

2013–2016년 경남 연안 해수 및 패류에서 병원성 비브리오균의 계절적 및 지역적 변동

박큰바위 · 목종수* · 권지영¹ · 류아라 · 심길보

국립수산과학원 식품위생가공과, ¹국립수산과학원 남동해수산연구소

Seasonal and Spatial Variation of Pathogenic *Vibrio* Species Isolated from Seawater and Shellfish off the Gyeongnam Coast of Korea in 2013–2016

Kunbawui Park, Jong Soo Mok*, Ji Young Kwon¹, A Ra Ryu and Kil Bo Shim

Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea
¹Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53085, Korea

The seasonal and spatial variation of pathogenic *Vibrio* species, such as *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, and *V. cholerae* were investigated in seawater and in bivalves off the Gyeongnam coast of Korea, which is an important area for shellfish production, during the period 2013–2016. *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, and *V. cholerae* were detected in 12.1%, 5.2%, 15.4%, and 0.9% of seawater samples, respectively. *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, and *V. cholerae* were detected in 21.9%, 7.1%, 12.2%, and 0.0% of shellfish samples, respectively. The *Vibrio* spp. in seawater and bivalve samples were detected at high levels during the summer to early autumn; however, the levels were low during the winter. Therefore, their occurrence was seasonally dependent and correlated with high water temperature, which is also the biggest factor contributing to foodborne outbreaks associated with *Vibrio*. Relatively high detection rates of the strains were also found in the sea area that was continually exposed to inland wastewater. Our findings show that continuous monitoring is needed to reveal the patterns of occurrence of these pathogens from marine samples collected off the Korean coast, to reduce seafood-borne outbreaks caused by *Vibrio*.

Key words: Pathogenic *Vibrio*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, Bivalve shellfish, Korea

서 론

Vibrio parahaemolyticus, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus* 및 *V. cholerae*와 같은 비브리오균은 강 하구나 해양 환경에 널리 분포하고 있는 그람 음성 간균이다(Joseph et al., 1982; Thompson et al., 2004; Oh et al., 2011). 병원성 비브리오균에 의한 질병은 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 발생하고 있으며, 특히 날 것이나 불충분하게 가열 처리된 어패류의 섭취가 주요 원인이다(Igbinosa and Okoh, 2008; Yamamoto et al., 2008; Horseman and Surani, 2011; Zhao et al., 2011; Turner et al., 2014; Kang et al., 2016; Park et al., 2018a). 또한 *V. cholerae*,

V. vulnificus 및 *V. parahaemolyticus*는 모든 나라에서 수산식품매개의 주요 병원균으로 관리되고 있다(Wittman and Flick, 1995; Drake et al., 2007). 미국의 centers for disease control and prevention (CDC)에 따르면, 미국에서 비브리오 감염증 발생은 2001년 이후 급격하게 증가하는 추세라고 하였다(Elmahdi et al., 2016).

특히, *V. parahaemolyticus* 식중독은 우리나라에서 수산식품매개 질병 중에서 가장 많이 발생한다(Kang et al., 2016; Yang et al., 2017; Park et al., 2018b). 식품의약품안전처(KMFDS, 2018)의 식중독 통계에 따르면, 2003–2017년 동안 이 균에 의한 수산식품 매개 식중독 환자는 총 4,271명이었고, 대부분 하

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 720. 2630 Fax: +82. 51. 720. 2619

E-mail address: mjs0620@korea.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.2019.0027>

Korean J Fish Aquat Sci 52(1), 27–34, February 2019

Received 14 December 2018; Revised 7 January 2019; Accepted 16 January 2019

저자 직위: 박큰바위(연구사), 목종수(연구관), 권지영(연구사), 류아라(인턴 연구원), 심길보(연구관)

절기에 높게 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 이 균에 의한 식중독 환자는 9월에 1,490명(34.9%)으로 가장 많았고, 다음으로 8월에 1,459명(34.2%)이었다. *V. vulnificus* 균은 감염시 치사율이 매우 높아 2000년부터는 법정 제3군 감염병으로 지정되어 있다(KCDC, 2018). 우리나라에서 식중독 환자 및 사망자 통계가 동시에 집계되기 시작한 2011년부터 2017년까지 *V. vulnificus* 균에 의한 감염병 환자는 총 371명이었고, 사망자수는 183명으로 49.1%에 달하였다(KCDC, 2018). 이 균에 의한 감염병 환자 및 사망자 역시 9월에 각각 156명(42.0%) 및 81명으로 가장 많았다. *V. cholerae*는 우리나라에서 법정 제1군 감염병으로 지정되어 있으며, 2003-2017년 동안의 우리나라에서 *V. cholerae* 균에 의한 감염병 환자는 총 67명이었으나 사망자는 없었다(KCDC, 2018). 또한, *V. alginolyticus*은 다른 병원성 비브리오균과 함께 여름철에 수산물에서 자주 검출되며, 덜 익은 수산물 섭취를 통하여 질병을 일으키는 것으로 알려져 있다(Oh et al., 2011).

이 연구에서는 우리나라 주요 수산물 매개 질병 원인 세균인 병원성 비브리오균의 관리 및 질병 예방에 필요한 자료를 제공하자 경남 연안에서 2013-2016년 동안 채취한 해수 및 패류에서 병원성 비브리오균(*V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, *V. cholerae*)의 계절적 및 지역적 분포 특성을 살펴보았다. 본 연구의 조사 지역인 경남 연안은 어류 및 패류 양식업이 매우 발달되어 있으며, 특히 날 것으로 섭취하는 굴 양식이 가장 성행하고 있는 곳이다.

재료 및 방법

시료

병원성 비브리오균(*V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, *V. cholerae*)을 분리하기 위하여 2013년 1월부터 2016년 12월까지 해수 및 패류를 경남 연안에 설정된 정점에서 매월 채취하여 시료로 사용하였다(Fig. 1). 즉, 패류 시료는 양식장 9개 정점(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 및 9 정점)에서 채취하여 멸균된 솔로 표면에 묻어 있는 이물질을 세척한 후 whirl-pak bags (25.4 × 50.8 cm, Nasco, USA)에 담아서 10°C 이하로 유지하면서 실험실로 운반하였다. 그리고 해수 시료는 동일한 기간 동안 9개 정점(3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 및 11 정점)에서 멸균된 채수병(1,000 mL)에 채취한 후 10°C 이하로 유지하면서 실험실로 운반하였다. 해수의 수온과 염분농도는 YSI 556 multiprobe system (YSI, Yellow Springs, OH, USA)를 사용하여 현장에서 측정하였다.

병원성 비브리오균의 분리 및 정량 분석

패류 및 해수 시료는 실험실에 도착하는 즉시 병원성 비브리오균 분석을 위하여 사용되었다. 단지, 패류 시료는 수도수로 세척한 후 탈각하여 사용하였으며, 1개 시료는 12개체 이상이 되도록

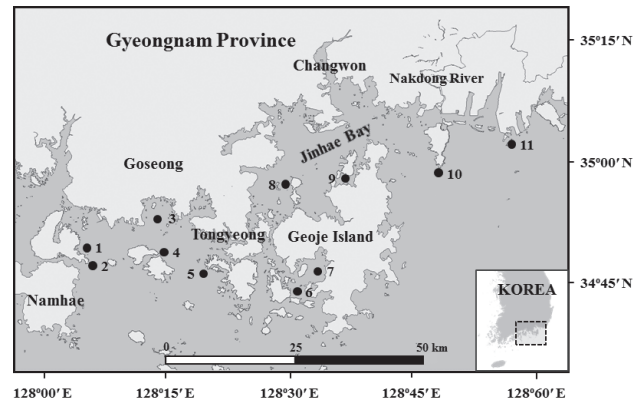


Fig. 1. Sampling stations of seawater (stations 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, and 11) and bivalve shellfish (oysters; stations 3, 4, 5, 6, 7, 8, and 9, mussels; stations 1 and 2) on the Gyeongnam coast of Korea.

록 하였다. 비브리오균은 미국 Food and Drug Administration (FDA)의 bacteriological analytical manual (USFDA, 2018)에 준하여 3 tube MPN (most probable number)법으로 정량분석을 실시하였다. 즉, 껍질을 제거한 패육(패액 포함) 200 g에 200 mL의 phosphate-buffered saline (PBS; 2.5 mM KH_2PO_4 ; pH 7.2)을 첨가하여 블랜드(Waring, Torrington, CT, USA)로 균질화 하고, 80 mL PBS에 균질액 20 g을 첨가하여 10배 희석액을 만들어 시료로 하였다. 그리고 10배 희석액을 이용하여 100배, 1,000배 등 각 단계별 희석액을 만들어 사용하였다.

해수 시료는 전처리 없이 바로 단계별 희석하여 실험에 사용하였다. 각 단계별 희석액은 2% NaCl 함유한 10 mL의 alkaline peptone water (APW; pH 8.5 ± 0.2)가 들어있는 3개의 시험관에 접종하고 $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 18-24시간 배양하였다. 배양된 약 10 μL 의 APW 배양액을 thiosulfate citrate bile salt agar (TCBS; Difco, Detroit, Michigan, USA)에 희석 도말한 후 35°C 에서 24시간 배양하였다. TCBS 배지에서 비브리오균으로 추정되는 3-5개의 청록색 또는 노란색 집락을 triple sugar iron agar (Difco)에 접종하고 35°C 에서 24시간 배양하여 후 전형적인 반응을 나타내는 균주는 VITEK system (BioMerieux Vitex, Marcy l'Etoile, France)으로 생화학적 시험을 실시하여 동정하였다. 정량분석의 결과는 최확수표를 이용하여 100 g 또는 100 mL당 MPN값으로 표기하였다.

V. cholerae 항혈청 시험

분리된 *V. cholerae* 의심 균주를 tryptic soy agar (Merck, USA) 배지에 접종하여 35°C 에서 18시간 배양한 후 균체를 생리식염수 0.5 mL에 넣어 균질하게 현탁한 것을 사용하여 *V. cholerae* 균 항혈청(O1 및 O139)에 대한 응집 여부를 확인하였다. 즉, 각 항혈청 시험액(Joongkyeon, Goyang, Korea) 1방울을 멸균된 슬라이드 글라스에 떨어뜨리고 그 위에 균 현탁액 20 μL 을 떨어뜨린 후 잘 섞고, 슬라이드 글라스를 전후로 기울

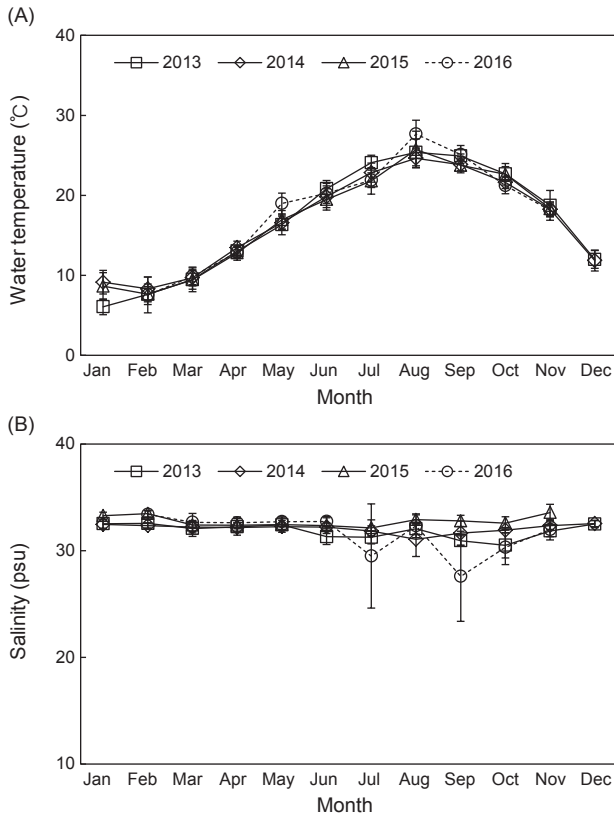


Fig. 2. Temperature (A) and salinity (B) of seawater on the Gyeongnam coast during 2013-2016. Scale bars represent standard deviations.

여 응집 반응 여부를 광원 하에서 관찰하여 *V. cholerae* 혈청형을 결정하였다.

결과 및 고찰

경남 연안의 수온 및 염분 농도 변화

수온 및 염분 농도는 경남 연안에 설정한 조사 정점에서 2013-2016년에 걸쳐 4년 동안 조사하였으며, 이때 월별 수온 및 염분 농도의 변화는 Fig. 2에 나타내었다.

월별 평균 수온은 2013년에는 $6.1 \pm 1.0 \sim 25.4 \pm 1.7^\circ\text{C}$, 2014년에는 $8.3 \pm 1.5 \sim 24.6 \pm 1.1^\circ\text{C}$, 2015년에는 $7.7 \pm 1.0 \sim 25.7 \pm 2.3^\circ\text{C}$ 및 2016년에는 $7.6 \pm 2.2 \sim 27.7 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 이었으며, 가장 높은 수온은 2016년 8월에 측정되었다(Fig. 2A). 전체 조사기간 중에서 수온은 여름철에 더 높은 경향을 보였으며, 특히 8월(평균 $24.6 \sim 27.7^\circ\text{C}$)과 9월(평균 $23.7 \sim 25.1^\circ\text{C}$) 사이에 가장 높았다. 즉, 조사 지역의 수온은 계절에 따라 큰 유의적 차이를 보였으나, 조사 정점에 따른 유의적 차이는 보이지 않았다.

한편, 월별 평균 염분 농도는 27.61 ± 4.22 practical salinity units (psu)에서 33.58 ± 0.77 psu이었다(Fig. 2B). 조사기간 동

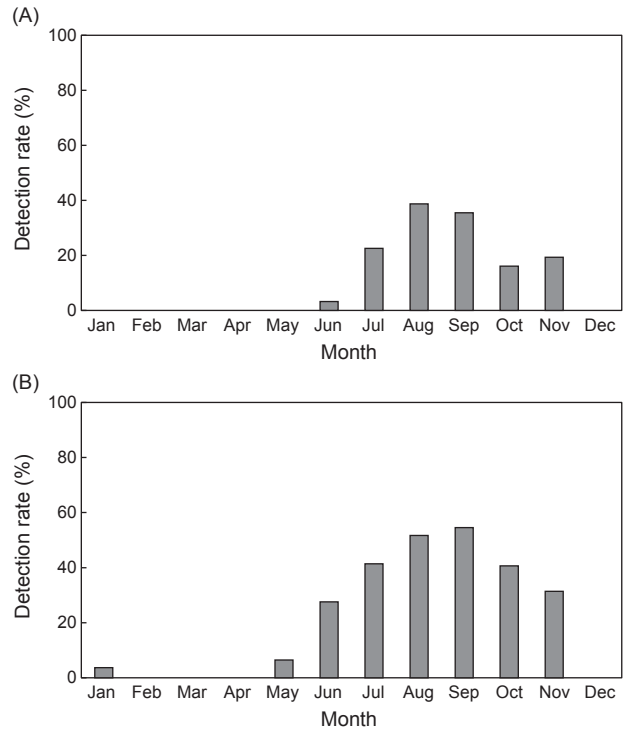


Fig. 3. Seasonal variations of *Vibrio parahaemolyticus* in the samples of seawater (A) and shellfish (B) collected from the Gyeongnam coast during 2013-2016.

안 상대적으로 낮은 염분 농도는 2016년 7월(29.51 ± 4.88 psu)과 9월(27.61 ± 4.22 psu)에 측정되었으며, 이는 시료 채취 전에 내린 다량의 강우 영향으로 판단되었다. 특히, 우리나라에서 2번째 큰 낙동강 하구에 인접한 10번 정점에서 2016년 7월과 9월에 각각 17.58 psu와 18.77 psu로 매우 낮게 나타났다. 이상의 결과를 종합하면, 수온은 여름철에 상대적으로 높고 겨울철에는 낮은 반면, 염분 농도는 겨울철에 높고 여름철에 낮았다.

경남 연안의 해수 및 패류에서 *V. parahaemolyticus* 균의 분포 경남 연안에서 2013-2016년 동안 채취한 해수 및 패류 시료에서 시기별 *V. parahaemolyticus* 균의 분포는 Table 1와 Fig. 3에 나타내었다. 해수 시료 348개 중에서 *V. parahaemolyticus* 균은 42개 시료(12.1%)에서 검출되었다(Table 1). 또한, 이 균은 패류 366개 시료 중에서 80개 시료(21.9%)에서 검출되었으며, 이는 해수 시료에서의 검출률 보다 약 2배 높았다. 해수 및 패류에서 이 균의 검출 농도 범위는 각각 $<3.0 \sim 150$ MPN/100 mL 및 $<30 \sim 11,000$ MPN/100 g이었고, 2016년에 가장 높은 값을 나타내었다. 전체 조사기간 동안 해수 및 패류에서 연도별 *V. parahaemolyticus* 균의 검출률은 각각 2.1-28.6% 및 4.1-54.2%이었고, 가장 높은 검출률은 2016년에 역시 나타났다(Table 1). 이는 2016년의 수온이 다른 해 보다 상대적으로 높았기 때문인 것으로 판단되었으며, 특히 2016년 여름철 수온은 다른 조사 년도

보다 유의적으로 높았다(Fig. 2A).

전체 조사기간 동안의 해수에서 월별 *V. parahaemolyticus* 균의 검출률은 8월에 38.7%로 가장 높았으며, 그 다음으로 9월(35.5%) 및 7월(22.6%) 순이었다(Fig. 3A). 반면, 12월에서 다음해 6월까지 해수에서 이 균은 0.0-3.2%로 매우 낮게 검출되었으며, 특히 12월에서 다음해 5월까지 전혀 검출되지 않았다. Han et al. (2012)은 한국 서해안 연안에서 채취한 해수에서 *V. parahaemolyticus* 균은 역시 여름철에 대체로 높게 검출되었으며, 특히 8월(92.9%)에 가장 높았고, 다음으로 7월(85.0%) 및 9월(76.5%) 순이었다고 보고하여 우리의 결과와 유사한 경향을 보였다. 한편, 패류에서 *V. parahaemolyticus* 균은 여름철에서 초가을에 걸쳐 매우 높게 나타났고, 9월에 54.5%로 가장 높았으며, 그 다음으로 8월(51.7%) 및 7월(41.4%) 순이었다(Fig. 3B). 반면, 12월에서 다음해 5월까지 패류에서 이 균의 검출률은 7.0% 이하로 감소하였으며, 특히 2-4월과 12월에는 검출되지 않았다. 많은 연구자들도 서해안, 남해안 등 한국 연안에서 채취한 패류에서 *V. parahaemolyticus* 균의 여름철에서 초가을에 높게 검출된다고 보고하여 우리의 결과와 유사한 경향을 보였다(Lee et al., 2008; Yu et al., 2014; Kim et al., 2016).

이상의 연구결과에서 해수 및 패류 중에 존재하는 *V. parahaemolyticus* 균의 검출과 수온 사이에는 매우 높은 상관관계가 있다는 것이 확인되었다(Figs. 2 and 3). 또한, 식품의약품안전처(KMFDS, 2018)에 의하면, 2013-2016년 동안 우리나라에서 *V. parahaemolyticus* 균에 의한 식중독의 발생 건수는 여름철에 아주 증가하며, 특히 8월과 9월 사이에 55.1%로 매우 높다고 보고하였다. 이들 결과는 역시 *V. parahaemolyticus* 균 관련 식중독 발생과 온도 사이에는 높은 상관관계를 보인다는 것을 나타낸다. Na et al. (2016)은 2013-2015년 동안 한국 연안의 2,220개 해수 시료에서 *V. parahaemolyticus* 균의 발생은 여

리 환경인자 중에서 수온과 가장 밀접한 상관관계($R^2=0.90$)를 가지고 있다고 보고하였다. 다른 나라 여러 연구자들도 역시 *V. parahaemolyticus* 균의 발생은 수온과 밀접한 관련성이 있다고 하였다(DePaola et al., 2003; Sudha et al., 2014). 따라서 *V. parahaemolyticus* 균의 계절적 변화는 이 균의 발생에 가장 크게 기여하는 수온과 매우 밀접한 관련성이 있는 것으로 판단된다.

한편, 2013-2016년 동안 경남 연안에서 채취한 해수 및 패류 시료에서 조사 정점별 *V. parahaemolyticus* 균의 분포는 Table 2에 나타내었다. 해수에서 각 조사 정점별 이 균의 검출률은 0.0-36.4%이었으며, 우리나라에서 두 번째 큰 낙동강의 영향을 많이 받는 10번 정점에서 가장 높게 나타났다. 반면, 패류 시료에서는 각 조사 정점별 이 균은 11.9-32.4%로 검출되었고, 9번 정점에서 가장 높게 검출되었으나 조사 정점별의 유의성은 없는 것으로 나타났다. Oh et al. (2009)은 2005년 6-10월 동안 경남 연안의 하천 어귀 등의 기수지역에서 *V. parahaemolyticus* 균은 49.9%가 검출되었다고 보고하여, 이들 결과를 본 연구의 동일 기간(6-8월) 해수 시료에서 검출률(23.2%)와 비교하면 2배 이상 높은 수준이었다. 따라서 *V. parahaemolyticus* 균은 풍부한 영양성분을 함유한 육상 또는 연안에서 배출되는 오염원에 많이 노출되는 해역의 해수에서 비교적 높은 빈도로 검출될 수 있다는 것을 판단된다.

또한, 해수와 이매패류 시료에서 *V. parahaemolyticus* 균의 연도별 검출률의 상관관계는 $R^2=0.9812$ 로 높았다(결과 미제시). 즉, 이매패류(굴 및 담치류)에서 이 균의 연도별 검출률은 주변 해수의 1.6-2.4배로 높게 나타났다. 그러나 각 시료 채취 정점에서 이 균은 해수에서 높게 검출되었다고 이매패류에서 반드시 높게 검출되지는 않았다(Table 2). 즉, 이매패류는 서식 지역에 따라 주변 해수로부터 이 균을 항상 일정한 농도로 농축하지

Table 1. Pathogenic *Vibrio* strains in seawater and shellfish samples on the Gyeongnam coast of Korea during 2013-2016

Year	Positive number of samples (MPN/100 mL or g)				Total number of samples
	<i>V. parahaemolyticus</i> ¹	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i>	
Seawater					
2013	3 (<3.0-3.0)	6 (<3.0-7.2)	-	0	83
2014	2 (<3.0-3.6)	7 (<3.0-20)	5 (<3.0-11)	0	96
2015	17 (<3.0-11)	1 (<3.0-3.0)	25 (<3.0-20)	0 (<3.0)	99
2016	20 (<3.0-150)	4 (<3.0-9.1)	-	3 (<3.0-6.2)	70
Subtotal	42	18	30	3	348
Shellfish					
2013	9 (<30-210)	17 (<30-110)	-	0	103
2014	4 (<30-60)	4 (<30-94)	8 (<30-230)	0	98
2015	22 (<30-430)	2 (<30-36)	14 (<30-73)	0 (<30)	82
2016	45 (<30-11,000)	3 (<30-36)	-	0 (<30)	83
Subtotal	80	26	22	0	366

¹The data of *V. parahaemolyticus* was retrieved from part of our previous study (Park et al., 2018b). MPN, Most probable number.

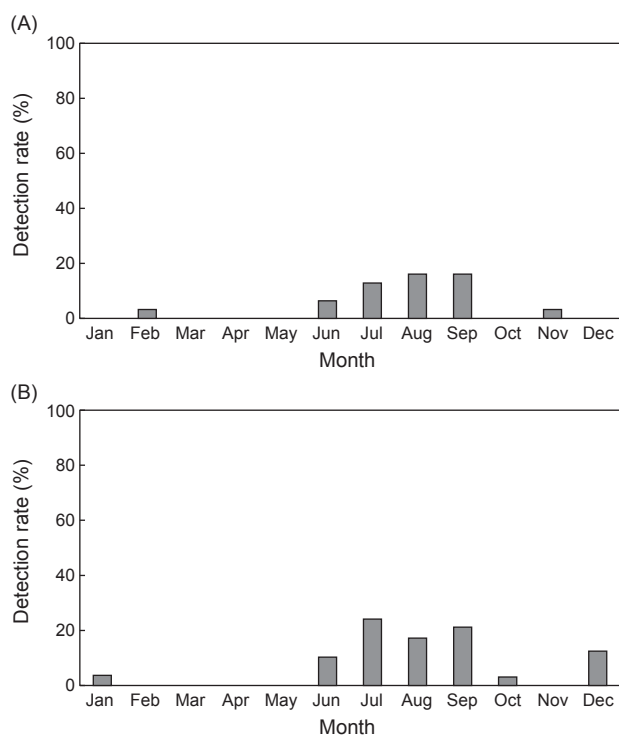


Fig. 4. Seasonal variations of *Vibrio vulnificus* in the samples of seawater (A) and shellfish (B) collected from the Gyeongnam coast during 2013-2016.

는 았는 것으로 나타났으며, 이전에 저자들의 연구에서도 유사한 결과를 확인되었다(Park et al., 2018b). 이것은 이매패류가 서식 지역의 해수 중에서 이 균의 농도, 그리고 이매패류의 서식 환경 조건(해수 유동, 온도 등) 및 먹이 활동 능력에 따라 농축하는 정도가 다르기 때문인 것으로 추정된다. 많은 연구자들도 이매패류는 주변의 해수로부터 그들의 체내에 다양한 미생물을 다양한 농도로 축적한다고 보고하고 있다(Doré and Lees, 1995; Burkhardt and Calci, 2000; Younger and Reese, 2013; Mok et al., 2016; Kim et al., 2017; Mok et al., 2018; Park et al., 2018b).

해수 및 패류에서 *V. vulnificus* 균의 분포

Table 1와 Fig. 4은 2013-2016년 동안 경남 연안에서 채취한 해수 및 패류 시료에서 *V. vulnificus* 균의 시기별 분포를 나타낸 것이다. 해수 시료 348개 중에서 *V. vulnificus* 균은 18개 시료(5.2%)에서 검출되었으며, 검출 농도는 <math><3.0-20\text{ MPN}/100\text{ mL}</math>이었다(Table 1). 그리고 이 균은 패류 시료 366개 중에서 26개 시료(7.1%)에서 검출되었으며, 검출 농도는 <math><30-110\text{ MPN}/100\text{ g}</math>이었다. 전체 조사기간 동안 연도별 해수 및 패류 시료에서 *V. vulnificus* 균의 검출률은 각각 1.0-7.3% 및 2.4-16.5%이었다. Yang et al. (2017)은 경남 거제도 연안에서 채취

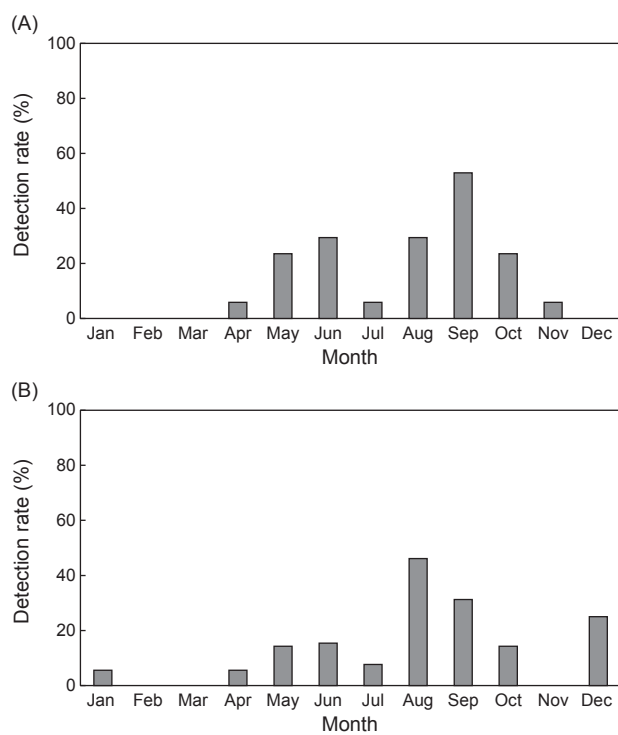


Fig. 5. Seasonal variations of *Vibrio alginolyticus* in the samples of seawater (A) and shellfish (B) collected from the Gyeongnam coast during 2013-2016.

한 해수 시료에서 분리한 62개 비브리오 균주 중에서 *V. vulnificus* 균주는 6개(9.7%)이었다고 보고하였다.

또한, 전체 조사기간 동안의 해수에서 월별 *V. vulnificus* 균의 검출률은 7월에 12.9%, 그리고 8월과 9월에 공히 16.1%로 검출되어 여름에서 초가을에 걸쳐 상대적으로 높았다(Fig. 4A). 패류에서도 이 균은 여름철에서 초가을에 걸쳐 상대적으로 높게 검출되었고, 7월에 24.1%로 가장 높았고, 다음으로 9월에 21.2%, 8월에 17.2%순으로 높게 검출되었다(Fig. 4B). 그러나 이 연구에서 2013-2016년 동안 우리나라 겨울철을 포함하는 10월부터 다음해 5월까지 해수 및 패류에서 *V. vulnificus* 균은 패류에서 12월(12.5%)에 다소 높게 검출된 것을 제외하고는 3.7% 이하로 매우 낮게 검출되었다(Fig. 4). 우리나라 질병관리본부(KCDC, 2018)에 따르면 이 연구의 조사기간인 2013-2016년까지 *V. vulnificus*에 의한 감염증 환자수도 여름철에서 초가을에 역시 증가하는 경향을 나타냈다. 즉, 이 균에 의한 환자수 총 210명 중 9월에 전체 환자의 42.4% (89명)로 가장 높았으며, 이때 사망자수는 총 45명이었다.

한편, 경남 연안에서 2013-2016년 동안 채취한 해수 및 패류 시료에서 조사 정점별 *V. vulnificus* 균의 분포는 Table 2에 나타내었다. 해수 및 패류에서 조사 정점별 *V. vulnificus* 균은 각각 0.0-18.2% 및 2.7-11.9%가 검출되었고, 큰 낙동강의 영향을

많이 받는 10번 정점에서 가장 높게 나타났다. 이것은 *V. vulnificus*도 *V. parahaemolyticus*와 마찬가지로 육상 또는 연안에서 배출되는 오염원에 많이 노출되는 해역에서 높게 검출된다는 것을 나타내었다. 다수의 연구자들은 *V. vulnificus*는 높은 염분 농도(25 psu 이상)를 가지고 있는 연안 해수에서 보다 강 하구에서 더 자주 검출되며, 이는 고 농도의 염분을 함유한 해수는 이 병원균의 생존을 어렵게 한다고 보고하였다(Kaspar and Tamplin, 1993; Motes and DePaola, 1996).

해수 및 패류에서 *V. alginolyticus* 균의 분포

Table 1와 Fig. 5는 2014-2015년에 경남 연안에서 채취한 해수 및 패류 시료에서 *V. alginolyticus* 균의 시기별 분포를 나타낸 것이다. 해수 시료 195개 중에서 *V. alginolyticus* 균은 30개 시료(15.4%)에서 검출되었으며, 검출 농도는 <3.0-20 MPN/100 mL이었다(Table 1). 그리고 패류 시료 180개 중에서 이 균은 22개 시료(12.2%)에서 검출되었으며, 검출 농도는 <30-230 MPN/100 g이었다(Table 1). 또한, 해수에서 월별 *V. alginolyticus* 균의 검출률은 9월에 52.9%로 가장 높았으며, 다

음으로 7월과 8월에 공히 29.4%, 그리고 5월과 10월에 공히 23.5%로 검출되어 늦봄에서 가을에 걸쳐 상대적으로 높았으나, 12월부터 다음해 3월까지의 검출되지 않았다(Fig. 5A). 또한, 패류에서 이 균은 8월에 46.2%로 가장 높았으며, 다음으로 9월(31.3%), 12월(25.0%) 순으로 높게 검출되었으나, 2월, 5월 및 11월에는 검출되지 않았다(Fig. 5B). 따라서 이 균은 다른 병원성 비브리오균과 달리 겨울철인 12월에도 패류에서 비교적 높게 검출되어 지속적인 모니터링이 필요하다.

한편, 경남 연안에서 채취한 2014-2015년 동안 해수 및 패류 시료에서 조사 정점별 *V. alginolyticus* 균의 분포는 Table 2에 나타내었다. 해수 및 패류에서 각 조사 정점별 *V. alginolyticus* 균은 각각 8.7-26.1% 및 0.0-21.1% 검출되었고, 낙동강 배출수의 영향을 많이 받는 11번 정점에서 가장 높게 나타났다.

해수 및 패류에서 *V. cholerae* 균의 분포

Table 1는 경남 연안에서 2013-2016년 동안 채취한 해수(n=348) 및 패류(n=366) 시료에서 *V. cholerae* 균의 시기별 분포를 나타낸 것이다. *V. cholerae* 균은 모든 패류 시료에서는 검

Table 2. Spatial variation of pathogenic *Vibrio* strains in the samples of seawater and shellfish on the Gyeongnam coast of Korea during 2013-2016

Stations	Detection rate (%)			
	<i>V. parahaemolyticus</i> [†]	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i>
Seawater				
3	8.9 (4/45)	4.4 (2/45)	8.7 (2/23)	0.0 (0/45)
4	0.0 (0/45)	2.2 (1/45)	8.7 (2/23)	0.0 (0/45)
5	18.2 (4/22)	9.1 (2/22)	18.2 (2/11)	0.0 (0/22)
6	4.4 (2/45)	0.0 (0/45)	17.4 (4/23)	0.0 (0/45)
7	8.9 (4/45)	2.2 (1/45)	13.0 (3/23)	0.0 (0/45)
8	13.3 (6/45)	0.0 (0/45)	13.0 (3/23)	2.2 (1/45)
9	11.4 (4/35)	5.7 (2/35)	17.4 (4/23)	0.0 (0/35)
10	36.4 (12/33)	18.2 (6/33)	17.4 (4/23)	6.1 (2/33)
11	18.2 (6/33)	12.1 (4/33)	26.1 (6/23)	0.0 (0/33)
Subtotal	12.1 (42/348)	5.2 (18/348)	15.4 (30/195)	0.9 (3/348)
Shellfish				
1	25.0 (11/44)	4.5 (11/44)	13.6 (3/22)	0.0 (0/44)
2	20.5 (9/44)	6.8 (9/44)	18.2 (4/22)	0.0 (0/44)
3	22.2 (10/45)	8.9 (10/45)	13.0 (3/23)	0.0 (0/45)
4	11.9 (5/42)	11.9 (5/42)	10.0 (2/20)	0.0 (0/42)
5	12.5 (3/24)	4.2 (3/24)	0.0 (0/9)	0.0 (0/24)
6	28.9 (13/45)	4.4 (13/45)	8.7 (2/23)	0.0 (0/45)
7	20.5 (9/44)	11.4 (9/44)	13.0 (3/23)	0.0 (0/44)
8	19.5 (8/41)	7.3 (8/41)	5.3 (1/19)	0.0 (0/41)
9	32.4 (12/37)	2.7 (12/37)	21.1 (4/19)	0.0 (0/37)
Subtotal	21.9 (80/366)	7.1 (80/366)	12.2 (22/180)	0.0 (0/366)

[†]The data of *V. parahaemolyticus* was retrieved from part of our previous study (Park et al., 2018b)

출되지 않았지만, 해수 348개 시료 중에서 3개(0.9%)에서 검출되었으며, 검출 농도는 $3.0-6.2\text{ MPN}/100\text{ mL}$이었다(Table 1). 이때 모든 *V. cholerae* 분리 균주들은 모두 2016년에 채집한 시료에서 검출된 것이며, 이들 균주들은 O1 또는 O139 항원을 가지고 있지 않은 *V. cholerae* non-O1 또는 non-O139 균주로 확인되었다(결과 미제시). 또한, 전체 조사기간 동안의 해수에서 검출된 *V. cholerae* non-O1 또는 non-O139 균은 2016년 7월과 8월에 각각 1개 및 2개 시료에서 검출되었다. 우리나라 질병관리본부(KCDC, 2018)에 따르면, 2003-2017년까지 15년 동안의 *V. cholerae*에 의한 발생한 환자는 총 67명이었으나, 사망자는 없는 것으로 보고하였다. 또한 이 균에 의한 환자는 여름철인 7월(12명)과 8월(20명)에 47.8%로 역시 높게 발생하는 것으로 나타났다.

한편, 2013-2016년 동안 경남 연안에서 채취한 해수 및 패류 시료에서 조사 정점별 *V. cholerae* 균의 분포는 Table 2에 나타내었다. 해수에서만 검출된 *V. cholerae* 균의 해수 정점별 검출률은 0-6.1%이었고, 낙동강 배출수의 영향을 많이 받는 10번 정점에서 역시 가장 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면, 경남 연안에서 2013-2016년 동안 채취한 348개 해수 시료 중에서 *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* 및 *V. cholerae* (non-O1 또는 non-O139) 균은 각각 42 (12.1%), 18 (5.2%) 및 3 (0.9%) 시료에서 검출되었다. 2014-2015년 동안만 조사된 *V. alginolyticus* 균은 195개 해수 시료 중에서 30 (15.4%)개 시료에서 검출되었다. 또한, 2013-2016년 동안 채취한 366개 패류 중에서 *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* 및 *V. cholerae* 균은 각각 80 (21.9%), 26 (7.1%) 및 0 (0%) 시료에서 검출되었다. 2014-2015년 동안만 조사된 *V. alginolyticus* 균은 180개 패류 중에서 22 (12.2%)개 시료에서 검출되었다.

한편, 경남 연안 해수에서 *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* 및 *V. cholerae* non-O1 또는 non-O139 균은 여름에서 초가을인 7-9월에 한해서만 높게 검출되는 경향을 보였으나, *V. alginolyticus* 균은 늦봄에서 가을인 5-10월에 걸쳐 장기간 높게 검출되는 경향을 나타내었다. 또한 이들 병원성 비브리오균은 육상에서 많은 오염원을 배출시키는 낙동강 배출수의 영향을 많이 받는 연안 해역에서 높게 검출되는 경향을 나타내었다. 따라서 국가차원의 병원성 비브리오균의 발생 및 질병예방을 위한 효율적인 대책 마련을 위해서는 육상 오염원을 많이 배출시키는 낙동강 등 큰 강의 배수유역에 대한 병원성 비브리오균의 정밀조사가 필요한 것으로 사료됩니다.

사 사

이 논문은 국립수산물품질관리원 수산과학연구소 수출패류 생산 해역 및 수산물 위생조사(R2019050)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Burkhardt W and Calci KR. 2000. Selective accumulation may account for shellfish-associated viral illness. *Appl Environ Microbiol* 66, 1375-1378. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.4.1375-1378.2000>.
- DePaola A, Ulaszek J, Kaysner CA, Tenge BJ, Nordstrom JL and Well J. 2003. Molecular, serological, and virulence characteristics of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from environmental, food, and clinical sources in North America and Asia. *Appl Environ Microbiol* 69, 3999-4005. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.7.3999-4005.2003>.
- Doré WJ and Lees DN. 1995. Behavior of *Escherichia coli* and male-specific bacteriophage in environmentally contaminated bivalve molluscs before and after depuration. *Appl Environ Microbiol* 61, 2830-2834.
- Drake SL, DePaola A and Jaykus LA. 2007. An overview of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 6, 120-144. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00022.x>.
- Elmahdi S, DaSilva LV and Parveen S. 2016. Antibiotic resistance of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in various countries: A review. *Food Microbiol* 57, 128-134. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.02.008>.
- Han AR, Yoon YJ and Kim JW. 2012. Antibiotic resistance and plasmid profile of *Vibrio parahaemolyticus* strains isolated from Kyunggi-Incheon coastal area. *Kor J Microbiol* 48, 22-28. <https://doi.org/10.7845/kjm.2012.48.1.022>.
- Horseman MA and Surani S. 2011. A comprehensive review of *Vibrio vulnificus*: an important cause of severe sepsis and skin and soft-tissue infection. *Int J Infect Dis* 15, 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2010.11.003>.
- Igbinosa EO and Okoh AI. 2008. Emerging *Vibrio* species: an unending threat to public health in developing countries. *Res Microbiol* 159, 495-506. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2008.07.001>.
- Joseph SW, Colwell RR and Kaper JB. 1982. *Vibrio parahaemolyticus* and related halophilic vibrios. *Crit Rev Microbiol* 10, 77-124. <https://doi.org/10.3109/10408418209113506>.
- Kang CH, Shin YJ, Kim WR, Kim YG, Song KC, Oh EG, Kim SK, Yu HS and So JS. 2016. Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from oysters in Korea. *Environ Sci Pollut Res* 23, 918-926. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5650-9>.
- Kaspar CW and Tamplin ML. 1993. Effects of temperature and salinity on the survival of *Vibrio vulnificus* in seawater and shellfish. *Appl Environ Microbiol* 59, 2425-2429.
- KCDC (Korea Centers for Disease Control & Prevention). 2018. Infectious disease portal. Retrieved from <http://www.cdc.go.kr/npt/biz/npp/nppMain.do> on Sep 28, 2018.
- Kim JH, Shim KB, Shin SB, Park K, Oh EG, Son KT, Yu HS, Lee HJ and Mok JS. 2017. Comparison of bioaccumulation

- and elimination of *Escherichia coli* and male-specific bacteriophages by ascidians and bivalves. *Environ Sci Pollut Res* 24, 28268-28276. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0736-1>.
- 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>.
- KMFDS (Korea Ministry of Food and Drug Safety). 2018. Food poisoning statistics. Retrieved from https://www.food-safetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=3724&menu_grp=MENU_NEW02 on Aug 14, 2018.
- Lee JK, Jung DW, Eom SY, Oh SW, Kim Y, Kwak HS and Kim YH. 2008. Occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* in oysters from Korean retail outlets. *Food Control* 19, 990-994. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.10.006>.
- Mok JS, Lee KJ, Kim PH, Lee TS, Lee HJ, Jung YJ and Kim JH. 2016. Bacteriological quality evaluation of seawater and oysters from the Jaranman-Saryangdo area, a designated shellfish growing area in Korea: impact of inland pollution sources. *Mar Pollut Bull* 108, 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.036>.
- Mok JS, Shim KB, Kwon JY and Kim PH. 2018. Bacterial quality evaluation on the shellfish-producing area along the south coast of Korea and suitability for the consumption of shellfish products therein. *Fish Aquat Sci* 21, 36. <https://doi.org/10.1186/s41240-018-0113-0>.
- Motes ML and DePaola A. 1996. Offshore suspension relaying to reduce levels of *Vibrio vulnificus* in oysters (*Crassostrea virginica*). *Appl Environ Microbiol* 62, 3875-3877.
- 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 9, 154-158.
- Oh EG, Son KT, Ha KS, Yoo HD, Yu HS, Shin SB, Lee HJ and Kim JH. 2009. Antimicrobial resistance of *Vibrio* strains from brackish water on the coast of Gyeongnamdo. *Korean J Fish Aquat Sci* 42, 335-343.
- Oh EG, Son KT, Yu HS, Lee TS, Lee HJ, Shin SB, Kwon JY, Park K and Kim JH. 2011. Antimicrobial resistance of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio alginolyticus* strains isolated from farmed fish in Korea during 2005-2007. *J Food Protec* 74, 380-386. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-307>.
- Park K, Mok JS, Kwon JY, Ryu AR, Kim SH and Lee HJ. 2018a. Food-borne outbreaks, distributions, virulence, and antibiotic resistance profiles of *Vibrio parahaemolyticus* in Korea from 2003 to 2016: a review. *Fish Aquat Sci* 21, 3. <https://doi.org/10.1186/s41240-018-0081-4>.
- Park K, Mok JS, Ryu AR, Kwon JY, Ham IT and Shim KB. 2018b. Occurrence and virulence of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seawater and bivalve shellfish of the Gyeongnam coast, Korea, in 2004-2016. *Mar Poll Bull* 137, 382-387. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.033>.
- Sudha S, Mridula C, Silvester R and Hatha AA. 2014. Prevalence and antibiotic resistance of pathogenic vibrios in shellfishes from Cochin market. *Indian J Geo-Mar Sci* 43, 815-824.
- Thompson FL, Iida T and Swings J. 2004. Biodiversity of vibrios. *Microbiol Mol Biol Rev* 68, 403-431. <https://doi.org/10.1128/MMBR.68.3.403-431.2004>.
- Turner JW, Malayil L, Guadagnoli D, Cole D and Lipp EK. 2014. Detection of *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* and *Vibrio cholerae* with respect to seasonal fluctuations in temperature and plankton abundance. *Environ Microbiol* 16, 1019-1028. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12246>.
- USFDA (U.S. Food and Drug Administration). 2018. Bacteriological Analytical Manual. Retrieved from <https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm2006949.htm> on Oct 19, 2018.
- Wittman RJ and Flick GJ. 1995. Microbial contamination of shellfish: prevalence, risk to human health, and control strategies. *Annu Rev Public Health* 16, 123-140. <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.16.050195.001011>.
- Yamamoto A, Iwahori J, Vuddhakul V, Charernjiratragul W, Vose D, Osaka K, Shigematsu M and Toyofuku H. 2008. Quantitative modeling for risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in bloody clams in southern Thailand. *Int J Food Microbiol* 124, 70-78. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.021>.
- Yang JH, Mok JS, Jung YJ, Lee KJ, Kwon JY, Park K, Moon SY, Kwon SJ, Ryu AR and Lee TS. 2017. Distribution and antimicrobial susceptibility of *Vibrio* species associated with zooplankton in coastal area of Korea. *Mar Poll Bull* 125, 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.054>.
- Younger AD and Reese RA. 2013. Comparison of *Escherichia coli* levels between bivalve mollusc species across harvesting sites in England and Wales. *J Shellfish Res* 32, 527-532. <https://doi.org/10.2983/035.032.0232>.
- 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>.
- Zhao F, Zhou D, Cao H, Ma L and Jiang Y. 2011. Distribution, serological and molecular characterization of *Vibrio parahaemolyticus* from shellfish in the eastern coast of China. *Food Control* 22, 1095-1100. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.12.017>.