pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 32, No. 6, pp. 542~549 (2017)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2017.32.6.542

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

가막만해역 패류의 세균학적 · 독물학적 안전성 평가

하광수* · 신순범[1] · 이가정[2] · 정상현[1] · 오은경[1] · 이희정 · 김동욱 · 김연계
국립수산과학원 식품위생가공과, [1]남해수산연구소 양식산업과, [2]남동해수산연구소

Evaluation of the Bacteriological and Toxicological Safety for the Shellfish Growing Area in the Kamakman Area, Korea

Kwang-Soo Ha*, Soon-Bum Shin[1], Ka-Jeong Lee[2], Sang-Hyeon Jeong[1], Eun-Gyoung Oh[1], Hee-Jung Lee, Dong-Wook Kim, and Yeon-Kye Kim
Food Safety and Processing Research Division, National Institute Fisheries Science, Busan, Korea
[1]South Sea Fisheries Research Institute, National Institute Fisheries Science, Yeosu, Korea
[2]Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Institute Fisheries Science, Tongyeong, Korea
(Received September 18, 2017/Revised October 5, 2017/Accepted October 12, 2017)

ABSTRACT - To evaluate bacteriological and toxicological safety, the hygienic indicator bacterium and paralytic and diarrhetic shellfish toxins in the shellfish produced in the Kamakman Area from 2012 to 2016 were investigated. Fecal coliforms and *E. coli* of all 194 oyster samples tested did not exceed 230 MPN/100 g. The geometric mean of the fecal coliform analyzed with the oyster samples of harvesting period was 19.6 MPN/100 g, which was more stable than the non-harvesting period (26.5 MPN/100 g). For the toxicological evaluation of the Kamakman Area, 77 oyster samples and 350 mussel samples as an indicator were analyzed. Paralytic shellfish toxins were detected very low in the range of 40~46 μg/100 g in 13 mussel samples during late April and early June, but not in oyster samples. Diarrhetic shellfish toxin was detected in 2 of 180 samples, but it was found to be below the regulation value (0.16 mg OA equ./kg). Based on the bacteriological studies, it was confirmed that the shellfish produced in Kamakman area meets the standard of shellfish hygiene of the Food Sanitation Act and meets the Grade A of the shellfish production area of EU. As the results of the paralytic and diarrhetic shellfish toxin evaluation, it was confirmed that the Kamakman Area is also toxicologically safe for shellfish production.

Key words : Kamakman, Fecal Coliform, *E. coli*, Shellfish Poisoning

가막만해역은 전라남도 여수시의 도심, 화양면, 화정면 및 돌산읍으로 둘러싸여 있는 타원형의 반폐쇄성 내만으로 육상으로부터 영양염의 유입과 먹이생물의 번식이 원활하여, 전남 지역의 대표적인 패류생산해역으로 알려져 있다[1].

패류는 주로 해안과 인접한 지역에서 서식하므로, 도심 주거지역, 가축 사육지, 야생동물 서식지, 선박계류장 등에서 발생하는 분변에 오염되기 쉽고[2-3], 여과섭이 활동을 통해 영양을 섭취함으로 체내에 축척된 세균, 바이러스, 및 패류독소 등의 병원소로 작용하며, 각종 질병의 매개체로 인식되어 왔다[4-5]. 패류는 오염물질을 쉽게 축적 할 뿐만 아니라 패각을 제외한 장기관 및 연체부 전체를 가식부로 이용한다는 점에서 패류의 안전한 섭취를 위해서는 서식하고 있는 해역에 대한 위생적인 관리가 매우 중요하다[6]. 따라서 패류의 위생안전성 확보를 위하여 패류생산해역의 위생관리는 대단히 중요하며, 미국, 유럽연합 등 선진국에서는 패류생산해역의 위생상태에 따라 등급을 부여하여 관리하고 있다.

패류생산해역의 관리등급은 해수와 패류의 위생지표세균을 근거로 결정된다. 미국은 해수의 분변계대장균 함량으로 패류생산해역을 허가해역, 조건부 허가해역, 제한해역, 조건부 제한해역, 금지해역으로 분류하며, EU는 패류의 대장균 함량을 분석하여 A, B, C 등급으로 나누어 해역을 관리하고 있다. 그리고 뉴질랜드와 일본은 해수 및 패류의 위생 상태에 따라 해역등급을 결정하여 관리하고 있다[7-8].

인체에 급성치사 독성을 나타내는 마비성패류독소는 패

*Correspondence to: Kwang-Soo Ha, Food Safety and Processing Research Division, National Institute Fisheries Science, Busan, 46083, Korea
Tel: 82-51-720-2642, Fax: 82-51-720-2619
E-mail: ksha@korea.kr

류생산해역의 위생안전성 확보를 위해반드시 관리되어야 하는 항목이다. 마비성패류독소에 의한 최초의 중독사고는 1790년 러시아의 알래스카 탐험대가 담치를 섭취하고 100여명이 사망한 사건이 기록된 후로, 최근에는 전 세계적으로 발생되고 있는 것으로 보고되고 있다[9]. 설사성패류독소는 1960년대 네덜란드에서 최초의 식중독 보고가 있었다. 그 후 일본, 스페인, 프랑스, 스웨덴 등의 유럽지역에서 수 만건이 넘는 중독사고가 보고되고 있다[10]. 이처럼 패류생산해역에 대한 안전성 평가를 위해서는 패류 섭취로 인한 식중독 발생의 주요 원인이 되고 있는 독물학적 안전성이 반드시 확보되어야 한다.

지금까지 가막만해역의 위생학적 안전성을 평가한 연구는 해수에 대한 수질평가와 강우 후 해수 및 굴의 세균학적 변화에 대한 연구뿐이며, 생산되고 있는 패류를 직접 분석하여 해역의 위생학적 안전성을 평가한 연구는 없었다[11-12].

본 연구는 2012년부터 2016년까지 가막만해역에서 주로 생산되는 패류인 굴의 위생지표세균 분석을 통하여, 동 해역이 패류 생산해역으로 적합한 위생상태인지 평가하였다. 또한 패류의 마비성패류독 및 설사성패류독 함량을 분석하여 독물학적 안전성이 유지되고 있는지 확인하였다.

Materials and Methods

조사지점 및 기간 선정

가막만해역은 수출용 패류생산해역으로 지정되어 관리되고 있다. 지정해역 경계선 내부에 위치한 해역에서는 굴(*Crassostrea gigas*)이 생산되고 있으며, 여수시 도심이 위치한 북부해역에는 주로 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*) 양식이 활발하다. 2012년부터 2016년까지 가막만해역에 대한 세균학적 안전성평가를 위하여 가막도(O-3), 평사리(O-4), 안포리(O-5), 세포리(O-6), 금봉리(O-7)에 굴 조사지점 5개소를 선정하여 조사하였다. 또한 독물학적 안전성 평가를 위해 굴 조사지점 2개소(O-6, O-7) 뿐만 아니라 경호동(M-1), 소호동(M-2) 및 평사리(M-4), 금봉리(M-5)에 마비성패류독의 지표종인 지중해담치 조사지점 4개소에 대한 패류독소 분석을 실시하였으며, 조사지점의 위치를 Fig. 1에 나타내었다.

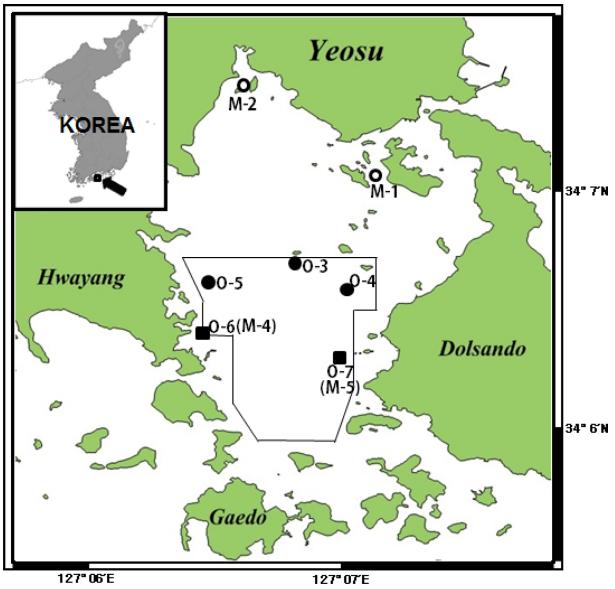

Fig. 1. Sampling stations in the Kamakman area. ●, Oyster; ■, Oyster and Mussel; ○, Mussel.

위생지표세균 분석

시료 중 분변계대장균, 일반세균수 분석은 Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish의 방법[13]에 따라 시험하였다. 분변계대장균은 최확수법(Most Probable Number, MPN)으로 시험하였으며, 결과는 100 g 당 MPN으로 나타내었고, 세균수는 g당 Colony Forming Unit (CFU)로 나타내었다. 패류의 대장균 분석은 ISO/TS 16649-3의 방법[14]에 따라 분석하였다.

마비성패류독소 분석

가막만해역에서 생산된 굴 및 지중해담치의 마비성패류독(Paralytic Shellfish Poisoning, PSP) 함량을 측정하기 위하여 APHA 방법에 준하여 분석하였다[13]. 패각의 외부 및 내부의 이물질을 수도수로 세척한 후, 물기를 제거한 패류육을 균질화하고, 시료 100 g에 0.1 N HCl 동량을 첨가하였다. 시료의 pH 2.0~4.0 범위가 되도록 조정하여 100°C에서 5분간 가열한 후, 냉각하고 다시 pH를 조정하여 200 mL로 정량하였다. 원심분리한 상등액을 시료로 하여 mouse의 복강에 1 mL씩 주입하고 사망시간을 확인하여 sommer's Table에 따라 독력을 계산하였다.

설사성패류독소 분석

설사성패류독소(Diarrhetic Shellfish Poisoning, DSP) 분석에 사용된 okadaic acid (OA), dinophysistoxin-1 (DTX-1), dinophysistoxin-2 (DTX-2) 표준품은 Canada의 National Research Council (NRC, Halifax, Canada)에서 구입하였고, 탈각한 시료는 90% MeOH로 추출하여 원심분리 후, 0.22 μm syringe filter로 여과하여 분석하였다. Acetonitrile과 methanol 등 용매는 Merck (Darmstadt, Germany)의 HPLC grade를 사용하였고, formic acid, ammonium formate, 등은 Sigma (St. Louis, MO, USA)의 mass spectormetry grade를 사용하였다. 이동상은 formic acid와 ammonium formate가 각각 50 mM 및 2 mM이 되도록 만든 수용액 A 용액과 동일 농도의 formic acid와 ammonium formate가 함유된 95% acetonitrile B용액을 사용하였다. 두 용액의 비율을 80:20으로 시작하여 1.5분에 걸쳐 B 용액을 20%에서 80%까지 올린 후, 3.5분간 유지하여 독성분을 용출한

Table 1. LC-MS/MS parameters for detection of diarrhetic shellfish poisoning toxins

Toxin	Parent ion (*m*/*z*)	Fragment ion (*m*/*z*)	Mode	Collision energy (eV)
OA	803.20	254.91	ES-[1)]	45
DTX1	817.30	255.00	ES-	45
DTX2	803.20	254.91	ES-	45

[1)]Electrospray negative ion

후, 다시 20%로 낮추어 1.5분간 column의 평형화 시간을 갖도록 하였고, 유속은 250 μL/min의 조건으로 하였다.

설사성패류독소 분리를 위해 ACQUITY UPLC H-Class (Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였고, mass spectrometer는 Xevo TQ-S (Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. 분석용 column은 ACQUITY UPLC® BEH C18 (2.1 × 100 mm, 1.7 μm)를 사용하였으며, mass의 분석조건은 capillary voltage는 3.5 kV, cone voltage는 40 V, source temp는 150°C, desolvation temp는 350°C로 분석하였다. 시료검출은 MRM (Multiple reaction monitoring) 법으로 하였으며, 각 성분분석을 위한 기기의 parameter는 Table 1에 나타내었다.

Results and Discussion

세균학적 안전성평가

가막만해역 내에 위치한 굴 조사지점 5개소(O-3~O-7)에서 분석한 분변계대장균, 대장균 및 세균수의 검출범위, 기하평균치, 90th percentile 값 등을 Table 2에 나타내었다. 2012년 1월부터 2016년 12월까지 매월 1회씩 패류에 대한 조사를 실시하였으나, 굴 수확을 마친 어장에서는 시료를 채취할 수 없어 총 42회, 194점의 굴 시료에서 세균함량을 분석하였다. 검출된 분변계대장균 및 대장균 수의 범위는 각각 < 18~230 및 < 18~220 MPN/100 g 이었다. 대장균수의 기하학적평균치의 범위는 20.1~25.1 MPN/100 g로 낮게 나타났다.

식품공전[15)]의 생식용 굴에 대한 기준규격은 대장균 230 MPN/100 g을 초과하지 않도록 설정되어 있다. 따라서 가막만해역에서 2012년부터 2016년까지 생산된 굴은 국내 식품위생법의 기준을 만족하는 것으로 확인되었다. 또한 유럽연합의 해역평가 기준인 Commission Regulation (EU) 2015/2285[7)]에 따르면 생산된 패류를 즉시 생식할 수 있는 A 등급해역은 조사기간 동안 80%의 시료가 230 *E. coli* MPN/100 g을 초과하지 않아야 하며, 초과한 20%의 시료 중에서 700 *E. coli* MPN/100 g을 넘는 시료가 없어야 한다. 따라서 유럽연합의 기준에 따른 평가에서도 가막만해역은 A 등급의 패류생산해역으로 분류되었다. 미국은 해수의 위생상태를 평가하여 패류생산해역을 허가해역, 조건부 허가해역, 금지해역 등으로 분류하며, Kwon 등[11)]도 1998년부터 2008년까지 가막만해역 해수에 대한 세균학적 평가를 수행하였으며, 가막만해역이 미국의 허가해역 수질기준에 적합함을 확인하였다.

또한 식품공전에서 소비자가 그대로 섭취할 수 있도록 유통판매를 목적으로 위생처리하여 용기 포장에 넣은 동물성 냉동수산물의 경우, 세균수 기준을 100,000 CFU/g으로 설정하고 있다. 가막만해역에서 생산된 굴의 세균수는 3,600 CFU/g 이하로 매우 안전한 수준이었다.

경남지역에 위치한 한산·거제만해역과 자란만·사량도해역의 육상오염원의 영향 및 굴에 대한 위생학적 안전성을 평가한 Mok[16-17)]의 연구결과에서도 분변계대장균 및 대장균의 검출범위가 230 MPN/100 g을 초과하지 않는 것으로 나타났다. 또한 분변계대장균의 기하학적평균치는 각각 23.7~26.7 및 19.3~25.0 MPN/100 g으로 가막만해역(20.1~25.1 MPN/100 g)과 비슷한 수준이었다. 경남과 전남해역에 위치한 대표적인 굴 생산해역의 위생학적 안정성은 국내 및 외국의 기준에 부합한 것으로 확인되었다.

수확시기에 따른 위생학적 성상

굴 수확시기는 일반적으로 10월부터 다음해 5월까지 지속되며, 비수확기는 6월부터 9월까지의 하절기를 포함한다. 수확시기에 따른 굴의 위생상태를 비교한 결과를 Table 3에 나타내었다. 수확기 및 비수확기에 검출된 분변계대장균의 범위는 각각 < 18~130 및 < 18~230 MPN/100 g으로 비수확기의 분변계대장균수가 더 높게 검출되었고, 기하학적평균치도 19.6 및 26.5 MPN/100 g로 다소 높았다. 대장균과 세균수 검출결과도 비수확기의 오염정도가 높게 나타났다. 이러한 이유는 패류생산해역의 해수에 대한 위생학적 평가연구[18-19)]에서 비수확시기가 우리나라 하절기를 포함하고 있으며, 강우의 빈도가 높고, 강우량이 증가함에 따라 자란만·사량도해역과 창선해역에서 각각 염분이 낮게 나타나고, 육상의 오염물질 유입이 증가하면서 패류의 위생상태가 악화되는 것으로 보고하고 있다. 자란만·사량도해역의 경우 월별 염분농도가 26.62~34.65 psu 범위였으며, 대량 강우가 발생한 7월에 26.62 psu로 가장 낮게 나타났고, 육상 인근에 위치한 시료뿐만 아니라 해역 중앙에서 채취한 해수시료에서도 분변계대장균의 함량이 높게 검출되었다. 창선해역 해수의 월별 염분농도는 30.22~33.70 psu 범위였으며, 장마와 태풍 등 강우량이 많은 7~10월에 낮은 염분을 나타내었고, 해수의 분변계대장균이 43 MPN/100 mL을 초과한 시료는 9월에 17개 시료로 가장 많았다.

강우가 패류의 세균학적 수질에 미치는 영향

강우량과 강우 후 경과시간이 패류생산해역의 세균학적 수질변화에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 조사 3일전

Table 2. Results of the bacteriological examinations of oyster in Kamakman from 2012 to 2016

Station	Fecal coliform MPN/100 g					*E.coli* MPN/100 g					Plate count CFU/g					No. of samples
	Range	GM[1)]	90[th2)]	> 230		Range	GM	90[th]	> 230		Range	GM	90[th]	> 50000		
				No.	%				No.	%				No.	%	
O-3	< 18~130	32.7	19.3	0	0.0	< 18~110	21.7	38.1	0	0.0	10~2,600	83.8	302.4	0	0.0	40
O-4	< 18~230	50.3	22.8	0	0.0	< 18~170	20.8	34.2	0	0.0	15~1,900	91.8	295.6	0	0.0	42
O-5	< 18~170	40.1	20.2	0	0.0	< 18~220	25.1	56.2	0	0.0	30~3,600	105.4	420.5	0	0.0	35
O-6	< 18~45	24.1	18.1	0	0.0	< 18~50	20.1	26.4	0	0.0	20~1,900	107.8	346.7	0	0.0	36
O-7	< 18~170	59.4	24.8	0	0.0	< 18~170	22.5	42.7	0	0.0	5.0~2,000	133.7	580.9	0	0.0	41
Total	< 18~230	41.3	21.0	0	0.0	< 18~220	22.0	39.5	0	0.0	5.0~3,600	104.5	389.2	0	0.0	194

[1)]Geometric Mean.
[2)]The estimated 90[th] percentile.

Table 3. Results of the bacteriological examinations of oyster during harvesting and non-harvest season in Kamakman from 2012 to 2016

Station	Fecal coliform MPN/100 g					*E.coli* MPN/100 g					Plate count CFU/g					No. of samples
	Range	GM[1)]	90[th 2)]	> 230		Range	GM	90[th]	> 230		Range	GM	90[th]	> 50000		
				No.	%				No.	%				No.	%	
(Harvest season)																
O-3	< 18~20	17.4	18.6	0	0.0	< 18~110	20.2	30.2	0	0.0	10~2,600	69.4	235.6	0	0.0	31
O-4	< 18~130	22	44.2	0	0.0	< 18~70	19.9	26.6	0	0.0	15~370	80.3	225.5	0	0.0	33
O-5	< 18~20	17.9	19.7	0	0.0	< 18~80	22.2	38.1	0	0.0	30~800	89.4	245.0	0	0.0	26
O-6	< 18~45	17.7	22.6	0	0.0	< 18~50	19.8	25.1	0	0.0	20~450	91.1	212.3	0	0.0	27
O-7	< 18~110	23.0	48.0	0	0.0	< 18~70	20.7	29.8	0	0.0	5.0~740	101.7	349.4	0	0.0	31
Total	< 18~130	19.6	30.6	0	0.0	< 18~110	20.6	30.0	0	0.0	5.0~2,600	86.4	253.6	0	0.0	148
(Non-harvest season)																
O-3	< 18~130	27.8	76.6	0	0.0	< 18~110	27.6	67.5	0	0.0	10~900	160.1	530.1	0	0.0	9
O-4	< 18~230	25.9	78.3	0	0.0	< 18~170	24.7	62.3	0	0.0	15~1,900	149.4	657.3	0	0.0	9
O-5	< 18~170	28.4	104	0	0.0	< 18~220	35.6	124	0	0.0	30~3,600	170.0	1380.9	0	0.0	9
O-6	< 18~45	19.3	30.0	0	0.0	< 18~45	21.3	31.4	0	0.0	20~1,900	195.6	1206.4	0	0.0	9
O-7	< 18~170	31	105	0	0.0	< 18~170	29.4	88.1	0	0.0	5.0~2,000	312.8	1651.1	0	0.0	10
Total	< 18~230	26.5	78.8	0	0.0	< 18~220	27.7	74.6	0	0.0	5.0~3,600	197.6	1085.2	0	0.0	46

[1)]Geometric Mean.
[2)]The estimated 90[th] percentile.

Table 4. Effect of rainfall and time on the bacteriological quality of oyster in Kamakman from 2012 to 2016

Sampling date	Rainfall date	Rainfall amount (mm)	Station	MPN/100 mL		CFU/g
				Fecal coliform	*E.coli*	Plate counter
‘13.03.18	‘13.03.17	40.6	O-3	< 18	< 20	90
			O-4	< 18	< 20	250
	‘13.03.18	18.0	O-5	20	20	200
			O-7	40	20	150
‘15.11.09	‘15.11.06	2.3	O-3	20	20	60
	‘15.11.07	30.0	O-4	< 18	< 20	80
	‘15.11.08	4.5	O-5	20	80	160
	‘15.11.09	0.2	O-6	< 18	< 20	55
			O-7	20	20	260
‘15.12.14	‘15.12.11	11.5	O-3	20	< 20	55
	‘15.12.12	-	O-4	45	20	60
	‘15.12.13	-	O-5	< 18	< 20	45
	‘15.12.14	0.8	O-6	< 18	20	55
			O-7	110	70	100
‘16.09.19	‘16.09.16	1.5	O-3	78	80	900
	‘16.09.17	180.9	O-4	230	170	1,900
	‘16.09.18	1.8	O-5	170	80	1,700
	‘16.09.19	-	O-6	45	45	1,900
			O-7	130	130	1,000

Table 5. Results of mouse bioassay for PSP in shellfish in Kamakman region from 2012 to 2016

Sample station		Toxicity (μg/100 g)										
		2012		2013			2014			2016		
		5/9	5/14	4/22	4/24	4/29	5/13	5/26	6/9	5/16	5/23	5/30
Oyster	O-6	ND[1)]	ND	-	-	-	-	-	-	ND	-	-
	O-7	-[2)]	-	-	-	-	-	-	-	ND	-	-
Mussel	M-1	46	42	ND	ND	44	44	ND	ND	ND	40	40
	M-2	44	45	43	45	42	ND	ND	43	ND	ND	ND
	M-4	ND	ND	ND	-	-	ND	-	ND	ND	-	-
	M-5	ND	ND	ND	-	-	ND	-	ND	41	-	-

[1)]Not detected or all three mice were not dead within 1hrs, after injection of 0.1 N HCl extract.
[2)]Sample shellfish were not available to collect.

부터 조사 당일까지 강우가 있었던 경우를 대상으로 강우가 해역에 미치는 수질변화를 Table 4에 나타내었다. 조사기간 동안 해역에 미치는 영향이 적을 것으로 판단되는 10 mm 이하의 강우가 있거나, 두 지점 이상에서 분변계대장균 및 대장균이 검출되지 않은 경우에는 패류의 위생학적 안전성에 영향을 미치지 않는 것으로 판단하여 분석에서 제외하였다. 강우영향에 대한 평가결과, 조사 3일전부터 12.3, 37.0 및 58.6 mm의 강우가 내린 후 실시한 세 번의 조사에서 분변계대장균군, 대장균 및 세균수는 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 하지만 2016년 9월 184.2 mm의 강우 후에 실시한 조사에서는 전체 지점에서 대장균이 검출되었고, 범위는 45~170 MPN/100 g으로 높게 나타나, 조사 이틀 전에 내린 180.9 mm의 강우로 인한 육상의 오염물질이 해수를 통해 패류의 체내에 농축되어 위생상태에 영향을 미친 것으로 판단된다. Park[12)]은 강우가 가막만해역 해수의 세균학적 수질에 큰 영향을 미치며 강우 후 24~48시간 경과 후, 평소의 수질로 회복되어 간다고 보고하였다. 또한 Yoo[19)]는 창선해역의 경우, 조사 4일전부터 2일전까지 47.5 mm의 강우 후에 해수는 조류 소통으로 외해수와의 교환을 통해 빠른 시간에 수질을 회복하였지만, 체내에 세균을 축적한 패류는 대장균 값이 490 MPN/100 g으로 나타나 해수보다는 강우영향이 오래 지속됨을 보고하였다.

강진만해역에 대한 패류의 위생학적 성상에 대한 연구[20)]에서 피조개 총 54개 시료 중 2007년 9월과 2009년 7월에 발생한 강우의 영향으로 2개 시료에서 분변계대장균의

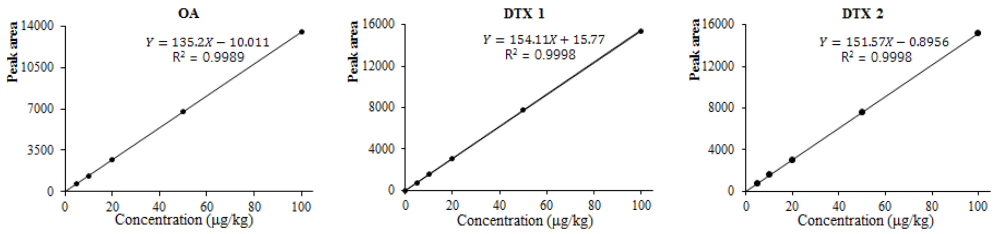

Fig. 2. The standard curve for okadaic acid (OA), dinophysistoxin-1 (DTX1) and dinophysistoxin-2 (DTX2).

기준치를 초과하였다고 보고하였다. 또한 창선해역의 지중해담치에 대한 위생학적 평가[19]에서도 2007년 9월 및 2008년 8월의 강우영향으로 인해 대장균 기준치를 초과한 것으로 보고하였다. 이처럼 패류생산해역의 위생학적 안전성에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 강우로 판단된다. 우리나라에서 패류수출을 목적으로 외국의 위생기준에 맞추어 해역을 관리하고 있는 수출용 패류생산 지정해역의 경우, 해역별 강우량에 따른 패류채취 금지일을 설정하여 운영하고 있다. 국내 유통을 목적으로 패류를 생산하고 있는 해역도 강우에 대한 영향을 평가하여, 패류채취 금지기간을 설정하고 관리할 수 있는 기초 연구가 확대되어야 한다.

독물학적 안전성 평가

2012년부터 2016년까지 가막만해역 굴 조사지점(O-6, O-7) 및 지중해담치 조사지점(M-1, M-2, M-4, M-5)에서 각각 77점 및 350점의 패류시료에 대한 마비성패류독소 검출결과를 요약하여 Table 5에 나타내었다. 총 427개 시료 중 13개 시료에서 식품위생법에서 설정하고 있는 마비성패류독소 기준치인 80 μg/100 g 미만의 소량이 검출되었다. 마비성패류독소는 지중해담치에서 4월말에서 6월초 사이에 검출되었으며 40~46 μg/100 g 범위로 낮게 나타났다. 굴에서는 마비성패류독소는 검출되지 않았으며, 주로 10월에서 다음해 3월경에 채취를 완료하므로 패류독소 검출시기에 분석된 시료수가 충분하지는 않았다. 하지만 Mok[9]은 수산생물 종류별 마비성 패류독소 축적에 관한 연구에서 패류독소 발생해역에 시험생물을 시설하여 동일한 시기에 분석한 결과, 지중해담치(159 μg/100 g)와 가리비(95 μg/100 g)는 패류독소 기준치를 초과하였으나, 바지락(71 μg/100 g)과 굴(58 μg/100 g)은 기준치 이하 검출되어 지중해담치가 패류생산해역의 마비성패류독소 안전성 확인을 위한 지표종으로 유용하다는 사실을 확인하였다.

설사성패류독소는 굴 1개 지점(O-7) 및 지중해담치 2개 지점(M-1, M-5)에서 총 180점에 대한 OA, DTX-1, DTX-2 독소함량을 분석하였다. 각 독소성분의 결정계수(r^2)는 0.99 이상으로 높은 직선성을 나타내었으며, 각 성분은 OA (3.4 min), DTX-1 (4.0 min), DTX-2 (3.5 min)에 검출되었다(Fig. 2 & 3). LC-MS-MS로 분석한 설사성패류독소 각 성분의 정량한계는 10 μg/kg으로 확인되었으며, 2016년 6

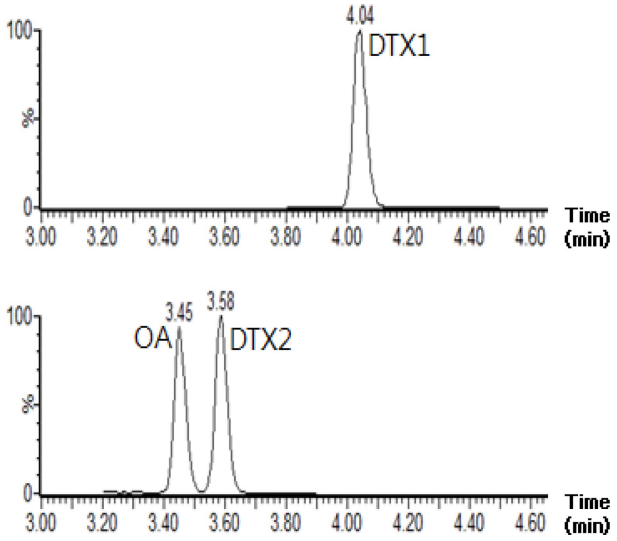

Fig. 3. Chromatograms of the standard solution (100 μg/kg) of okadaic acid (OA), dinophysistoxin-1 (DTX1) and dinophysistoxin-2 (DTX2).

월 가막만 경호동(M-1) 및 금봉리(O-5)에서 각각 19 및 22 μg/kg의 okadaic acid가 검출되었다. 또한 경호동 시료에서는 DTX-1도 2 μg/kg으로 정량한계 이하로 매우 낮게 나타났다. 하지만 우리나라 식품위생법에서 설정한 설사성패류독소 기준치인 OA와 DTX-1 합이 160 μg/kg 이하에 미치지 않는 소량이었다. 그리고 DTX-2는 모든 시료에서 검출되지 않았다. 이상의 결과, 가막만해역에서 생산되는 굴은 세균학적, 독물학적으로 우리나라와 EU 등의 패류생산해역 기준에도 적합한 위생상태를 유지하고 있음을 확인하였다.

Acknowledgement

이 논문은 국립수산과학원의 수산과학연구사업 중 「수출패류 생산해역 및 수산물 위생조사 R2017057)」의 지원으로 수행된 연구결과입니다.

국문요약

본 연구는 2012년부터 2016년까지 전남 가막만해역에서

생산되는 패류에 대하여 위생지표세균, 마비성 및 설사성 패류독소를 분석하여 세균학적, 독물학적 안전성을 평가하고자 하였다. 총 194점의 굴 시료에서 분변계대장균과 대장균을 분석한 결과 모두 230 MPN/100 g을 초과하지 않았다. 굴 수확시기 동안 분석한 분변계대장균의 기하학적 평균치는 19.6 MPN/100 g으로 비수확시기(26.5 MPN/100 g) 보다 안정적인 것으로 나타났다. 가막만해역의 독물학적 평가를 위해 굴 77개 시료와 패류독소 지표종인 지중해담치 350개 시료에 대한 분석을 실시하였다. 마비성패류독소는 4월말부터 6월초 사이에 지중해담치 13개 시료에서 40~46 μg/100 g 범위로 매우 낮게 검출되었으며, 굴 시료에서는 전혀 검출되지 않았다. 설사성패류독소는 총 180개 시료 중 2개 시료에서 검출되었으나, 기준치에 미치지 못하는 것으로 확인되었다. 따라서 가막만해역에서 생산되는 패류의 세균학적 안전성을 평가한 결과, 식품위생법의 패류 위생기준에 적합하였고, EU의 패류생산해역 A등급 기준에 부합하는 것으로 확인되었다. 또한 마비성 및 설사성패류독소는 기준치보다 매우 낮은 수준으로 검출되어 독물학적 안전성이 확보된 패류생산해역으로 평가되었다.

References

1. Lee, K.H., Cho, K.D.: Distribution of the temperature and salinity in Kamak Bay. *Bull. Kor. Fish. Soc*., **23**, 25-39 (1990).
2. Hunter, C., Perkins, J., Tranter, J., Gunn, J.: Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire Peak District in the UK. *Water Res.,* **33**, 3577-3586 (1999).
3. Mallin, M.A., Ensign, S.H., McIver, M.R.: Shank GC and Fowler PK. Demographic, landscape, and meteorological factors controlling the microbial pollution of coastal waters. *Hydrobiologia,* **460**, 185-193 (2001).
4. Hold, G.L., Smith, E.A., Rappe, M.S., Maas, E.W., Moore, E.R.B., Stroempl, C., Stephen, J.R., Prosser, J.L., Brikbeck, T.H., Gallacher, S.: Characterisation of bacterial communities associated with toxic and non-toxic dinoflagellates: *Alexandrium* spp. and *Scrippsiella trochoidea*. *Fems. Microbiology Ecology,* **37**, 161-173 (2001)
5. Rippey, S.R.: Infectious diseases associated with molluscan shellfish consumption. *Clin. Microbiol. Rev.,* **7**, 419-425 (1994).
6. Ha, K.S., Shim, K.B., Yoo, H.D., Kim, J.H., Lee, T.S.: Evaluation of the bacteriological safety for the shellfish growing area in Hansan-Geojeman, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.,* **42**, 449-455 (2009).
7. European Commission: Commission Regulation (EU) 2015/2285 amending Annex II to Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption as regards certain requirements for live bivalve molluscs, echinoderms, tunicates and marine gastropods and Annex I to Regulation (EC) No 2073/2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Official J. Eur. Union* (2015).
8. U.S. Food and Drug Administration: National Shellfish Sanitation Program, Guide for the control of molluscan shellfish 2015 Revision. *http://www.fda.gov/Food/Guidance Regulation/FderalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm* (2015).
9. Mok, J.S., Oh, E.G., Son, K.T., Lee, T.S., Lee, K.J., Song, K.C., Kim, J.H.: Accumulation and depuration of paralytic shellfish poisoning in marine organisms. *Kor. J. Fish Aquat. Sci*., **45**(5), 466 (2012).
10. Lee, T.S., Mok, J.S., Ha, K.S., Lee, K.J., Kim, P.H., Kim, Y.K.: Analysis of marine biotoxins for Korean shellfish sanitation program performance. National Institute of Fisheries Science., 57 (2017).
11. Kwon, J.Y., Park, K.B.W., Song, K.C., Oh, E.G., Lee, H.J., Jo, M.R., Kim, J.H., Son, K.T.: Variation of the bacteriological seawater quality in the Kamak Bay. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci*., **45**(5), 460-464 (2012).
12. Park, J.H.: Bacteriological quality study of sea water and oyster in association with rainfall in Kamakman. M.S. *Thesis. National Fish. Univ. of Pusan*. 13-25 (1990).
13. APHA (American Public Health Association): Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish. 4th ed. American Public Health Association, Inc. Washington, D.C. 1-105 (1970).
14. International organization for standardization: Microbiology of the food chain-Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase positive Escherichia coli- Part 3: Detection and most probable number technique using 5-bromo-4-chloro-3-indol-β-D-glucuronide. 16649-3. *http://www.fda.gov/Food/Guidance Regulation/FderalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm* (2015)
15. Ministry of Food and Drug Safety.: General test method in Food Code. *http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp* (2017)
16. Mok, J.S., Lee, T.S., Kim, P.H., Lee, H.J., Ha, K.S., Shim, K.B., Lee, K.J.: Bacteriological quality evaluation of seawater and oysters from the Hansan-Geojeman in Korea, 2011-2013: impact of inland pollution sources. *SpringerPlus,* **5:1412**, 6-15 (2016).
17. Mok, J.S., Lee, K.J., Kim, P.H., Lee, T.S., Lee, H.J., Jung, Y.J., Kim, J.H.: Bacteriological quality evaluation of seawater and oysters from the Jaranman-Saryangdo area, a designated shellfish growing area in Korea: impact of inland pollution sources. Marine pollution bulletin, **108**, 147-154 (2016).
18. Shim, K.B., Ha, K.S., Yoo, H.D., Kim, J.H., Lee, T.S.: Evaluation of the bacteriological safety for the shellfish growing area in Jaranman-Saryangdo area, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.,* **42**, 442-448 (2009).
19. Yoo, H.D., Ha, K.S., Shim, K.B., Kang, J.Y., Lee, T.S., Kim, J.H.: Microbiological quality of the shellfish-growing waters

and mussels in Changseon, Namhae, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.,* **43**, 298-306 (2010).
20. Park, K.B., Jo, M.R., Kwon, J.Y., Son, K.T., Lee, D.S., Lee, H.J.: Evaluation of the bacteriological safety of the shellfish-growing area in Gangjinman, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.,* **43**, 614-622 (2010).