

경남 고성만 굴양식장의 위생학적 특성

이상준¹, 정우건², 구준호¹, 권정노¹

¹국립수산과학원 어장환경과, ²경상대학교 해양생명과학과

Sanitary characteristics of Seawater and Oyster (*Crassostrea gigas*) in Goseong Bay, Korea

Sang-Jun Lee¹, Woo-Geon Jeong², Jun-Ho Koo¹ and Jung No Kwon¹

¹Marine Environment Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

²Department of Marine biology and Aquaculture, Gyeongsang National University, 445 Inpyeong, Tongyoeng 650-160, Korea

ABSTRACT

For the hygienic production of oyster at Goseong bay, this study investigated the marine bacteriological condition of the area from 2008 to April 2009. Average seawater temperature and salinity ranged 2.8-19.3.0°C and 32.61-34.91 psu, respectively. The coliform group and fecal coliform of seawater ranged < 1.8-4,900 MPN/100 mL and < 1.8-700 MPN/100 mL, respectively. The coliform group of oyster (*Crassostrea gigas*) ranged < 1.8-13,000 MPN/100 g. Fecal coliform of oyster ranged and < 1.8-310 MPN/100 g. Only one of 140 samples was exceeded in the U.S NSSP standard (> 230 MPN/100 g) of fecal coliform. Fecal coliform in seawater was on the level of clean sea, below the U.S. NSSP standards, and the contents of fecal coliform and heavy metals in cultured oyster were also below the U.S. NSSP, heavy metal standards, showing that the sea area is bacteriologically safe.

Key words: Goseong Bay, Oyster, *Crassostrea gigas*, Hygienic condition, Sanitary characteristics

서 론

패류는 여과섭이활동을 통하여 그들 주위의 해수 중에 부유하고 있는 인체에 유해한 세균이나 바이러스뿐만 아니라 여러 가지 오염물질을 섭취하여 체내에 축적한다. 또한 패류는 폐각을 제외하고 장기관을 포함한 전 생체를 생식용으로 사용하는 비율이 높아 타 식품보다 병원성 미생물에 의한 질환의 발생률이 높은 위생적인 취약점을 갖고 있다 (해양수산부, 2005). 생식으로 인한 식중독 중 대표적인 것은 병원성 비브리오균이고 그 중에서도 비브리오 패혈증이 수산물의 안전성에 대한 위협요인으로 되고 있다. 이외에도 분변으로 오염되는 살모넬라성 질환과 이질 원인균 등이 종종 문제시 되어 왔으나 근래에는

노로바이러스에 의한 집단식중독이 사회문제로 되고 있다. 특히 노로바이러스에 의한 식중독의 원인으로 조개류 그 중에서 생굴의 생식이 주목을 받고 있고, 이 노로바이러스는 사람의 분변에서 오염되고 있으므로 수산물생산해역의 해수의 위생적인 관리는 중요한 문제이다 (Choi, 1998).

또한 식품 안전성은 수산식품에 있어서도 필수요건으로 검사가 강화되고 있는 추세이다. 세계적으로도 각종 수산관련 단체에서 국민에게 안전한 식품을 제공하기 위해 식품안전성 검사를 실시하고 있으며 (Philip, 1995), 어패류의 중금속 함량 역시 중요한 체크리스트에 포함되어 있다. 대부분의 해양 무척추동물은 중금속 배출속도가 유입속도보다 느려 체내에 축적되거나 농축하게 된다. 이러한 생물학적 특성으로 인하여 이때 패류는 중금속 오염 지표 생물로 많이 이용되고 있다.

이 연구의 대상해역인 고성만은 남해의 고성만도에 위치한 반폐쇄성 내만으로 사량도 앞 수로를 통하여 들어오는 남해안 연안수의 영향을 받는 해역이다. 고성만은 총 수면적이 2,100 ha 이며, 이중에 148 ha 는 패류양식해역이다. 생산되는 패류는 대부분이 수하식 굴이다. 고성만 해역의 환경에 대한 연구로는 해수와 퇴적물의 오염에 관한 연구 (Cho 등; 1978, Cho and Jung; 1998, Cho; 1999) 등이 많이 있지만, 고성만의 해

Received: September 10, 2016; Revised: September 28, 2016;
Accepted: September 30, 2016

Corresponding author : Jung No Kwon

Tel: +82 (51) 720-2540, e-mail: jungnok@nfrdi.go.kr
1225-3480/24623

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

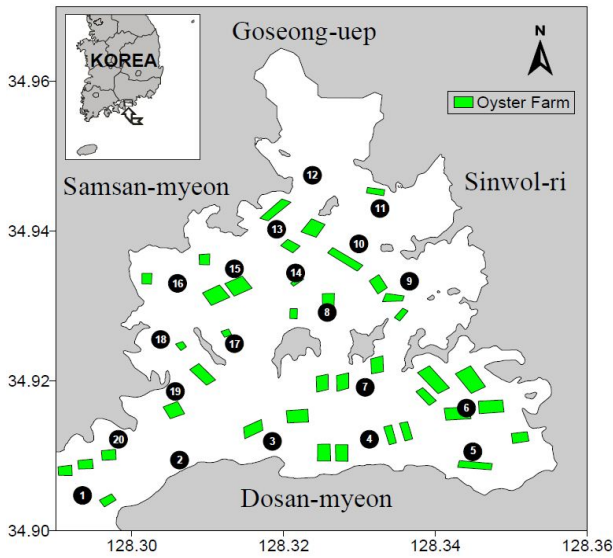


Fig. 1. Location of sampling stations and oyster farms in Goseong bay, Korea.

수의 위생조사와 생산되는 패류의 식품안전성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 고성만 해역은 2008년도에 연간 굴의 예상 생산량은 745톤으로 경남에서 생산되는 굴 생산량의 약 2%를 차지하는 참굴양식의 주어장이므로 (Oyster Hanging Culture Fisheries Cooperatives, 2008) 해역의 위생학적상태의 파악이 필요하다.

이 연구는 경남 고성만 해역의 굴양식장 주변 해수의 위생학적 조사결과를 토대로 인근해역과 비교하여 해역환경수준을 파악하였고, 더불어 양식 굴의 중금속 축적정도과 위생학적인 조사를 통하여 식품으로써의 안전성을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 시료채취

고성만의 대장균군 및 분변계대장균군의 위생조사는 2008년 1월부터 2009년 4월까지 월 1회, 20개 정점에서 실시했다. 해수는 20개의 조사정점에서 채수했고 굴 (*Crassostrea gigas*) 시료는 양식장 1개소에서 채취했다 (Fig. 1).

해수시료와 굴시료는 조사 당일예 모두 채취하였으며, 해수 시료 채취는 최대한 오염원을 줄이기 위해 모든 샘플병을 멸균했고, 별도의 채수기를 제작하여 실시했다. 채취한 해수시료는 아이스박스에 냉장된 상태에서 실험실로 옮겼다. 굴시료는 채취 후 멸균한 황동술을 사용하여 채취한 정점의 해수로 깨끗이 세척한 후 스테인레스 박스에 넣어 실험실로 운반했다. 운반된 굴시료는 중금속 분석을 위해 패각 표면을 잘 세척한 후 탈각하여, 균질화 시킨 후 냉동 (-20℃) 보관했다.

2. 측정 및 분석방법

해수의 수온 및 염분은 다목적수질측정기 (SBE-19, Sea Bird, USA) 를 사용하여 2008년 7월부터 2009년 4월까지 현장에서 실측하였다.

위생용 분석 해수시료 및 굴시료의 분석항목은 일반 생균수, 대장균군 및 분변계대장균이며, 시료채취 후 6시간 이내에 분석을 실시했다. 시료의 일반 생균수, 대장균군 및 분변계대장균의 측정은 Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish (APHA, 1962) 방법에 따라 시험했다. 대장균군 및 분변계대장균 실험은 시료를 단계별로 희석하는 5개 시험관법으로 실시했고, 추정 시험용 배지로는 Lauryl Tryptose Broth (Difco, USA) 를, 확정 시험용 배지로는 Brilliant Green Bile Broth (BGLB, Difco, USA) 를 사용하여 35 ± 0.5℃에서 24-48시간 배양했다. 분변계대장균의 확정시험은 EC (Difco, USA) 배지를 사용하여 44.5 ± 0.2℃의 Water bath에서 24시간 배양했다. 해수와 굴시료의 대장균 및 분변계대장균의 수는 100 mL 또는 100 g 당의 최확수 (Most Probable Number, MPN) 로 표시했다. 굴시료의 생균수는 한천평판배지에 접종하여 35 ± 0.5℃에서 48시간 배양한 균락수 (Colony Forming Unit, CFU) 로 표시했다.

해수의 위생상태는 우리나라의 수출용 패류 생산해역의 위생관리기준 (MFAFF, 2009) 과 미국의 패류 양식장에 대한 세균학적 수질기준 (US FDA, 2009) 에 준하여 기하학적 평균 (GM) 및 계산된 백분위의 90번째 값 (90th) 으로 평가하였다.

굴시료의 중금속분석은 식품공전 (2008) 에 따라 실시했고, 시료의 전처리 는 습식법으로 했다 (KFDA, 2008). 처리한 시료 중 카드뮴과 납은 ICP Spectrometer (Trace Scan Advantage, Thermo Jarrell Ash Corp., USA) 로 분석했고, 수은 분석은 NIC MA-2000 (Nippon instrument, USA) 를 사용하여 분석했다. 각각의 선택파장은 다른 원소의 간섭이 가장 적은 최대 반응감도의 파장을 선택했다.

결과 및 고찰

1. 해수의 일반적 특징

2008년 7월부터 2009년 4월까지 고성만 굴양식 해역에서 설정한 20개의 조사정점에서 매월 측정한 수온의 4.5-18.8℃ 였고, 해수의 염분은 32.61-34.91 범위였다 (Fig. 2).

2. 세균학적 수질

조사기간동안 해수의 년도별 세균학적 수질 결과는 Table 1 과 같다. 해수중의 대장균군은 < 1.8-4,900 MPN/100 mL 의 범위였고, 기하학적 평균과 estimated 90th percentile은 각

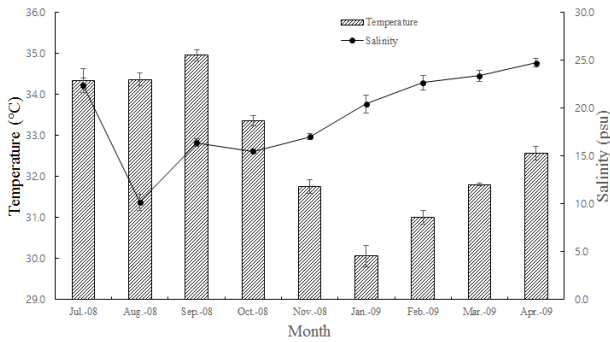


Fig. 2. Monthly variations in temperature and salinity of seawater in Goseong bay, Korea.

각 2.7 MPN/100 mL, 13.8 MPN/100 mL 였다. 분변계대장균은 < 1.8-700 MPN/100 mL 의 범위였고, 기하학적 평균과 estimated 90th percentile은 각각 2.2 및 8.2 MPN/100 mL 이었다. 월별 세균학적 수질은 Table 2와 같다. 조사전 많은 강우를 기록한 2008년 6월을 제외하고는 모두 미국 패류위생프로그램 (U.S NSSP) 기준치인 230 MPN/100 mL 이하를 충족시켜 양호한 위생학적 수질상태였다 (Table 4).

강우에 따른 세균학적 수질변화는 Table 4와 같다. 조사전 많은 강우를 기록한 경우는 6월이었다. 강우 후 조사에서는 분변계대장균의 출현량이 다소 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 고성만의 주변은 대부분 임야지대이므로 강우에 의해

Table 1. Mean values of yearly bacteriological analysis of seawater in Goseong bay

Year	MPN/100mL										No. of Spls.
	Coliform					Fecal coliform					
	Range	GM ¹⁾	90th ²⁾	> 230		Range	GM	90th	> 43		
			No.	%				No.	%		
2008	< 1.8-4900	3.1	20.7	7	3.5	< 1.8-700	2.6	11.3	12	6.0	200
2009	< 1.8-9.3	1.8	2.5	0	0.0	< 1.8-2	< 1.8	1.8	0	0.0	80
Total	< 1.8-4900	2.7	13.8	7.0	2.5	< 1.8-700	2.3	8.2	12.0	12	280

¹⁾Geometric mean ²⁾Estimated 90th percentile

Table 2. Monthly bacteriological analysis of seawater in Goseong bay (2008-2009)

Month	MPN/100mL										No. of Spls.
	Coliform					Fecal coliform					
	Range	GM	90th	> 230		Range	GM	90th	> 43		
			No.	%				No.	%		
1	< 1.8-9.3	1.9	2.8	0	0	< 1.8-2.0	< 1.8	1.8	0	0	40
2	< 1.8-2.0	< 1.8	1.8	0	0	< 1.8-2.0	< 1.8	1.8	0	0	40
3	< 1.8-2.0	< 1.8	1.8	0	0	< 1.8-2.0	< 1.8	1.8	0	0	40
4	< 1.8-4.5	1.8	2.1	0	0	< 1.8-2.0	< 1.8	1.8	0	0	40
5	< 1.8-6.1	1.9	2.7	0	0	< 1.8-2.0	1.8	1.9	0	0	20
6	< 1.8-4,900.0	104.7	1,984.2	7	35	< 1.8-700.0	42.5	447.6	3	15	20
8	< 1.8-49.0	4.9	16.9	0	0	< 1.8-20.0	2.8	7.7	0	0	20
9	< 1.8-49.0	2.3	6.1	0	0	< 1.8-49.0	2.1	5.4	0	0	20
10	< 1.8-13.0	2.4	5.7	0	0	< 1.8-2.0	< 1.8	1.9	0	0	20
11	< 1.8-7.8	1.9	2.9	0	0	< 1.8-7.8	1.8	2.9	0	0	20
Total	< 1.8-4,900.0	2.7	13.8	7	2.5	< 1.8-700.0	2.3	8.2	3	12	280

Table 3. Bacteriological analysis of seawater at each sampling station in Goseong bay (2008-2009)

Station	MPN/100mL										No. of Spls.
	Coliform					Fecal coliform					
	Range	GM	90th	> 230		Range	GM	90th	> 43		
No.				%	No.				%		
1	< 1.8-2.0	< 1.8	1.9	0	0.0	< 1.8-2.0	< 1.8	1.9	0	0.0	14
2	< 1.8-6.1	2.1	3.7	0	0.0	< 1.8-2.0	< 1.8	1.9	0	0.0	14
3	< 1.8-49.0	3.0	11.4	0	0.0	< 1.8-20.0	2.3	5.1	0	0.0	14
4	< 1.8-22.0	2.6	7.5	0	0.0	< 1.8-14.0	2.4	5.3	0	0.0	14
5	< 1.8-130.0	2.9	13.2	0	0.0	< 1.8-130.0	2.6	9.4	1	7.1	14
6	< 1.8-7.8	2.1	3.9	0	0.0	< 1.8-4.5	1.8	2.4	0	0.0	14
7	< 1.8-49.0	3.5	15.7	0	0.0	< 1.8-49.0	2.9	9.2	1	7.1	14
8	< 1.8-130.0	2.5	10.4	0	0.0	< 1.8-49.0	2.2	5.9	1	7.1	14
9	< 1.8-56.0	2.2	7.0	0	0.0	< 1.8-26.0	2.1	4.7	0	0.0	14
10	< 1.8-790.0	3.3	26.1	1	7.1	< 1.8-130.0	2.6	8.9	1	7.1	14
11	< 1.8-1,300.0	2.9	26.1	1	7.1	< 1.8-490.0	2.6	14.6	1	7.1	14
12	< 1.8-4,900.0	3.4	47.6	1	7.1	< 1.8-330.0	2.5	12.4	1	7.1	14
13	< 1.8-790.0	3.0	23.1	1	7.1	< 1.8-220.0	2.5	10.3	1	7.1	14
14	< 1.8-790.0	2.9	22.6	1	7.1	< 1.8-130.0	2.3	8.4	1	7.1	14
15	< 1.8-1,100.0	3.3	27.8	1	7.1	< 1.8-700.0	2.6	15.6	1	7.1	14
16	< 1.8-2,200.0	3.2	33.8	1	7.1	< 1.8-48.0	2.2	6.1	1	7.1	14
17	< 1.8-130.0	2.4	9.9	0	0.0	< 1.8-130.0	2.4	8.6	1	7.1	14
18	< 1.8-34.0	2.1	5.7	0	0.0	< 1.8-34.0	2.1	5.2	0	0.0	14
19	< 1.8-41.0	2.5	7.3	0	0.0	< 1.8-14.0	2.2	4.1	0	0.0	14
20	< 1.8-170.0	2.4	12.7	0	0.0	< 1.8-170.0	2.4	9.3	1	7.1	14
Total	< 1.8-4,900.0	2.7	13.8	7	2.5	< 1.8-700.0	2.3	8.2	12	12.0	280

Table 4. Effects of rainfall on the bacteriological quality of sea water in Goseong bay (2008)

Date	Daily precipitation at the day from sampled day (mm)				Fecal coliform (MPN/100 ml)					No. of Samples.
	Two days before	One day before	Sampled day	Total	Range	GM	90th	> 43		
								No.	%	
1/24	0.1	0.5	0	0.6	< 1.8-2	< 1.8	1.8	0	0.0	20
2/21	0	0	0	0	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0.0	20
3/20	0.1	19.5	0	19.6	< 1.8-2	< 1.8	1.8	0	0.0	20
4/20	0	0	0	0	< 1.8-2	< 1.8	1.8	0	0.0	20
5/18	0	0	0	0	< 1.8-2	1.8	1.9	0	0.0	20
6/20	69.5	1.0	28.0	98.5	< 1.8-700	42.5	447.6	11	55.0	20
8/14	0	0	0	0	< 1.8-20	2.8	7.7	0	0.0	20
9/6	0	0	6.5	6.5	< 1.8-49	2.1	5.4	1	5.0	20
10/31	0	0	0	0	1.7-2	< 1.8	1.9	0	0.0	20
11/28	0	3.0	0	3.0	< 1.8-7.8	1.8	2.9	0	0.0	20

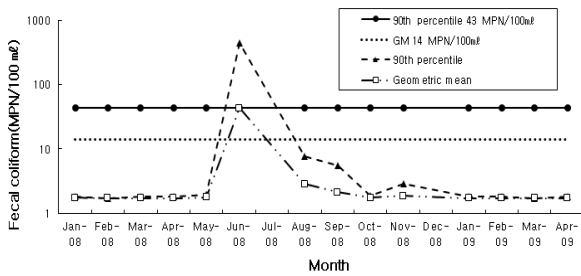


Fig. 3. Monthly variations of bacteriological seawater quality in Goseong bay (2008-2009).

비정상적인 위생세균의 출현을 나타내지는 않았다. 고성만은 전형적인 반폐쇄적 지형으로 인하여 강우의 영향을 많이 받는 것으로 판단된다.

조사해역의 정점별 세균학적 수질은 고성읍에 이웃한 만 북부의 조사점 11-16에서 위생세균의 출현이 가장 많았다. 따라서 고성만에 가장 큰 오염부하를 주고 있는 것은 고성읍의 생활하수이고, 이러한 경향은 간조시 더욱 크게 나타난다. 그러나 전반적인 고성만의 세균학적 수질은 양호한 상태이다 (Table 3, Fig. 3).

Choi (1999) 는 해수의 분변계 대장균을 북만 < 3.0-490 MPN/100 mL, 자란만 < 3.0-240 MPN/100 mL, 안정만 < 3.0-93 MPN/100 mL, 진해만 < 3.0-93 MPN/100 mL 으로 보고했고, Choi 등 (2001) 은 통영항에서 해수의 분변계 대장균을 11-1,600 MPN/100 mL 로 보고했다. 이들 연구보고와

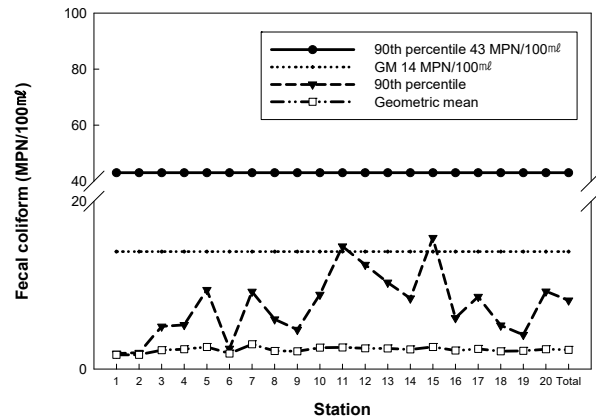


Fig. 4. Spatial distribution of bacteriological seawater quality in Goseong bay (2008-2009).

비교했을 때, 고성만은 인근해역인 북만, 자란만, 안정만, 진해만보다 위생학적으로 다소 높은 위치에 있었고, 강우시를 제외하고는 미국 NSSP 기준치를 충족하는 위생학적으로 청정한 해역 수준이었다.

3. 양식굴의 식품안전성

1) 양식굴의 대장균

고성만 해역의 양식굴의 월별 위생 결과는 Table 5 및 Fig. 4와 같다. 조사기간 동안 양식 굴의 대장균군의 범위는 < 18-13,000 MPN/100 g, 기하학적 평균은 137.1 MPN/100 g

Table 5. Mean of Monthly Bacteriological examination results of oyster collected from Goseong bay (2008-2009)

Month	MPN/100g						CFU/gat35°C				No. of Spls.
	Coliform		Fecal coliform				Range		GM		
	Range	GM	Range	GM	> 230	%	Range	GM	> 105	%	
1	20-780	124.9	< 18-78	36.4	0	0	170-420	267.2	0	0	20
2	32.5-130	65.0	< 18-20	18.4	0	0	250-405	318.2	0	0	20
3	20-700	118.3	< 18-310	72.6	1	50	230-1900	661.1	0	0	20
4	< 18-20	18.4	< 18-20	18.4	0	0	415-450	432.1	0	0	20
5	130-130	130.0	20-20	20.0	0	0	170-170	170.0	0	0	10
6	640-640	640.0	< 18-< 18	17.0	0	0	870-870	870.0	0	0	10
8	< 18-17	17.0	< 18-< 18	17.0	0	0	280-280	280.0	0	0	10
9	13,000-13,000	13,000.0	110-110	110.0	0	0	720-720	720.0	0	0	10
10	78-78	78.0	20-20	20.0	0	0	590-590	590.0	0	0	10
11	45-45	45.0	45-45	45.0	0	0	240-240	240.0	0	0	10
Total	< 18-13,000	105.2	< 18-310	29.9	1	7.1	170-1900	397.9	0	0	140

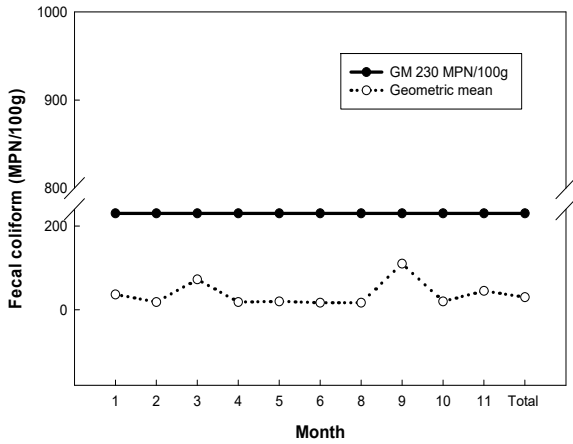


Fig. 5. Mean of Monthly Bacteriological examination of oyster in Goseong bay (2008-2009).

이었다. 분변계 대장균 범위는 < 18-310 MPN/100 g, 기하학적 평균은 32.2 MPN/100 g 로, 미국 NSSP 기준치인 230 MPN/100 g 을 초과하는 경우는 1건으로 10%의 초과율을 나타내었다. 조사시기별로는 9월에 대장균군 및 분변계대장균이 매우 높게 출현하였는데, 이 시기에는 조사일 전후로 약 1-90 mm 정도의 강우가 있었다. 평균수는 170-1,900 CFU/g 으로 식품위생법상의 기준치 이내였다. 조사기간 동안 대장균군 범위는 < 18-780 MPN/100 g, 기하학적 평균은 36.2 MPN/100 g, 분변계대장균은 < 18-78 MPN/100 g 의 범위를 나타내었고, 기하학적 평균은 21.1 MPN/100 g 로, 미국 NSSP 기준치 이내였다. 평균수는 80-520 CFU/g 범위였고 모두 식품위생법상의 기준치 이내였다.

고성만은 주변에 공장시설이 없는 전형적인 농어촌으로 점원 및 비점원 오염원이 다른 인근해역보다 비교적 낮은 편이며 고성하수종말 처리장의 배출수가 들어오지 않아 입구가 좁은 반폐쇄성 만임에도 불구하고 비교적 청정해역의 상태를 유지하고 있다. 또한 인근해역인 자란만 (Choi 등, 1998) 에서 보고한 대장균군 < 18-16,000 MPN/100 g 범위, 분변계 대장균

군 < 18-2,400 MPN/100 g 범위와 비교했을 때 일반대장균군은 비슷한 수준이었고, 분변계대장균의 경우 고성만이 자란만에 비해 점원오염원의 영향을 작게 받는 것으로 나타났으며, 위생상태가 양호한 것으로 판단된다. 고성만 주변 유역의 오염 부하가 늘어날 큰 위협요인은 없는 것으로 판단되지만, 해역의 안전성확보를 위해서는 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

2) 양식 굴의 중금속 함량

고성만 양식굴의 중금속 함량은 Table 6와 같다. 카드뮴의 함량 범위는 0.14-0.57 mg/kg, 납 0.05-0.33 mg/kg, 수은 0.0040-0.0760 mg/kg로 검출되었다.

한국연안의 굴의 카드뮴 함량의 범위는 0.36-1.56 mg/kg, 납 0.07-0.84 mg/kg, 수은 0.008-0.058 mg/kg로 보고했고 (Baik *et al.*, 1988), Kim 등 (2003) 은 마산 진동 굴의 카드뮴은 0.253-0.713 mg/kg, 납 0.143 mg/kg, 수은 0.005-0.006 mg/kg, 통영 북만은 카드뮴 0.249-0.500 mg/kg, 납 0.864 mg/kg, 수은 0.007-0.015 mg/kg, 고성 자란만은 카드뮴 0.329-0.986 mg/kg, 납 0.299 mg/kg, 수은 0.005-0.015 mg/kg으로 보고했다. 지역적으로는 고성만에서 생산된 양식굴이 인근해역인 진동, 북만, 자란만에 비해서 중금속 함량이 낮은 것으로 나타났으며, 식품공전 (2008) 에서 제시하는 식품위생법상 중금속 잔류허용기준치 (총수은: 0.5 mg/kg 이하, 납: 2.0 mg/kg 이하, 카드뮴: 2.0 mg/kg 이하) 이하로 나타나 안전성이 양호한 것으로 판단된다.

요 약

고성만의 지속적이고 안정적인 굴을 생산하기 위한 방안을 모색하고자 2008년 7월부터 2009년 4월까지 위생학적인 조사를 실시하여, 현재 굴양식장의 환경 수준을 평가했다.

해수의 위생세균은 고성읍에 가까운 만의 북측에서 상대적으로 높게 출현하였으나, 미국 NSSP 기준치를 충족하는 청정

Table 6. Analytic result of heavy metal in oyster (*Crassostrea gigas*) in Goseong bay

Oyster (<i>Crassostrea gigas</i>)	Heavy metal(mg/kg,wetbase)		
	Cd	Pb	Hg
2008	0.14-0.52 ¹⁾ (0.38 ± 0.13) ²⁾	0.11-0.33 (0.21 ± 0.09)	0.0040-0.0140 (0.0075 ± 0.0023)
2009	0.29-0.57 (0.44 ± 0.14)	0.05-0.28 (0.13 ± 0.13)	0.0180-0.0760 (0.0390 ± 0.0321)
Total	0.14-0.57 (0.41 ± 0.13)	0.05-0.33 (0.17 ± 0.11)	0.0040-0.0760 (0.0082-0.0172)

¹⁾Range, ²⁾Mean ± STD

한 해역 수준에 있었다. 양식 굴에서도 위생세균과 중금속 함량도 각각 미국 NSSP 및 식품공전에서 제시하는 기준치 이내로 나타나 위생학적으로 안전한 위치에 있는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때, 경남 고성만의 굴양식장 해역은 여름철 큰 강우 시기를 제외하고는 해수와 양식굴의 분변계대장균의 기준치를 충족하였고, 고성만 주변 지역의 오염부하가 늘어날 큰 위협요인은 없는 것으로 판단되지만, 해역의 안전성 확보를 위해서는 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 경상대학교 해양생물교육연구센터와 국립수산물학원 수산과학연구소(R2016056)의 지원으로 수행되었음.

REFERENCES

- APHA (1962) Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish. pp 17-51. *American Public Health Association*, U.S.A.
- Baik, D.W., W.C Chang, K.P. Won, J.H. Kim, O.H Kim, Y.S. Sho, T.J. Kim, K.S. Park, D.H. Seong, S.C. Seo and K.J. Lee (1988) Study on the Contents of Trace Elements in Foods.(on the Trace Element Contents of Shellfish in Korean Coastal Waters). *Journal of Food Hygiene and Safety*, 3(1): 7-18.
- Cho, C.H. (1993) Red Tides in Mariculture Farms in Puksin Bay, Korea (in Korean). *Journal of Aquaculture*, 6(2): 63-69.
- Cho, C.H. (1996) Present status and prospects of oyster industry in Korea. *Journal of Aquaculture*, 9(4): 303-309.
- Choi, J.D. and W.G. Jeong (1998) A Bacteriological Study on the Sea Waters and Oyster in Puk Man, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 14(1): 19-26.
- Choi, J.D. (1999) Marine Bacteriological Quality and Dynamics in Tongyeong Coastal Area, Gyung-nam, Korea. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 14(4): 372-379.
- Choi, S.D., S.Y. Kim, M.H. Yang, J.S. Park, S.J. Rha, C.Y. Woo, D.Y. Kim and D.S. Jung (1999) Mass Mortality of Oyster, *Crassostrea gigas* in Kamark Bay. (1) Environmental Factor of Oyster Farming Area. *Journal of Resarch Institute of Industrial Technology and Regional Development*. Yosu University, 8: 259-266.
- Jeong, W.G. (1998) Studie on Proper Management of Oyster Farms in Pukman Bay, Korea. 14pp. Ph.D. Thesis, Graduate School of Jeju National University, Jeju.
- Kang, C.K., M.S. Park, P.Y. Lee, W.J. Choi and W.C. Lee (2000) Seasonal variations in condition, reproductive activity and biochemical composition of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*(Thunberg), in suspended culture in two coastal bays of Korea. *Journal of Shellfish Research*, 19: 771-779
- Kang, S.G. (2001) Quantification of Reproduction putput in the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*, using Immunoligical method (in Korean). M.S. Thesis. Graduate School of Jeju National University, Jeju.
- Kim, J.H., C.W. Lim, P.J. Kim and J.H. Park (2003) Heavy Metals in Shellfishes Around the South Coast of Korea. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 18(3): 125-132
- Kim, Y.S. (1995) Analysis of Water Quality(in Korean). 385pp. Sinheong Press.
- Ko, C.H., C. Park, S.J. Yoo, W.J. Lee, T.W. Lee, C.I. Jang, J.K. Choi, J.S. Hong and H.T. Heo (1997) Marine Biology. 175 pp. Seoul National University Press.
- KFDA (2008) Korea Food and Drug Administration-Food Code(2008)
- Korean Meteorological Administration (2008) Annual climatological report (2006-2008).
- Kusuki, Y. (1977) Fundamental studies on the deterioration of oyster growing grounds. (II) Organic content of faecal materials. *Bulletin of the Japanese Society of Fish*. 43: 167-171.
- Lee, J.H. (1992) Marine Biology. 265pp. Donghwa Technology Publishing, Donghwa Technology.
- Lee, P.Y., C.K. Kang, W.J. Choi and H.S. Yang (2001) Seasonal variations of the Quantity and Quality of Seston as Diet Available to Suspension. Feeders in Gosung and Kangjin Bays of Korea. *Journal of the Korean Fisheries Society*, 34(4): 340-347.
- Ministry of Agriculture (1997) Studies of HACCP System for Improving Sanitary Management of Korean Seafood(in Korean). Reported by National Fisheries Research and Development Agency, pp 191-207.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries) (2001) Development of Optimal Technology for Sustaining Production in Shellfish Farm(in Korean), 543pp.
- MIFAFF (2009) Sanitary criteria of producing, processing facilities and seawater area for fisheries product. Ministry of Food, Aquaculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea
- Oyster Hanging Culture Fisheries Cooperatives (2008) Annual Report (1996-2008).
- Philip, S.R. (1995) Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31: 183-192.
- Sho, Y.S., J.S. Kim, S.Y. Chung, M.H. Kim and M.K. Hong (2000) Trace Metal Contents in Fishes and Shellfishes and Their Safety Evaluations. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 29(4): 549-554.
- Song, K.C., D.S. Lee, K.B. Shim, C.W. Lim, J.S. Mog, H.S. Byun, Y.J. Park and K.C. Cho (2008) Evaluation of Bacteriological Safety for the Shellfish Growing Waters in Taeaan Area, Korea. *Journal of the Korean Fisheries Society*, 41(3): 155-162.

- Sugawara, Y. and K. Okoshi (1991) An important problem for oyster farming in enclosed coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 22: 271-274.
- Thao T., T. Ngo, S.G. Kang, K.S. Choi (2002) Seasonal Changes in Reproductive Condition of the Pacific Oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg) from Suspended Culture in Gosung Bay, Korea. *Korean Journal of Environmental Biology*, 20(3): 268-275.
- US FDA (2009) National Shellfish Sanitation program, Guide for the control of molluscan shellfish, Model ordinance, <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FederalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm>
- Yang, H.S. and S.S. Kim (1991) A Study on Sea Water and Ocean Current in the Sea Adjacent to Korea Peninsula. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, 24(3): 177-184.
- 경상남도 (1995) 북만(법송, 북신만)의 양식어장 수용력에 관한 조사연구.
- 경상남도 (1997) 경상남도 고성군 자관만의 양식어장 수용력에 관한 조사연구.
- 경상남도 (1997) 경상남도 특별관리어장 정화사업 기본조사 및 실시설계 용역 최종보고서(고성만).
- 해양수산부 (2005) 수산물 생산해역 안전평가 연구 보고서. pp. 3.
- 환경부 (2006a) 환경정책기본법령집. pp. 253.
- 환경부 (2006b) 수질환경보전법 시행규칙. 별표9.