

## 남해 창선해역의 해수 및 진주담치의 위생학적 안전성 평가

유현덕·하광수·심길보·강진영·이태식·김지회\*

국립수산과학원 남동해수산연구소

## Microbiological Quality of the Shellfish-growing Waters and Mussels in Changseon, Namhae, Korea

Hyun Duk Yoo, Kwang Soo Ha, Kil Bo Shim, Jin Yeong Kang,  
Tae Seek Lee and Ji Hoe Kim\*

*Southeast Sea Fisheries Research Institute,*

*National Fisheries Research and Development Institute, Tongyeong 650-943, Korea*

A sanitary survey was conducted to evaluate the water quality and mussel (*Mytilus edulis*) conditions of two administrative shellfish growing waters: those designated as shellfish growing water for export, and adjacent waters on the east coast of Changseon Island, Namhae, Korea. In all, 1,656 seawater and 166 mussel samples were collected at 46 stations for seawater and five stations for the shellfish from January 2007 to December 2009. Both seawater and mussels were examined for total coliforms and fecal coliforms. The standard plate count and most probable number of *Escherichia coli* were also determined for the shellfish samples. The range of the geometric means and the estimated 90th percentiles of fecal coliform for seawater samples at each station were <1.8-4.1 MPN/100 mL and <1.8-22.3 MPN/100 mL, respectively. The sanitary conditions for both shellfish growing areas, the designated shellfish growing area and adjacent area in Changseon, met the 'Approved area' criteria of the United States National Shellfish Sanitation Program. The range of *E. coli* detected in mussels in these areas was <20-500 MPN/100 g; and only 3 of 166 samples exceeded 230 MPN/100 g, the European standard for the consumption of raw bivalves. Therefore, the mussel farms in the Changseon area are classified as 'Class A' according to criteria set in European Community regulations. However, the levels of *E. coli* in mussels in parts of the designated shellfish growing area and adjacent area exceeded the bacterial limits after rainfall exceeding 45 mm. Further studies are needed to fully define the conditions leading to a temporary closure to harvest after a rainfall event.

Key words: Shellfish growing area, Sanitary survey, Mussel, Fecal coliform, *Escherichia coli*

### 서 론

패류는 이동성이 거의 없고, 여과섭이 활동을 통하여 주위 해수 중에 부유하는 먹이생물은 물론 병원성 세균이나 바이러스도 함께 섭취하여 체내에 축적하게 된다 (Cliver, 1988; Grimes, 1991; U.S. FDA, 2007). 또한, 식품으로 이용되는 패류는 육지와 가까운 내만이나 하구 수역 등 얕은 바다에서 주로 생산되므로 육상에서 발생하는 오염물질에 직접적인 영향을 받을 수 있다. 병원 미생물에 오염된 패류의 섭취로 인한 감염증 발생사례는 오래 전부터 알려져 있으며 (Rippey, 1994; Feldhusen, 2000; Potasman et al., 2002) 패류는 병원성 장내세균의 인간-환경-인간의 순환의 매개체가 되기도 한다 (Legnani et al., 1998; US FDA, 2007). 따라서 패류의 위생안전성 확보를 위해서는 서식지의 위생관리가 대단히 중요하며, 미국, 유럽연합 등 선진국에서는 패류생산해역의 위생상태에 따라 등급을 부여하여 관리하고 있다. 미국에서는 National Shellfish Sanitation Program (NSSP)에 준하여 해수 중의 분변계대장균

(fecal coliform)의 수에 따라 허가해역 (Approved area), 제한해역 (Restricted area), 금지해역 (Prohibited area) 및 폐쇄해역 (Closed area) 등으로 구분하며, 각 등급해역 사이에는 조건부 해역을 두고 있다 (U.S. FDA, 2007). 또 유럽연합에서는 날것으로 섭취할 수 있는 이매패류, 극피류, 피낭류 및 복족류의 미생물 기준으로 대장균 (*Escherichia coli*) 230 MPN/100 g 이하, *Salmonella* 25 g중 음성으로 규정하고 있다 (European Commission, 2005). 그리고 패류생산해역은 이매패류 등 생물 중의 *E. coli* 함량에 따라 A등급, B등급 및 C등급 해역으로 구분하고 있다 (European Commission, 2004). 미국의 허가해역과 유럽연합의 A등급 해역에서 생산된 이매패류는 날것으로 섭취 가능하지만, 미국의 제한해역 및 유럽연합의 B등급 해역 이하에서 생산된 것은 정화나 가열조리 등의 처리과정을 거쳐야 하는 것으로 규정하고 있다.

한국에서도 남해 창선해역을 비롯한 주요 패류생산해역에 대해서는 미국이나 유럽 등 선진국에 준하는 수준으로 위생관리가 되고 있다 (Kim, 1975; Kwon et al., 2007; Ha et al., 2009; Shim et al., 2009). 경남 남해군 창선도의 동쪽에 위치한 창선해

\*Corresponding author: kimjihoe@korea.kr

역에서는 진주담치와 피조개 양식이 성행하고 있다. 이 해역에서 생산되는 패류의 수출지원을 위하여 국립수산물과학원에서는 1996년부터 위생조사를 실시하고 있으며, 조사해역 중 5,910 ha가 수출용패류생산지정해역 (이하 지정해역) 제6호로 설정되어 있다 (농림수산식품부고시 제2009-416호, 2009. 12. 16). 창선해역에 대해서는 1999년 지정해역으로 설정된 후에도 매월 1회씩의 조사와 관리가 이루어지고 있으나 아직 안전성 평가결과는 보고된 바 없다.

본 연구는 2007년 1월부터 2009년 12월까지 우리나라 대표적 진주담치 생산지인 경남 남해군 창선해역의 해수와 진주담치에 대한 위생지표세균을 분석하고, 그 결과를 미국과 유럽연합의 패류생산해역 관리기준과 비교 평가하였다.

### 재료 및 방법

#### 조사지점 및 시료채취

창선해역은 경남 남해군 창선도 동부 연안해역으로, 북쪽으로는 사천시와 고성군, 동쪽으로는 통영시 사랑면에 접해 있고, 남쪽은 외해와 마주하는 총 9,800 ha의 수역이다. 이 해역에 대한 위생조사를 위하여 배수유역 중 오염원의 위치, 해류 유동, 지형적 여건 등을 고려하여 해수 46개소, 패류 5개소의 조사지점을 각각 설정하고 (Fig. 1), 2007년 1월부터 2009년 12월까지 매월 1회씩 총 36회 조사를 실시하였다. 해수는 각 조사지점에서 표층용 채수기를 이용하여 표면에서 약 10 cm 깊이에서 멸균된 250 mL 유리병으로 채수하였으며, 진주담치 (*Mytilus edulis*)는 수하연의 상층, 중층, 하층에서 고루 채취하여 부착물 등을 제거한 후 물기를 제거하고 멸균된 스테레스 스틸 용기에 담았다. 모든 시료는 10°C 이하로 유지하여 실험실로 운반한 즉시 실험을 실시하였다.

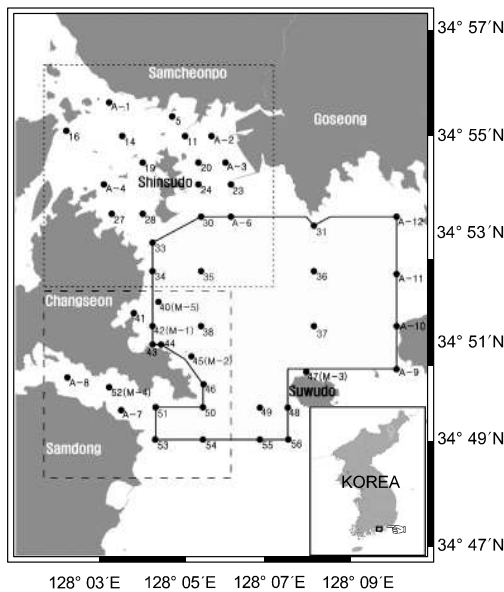


Fig. 1. Sampling stations for sanitary survey on shellfish growing area in Changseon.

#### 해황측정 및 미생물 시험

해수의 수온과 염분은 수질분석기 (YSI 556, YSI Life Science, USA)를 사용하여 현장에서 측정하고 염분은 psu (practical salinity unit)로 나타내었다. 해수 및 패류시료에 대한 대장균군, 분변계대장균 및 생균수 시험은 Recommended Procedure for the Examination of Sea Water and Shellfish (APHA, 1970)에 준하였다. 즉, 해수와 패류의 대장균군 및 분변계대장균 함량은 각 회석단별로 5개 시험관을 사용하는 최확수법 (Most Probable Number, MPN)으로 측정하고, 그 결과는 MPN/100 mL (또는 100 g)으로 표시하였다. 생균수는 standard plate count agar (Difco, Becton Drive, USA)를 사용하여 35±0.5°C에서 48시간 배양하여 나타난 집락의 수로 표기하였다. 그리고 패류시료에 대한 대장균 (*E. coli*) 시험은 유럽연합 (European Commission, 2005)의 규정에 의거 ISO/TS 16649-3 (ISO, 2005)의 방법에 따라 최확수법으로 실시하였다.

#### 패류생산해역의 안전성 평가

조사해역 내 각 조사지점의 패류생산해역으로서의 안전성은 미국 NSSP에서 규정하는 허가해역의 세균학적 수질기준에 준하여 평가하였다 (US FDA, 2007). 즉, 각 조사지점별로 3년간 총 36회의 분변계대장균 분석결과를 활용하여 '기하평균치 14 MPN/100 mL을 초과하지 않고, 계산된 90번째 백분위수 (the estimated 90th percentile, 이하 90th percentile로 표기)가 43 MPN/100 mL 이하'의 기준에 부합하는 지를 평가하였다. 이 때 90th percentile 값은 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

$$\text{Est. 90th} = \text{Antilog} \{[(\text{Slog})1.28 + \text{Xlog}]\}$$

Slog = 각 자료 그룹에서 각각의 MPN의 대수값의 표준편차

Xlog = 각 자료 그룹에서 각각의 MPN의 대수값의 평균

한편, 조사해역 내 서식하는 패류의 안전평가는 유럽연합에서 규정하는 패류 중 *E. coli* 함량에 따른 패류생산해역의 등급기준 즉, A등급 (230 MPN/100 g), B등급 (≤4,600 MPN/100 g) 및 C등급 (≤46,000 MPN/100 g)을 적용하여 비교하였다 (European Commission, 2004; 2005).

### 결과 및 고찰

#### 해수의 일반성상

2007년 1월부터 2009년 12월까지 창선해역의 각 조사지점에서 매월 시료채취 시에 측정된 평균수온 및 평균염분의 변화는 Fig. 2에 나타내었다.

평균수온의 범위는 8.1~25.9°C로, 1월이 가장 낮았고, 8월이 가장 높았다. 해수의 염분농도 범위는 30.22~33.70 psu였고, 연평균 32.63 psu를 나타내었다. 장마와 태풍 등 계절적 강우량이 많은 7~10월에 낮은 염분을 나타내었고, 1~6월은 비교적 고염분을 유지하였다. 창선해역 해수의 염분은 강우뿐만 아니라 낙조 시에 진양호의 담수가 가화천을 통하여 방류될 때에도 영향을 받는 것으로 본 연구에서 확인되었다.

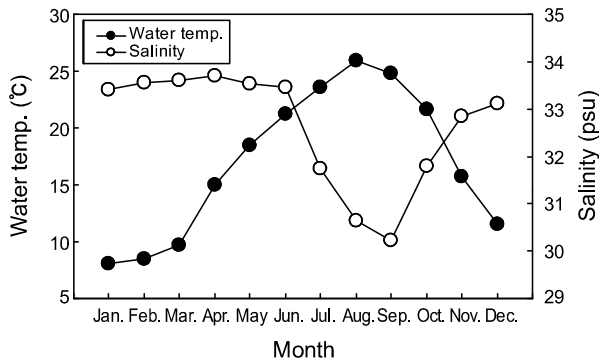


Fig. 2. Monthly variation of average water temperature and salinity in the Changseon area (2007~2009).

해수의 위생학적 성상

창선해역에서 2007년 1월부터 2009년 12월까지 36회에 걸쳐 채취한 1,656개 해수시료를 분석하고, 각 조사지점별 대장

균과 분변계대장균의 기하평균치와 90th percentile값을 지정해역 (27개 조사지점)과 주변해역 (19개 조사지점)으로 구분하여 Table 1과 Table 2에 각각 나타내었다.

지정해역 내에 위치한 각 조사지점에서 분변계대장균의 기하평균치와 90th percentile 값의 범위는 각각 <1.8~2.5 MPN/100 mL 및 <1.8~10.3 MPN/100 mL이었다 (Table 1). 조사지점의 지리적 위치에 따라 삼천포항 인접지역, 창선도 인접지역 및 기타 지역으로 구분하였을 때 (Fig. 1) 삼천포항에 인접한 조사지점에서 대장균과 분변계대장균의 기하평균치와 90th percentile 값이 약간 높은 경향이였다. 한편, 주변해역에 위치한 조사지점에서 분변계대장균의 기하평균치와 90th percentile 값의 범위는 각각 1.8~4.1 MPN/100 mL 및 2.6~22.3 MPN/100 mL이었다 (Table 2). 주변해역에 있어서도 소해역별로 보면 삼천포항에 인접한 조사지점에서 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료의 수가 다른 해역에 비하여 훨씬 많아 이 해역의 주요 오염원은 삼천포항임을 알 수 있었다.

Table 1. Summary of concentrations of total coliform and fecal coliform bacteria in seawater at each station located in the designated shellfish growing area in Changseon (2007~2009)

Section	Station number	MPN per 100 mL										No. of samples
		Total coliform					Fecal coliform					
		Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>230		Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>43		
			No.	%				No.	%			
Samcheonpo	30	<1.8-240	2.5	8.1	1	2.8	<1.8-240	2.3	7.2	1	2.8	36
	A-6	<1.8-240	2.9	13.0	1	2.8	<1.8-240	2.5	10.3	2	5.6	36
	33	<1.8-240	2.4	8.0	1	2.8	<1.8-130	2.2	6.1	1	2.8	36
	34	<1.8-240	2.0	5.9	1	2.8	<1.8-130	2.0	4.9	1	2.8	36
	35	<1.8-240	2.2	6.9	1	2.8	<1.8-130	2.0	5.1	1	2.8	36
Changseon	38	<1.8-240	2.1	6.1	1	2.8	<1.8-240	2.0	5.7	1	2.8	36
	40	<1.8-240	2.0	5.9	1	2.8	<1.8-130	1.9	4.9	1	2.8	36
	42	<1.8-240	2.1	6.5	1	2.8	<1.8-130	2.0	5.3	1	2.8	36
	43	<1.8-240	2.1	6.1	1	2.8	<1.8-240	2.0	5.6	1	2.8	36
	44	<1.8-240	2.0	6.1	1	2.8	<1.8-130	2.0	5.3	1	2.8	36
	45	<1.8-240	2.0	5.7	1	2.8	<1.8-130	1.9	4.9	1	2.8	36
	46	<1.8-240	2.1	6.0	1	2.8	<1.8-79	1.9	4.3	1	2.8	36
	50	<1.8-240	2.0	5.6	1	2.8	<1.8-130	1.9	4.8	1	2.8	36
	51	<1.8-79	1.9	4.3	0	0.0	<1.8-13	1.8	2.8	0	0.0	36
	53	<1.8-49	2.1	5.1	0	0.0	<1.8-13	1.9	3.3	0	0.0	36
54	<1.8-240	2.0	5.8	1	2.8	<1.8-30	2.0	5.1	1	2.8	36	
Other	48	<1.8-49	1.9	3.8	0	0.0	<1.8-6.8	1.8	2.4	0	0.0	36
	49	<1.8-240	2.0	5.7	1	2.8	<1.8-130	1.9	4.9	1	2.8	36
	55	<1.8-240	2.0	5.6	1	2.8	<1.8-79	1.9	4.3	1	2.8	36
	56	<1.8-79	1.9	4.3	0	0.0	<1.8-49	1.9	3.8	1	2.8	36
	31	<1.8-11	2.0	3.3	0	0.0	<1.8-7.8	1.8	2.5	0	0.0	36
	A-12	<1.8-9.3	1.8	2.7	0	0.0	<1.8-<1.8	<1.8	<1.8	0	0.0	36
	36	<1.8-23	2.0	3.6	0	0.0	<1.8-23	1.9	3.4	0	0.0	36
	A-11	<1.8-4.0	1.8	2.1	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	36
	37	<1.8-27	1.9	3.3	0	0.0	<1.8-22	1.8	3.2	0	0.0	36
	A-10	<1.8-6.8	1.8	2.4	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	36
A-09	<1.8-4.5	1.8	2.2	0	0.0	<1.8-4.5	1.8	2.2	0	0.0	36	
Total		<1.8-240			16	1.6	<1.8-240			18	1.9	972

<sup>1</sup>GM, Geometric mean.

<sup>2</sup>90th, The estimated 90th percentile.

Table 2. Summary of concentrations of total coliform and fecal coliform bacteria in seawater at each station located in the adjacent area in Changseon (2007~2009)

Section	Station number	MPN per 100 mL										No. of samples
		Total coliform					Fecal coliform					
		Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>230		Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>43		
			No.	%				No.	%			
Samcheonpo	5	<1.8->1,600	6.5	48.9	2	5.6	<1.8-540	4.1	22.3	3	8.3	36
	11	<1.8->1,600	4.3	29.9	1	2.8	<1.8-920	3.0	14.8	1	2.8	36
	A-2	<1.8->1,600	3.5	26.1	1	2.8	<1.8-1,600	3.2	19.8	3	8.3	36
	A-3	<1.8-240	4.0	20.3	2	5.6	<1.8-240	2.9	12.4	2	5.6	36
	20	<1.8-240	2.7	10.3	1	2.8	<1.8-130	2.3	7.3	1	2.8	36
	A-1	<1.8-540	3.0	13.5	1	2.8	<1.8-350	2.6	9.4	1	2.8	36
	14	<1.8-920	2.8	12.1	1	2.8	<1.8-540	2.4	9.0	1	2.8	36
	16	<1.8-240	2.7	8.9	1	2.8	<1.8-130	2.2	6.3	1	2.8	36
	19	<1.8-240	2.7	9.5	1	2.8	<1.8-240	2.5	8.3	1	2.8	36
	23	<1.8-240	3.5	18.5	2	5.6	<1.8-240	2.8	11.1	1	2.8	36
	24	<1.8-240	2.5	8.5	1	2.8	<1.8-240	2.1	6.7	1	2.8	36
	A-4	<1.8-920	2.2	8.8	1	2.8	<1.8-170	2.1	5.7	1	2.8	36
	27	<1.8-540	2.2	7.5	1	2.8	<1.8-540	2.1	7.0	1	2.8	36
	28	<1.8-240	2.3	7.0	1	2.8	<1.8-240	2.0	5.9	1	2.8	36
Changseon	41	<1.8-240	2.8	13.2	2	5.6	<1.8-79	2.4	8.0	2	5.6	36
	A-8	<1.8-24	2.1	4.1	0	0.0	<1.8-6.8	1.9	2.6	0	0.0	36
	52	<1.8-49	2.1	5.7	0	0.0	<1.8-33	2.0	4.0	0	0.0	36
	A-7	<1.8-22	2.2	4.6	0	0.0	<1.8-9.3	1.8	2.8	0	0.0	36
Other	47	<1.8-79	1.9	4.3	0	0.0	<1.8-33	1.9	3.5	0	0.0	36
Total		<1.8->1,600			19	2.8	<1.8-1,600			21	3.1	684

<sup>1</sup>GM, Geometric mean.

<sup>2</sup>90th, The estimated 90th percentile.

미국에서는 허가해역의 수질기준으로 같은 조사지점에서 30회 이상 실시한 분변계대장균 시험결과의 '기하평균치'가 14 MPN/100 mL을 초과하지 않고, 90th percentile 값이 43 MPN/100 mL 이하로 규정하고 있다 (US FDA, 2007). 창선해역에 대한 세균학적 안전성 평가결과를 미국의 허가해역 기준과 비교하면 지정해역은 물론 주변해역도 허가해역 기준에 부합하는 것으로 나타났다. 그러나 연안해역의 위생학적 수질은 도시화와 선박 계류장 등 인간의 활동에 특히 영향을 받는 것으로 알려져 있는데 (Mallin et al., 2000; 2001) 본 조사해역의 북부 배수구역에는 삼천포항의 인구 밀집지역이 위치하고 있고, 팔포천, 향촌천, 봉현천 등 비교적 규모가 있는 하천이 흐르고 있어 육상 오염물질의 유입이 우려된다. 따라서 본 연구에서는 이들 배수구역에서 유입되는 분변성 오염물질의 조사해역 내에서의 거동을 파악하기 위하여 삼천포항으로 유입되는 대표적 하천인 팔포천과 봉현천 유입구 인근에 각각 5지점 및 A-2지점을 설정하고 오염원에서 거리에 따른 분변계대장균의 90th percentile 값을 비교하였다 (Fig. 3). 팔포천과 봉현천 유입구 인근해역에서 90th percentile 값은 각각 22.3 및 19.8 MPN/100 mL이었으나 오염원에서 각각 2 km 떨어진

20 및 23지점에서는 각각 7.3 및 11.1 MPN/100 mL로 낮아졌다. 따라서 삼천포항 내에서는 분변계대장균이 다소 검출되었으나 지정해역까지는 거의 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 또한 본 조사결과를 보면 삼천포항에서 분변성 오염물질의 확산경로는 신수도 측보다는 삼천포화력발전소 측을 따라 흐르는 것으로 추정할 수 있었다. 낙조시 삼천포항 인근해역에서 조석에 따른 해류 또한 삼천포화력발전소 측에서 강하게 흐르는 것으로 보고된 바 있어 (NFRDA, 1978) 위생지표세균의 분포와 관련성이 시사되었다.

한편, Kwon et al. (2007)은 가막만에 대한 세균학적 안전성 평가에서 여수항과, 선소 인근의 해수에서는 본 연구에서 조사된 삼천포항의 해수 중 분변계대장균 함량보다 훨씬 높은 342.2~3,270 MPN/100 mL 90th percentile 값으로 검출되었으나 각 오염원으로부터 3~4 km 떨어진 조사지점에서는 미국의 허가해역 기준에 부합하였다고 보고하였다. 따라서 폐류생산해역의 안전성 확보를 위해서는 분변성 오염물질을 희석시킬 수 있는 적절한 규모의 완충해역이 생산해역과 오염원 사이에 확보되어야 하며, 완충해역의 규모는 오염 부하량에 따라 달라질 것으로 판단된다.

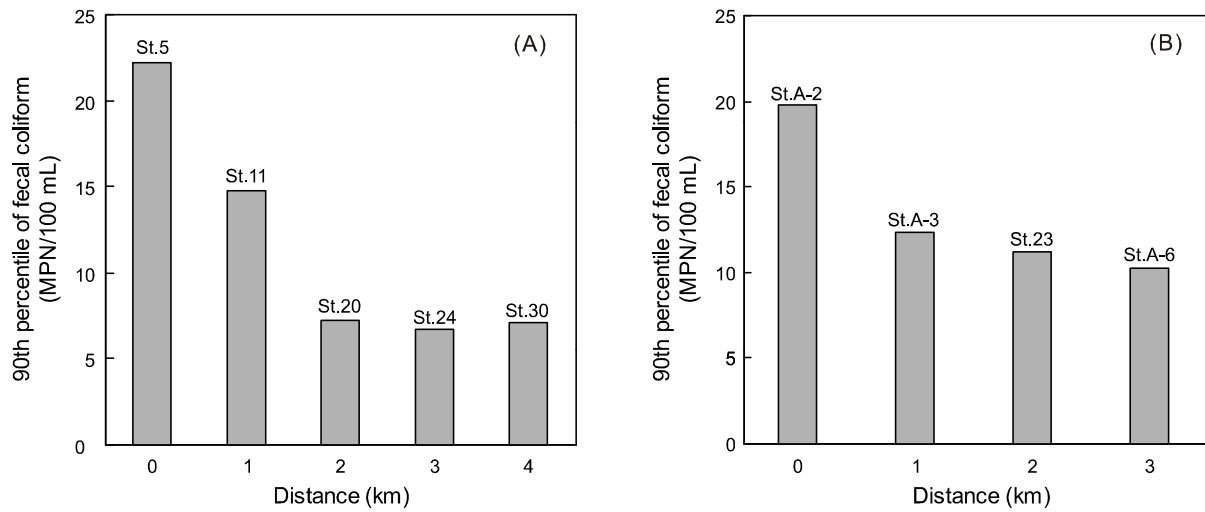


Fig. 3. Comparison of 90th percentile of fecal coliform concentrations in seawater by the distance from in Palpo-cheon stream (A) and Bonghyeon-cheon stream (B) in Samcheonpo harbor to the boundary of designated shellfish growing area in Changseon (2007~2009).

Table 3. Summary of monthly changes of total coliform and fecal coliform bacteria in seawater in designated shellfish growing area and adjacent area in Changseon (2007~2009)

Section	Month	MPN per 100 mL										No. of samples
		Total coliform					Fecal coliform					
		Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>230		Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	>43		
			No.	%				No.	%			
Designated area	1	<1.8-9.3	1.8	2.7	0	0.0	<1.8-4.5	1.8	2.3	0	0.0	81
	2	<1.8-4.5	1.8	2.3	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	81
	3	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	<1.8-<1.8	<1.8	<1.8	0	0.0	81
	4	<1.8-6.8	1.8	2.4	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	81
	5	<1.8-33	1.9	3.4	0	0.0	<1.8-33	1.9	3.1	0	0.0	81
	6	<1.8-79	1.9	3.9	0	0.0	<1.8-49	1.9	3.7	1	1.2	81
	7	<1.8-14	1.9	2.9	0	0.0	<1.8-9.3	1.8	2.5	0	0.0	81
	8	<1.8-49	2.1	4.4	0	0.0	<1.8-9.3	1.8	2.6	0	0.0	81
	9	<1.8-240	6.1	80.2	16	19.8	<1.8-240	4.9	48.3	17	21.0	81
	10	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	81
	11	<1.8-4.5	<1.8	2.0	0	0.0	<1.8-<1.8	<1.8	<1.8	0	0.0	81
	12	<1.8-7.8	<1.8	2.2	0	0.0	<1.8-7.8	<1.8	2.2	0	0.0	81
	Total	<1.8-240	2.2	9.2	16	1.6	<1.8-240	2.0	6.1	18	1.9	972
Adjacent area	1	<1.8-130	2.4	6.3	0	0.0	<1.8-79	2.1	4.8	1	1.8	57
	2	<1.8-23	2.1	3.9	0	0.0	<1.8-7.8	1.8	2.6	0	0.0	57
	3	<1.8-6.8	2.0	3.0	0	0.0	<1.8-4.0	1.8	2.1	0	0.0	57
	4	<1.8-49	2.4	6.5	0	0.0	<1.8-22	2.2	4.4	0	0.0	57
	5	<1.8-240	3.2	11.5	1	1.8	<1.8-33	2.7	7.1	0	0.0	57
	6	<1.8-240	4.1	25	3	5.3	<1.8-130	3.1	13.2	4	7.0	57
	7	<1.8-79	2.4	6.1	0	0.0	<1.8-22	1.9	3.3	0	0.0	57
	8	<1.8-79	3.2	11.7	0	0.0	<1.8-49	2.5	6.2	1	1.8	57
	9	<1.8->1,600	12.4	266.1	15	26.3	<1.8-1,600	8.9	159.5	15	26.3	57
	10	<1.8-13	2.3	4.6	0	0.0	<1.8-7.8	1.9	2.9	0	0.0	57
	11	<1.8-6.8	1.8	2.4	0	0.0	<1.8-6.8	1.8	2.3	0	0.0	57
	12	<1.8-22	1.9	3.3	0	0.0	<1.8-17	1.9	3.0	0	0.0	57
	Total	<1.8->1,600	3.4	29.2	19	2.8	<1.8-1,600	2.7	17.6	21	3.1	684

해수의 월별 위생학적 정상

조사기간 동안 창선해역의 지정해역과 주변해역의 해수에서 월별 위생지표세균의 변화를 Table 3에 나타내었다. 지정해역 내 해수의 분변계대장균수의 범위는 <1.8~240 MPN/100 mL이었다. 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료는 9월에 17개 (21.0 %)로 가장 많았고 다음으로 6월에 1개 (1.2 %) 시료가 나타났으며, 그 외 기준을 초과하는 시료는 없었다. 주변해역의 해수에서 분변계대장균의 범위는 <1.8~1,600 MPN/100 mL이었고, 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료는 9월에 15개 (26.3 %)로 가장 많았고, 6월에 4개 (7.0%) 및 1월과 8월에 각 1개씩 검출되었다. 따라서 창선해역은 계절적으로 여름철에는 분변성 오염물질에 일부 영향을 받는 것으로 나타났다. 분변계대장균 기준 (43 MPN/100 mL)을 초과하는 시료가 9월에 가장 많았던 것은 2007년 9월 조사 시 대량의 강우 (194.5 mm)로 인한 육상유래 분변성 오염물질의 해역유입 때문으로 판단되며, 같은 시기에 해역의 평균염

분이 가장 낮았던 점도 이를 뒷받침하고 있다 (Fig. 2).

Song et al. (2008)은 충남 태안해역에 대한 계절별 위생조사 결과, 해수의 위생지표세균 함량은 7월에 가장 높았으며, 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료도 겨울철에 비하여 여름철에 훨씬 많았다고 보고하였다. 그리고 Shim et al. (2009)도 자란만·사랑도 패류생산해역에 대한 월별 위생학적 평가결과 7월부터 10월 사이의 여름철에 다소 높은 균수를 나타내었다고 보고하여 본 연구결과에서 강우가 많은 하절기에 해수의 위생지표세균의 오염도가 높아지는 것과 동일한 경향을 나타내었다.

이상에서 남해 창선해역의 해수에 대한 안전성 평가결과, 각 조사지점은 미국의 허가해역 수질기준에 부합하였으나 여름철 강우 시에는 주변해역은 물론 지정해역의 경계선 부근에서는 일부 기준을 초과하는 것으로 확인되었다. 따라서 이 해역은 일정량 이상의 강우가 없으면 허가해역에 부합하는 미국의 ‘조건부허가해역’에 해당하는 것으로 판단된다.

Table 4. Summary of concentrations of indicator bacteria in mussel, *Mytilus edulis* at each station located in the designated shellfish growing area and adjacent area in Changseon (2007~2009)

Area	Station number	MPN per 100 g								Viable cell count/g		No. of samples
		Fecal coliform				<i>Escherichia coli</i>				Range	GM <sup>1</sup>	
		Range	GM <sup>1</sup>	>230		Range	GM <sup>1</sup>	>230				
No.	%	No.	%	No.	%	No.	%					
Designated area	M-1	<18-2,400	93.7	2	5.9	<20-490	23.5	1	2.9	35-2,400	205.9	34
	M-2	<18-700	53.4	1	2.9	<20-310	21.6	1	2.9	30-2,900	171.7	34
	M-5	<18-790	73.8	1	2.9	<20-500	24.8	1	2.9	30-6,100	206.5	35
	Sub-total	<18-2,400	73.6	4	3.9	<20-500	23.3	3	2.9	30-6,100	194.7	103
Adjacent area	M-3	<18-490	20.2	1	3.4	<20-160	20.6	0	0.0	30-3,300	134.1	29
	M-4	<18-93	22.3	0	0.0	<20-50	22.2	0	0.0	40-1,900	225.1	34
	Sub-total	<18-490	21.3	1	1.6	<20-160	21.4	0	0.0	30-3,300	177.4	63

<sup>1</sup>GM, Geometric Mean.

Table 5. Summary of fecal indicator bacteria concentrations in the seawater and mussel, *Mytilus edulis* collected from the designated shellfish growing area (DA) and adjacent area (AA) in Changseon under rainfall conditions

Collected date	Rainfall date	Rainfall amount (mm)	Area	Sea water						Mussel						
				MPN per 100 mL				No. of samples	MPN per 100 g				No. of samples			
				Fecal coliform		>43			Fecal coliform		<i>E. coli</i>					
Range	GM <sup>1</sup>	90th <sup>2</sup>	No.	%	Range	>230	No.	%	Range	>230	No.	%				
Sep. 18, 2007	Sep. 14 -18	194.5	DA	<1.8-240	93.9	93.9	17	63.0	27	490-790	3	100	70-500	2	66.7	3
			AA	<1.8-1,600	330.6	330.6	15	78.9	19	78-490	1	50.0	40-160	0	0.0	2
Jan. 22, 2008.	Jan. 20 -22	12.0	DA	<1.8-4.5	2.1	2.1	0	0.0	27	<18-20	0	0.0	<20-20	0	0.0	3
			AA	<1.8-79	6.6	6.6	1	5.3	19	<18-93	0	0.0	<20-50	0	0.0	2
June 17, 2008.	Jun. 16 -17	45.5	DA	<1.8-49	4.7	4.7	1	3.7	27	<18-130	0	0.0	<20-130	0	0.0	3
			AA	<1.8-130	24.6	24.6	4	21.1	19	<18-<18	0	0.0	<20-<20	0	0.0	2
Aug. 18 2008.	Aug. 14 -16	47.5	DA	<1.8-9.3	2.2	2.2	0	0.0	27	130-2,400	1	66.7	80-490	1	66.7	3
			AA	<1.8-49	6.3	6.3	1	5.3	19	<18-45	0	0.0	<20-<20	0	0.0	2

진주담치의 위생안전성 평가

창선해역에 서식하는 진주담치의 세균학적 안전성과 생산해역의 등급을 유럽연합의 Commission Regulation (EC) No 2073/2005 (European Commission, 2005) 및 Regulation (EC) No 854/2004 (European Commission, 2004)에 따라 평가하였다. 이들 규정에 따르면 패류 중 *E. coli*의 함량이 230 MPN/100 g 이하이면 A등급 해역에 해당되어 수확 후 즉시 섭취(생식)가 가능하다. 그리고 시료의 90%에서 *E. coli*가  $\leq 4,600$  MPN/100 g인 B등급 해역, 또는  $\leq 46,000$  MPN/100 g인 C등급 해역은 정화처리 (depuration 또는 relaying)나 가열조리 후 섭취토록 규정하고 있다.

2007년 1월부터 2009년 12월까지 창선해역에 위치한 지정해역 3개소 및 주변해역 2개소의 패류 조사지점에서 채취한 진주담치 중 분변계대장균 및 *E. coli*의 함량은 Table 4에 나타내었다.

지정해역 내에 위치한 M-1, M-2, M-5 지점에서의 *E. coli* 값의 범위는  $<20 \sim 500$  MPN/100 g이었고, 주변해역에 위치한 M-3 및 M-4 지점에서의 범위는  $<20 \sim 160$  MPN/100 g을 나타내어 주변해역의 진주담치 중 *E. coli* 함량이 지정해역보다 오히려 약간 낮았다. 지정해역 내의 일부 진주담치에서 유럽연합의 생식용 패류 기준인 230 MPN/100 g을 초과하였던 것은 2007년 9월과 2008년 8월 조사 시 있었던 경우에 의하여 조사지점 인근 육상의 마을에서 발생한 오염원의 영향 때문으로 판단된다. 그러나 국내에서는 진주담치를 대부분 가열조리 후 섭취하며, 뿐만 아니라 *E. coli*가 오염된 진주담치를 정화하면 24시간에 1~3 log 균수가 감소하므로 (de Mesquita et al., 1991; Power and Collins, 1989; 1990) 경우 후에는 일정시간 채취를 중단하면 유럽연합에서 규정하는 날것으로 섭취하는 패류의 위생기준도 충족할 수 있을 것으로 사료된다.

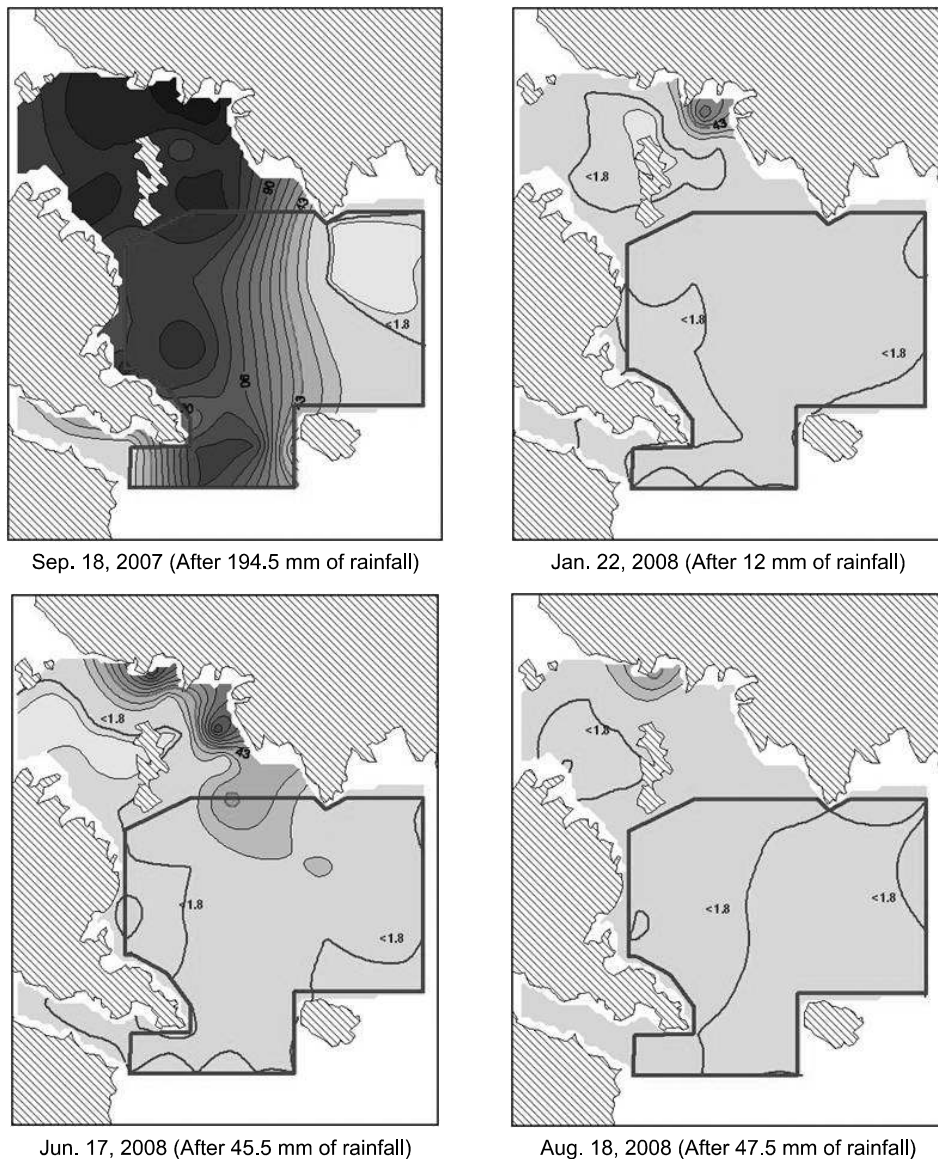


Fig. 4. Horizontal distribution of fecal coliform concentration (MPN/100 mL) after rainfall events in the Changseon area.

### 강우에 따른 해수 및 진주담치의 세균학적 변화

총 36회 조사 중 시료채취 3일 전 (4일 전부터 연속된 경우는 4일 전의 강우량도 포함)부터 강우가 있었던 20회 (Data 미제시) 중 해수에서 세균학적 수질변화가 있었던 4회의 위생지표 세균 분석결과를 지정해역과 주변해역으로 구분하여 Table 5에 요약하여 나타내었다.

2008년 1월 22일 채취시료는 2일전부터 당일까지 12.0 mm의 강우 후 채취하였으며, 해수시료에서는 삼천포항에 인접한 A-2 지점에서만 기준 (43 MPN/100 mL)을 초과하여 12.0 mm 정도의 강우는 해역에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 그리고 4일 전부터 당일까지 194.5 mm의 강우 후에 시료가 채취된 2007년 9월 18일 조사에서는 주변해역 (78.9%) 뿐만 아니라 지정해역 내 27개 조사지점 중 17개 조사지점에서 해수의 분변계대장균 값이 43 MPN/100 mL을 초과하였다. 이 때 지정해역 내의 진주담치에서도 3개 조사지점 중 2개 조사지점에서 *E. coli* 값이 230 MPN/100 g을 초과하여 창선해역은 195 mm 정도의 대량 강우 시에는 대부분의 해역이 영향을 받음을 알 수 있었다.

한편, 시료채취 전날부터 45.5 mm의 강우가 있었던 2008년 6월 17일 조사에서는 삼천포항에 인접한 5지점, 삼천포 화력 발전소 측을 따라 지정해역과 삼천포항의 중간에 위치한 A-2, A-3지점과 지정해역 경계선의 A-6지점에서도 분변계대장균이 49 MPN/100 mL으로 기준을 초과하였다. 이 때 진주담치의 *E. coli* 함량은 최고 130 MPN/100 g으로 다소 상승하였으나, A등급 해역의 기준을 초과하지는 않았다. 그런데 조사 4일전부터 2일전까지 47.5 mm의 강우 후 시료가 채취되었던 2008년 8월 18일의 조사에서는 해수의 경우 삼천포항의 5지점에서만 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하였는데 진주담치에서는 지정해역 내 창선도에 인접한 조사지점에서 *E. coli* 값이 기준을 초과하는 490 MPN/100 g을 나타내었다. 이렇게 해수와 패류의 결과에 차이를 나타내는 것은 조사해역의 배수구역에서 주요 오염원은 해역의 북부에 위치한 삼천포항이지만 대부분의 진주담치 양식장은 창선도에 인접하고 있어 주 오염원과 떨어져 있으므로 그 영향은 거의 받지 않고, 또 강우 종료 후 해수의 경우 원활한 조류 소통으로 외해수와의 교환을 통하여 쉽게 정상화되지만 패류에서는 해수에 희석된 세균의 축적과 축적세균의 정화까지는 시간이 필요하기 때문이라 사료된다. Ha et al. (2009)도 한산·거제만해역에 대한 안전성 평가에서 해수와 패류의 위생성상은 시료채취 전 강우량 뿐만 아니라 강우종료 후 시간경과에도 영향을 받는다고 보고한 바 있다.

위에서 나타난 강우 후 해역에서 분변계대장균의 분포를 Surfer 8.0 (Golden software Inc, USA)에 적용하였을 때 그 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 창선해역의 분변성 물질의 주 오염원은 해역의 북부에 위치한 삼천포항으로 확인되었고, 대량의 강우 시에는 신수도와 수우도에 이르는 광범위한 해역에서 기준을 초과함을 알 수 있다.

이상의 결과, 남해 창선일원의 패류생산해역에 대한 안전

성 평가를 실시하였다. 남해 창선일원의 패류생산해역은 지정해역과 주변해역을 막론하고 10 mm 이하의 강우 시에는 육상 배수구역에서 발생하는 분변성물질에 거의 영향을 받지 않으나 45 mm 이상의 강우 시에는 일부지점의 해수와 진주담치가 미국의 허가해역 (US FDA, 2007) 및 EU에서 규정하는 날것으로 섭취할 목적의 패류 위생기준 (European Commission, 2005)을 초과하였고, 195 mm의 강우에서는 대부분의 해수와 패류가 동 기준을 초과하였다. 따라서 남해 창선일원의 패류생산해역은 일정량 이상의 강우 시에는 일정기간 생산을 중지하는 ‘조건부허가해역’에 해당하였으며, 패류의 안전관리를 위한 강우량과 패류 중 위생지표세균의 변동에 관한 자세한 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

### 사 사

본 연구는 국립수산물과학원 (수출패류 생산해역 및 수산물 위생조사, RP-2010-FS-005)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- APHA (American Public Health Association). 1970. Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish. 4th ed. American Public Health Association, Inc. Washington, D.C. U.S.A., 1-105.
- Cliver DO. 1988. Virus transmission via foods. Food Technol 42, 241-248.
- de Mesquita MMF, Evison LM and West PA. 1991. Removal of faecal indicator bacteria and bacteriophages from the common mussel (*Mytilus edulis*) under artificial depuration conditions. J Appl Bacteriol 70, 495-501.
- European Commission. 2005. Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Off J Eur Union L338, 1-23.
- European Commission. 2004. Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption. Off J Eur Communities L155, 206-321.
- Feldhusen F. 2000. The role of seafood in bacterial foodborne diseases. Microbes Infect 2, 1651-1660.
- Grimes DJ. 1991. Ecology of estuarine bacteria capable of causing human disease: A review. Estuaries 14, 345-360.
- Ha KS, Shim KB, Yoo HD, Kim JH and Lee TS. 2009. Evaluation of the bacteriological safety for the



- shellfish growing area in Hansan-Geojeman, Korea. Kor J Fish Aquat Sci 42, 449-455.
- ISO (International Organization for Standardization). 2005. ISO/TS 16649-3. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli*. Part 3: Most probable number technique using 5-Bromo-4-chloro-3-indolyl-beta-D-glucuronide. ISO, 8pp.
- Kim SJ. 1975. Sanitary studies of oysters and growing areas in the south coast of Korea. Bull Fisheries Research & Development Agency 14, 1-79.
- Kwon JY, Park KBW, Song KC, Lee JH, Park JH, Kim JD and Son KT. 2007. Evaluation of the bacteriological quality of a shellfish-growing area in Kamak Bay, Korea. J Fish Sci Technol 11, 7-14.
- Legnani P, Leoni E, Lev D, Rossi R, Villa GC and Bisbini P. 1998. Distribution of indicator bacteria and bacteriophages in shellfish and shellfish growing waters. J Appl Microbiol 85, 790-798.
- Mallin MA, Williams KE, Esham EC and Lowe RP. 2000. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. Ecol Appl 10, 1047-1056 .
- Mallin MA, Ensign SH, McIver MP, Shank GC and Fowler PK. 2001. Demographic, landscape, and meteorological factors controlling the microbial pollution of coastal waters. Hydrobiologia 460, 185-193.
- NFRDA (National Fisheries Research & Development Agency), 1978. Handbook of the tide current pattern in the coastal growing and heavy industrial areas of Korea. NFRDA, pp. 107-120.
- Potasman I, Paz A and Odeh M. 2002. Infectious outbreaks associated with bivalve shellfish consumption: A worldwide perspective. Clin Infect Dis 35, 921-928.
- Power UF and Collins JK. 1989. Differential depuration of poliovirus, *Escherichia coli*, and a coliphage by the common mussel, *Mytilus edulis*. Appl Environ Microbiol 55, 1386-1390.
- Power UF and Collins JK. 1990. Tissue distribution of a coliphage and *Escherichia coli* in mussels after contamination and depuration. Appl Environ Microbiol 56, 803-807.
- Rippey SR. 1994. Infectious diseases associated with molluscan shellfish consumption. Clin Microbiol Rev 7, 419-425.
- Shim KB, Ha KS, Yoo HD, Kim JH and Lee TS. 2009. Evaluation of the bacteriological safety for the shellfish growing area in Jaranman-Saryangdo area, Korea. Kor J Fish Sci 42, 442-448.
- Song KC, Lee DS, Shim KB, Lim CW, Mog JS, Byun HS, Park YJ and Cho KC. 2008. Evaluation of bacteriological safety for the shellfish growing waters in Taean area, Korea. J Kor Fish Soc 41, 155-162.
- U.S. FDA (Food and Drug Administration). 2007. National Shellfish Sanitation Program, Guide for the control of molluscan shellfish, Model ordinance. Retrieved from <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/Product-SpecificInformation/Seafood/FederalStatePrograms/NationalShellfishSanitationProgram/default.htm> on June 18, 2010

---

2010년 1월 30일 접수  
 2010년 7월 27일 수정  
 2010년 8월 13일 수리