완충회석수로 단계 회석한 다음 미국 APHA(1962)의 Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish의 방법에 따라 생균수를 측정하였다. 또한 활어용 수조수의 온도는 17 $^{\circ}$ C 정도로 유지시켰으며, 패류의 경우에는 20~23 $^{\circ}$ C 되게 조절하여 패류의 여수율을 좋게하였다.

### 4. 순환 수조수의 수질 검사

활어용 수조의 해수를 순환시키면서 경과 시간에 따라 수질을 검사하였다. 용존 산소는 Winkler 변법

에 의하여 측정하였고, 아질산태 질소는 GR시약으로 발색시킨 다음 Spectronic 20 분광 비색계로 파장 520 nm에서 비색 정량하였으며, ammonia태 질소는 chloramine T와 thymol반응에서 생산되는 indophenol의 청색을 상기 분광 비색계로 670 nm에서 비색 정량하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 자외선 조사에 의한 균수 변화

#### 1) 자외선등 통과 전후의 일반 생균수 변화

자외선등 통과 전후의 균수를 측정하기 위하여 48 시간 이상 충분히 안정화시킨 해수를 사용하였으며, 수로를 통과하는 해수의 두께는 각각 3.3 mm와 10 mm로 조절하였고, 자외선등을 30 W, 45 W, 60 W 및 75 W 씩 각각 켜고 자외선등 통과 전후의 균수 차이를 관찰한 결과는 Table 1과 같다.

자외선등 30 W를 사용했을 때의 살균 효과는, 물 두께가 10 mm일 때 평균 33.0 %, 3.3 mm일 때는 평균 29.0 %였다. 45 W를 사용했을 때는 물 두께 10 mm에서 평균 75.0 %, 3.3 mm에서 평균 69.0 %로 30 W를 조사했을 때보다 효과가 월등히 좋았다. 또 60 W에서는 물 두께 10 mm에서 79.0 %, 3.3 mm에서 74.0 %였으며, 75 W를 사용했을 때 물 두께 10 mm와 3.3 mm

Table 1. Sterilization effect on bacterial count by U.V. light

Experimental condition	Irradiation dosage(W)	Viable cell count/ml		Reduced ratio (%)
		Before treatment	After treatment	
I <sup>1</sup>	30	330	220	33.0
	45	400	100	75.0
	60	330	70	79.0
	75	410	60	85.0
II <sup>2</sup>	30	310	220	29.0
	45	260	80	69.0
	60	230	60	74.0
	75	370	70	81.0

<sup>1</sup> Flow rate: 730 ml/sec  
Thickness of water flow: 10 mm

<sup>2</sup> Flow rate: 850 ml/sec  
Thickness of water flow: 3.3 mm

에서 85.0 % 와 81.0 % 였으며, 5조의 등을 통과하는 데 소요되는 시간은 각각 2.4초와 1.1초였다.

이상에서와 같이 모든 실험 구간에서 물 두께 10 mm에서의 살균 효과가 3.3 mm에서보다 좋았는데 이는 노출 시간의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 그리고 이후의 조사량 증가에 따른 살균 효율 증가의 정도를 고려하여 모든 실험 구간의 조건을 자외선 조사량 70 W, 물 두께는 10 mm로 고정하였다.

2) 수조수에서의 생균수 변화

자외선을 조사하면서 48시간 후에 수조수에서의 생균수를 측정할 결과 (Fig. 2), 약 3 log cycle 감소하였으나, 자외선을 조사하지 않은 대조구에서는 거의 변화가 없었다.

3) 장염 비브리오 균수 변화

Kanagawa현상 양성인 장염 비브리오균을 배양시켜서 임의로 오염시키고 2시간 정도 순환시킨 다음 자외선을 조사하면서 시간의 경과에 따른 균수의 변화를 측정하였다(Fig. 3). 자외선 조사 1시간 후에 장염 비브리오 균수는 3 log cycle 감소하였으나, 그 후에는 거의 변화가 없었다. 이와 같은 자외선에 대한 세균의 감수성에 대하여 Maunder (1977)는, *Proteus vulgaris*, *Shigella* 그리고 *Escherichia* 등과 같이 포자를 형성하지 않는 세균은 자외선에 의해 쉽게 사멸하는 것으로 보고하고 있다.

2. 활어용 수조 내의 어패류에 대한 제균 효과

1) 어류 내장에서의 균수 변화

활어용 수조 내에 쥐치(*Stephanolepis cirrhiters*)를 넣어 두고 72시간 이상 안정화시킨 후 자외선등(75 W)을 켜고 수조수를 순환시켰을 때 내장에서의 균수 변화를 측정할 결과는 Fig. 4와 같다. 감소율은 3일 후에도 거의 변화가 없었는데, 어류는 흡수한 해수를 아가미를 통하여 밖으로 내보내기 때문에 내장에서의 균수 변화는 거의 없었다.

2) 어류 표피 및 아가미에서의 균수 변화

돌돔(*Oplegnathus faciatius*) 및 쥐치 등의 어류를 수조에 넣고 임의로 배양시킨 세균 배양액(*E. coli*, *Salmonella*, *Vibrio parahaemolyticus*)을 오염시킨 후 72시간 이상 충분히 안정화시킨 다음 24, 48 및 72시간마다 어류를 취해 아가미와 표피(3×4 cm)에서의 균수 변화를 측정할 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

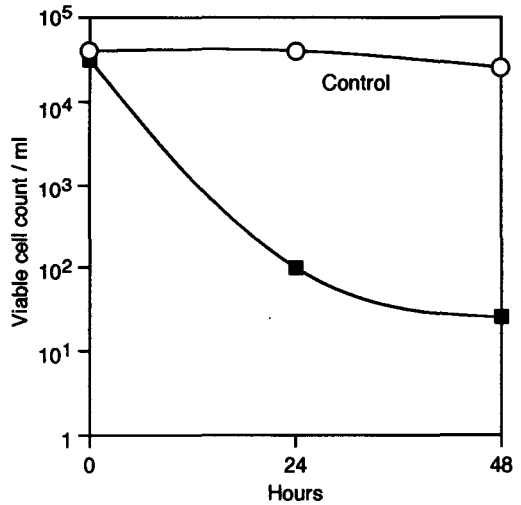


Fig. 2. Change of bacterial count in a re-circulation system by U.V. light treatment (water flow thickness: 10 mm, lamp: 75 W).

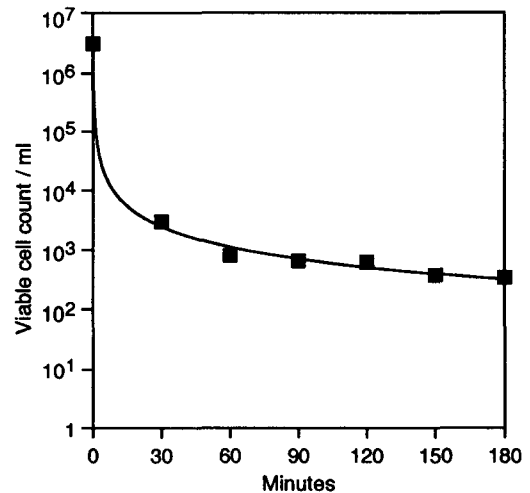


Fig. 3. Change of bacterial count of *Vibrio parahaemolyticus* in a re-circulating system by U.V. light treatment (water flow thickness: 10 mm, lamp: 75 W).

돌돔의 경우, 24시간만에 표피 1cm<sup>2</sup>당 2 log cycle 감소하였으며, 아가미의 경우는 1g당 2 log cycle 감소하였다. 쥐치의 경우, 24시간만에 표피 1cm<sup>2</sup>당 2 log cycle의 감소율을 나타내었으며, 아가미는 1g당 1.5 log cycle의 감소율을 나타내어 오염 해수가 정화됨에 따라 어류의 아가미와 표피에는 내장의 경우와는 달리 상당한 제균 효과가 있었다.

그리고 어종에 따라 약간씩의 차이는 있었으나, 해

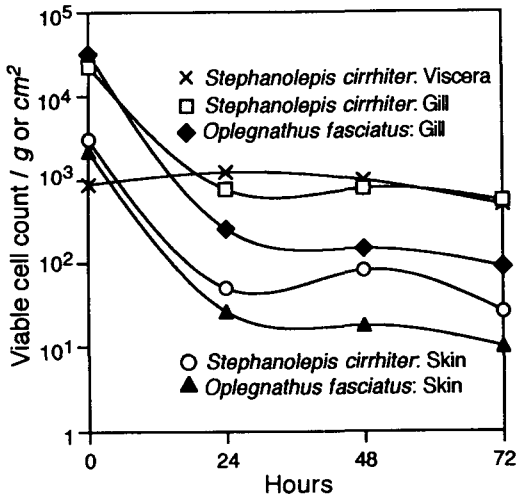


Fig. 4. Change of bacterial count of the viscera, skin and gill of *Stephanolepis cirrhiter* and *Oplegnathus fasciatus* reared in a re-circulation system by U.V. light treatment (water flow thickness: 10 mm, lamp: 75 W).

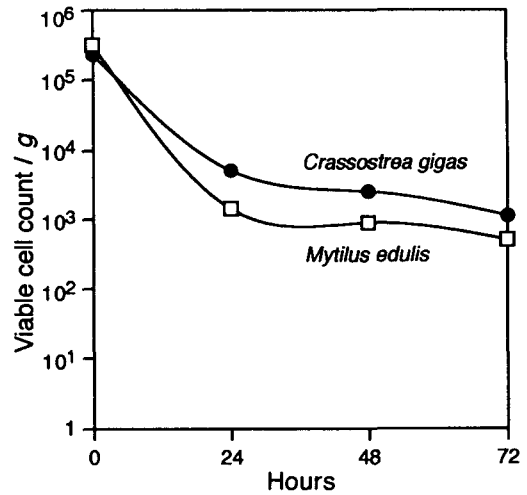


Fig. 5a. Change of viable cell count of *Mytilus edulis* and *Crassostrea gigas* reared in a re-circulation system with U.V. light treatment (water flow thickness: 10 mm, lamp: 75 W).

수가 정확됨에 따라 아가미와 표피에서의 감소율이 높으므로 계속적으로 순환 해수에 자외선을 조사할 경우 상당한 제균 효과가 있을 것으로 생각된다.

3) 패류에서의 생균수와 분변계 대장균의 변화  
패류에서의 제균 실험을 위하여 각각 3 kg, 5 kg 씩의 홍합(*Mytilus edulis*)과 굴(*Crassostrea gigas*)을 넣은 다음 온도를 20~23℃로 유지시키고, 75 W의 자외선을 조사하면서 일반 세균과 분변계 대장균에 대한 시간 별 제균 효과를 측정된 결과는 Fig. 5a, 5b와 같다.

패류 내에서의 생균수는 홍합의 경우 24시간 후에 2.5 log cycle의 감소율을 나타내었으나, 굴의 경우는 2 log cycle 감소하였다. 한편 홍합과 굴 100 g당 분변계 대장균수는 24시간 후에 각각 3 log cycle, 1.5 log cycle 정도 감소하여 굴에서의 감소율이 다소 낮았다.

Furfari(1966)의 보고에 의하면, 패류의 정화시 (유속: 1800 ml/sec, 물 표면과 등과의 거리: 15 cm, 등 수: 30 W, 13개 3.5~4.5℃의 온도에서 24시간 후 대장균은 약 1 log cycle정도 감소되었으며, 13℃에서는 24시간 만에 거의 2 log cycle, 20℃ 부근에서는 2 log cycle 이상 감소한다고 하여, 본 실험에서의 연구 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

이들은 자외선등을 통과한 해수가 수조를 거쳐 계

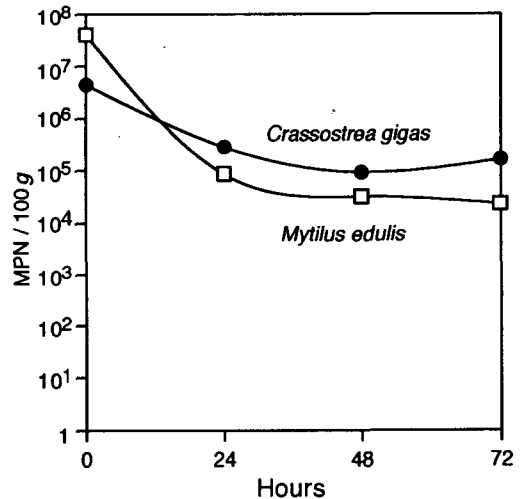


Fig. 5b. Change of fecal coliform MPNs of *Mytilus edulis* and *Crassostrea gigas* reared in a re-circulation system with U.V. light treatment (water flow thickness: 10 mm, lamp: 75 W).

속 밖으로 유출될 수 있도록 한데 반해 본 실험에서는 수조에서 해수를 반복 사용하였다. 이 때 수조수 내의 순환이 일정하게 일어나지 않는 경우가 발생하는데, 본 장치를 통과한 해수가 수조에 머무르지 않고 계속 밖으로 유출될 경우는 보다 큰 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

**Table 2. Change of water quality in a re-circulation system (Fig. 1) with biofilter**

Days of trail	Salinity (ppt)	pH	Desolved oxygen (ppm)	Alkalinity (ppm)	NH <sub>3</sub> -N NH <sub>4</sub> -N (ppm)	NO <sub>2</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)
1	30	8.2	8.6	168.1	0.07	0.01	0.12
11	31	8.0	8.0	161.1	1.12	0.16	2.26
22	31	7.8	7.6	140.1	2.16	0.28	4.68
33	32	7.4	7.2	142.1	1.42	0.69	14.26
42	33	7.2	7.1	140.1	0.28	0.09	21.68
54	34	7.1	7.0	138.1	0.26	0.62	22.62
64	34	7.0	7.1	130.0	0.28	0.68	25.68

Added fishes to the water tank were about 30 fishes whose individual weight were ranged from 20 to 41 g.

4) 활어용 수조수의 수질 변화

해수어를 수조에서 기를 때 해수 중에 축적되는 ammonia나 아질산에 의해서 폐사가 일어나는데, 이것은 계속 해수를 교환하고 있는 연안 횡집에서는 문제가 없으나, 내륙 지방과 같이 해수를 자주 교환할 수 없는 곳에서 크게 문제가 된다. 따라서 본 실험에서는 Fig. 1과 같은 장치로, 어류의 배설물 등으로 인한 ammonia나 아질산을 상당히 감소시켰는데, 그 결과는 Table 2와 같다.

수조수에 무게 20~41g 되는 활어 30마리를 넣고 수질의 변화를 측정한 결과, 경과 일수에 따라 ammonia태 질소나 아질산태 질소는 증가하였는데, 22일째에 total ammonia태 질소가 2.16 ppm으로 증가하였다. 이는 이 때까지 질산균의 번식이 활발하지 못했으며, 64일째에는 질산균의 활발한 번식으로 다시 감소된 것으로 추정된다.

어중에 따라 ammonia나 아질산에 대한 독성에 차이는 있으나, Table 2에서 알 수 있는 바와 같이 각 농도가 낮아서 해수어를 기르는 데에는 아무런 지장이 없음을 알 수 있었다.

요 약

생선 횡집의 활어용 수조수에 대한 위생 대책 수립의 일환으로 자외선을 이용한 제균 효과를 검토하였다.

1. 물 두께 10 mm (유수량; 730 ml/sec, 등; 5조, 통과 시간; 2.4초)와 자외선 조사량 75 W의 조건에서 자외선등 통과 직후의 해수에서의 생균수 감소율은 평균 85.0 %였다.

2. 장염 비브리오균의 경우, 자외선 조사 후 1시간 만에 3 log cycle 감소하였으며, 그 이후 큰 변화가 없었다.

3. 한편 쥐치에 같은 조건으로 72시간 처리했을 때 내장 세균의 감소는 거의 없었으나, 돌돔 및 쥐치의 표피와 아가미에서의 생균수 감소율은 약 2 log cycle이었다.

4. 패류의 여수율을 좋게 하기 위하여 수조수의 온도를 20~23℃로 조절한 수조에서 홍합과 굴을 같은 조건으로 처리했을 때 24시간 후에 생균수의 감소율은 홍합과 굴에서 각각 2 log cycle 정도였으며, 분변계 대장균의 경우는 각각 3 log cycle, 1.5 log cycle 정도 감소하였다.

참 고 문 헌

A.P.H.A. 1962. Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish, 3rd. ed. Am. Pub. Health Assoc. Inc. U. S. A. pp. 1~51.  
 Beuchat L. R. 1973. Interacting effects of pH, temperature and salt concentration on growth and

- survival of *Vibrio parahaemolyticus*. Appl. Microbiol. 25, 844~846.
- Chang, D. S. and Y. M. Kim. 1978. Isolation of *Vibrio parahaemolyticus* in marine samples collected during months in Yongho Bay. Bull. Korean Fish. Soc., 11(3), 147~153 (in Korean).
- Furfari S. A. 1966. Depuration Plant Design. U. S. Department of health, education, and welfare public health service. pp. 1~119.
- Hugh R and R. Sakazaki. 1972. Minimal number of characters for the identification of *Vibrio* species, *Vibrio cholerae* and *Vibrio parahaemolyticus*. pub. Health Lab., 30, 133~137.
- Maunder D. T. 1977. Possible use of ultraviolet sterilization of containers for aseptic packaging. Food Technology April. 33~37.
- Kim, Y. M. and D. S. Chang. 1977. A study on the distribution of *Vibrio parahaemolyticus* in Busan coastal area. Bull. Nat. Fish. Univ. Busan, 17(1, 2), 45~54 (in Korean).
- 
- 1994년 12월 7일 접수  
1995년 7월 13일 수리