

곰소만 및 변산 해역 해수에 병원성 비브리오균(*Vibrios* spp.)의 분포

조의동 · 박권삼*

군산대학교 식품생명공학과

Distribution of Pathogenic *Vibrio* Species in Seawater in Gomso Bay and Byeonsan, West Coast of Korea

Eui-Dong Cho and Kwon-Sam Park*

Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

The pathogenic *Vibrio* genus contains halophilic bacteria that are distributed in marine and freshwater environments. *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus*, and *Vibrio parahaemolyticus* are potent human pathogens and leading causes of septicemia, wound infection, and seafood-borne gastroenteritis. The aim of this study was to investigate the presence of pathogenic *Vibrio* species in seawater off the west coast of Korea. Sixty-four seawater samples were obtained from different sites in Gomso Bay and Byeonsan from April 2018 to November 2018. Pathogenic *Vibrio* species were detected using a combination of most probable number (MPN)-polymerase chain reaction methods. *V. cholerae*, *V. vulnificus*, and *V. parahaemolyticus* were found in 0.0%, 20.3%, and 65.6% of seawater samples, respectively. Quantitative results revealed 3.6-23 MPN/100 mL of *V. vulnificus*, and 3.6-930 MPN/100 mL of *V. parahaemolyticus* in the samples. Overall, these results provide new insight into the necessity for seawater sanitation in Gomso Bay and Byunsan; they also provide evidence that will help reduce outbreaks of seafood-borne illness caused by pathogenic *Vibrio* species.

Key words: MPN-PCR assay, Pathogenic *Vibrios*, *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*

서 론

*Vibrio*속은 그람음성 간균으로 담수 및 해수에서 검출되는 종속 영양 세균으로 100종 이상이 알려져 있으며 *Vibrio cholerae*, *V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus*, *V. mimicus*, *V. fluvialis*, *V. hollisae* 등 12종은 사람의 건강과 관련이 있는 병원성 비브리오균으로 알려져 있다(Balows et al., 1991; Baker-Austin et al., 2018). 병원성 비브리오균에 의한 감염병 질환은 우리나라를 포함하여 전세계적으로 발생하고 있으며, 우리나라에서 주로 문제가 되고 있는 병원성 비브리오균은 비브리오 패혈증균(*V. vulnificus*), 비브리오 콜레라균(*V. cholerae*) 및 장염비브리오균(*V. parahaemolyticus*)이며 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률에 근거하여 제3군 법정감염병, 제1군 법정감염병 및 식중독 원인세균으로 지정하여 관리하고 있다(KDCD, 2019; MFDS, 2019).

비브리오 패혈증균에 의한 감염은 오염된 수산물을 섭취하였거나 해수에 상처가 노출되었을 때 발생하며 발열, 오한, 복통, 설사 등의 증상과 피부병변이 일어난다. 질병관리본부의 통계에 의하면 2011년부터 2018년까지 최근 8년간 우리나라에서 발생한 비브리오패혈증균에 의한 감염병환자는 총 418명에 사망자수는 203명으로 사망률은 48.6%이었다(KCDC, 2019). 비브리오 콜레라균은 오염된 식수나 음식물에 의해 감염되며 설사, 구토감, 근육경련, 복통과 미열을 동반하며 증상이 지속되면 심각한 탈수 증상이 동반된다(Lippi et al., 2016). 최근 8년간 우리나라에서 발생한 비브리오 콜레라균에 의한 감염병 환자는 총 25명이 발생하여 사망자는 없었으나, 최근 3년간 환자발생 건수가 11건으로 증가추세를 나타내고 있다(KCDC, 2019). 장염비브리오균은 해수 또는 기수에서 서식하며 이 균에 오염된 어패류를 생식하거나 불충분하게 가열 처리된 수산물의 섭취를 통해 감염되면 일반적으로 4-96시간의 잠복기를 거쳐 발

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1822 Fax: +82. 63. 469. 7448

E-mail address: parkks@kunsan.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0625>

Korean J Fish Aquat Sci 52(6), 625-630, December 2019

Received 21 October 2019; Revised 2 November 2019; Accepted 11 November 2019

저자 직위: 조의동(대학원생), 박권삼(교수)

병하는데 주로 복통, 설사, 구토, 오한 및 미열 등을 동반하는 급성위장염 증상을 유발한다(Honda and Iida, 1993; Zhang and Orth, 2013). 식품의약품안전처 식품안전정보포털의 식중독 통계에 의하면 2009년부터 2018년까지 최근 10년간 우리나라에서 발생한 장염비브리오균에 의한 식중독의 발생건수 및 환자수는 전체 세균성 식중독 사고의 9.8% 및 3.6%를 차지하고 있다(MFDS, 2019). 기후 온난화로 인한 한반도의 기후가 아열대화로 빠르게 진행됨에 따라 연근해 해양환경의 변화도 가속화되어 병원성 비브리오균에 의한 식중독 사고 및 감염병 질환 발생 가능성은 점차 높아지고 있는 실정이다. 따라서 병원성 비브리오균에 의한 식중독 사고 및 감염병 질환 발생을 억제하기 위해서는 연근해 해역에 대한 지속적이고 체계적인 감시 모니터링의 노력이 절실히 요구되고 있다.

본 연구는 수산식품 매개 병원성 비브리오균의 관리 및 질병 예방에 필요한 기초자료를 제공하고자 2018년 4월부터 11월까지 전북 곰소만 및 변산 해역 8개 정점에서 매일 1회 표층 해수를 채취하여 most probable number (MPN)-polymerase chain reaction (PCR) assay로 우리나라 주요 병원성 비브리오균 3종에 대하여 분포 및 농도를 검토하였다.

재료 및 방법

시료 채취

병원성 비브리오균(*V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus* 및 *V. cholerae*)의 정량을 위하여 2018년 4월부터 2018년 11월까지 전북 곰소만 해역의 5개 정점 및 변산 해역의 3개 정점에서 매일 1회 선박을 이용하여 표층 해수를 멸균채수병에 채수 후 얼음이 채워진 아이스박스에 넣어 10°C 이하로 유지하면서 실험실로 옮겨 실험에 사용하였다. 해수의 수온, pH, 염분 및 용존산소량은 YSI556 multiprobe system (YSI Yellow Springs, OH, USA)를 사용하여 현장에서 측정하였다.

병원성 비브리오균의 정성 및 정량

병원성 비브리오균의 정성 및 정량은 미국 Food and Drug Administration (FDA)의 bacteriological analytical manual (USFDA, 2019)에 준하여 3 tube MPN (most probable number)법과 PCR assay법의 병용으로 실시하였다. 해수 원액 10 mL를 2% NaCl이 첨가된 double strength alkaline peptone water (APW, pH 8.5) 10 mL를 포함한 3개 시험관에 접종하였으며, 단계별로 10진법으로 희석한 해수 1 mL는 2% NaCl이 첨가된 APW 10 mL의 3개 시험관에 접종하여 35±1.0°C에서 18-20시간 배양 후 배양액 1 mL를 eppendorf tube (AXYGEN, INC., Union city, USA)에 취한 후 12,000 rpm에서 2분간 원심 분리하여 균체를 회수하였다. 여기에 멸균 증류수 100 µL을 가하여 현탁 후 100°C에서 10분 가열하고 얼음에 2분간 정치 후 12,000 rpm에서 1분간 원심 분리하여 상층액을 PCR assay를



Fig. 1. Location of sampling stations in Gomso Bay and Byeonsan area, west coast of Korea, from April 2018 to November 2018.

위한 template DNA로 사용하였다. 균수의 정량은 각 단계별 PCR assay의 양성수를 최확수표에 적용하여 해수 100 mL의 MPN 값으로 표기하였다.

Primers 및 PCR 조건

실험에 사용한 DNA 증폭용 primers의 염기서열 및 증폭 DNA 크기 등은 Table 2에 나타내었으며, primers는 Bioneer (Daejeon, Korea)에서 합성하였다. 유전자 증폭을 위한 각종 효소는 Takara (Otsu, Japan)사의 제품을 사용하였다. *V. cholerae*는 *ompW*를 표적 유전자로 하여 PCR 조건은 94°C 5분간 1회 열 변성 후 94°C 30초, 64°C 30초 및 72°C 30초를 한 단위로 하여 이를 30회 반복하여 DNA를 증폭하였다(Nandi et al., 2000). *V. vulnificus*는 *VV2055918*를 표적 유전자로 하여 PCR 조건은 94°C 5분간 1회 열 변성 후 94°C 30초, 64°C 30초 및 72°C 30초를 한 단위로 하여 이를 25회 반복 후 추가적으로

Table 1. Coordinates of sampling stations in Gomso Bay and Byeonsan area, the west coast of Korea, from April 2018 to November 2018

Station	Coordinate	
	Latitude	Longitude
1	35°33'22.00"	126°30'30.00"
2	35°33'17.00"	126°32'44.00"
3	35°34'06.00"	126°32'21.00"
4	35°34'29.00"	126°33'48.00"
5	35°34'25.00"	126°35'22.00"
6	35°38'48.00"	126°28'20.00"
7	35°39'27.00"	126°29'39.00"
8	35°41'10.00"	126°31'02.00"

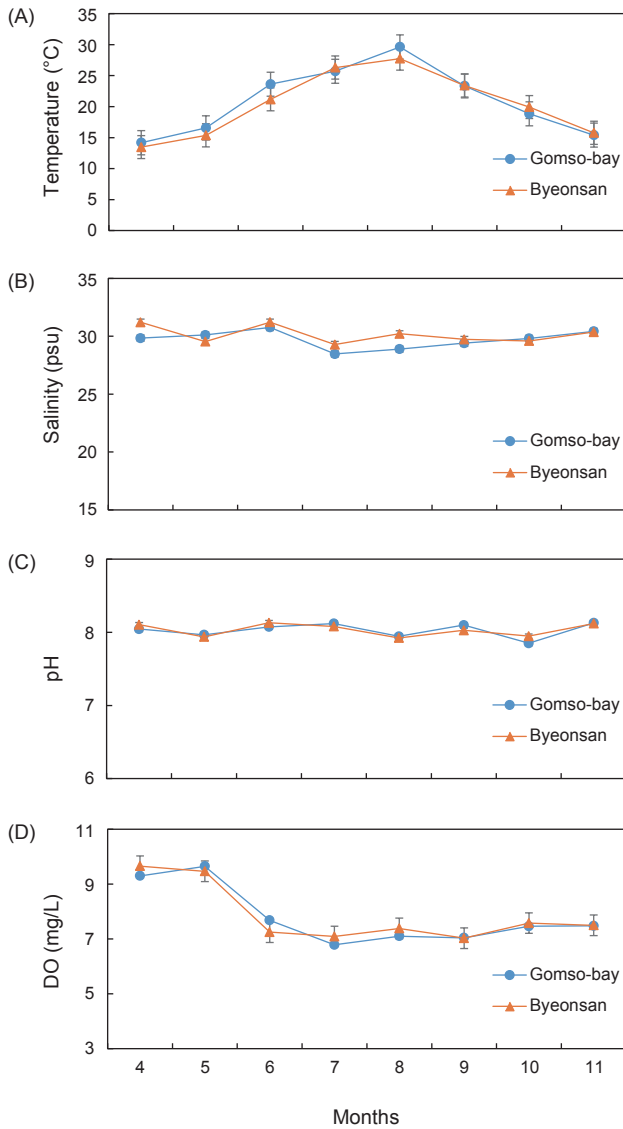


Fig. 2. Temperature (A), salinity (B), pH (C), and DO (D) of sea-water in Gomso Bay and Byeonsan area from April 2018 to November 2018. Scale bars represent standard deviations. DO, dissolved oxygen.

72°C에서 10분간 1회 DNA를 증폭하였다(Kim et al., 2015). *V. parahaemolyticus*는 *hns*를 표적 유전자로 하여 PCR 조건은 95°C에서 3분간 1회 열 변성 후 95°C 30초, 55°C 30초, 72°C 30초를 한 단위로 하여 이를 30회 반복하여 DNA를 증폭하였다(No et al., 2011). 양성반응을 위한 표준균주로는 *V. vulnificus* KCCM 41665, *V. cholerae* KCCM 41626 및 *V. parahaemolyticus* RIMD2210633 (Makino et al., 2003)를 사용하였다. 증폭된 DNA 산물은 1.5% agarose gel에서 전기영동 후 ethidium bromide로 염색하여 Vilber Lourmat (Bio-Paint ST4, France) 사 Gel-Doc system으로 DNA 증폭 여부를 확인하였다.

결과 및 고찰

곰소만 및 변산 해역 해수의 환경요인

전북 곰소만 해역의 5개 정점 및 변산 해역의 3개 정점 총 8개 정점의 표층 해수를 2018년 4월부터 11월까지 8회에 걸쳐 채취한 지점은 Fig. 1 및 Table 1에 나타내었으며, 수온, 염도, pH 및 용존 산소량 등 현장에서 측정된 환경요인에 관한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 수온은 4월에 평균 $13.9 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 로 가장 낮았으나 점차 상승하여 8월에는 평균 $28.9 \pm 1.6^\circ\text{C}$ 로 최고 수온을 나타낸 후 서서히 감소하는 추세를 나타내었다. 두 해역의 수온은 8월까지의 변산 해역의 수온이 곰소만 해역보다 약간 낮은 경향을 보였으나 9월 이후의 수온은 거의 차이는 나타나지 않았다. 염도는 7월에 평균 28.77 ± 0.71 practical salinity units (psu)로 가장 낮았는데 이는 시료채취 전에 내린 강우에 의한 육상수의 유입에 의한 영향으로 판단되며, 6월 평균이 30.94 ± 0.61 psu로 가장 높게 측정되었으며 정점별 및 월별에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다. 해수의 pH는 7.89 ± 0.05 - 8.13 ± 0.03 수준으로 10월에 가장 낮은 7.89 ± 0.07 및 11월에 8.13 ± 0.03 를 기록하였으나 정점 및 월별에 의한 차이는 크지 않았다. 용존 산소량은 9월에 평균 7.04 ± 0.15 mg/L로 가장 낮았으며, 5월 평균은 9.58 ± 0.31 mg/L로 가장 높았다.

병원성 비브리오균의 정성 및 정량분석

2018년 4월부터 11월까지 64건 해수 시료에 존재하는 3종의 병원성 비브리오균 농도를 MPN-PCR assay로 정성 및 정량 분석한 결과는 Table 3에 제시하였다. 장염비브리오균은 곰소만

Table 2. Primers used in this study

Target gene	Oligonucleotide sequence	Amplicon size (bp)	Reference
<i>VV2055918</i>	5'-CAGCCGGACGTCGTCCATTTG-3' 5'-ATGAGTAAGCGTCCGACGCGT-3'	484	Kim et al., 2015
<i>ompW</i>	5'-CACCAAGAAGGTGACTTTATTGTG-3' 5'-GGTTTGTGCAATTAGCTTACC-3'	304	Nandi et al., 2000
<i>hns</i>	5'-AAACACGTTAACCTATTAATAGG-3' 5'-AACGGGAGCCTTTTAAACAAGA-3'	465	No et al., 2011

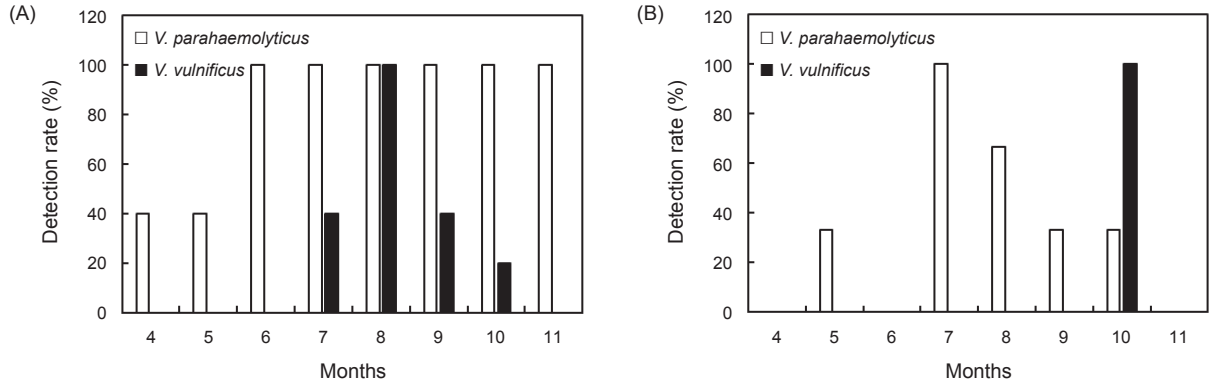


Fig. 3. Monthly occurrence and distribution of pathogenic *Vibrios* spp. detected by MPN-PCR assay from seawater in Gomso Bay (A) and Byeonsan area (B) from April 2018 to November 2018.

과 변산 해역에서 각각 34건(85%) 및 8건(33.3%)이 양성으로 검출되어 검출율은 65.6%로 확인되었다. 비브리오 패혈증균은 곰소만과 변산 해역에서 각각 10건(15.6%) 및 3건(4.7%)이 검출되어 검출율은 20.3%이었다. 그러나 비브리오 콜레라균은 곰소만과 변산 해역의 모든 해수 시료에서 검출되지 않았다. 월 별에 따른 검출 건수를 분석해보면, 장염비브리오균은 곰소만 해역 해수에서 4월에 2건(40%) 5월에 2건(40%) 및 6월에서 11월까지는 매월 5건(100%)이 검출되었다. 반면, 변산 해역의 해수에서는 불검출(4월, 6월 및 11월), 1건(5월, 9월 및 10월), 2건(8월) 및 7월에는 3건(100%)이 검출되었다(Fig. 3). 곰소만 해수에서 장염비브리오균의 검출은 수온이 14.1°C 및 14.3°C를 기록한 4월 정점 1 및 3에서 검출되었으며, 수온 상승에 비례하여 장염비브리오균의 농도는 증가하는 경향을 나타내며 수온이 평균 15.5±0.3°C를 나타내는 11월에도 모든 정점에서 검출되었다. 한편, 변산 해역의 경우는 수온이 15.5°C를 나타내는 5월 정점 3에서 검출되기 시작하여 7월에는 모든 정점에서 검출되었으나 점차 감소하여 11월에는 검출되지 않았다. 하절기에

해당하는 7월과 8월에는 검출율이 높은 편이나 다른 월에는 인근 곰소만 해역에 비해 검출율은 상대적으로 낮았다. 비브리오

Table 3. Sampling station occurrence and detection of pathogenic *Vibrios* spp. in the seawater in Gomso Bay and Byeonsan area from April 2018 to November 2018

Station	Detection rate (%)		
	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. cholerae</i>
1	100.0 (8/8)	37.5 (3/8)	0.0 (0/8)
2	87.5 (7/8)	25.0 (2/8)	0.0 (0/8)
3	87.5 (7/8)	25.0 (2/8)	0.0 (0/8)
4	75.0 (6/8)	12.5 (1/8)	0.0 (0/8)
5	75.0 (6/8)	25.0 (2/8)	0.0 (0/8)
6	37.5 (3/8)	12.5 (1/8)	0.0 (0/8)
7	25.0 (2/8)	12.5 (1/8)	0.0 (0/8)
8	37.5 (3/8)	12.5 (1/8)	0.0 (0/8)
Total	65.6 (42/64)	20.3 (13/64)	0.0 (0/64)

Table 4. Quantitative content of pathogenic *Vibrios* spp. in the seawater in Gomso Bay and Byeonsan area from April 2018 to November 2018

Station	Positive number of samples (MPN/100 mL)			Total number of samples
	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. cholerae</i>	
1	8 (3.6-430)	3 (3.6-23)	0 (<3.0)	8
2	7 (3.6-930)	2 (3.6-9.1)	0 (<3.0)	8
3	7 (3.6-340)	2 (3.6-9.1)	0 (<3.0)	8
4	6 (3.6-430)	1 (3.6)	0 (<3.0)	8
5	6 (3.6-43)	2 (3.6-3.6)	0 (<3.0)	8
6	3 (3.6-9.1)	1 (3.6)	0 (<3.0)	8
7	2 (9.1-23.0)	1 (3.6)	0 (<3.0)	8
8	3 (3.6-9.1)	1 (23)	0 (<3.0)	8
Total	42	13	0	64

패혈증균의 경우, 곰소만 해역에서는 7월에 2건(40%), 8월에 5건(100%), 9월에 2건(40%) 및 10월에 1건(20%)이 검출되었으나 기타 월에서는 검출되지 않았다. 반면 변산 해역에서는 10월에만 3건(100%)이 검출되고 기타 월에서는 검출되지 않았다.

양성으로 검출된 해수 시료에서 장염비브리오균의 농도를 정점별로 살펴보면 1번 정점의 경우 4월부터 11월까지 모든 월에서 검출되었으며 농도는 3.6-430 MPN/100 mL (평균 206.9 MPN/100 mL)으로 검출되었다. 2번 정점은 4월을 제외한 나머지 월에서 7회 검출되었으며 농도는 3.6-930 MPN/100 mL (평균 245.6 MPN/100 mL)이었으며, 3번 정점은 7회 검출에 평균 농도는 153.2 MPN/100 mL으로 확인되었다. 4번 정점은 6회 검출에 평균 농도는 117.6 MPN/100 mL 및 5번 정점은 6회 검출에 평균 농도는 23.2 MPN/100 mL으로 다른 정점에 비해 낮은 편이었다. 변산 해역의 경우는 평균 농도가 5.4-16.1 MPN/100 mL으로 곰소만해역에 비해서는 매우 낮은 농도로 검출되었다. 또한, 곰소만 및 변산 해역에서 검출되는 비브리오 패혈증균의 평균 농도는 3.6-11.9 MPN/100 mL 및 3.6-23 MPN/100 mL으로 검출되었다. 곰소만 해역에서는 7월부터 10월까지 하절기에 검출된 반면 변산 해역은 10월에만 검출되어 검출 양상에는 공통점은 발견되지 않았다.

Thompson et al. (2006)은 염도가 비브리오균의 생장에 영향을 준다고 보고하고 있으나, 탁도 및 pH의 변화는 병원성 비브리오균의 함량 변화에는 영향은 거의 없으며(Go and Jang, 2013), 우리나라 남해안 및 서해안의 해수 및 패류에 존재하는 장염비브리오균의 검출과 수온 사이에는 매우 높은 상관관계를 나타낸다는 보고가 다수 존재한다(Yu et al., 2014; Kim et al., 2016; Park et al., 2019). 비브리오 패혈증균은 7월에서 10월 사이에 남해안과 서해안에서 집중적으로 분리되나 동해안에서는 분리율이 낮는데 이는 수온이 낮고 해수가 청정하며 지형적으로 증식이 용이하지 않은 원인이라고 보고하고 있다(Jeong et al., 2018). Na et al. (2016)은 2013-2015년 동안 우리나라 전국 연안 해수 2,220시료를 대상으로 장염비브리오균의 분포를 조사한 결과, 여러 환경인자 중에서 수온과 가장 밀접한 상관관계($R^2=0.90$)를 가지고 있다고 보고하였다. 종합해 보면 병원성 비브리오균의 생장 및 검출에는 해역이 가지고 있는 여러 환경요인이 복합적으로 작용하는데 그 중에서 수온이 가장 중요하게 작용하는 것으로 판단된다.

곰소만 및 변산 해역의 환경요인이 거의 유사하다는 점과 거리적으로도 인접해 있음에도 불구하고 두 해역의 해수에서 장염비브리오균 및 비브리오 패혈증균의 농도가 매우 다른 양상을 나타내고 있는 점에 대해서는 현재로서는 정확한 설명의 근거는 매우 부족한 실정이다. 또한 우리나라 연안 해수 및 패류에서 비브리오 콜레라균의 검출율은 해역에 따라 다르다는 기존의 보고(Go and Jang, 2013; Jeong et al., 2018; Park et al., 2019)와 같이 조사 기간 동안 곰소만 및 변산 해역의 해수에서 비브리오 콜레라균은 검출이 전혀 없었다는 점도 이 두 해역의

특징으로 확인되었다. 이 두 해역은 바지락 등을 포함한 다양한 패류, 해조류 및 어류 양식 등이 활발하게 이루어지고 있다는 점에서 수산물 안전성의 관리를 위해 병원성 비브리오균의 체계적인 모니터링 및 해양환경 인자 변화에 대한 지속적인 감시 및 꾸준한 조사는 필요하다고 판단된다.

사 사

이 논문은 2018년도 식품의약품안전처에서 시행한 용역연구 개발과제(18162수산기542)의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

References

- Balows A, Hausler WJ, Herrmann KL and Shadomy HJ. 1991. Manual of clinical microbiology. ASM, Bel Air, MD, U.S.A., 384-395.
- Baker-Austin C, Oliver JD, Alam M, Ali A, Waldor MK, Qadri F and Martinez-Urtaza J. 2018. *Vibrio* spp. Infections. Nat Rev Dis Primers 12, 8. <https://doi.org/10.1038/s41572-018-0005-8>.
- Go YJ and Jang JS. 2013. Relationships of pathogenic *Vibrios* and environmental factors affecting their occurrence in the seawater of Incheon coastal area. Korean J Food Nutr 26, 414-420. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2013.26.3.414>.
- Honda T and Iida T. 1993. The pathogenicity of *Vibrio parahaemolyticus* and the role of the thermostable direct haemolysin and related haemolysins. Rev Med Microbiol 4, 106-113.
- Jeong YL, Myung GE, Choi EJ, Soh SM, Park GJ and Son TJ. 2018. Distribution of pathogenic *Vibrios* in the aquatic environment adjacent to coastal areas of South Korea and analysis of the environmental factors affecting their occurrence. J Environ Health Sci 44, 133-142. <https://doi.org/10.5668/JEHS.2018.44.2.133>.
- KCDC (Korea Centers for Disease Control & Prevention). 2019. Infectious disease portal. Retrieved from <http://www.cdc.go.kr/npt/biz/npp/ist/bass/bassDissStatsMain.do> on Oct 14, 2019.
- Kim HJ, Ryu JO, Lee SY, Kim ES and Kim HY. 2015. Multiplex PCR for detection of the *Vibrio* genus and five pathogenic *Vibrio* species with primer sets designed using comparative genomics. BMC Microbiol 15, 239. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0577-3>.
- Kim SK, An SR, Park BM, Oh EG, Song KC, Kim JW and Yu HS. 2016. Virulence factors and antimicrobial susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from oyster *Crassostrea gigas*. Korean J Fish Aquat Sci 49, 116-123. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0116>.
- Lippi D, Gotuzzo E and Caini S. 2016. Cholera. In: Paleomicrobiology of Humans. ASM, Bel Air, MD, U.S.A. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.PoH-0012-2015>.

- Makino K, Oshima K, Kurokawa K, Yokoyama K, Uda T, Tagomori K, Iijima Y, Najima M, Nakano M, Yamashita A, Kubota Y, Kimura S, Yasunaga T, Honda T, Shinagawa H, Hattori M and Iida T. 2003. Genome sequence of *Vibrio parahaemolyticus*: a pathogenic mechanism distinct from that of *V. cholerae*. *Lancet* 361, 743-749.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2019. Food poisoning statistics. Retrieved from http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_grp=MENU_NEW02&menu_no=2786 on Oct 2, 2019.
- Na HY, Hong SH and Chung GT. 2016. The relationship of pathogenic *Vibrio* spp. with marine environmental factors, Korea, 2013-2015. In: Public health weekly report. Korea Centers for Disease Control Prevention, Cheongju, Korea, 154-158.
- Nandi B, Nandy RK, Mukhopadhyay S, Nair GB, Shimada T and Ghose AC. 2000. Rapid method for species-specific identification of *Vibrio cholerae* using primers targeted to the gene of outer membrane protein OmpW. 2000. *J Clin Microbiol* 38, 4145-4151.
- No AR, Okada K, Kogure K and Park KS. 2011. Rapid detection of *Vibrio parahaemolyticus* by PCR targeted to the histone-like nucleoid structure (H-NS) gene and its genetic characterization. *Lett Appl Microbiol* 53, 127-133. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2011.03072.x>.
- Park K, Mok JS, Kwon JY, Ryu AR and Shim KB. 2019. Seasonal and spatial variation of pathogenic *Vibrio* species isolated from seawater and shellfish off the Gyeongnam coast of Korea in 2013-2016. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 27-34. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0027>.
- Thompson FL, Austin B and Swings J. 2006. The Biology of vibrios. ASM Press, Washington DC, U.S.A.
- USFDA (U.S. Food and Drug Administration). 2019. Bacteriological analytical manual. Retrieved from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam> on Oct 15, 2019.
- Yu HS, Oh EG, Shin SB, Park YS, Lee HJ, Kim JH and Song KC. 2014. Distribution and antimicrobial resistance of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from Korean shellfish. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 508-515. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0508>.
- Zhang L and Orth K. 2013. Virulence determinants for *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Curr Opin Microbiol* 16, 70-77. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2013.02.002>.