

곰소만의 해수 및 패류에 있어서 장염비브리오균(*Vibrio parahaemolyticus*)과 비브리오패혈증균(*Vibrio vulnificus*)의 분포

이동수 · 신혜영 · 박권삼¹ · 신일식*

강릉원주대학교 해양식품공학과, ¹군산대학교 식품생명공학과

Distribution of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in Seawater and Shellfish at Gomso Bay

Dong-Soo Lee, Hye-Young Shin, Kwon-Sam Park¹ and Il-Shik Shin*

Department of Marine Food Science and Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

¹Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

In the case of being contaminated with pathogenic *Vibrio*, shellfish pose a serious threat for public health. This study was conducted to investigate the presence of *Vibrio parahaemolyticus* and *V. vulnificus* in the seawater, bottom deposit and shellfish samples collected from the Gomso Bay, west coast of Korea. *V. parahaemolyticus* (30-80 CFU/g) was detected from seawater Jul. to Oct. and highest at Sep. *V. parahaemolyticus* was detected less than 10 CFU/g from seawater at Nov. with 14.6°C of seawater temperature. *V. parahaemolyticus* (180-1,850 CFU/g) was detected more than 100 CFU/g from 3 kinds of shellfish, Short-necked clam *Ruditapes philippinarum*, Corb shell *Cyclina sinensis*, and Surf clam *Macra veneriformis*, Jul. to Oct. and was highest in Surf clam at Oct. *V. parahaemolyticus* was detected less than 20 CFU/g from all tested shellfish at Nov. *V. vulnificus* (1.8-2.7 MPN/100 mL) was detected from seawater Jul. to Oct. and was not detected at Nov. *V. vulnificus* (18-236.7 MPN/100 g) was also detected from 3 kinds of shellfish Jul. to Oct. and was highest in Corb shell at Jul. *V. vulnificus* was not detected from all tested shellfish at Nov.

Key words: Public health, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, Shellfish, Seawater

서 론

전라북도 부안군과 고창군에 걸쳐 형성되어 있는 곰소만 해역은 만의 형태로 면적은 76 km², 평균 수심은 6-8 m, 조수간만의 차는 6 m로 썰물 때는 넓은 간석지가 드러나기 때문에 이 해역에서 생산되는 패류의 경우 수심이 낮아 빨 등 퇴적물의 영향을 많이 받는다. 또한 썰물 때는 공기 중에 노출되어 패각의 온도가 상승하기도 하며, 밀물 때에는 해수에 잠겨 해수에 떠 오르는 퇴적물의 영향을 받는 특성을 가지고 있는 해역이다. 양식 면허 허가 건수는 250개소로 어류, 패류, 해조류 등 다양한 수산물을 양식하고 있으며, 바지락, 가무락, 동죽, 대합, 꼬막, 김 등이 주로 생산된다(MOF, 2016).

패류는 이동성이 거의 없고, 여과섭이(filter feeding) 활동을

통하여 주위 해수 중에 부유하는 먹이생물은 물론 병원성 세균도 함께 섭취하여 체내에 축적하게 된다(Ripabelli et al., 1999; Edwards et al., 2005; US FDA, 2007). 또한 패류는 패각을 제외한 장기관 및 연체부 전체를 가식부로 이용하는 비율이 높아 타 식품보다 병원성 미생물에 의한 질환의 발생률이 높은 위생적인 취약점을 갖고 있다. 병원 미생물에 오염된 패류의 섭취로 인한 감염증 발생 사례는 오래 전부터 알려져 있으며 (Di Pinto et al., 2008; Baker-Austin et al., 2010), 패류 생식으로 인한 식중독 중 대표적인 것은 병원성 비브리오균이다.

비브리오균은 그람음성 간균으로 포자를 형성하지 않는 통성 혐기성 세균이며 병원성 비브리오균은 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 해수, 어패류 등에서 검출되고 있다(Iwamoto et al., 2010; Hartnell et al., 2019). 총 77종의 비브리오균 중 병원

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 640. 2346 Fax: +82. 33. 640. 2346

E-mail address: shinis@gwnu.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.2019.0114>

Korean J Fish Aquat Sci 52(2), 114-120, April 2019

Received 30 January 2019; Revised 15 February 2019; Accepted 5 April 2019

저자 직위: 이동수(대학원생), 신혜영(대학원생), 박권삼(교수), 신일식(교수)

성 비브리오균은 12종으로, 그 중 장염비브리오균(*Vibrio parahaemolyticus*)과 비브리오 패혈증균(*Vibrio vulnificus*)이 대표적이다(Newton et al., 2012).

장염 비브리오균에 의한 식중독은 오염된 어류, 패류, 두족류 등의 섭취(Iwamoto et al., 2010; Huang et al., 2018)로 인해 발생할 수 있으며, 국내 장염 비브리오균에 의한 식중독 환자 발생 현황(2012-2016년)을 살펴보면, 2012년 195명, 2013년 40명, 2014년 78명, 2015년 25명, 2016년 251명의 환자가 발생하였으며, 월별 환자 수는 8월 233명, 9월 109명으로 8-9월에 집중적으로 많이 발생되고 있으나 3월-7월, 10월-12월에도 장염 비브리오균에 의한 식중독 환자가 발생한 바 있다. 비브리오 패혈증은 국내 법정감염병 제3군감염병에 속하여 매년 50명의 환자가 발생하고 있으며, 일본, 대만, 이스라엘, 스페인 등에서도 보고되고 있다(MFDS, 2016). 비브리오 패혈증의 원인으로는 비브리오 패혈증균에 오염된 음식을 날것으로 섭취하거나 충분히 익혀 먹지 않을 경우(Baker-Austin et al., 2010; Elmahdi et al., 2018; Tokarsky et al., 2019), 혹은 피부 상처가 비브리오 패혈증균에 노출되었을 때 발생한다(D'Souza et al., 2018). 국내 비브리오 패혈증 환자 발생 현황(2012-2016년)을 살펴보면, 2012년 64명, 2013년 56명, 2014년 61명, 2016년 43명으로 지속적으로 발생하고 있으며, 월별 환자 수는 9월에 총 112명으로 가장 많았고 8월(52명), 10월(52명), 7월(26명)순으로 나타났으며 해수온도가 상승하는 8-9월에 집중되어 비브리오 패혈증 환자가 발생한다고 보고하고 있다(KCDC, 2018).

우리나라는 지리적으로 해양 환경과 밀접하여 병원성 비브리오균에 의한 위험에 항상 노출되어 있고, 기후변화에 따른 해수 온도 상승으로 인해 병원성 비브리오균에 대한 우려가 증가하고 있기 때문에 병원성 비브리오균으로 인한 식중독 사고를 예방하고 관리하기 위해서는 수산물의 안전관리가 매우 중요한 실정이다.

전라북도 부안군과 고창군 사이에 있는 곰소만 해역의 경우, 바지락, 가무락, 동죽, 대합, 꼬막 등 다양한 수산물이 생산되고 있는 해역이지만, 곰소만 해역 해수에서 분리한 장염 비브리오균(*Vibrio parahaemolyticus*)의 항균제 내성 및 최소발육억제농도의 규명(Kim et al., 2016a), 곰소만 해역의 바지락(*Ruditapes philippinarum*)에서 분리한 대장균(*Escherichia coli*)의 항균제 내성 및 병원성 유전자의 보유성(Kim et al., 2016b) 등에 대한 연구는 있으나, 해수와 패류에서 병원성 비브리오균의 분포를 조사한 논문은 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 패류생산해역의 위생관리를 위한 기초 자료를 제공하고자 곰소만 해역에서 생산되는 패류와 해수, 해저 퇴적물 등 환경을 대상으로 장염 비브리오균과 비브리오 패혈증균의 분포를 조사하였다.

재료 및 방법

시료

실험에 제공된 시료는 곰소만 해역(Fig. 1)의 해수와 패류로 병원성 비브리오균이 집중적으로 검출될 것으로 예상되는 시기인 2017년 7월부터 11월까지 월 3회씩 채취하였다. 해수와 퇴적물은 곰소만 해역의 해수와 퇴적물을 무균적으로 채취하였고, 패류는 다생산 다소비 패류인 바지락(*Short-necked clam Ruditapes philippinarum*), 가무락(*Corb shell Cyclina sinensis*), 동죽(*Surf clam Mactra veneriformis*)을 생산해역에서 직접 채취하여, ice box에 넣어 10℃ 이하로 유지하면서 실험실로 운반한 후 즉시 실험에 사용하였다.

병원성 비브리오균의 정량

해수 및 패류 시료 중의 장염비브리오 및 비브리오패혈증균의 정량은 recommended procedures for the sea water and



Fig. 1. Location of sampling site (in black circle), Gomsobay, the west coast of Korea, for seawater, bottom deposit and shellfish.

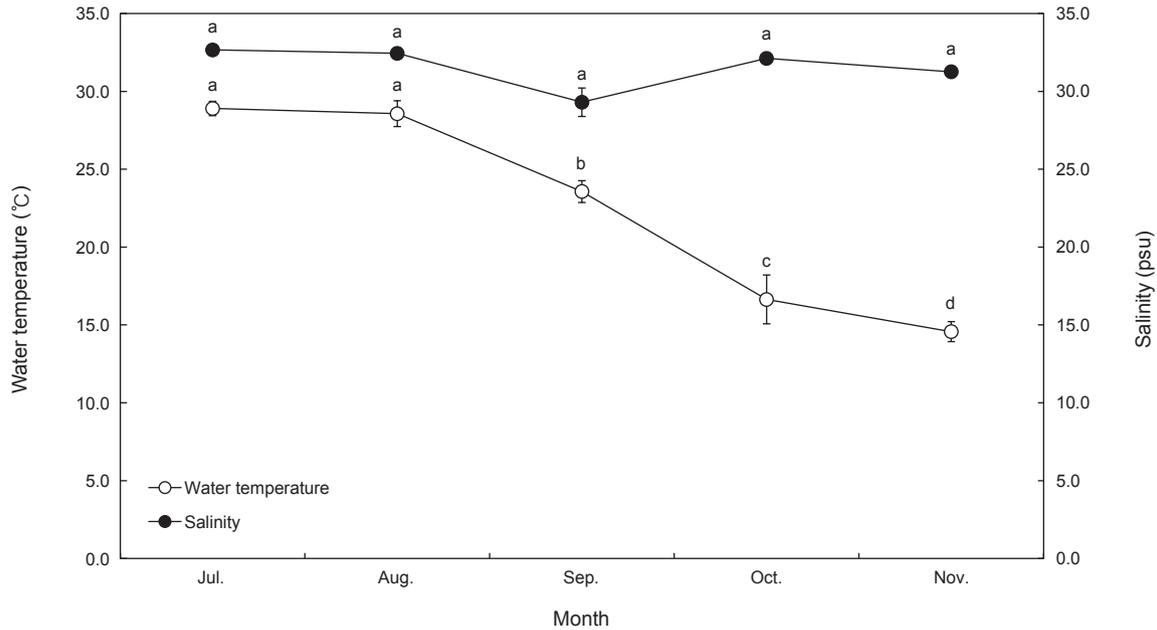


Fig. 2. Temperature and salinity of seawater collected at Gomsu bay, west coast of Korea from Jul. to Nov., 2107.

shellfish (APHA, 1984)에 준하여 시험하였다. 해수는 최종 농도 2%의 sodium chloride가 첨가된 alkaline peptone water (Merck, Darmstadt, Germany) 10 mL에 3개 시험관법으로 10, 1, 0.1 및 0.01 mL씩 접종한 후 35°C에서 16시간 정치 배양하였다. 또한 패류는 무균적으로 탈각한 육 25 g을 멸균된 waring blender cup (Torrington, USA)에 넣고 여기에 9배량의 멸균인 산완충액(phosphate buffered saline, pH7.4)을 가하여 90초 동안 균질화한 다음 10진법으로 적절한 단계까지 희석하여 해수와 동일하게 3개 시험관법으로 alkaline peptone water 10 mL에 접종 후 35°C에서 16시간 정치 배양하였다. 각 배양액 1.0 mL를 eppendorf tube에 취해 원심분리(12,000 rpm, 2분)한 후 배양액을 완전히 제거하여 균체를 회수하였다. 여기에 멸균 증류수 0.1 mL를 가하여 현탁 후 100°C에서 5분간 열처리하여 상층액은 PCR assay용 주형 DNA로 사용하였다. 표적유전자의 증폭산물이 확인된 시험관은 양성으로 판정하여 최확수(most probable number, MPN)에 적용하여 100 mL 또는 100 g 중에 존재하는 균수로 계산하였다.

PCR assay 조건

유전자 증폭에는 emeraldAmp GT PCR master mix (Takara, Japan)를 사용하였다. 프라이머의 최종농도는 반응액에 각각 2.0 pmol이 되도록 조정하였으며, 반응액은 총 25 µL가 되도록 하였다.

장염비브리오 증폭용 프라이머(5'-AAACACGTTAACCTAT-TAATAGG-3' 및 5'-AACGGGAGCCTTTTTAAACAAGA-3')를 사용하였으며 PCR 조건은 95°C에서 1회 3분간 열 변성 후

95°C 30초, 55°C 30초, 72°C 30초를 한 단위로 하여 이를 30회 반복하여 DNA를 증폭하였다(No et al., 2011).

비브리오 패혈증균은 프라이머(5'-CAGCCGGACGTCGTC-CATTTTG-3' 및 5'-ATGAGTAAGCGTCCGACGCGT-3')를 사용하였으며 PCR 조건은 94°C에서 1회 5분간 열 변성 후 94°C 30초, 60°C 30초, 72°C 30초를 한 단위로 하여 이를 25회 실시하고, 최종적으로 72°C에서 10분간 1회 신장반응을 수행하였다(Jang et al., 2018). 증폭된 DNA 산물은 1.5% agarose gel에서 전기영동 후 ethidium bromide로 염색하여 Vilber Lourmat (Bio-Paint ST4, Marne-la-Vallee, France)사 Gel-Doc system으로 증폭 여부를 확인하였다.

통계분석

실험은 3회 반복하여 수행하였으며 분석 후의 결과 값은 SPSS 23.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 각 결과는 일원 분산분석(One-Way ANOVA)에 의해 유의성을 검정하였고, Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 $P < 0.05$ 의 유의수준에서 평가하였다.

결과 및 고찰

해수의 일반적 성상

2017년 7월부터 11월까지 월 3회씩 채취한 곰소만 해역의 월별 평균 수온 및 평균 염분의 변화는 Fig. 2와 같다. 해수의 평균 수온 범위는 14.6-28.9°C로 7월이 가장 높았으며(28.9°C) 9월부터 낮아지기 시작하여 11월에는 14.6°C까지 낮아졌다. 염

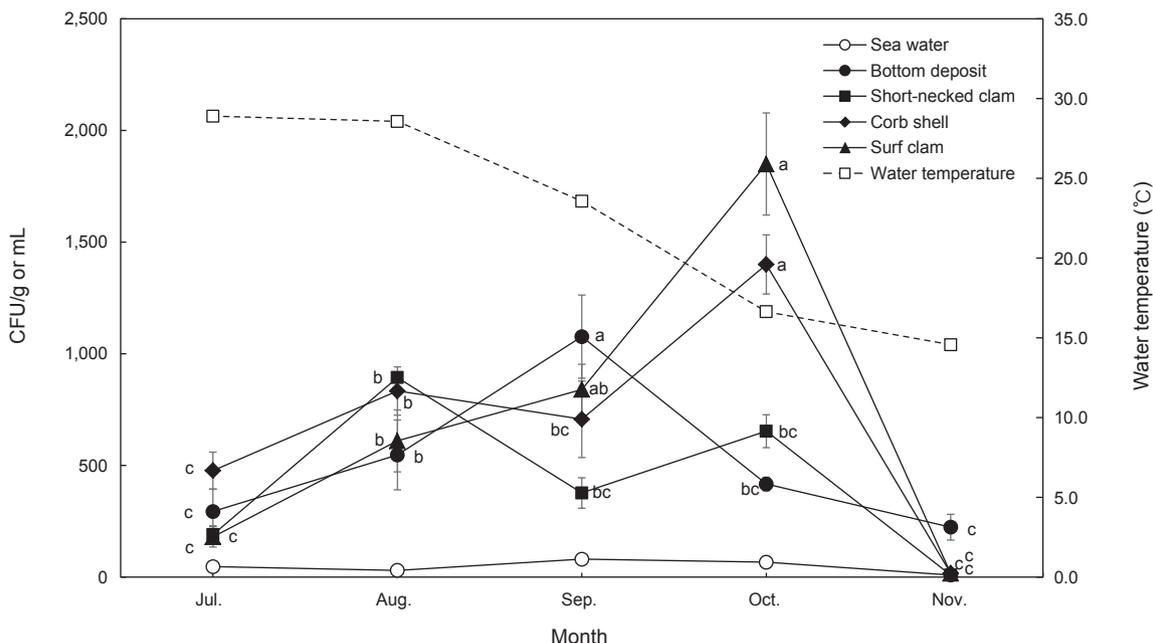


Fig. 3. Change of *Vibrio parahaemolyticus* in seawater, bottom deposit, short-necked clam *Ruditapes philippinarum*, corb shell *Cyclina sinensis* and surf clam *Mactra veneriformis* collected at Gomso bay, west coast of Korea from Jul. to Nov., 2017.

분의 범위는 29.3-32.7 psu이었으며 강수량이 많았던 9월이 가장 낮았으며, 7월에 가장 높았으나 유의할 만한 변화는 없었다 ($P>0.05$).

장염 비브리오균

2017년 7월부터 11월까지 월 3회씩 채취한 곶소만 해역의 해수, 퇴적물과 3종의 패류에 대한 장염 비브리오균 오염도를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다.

해수의 경우, 7월에 4.7×10^1 colony form unit (CFU)/mL이 검출되었으며, 9월에 80.0 CFU/mL로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 수온이 14.6°C로 떨어진 11월에 10 CFU/mL로 감소하였다. 퇴적물의 경우, 7월에 2.9×10^2 CFU/g이 검출되었으며, 9월에 1.1×10^3 CFU/g으로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 수온이 14.6°C로 떨어진 11월에 2.2×10^2 CFU/g으로 감소하여 유의할 만한 차이를 나타내었다 ($P<0.05$). 패류의 경우, 바지락은 7월에 1.9×10^2 CFU/g이 검출되었고, 그 이후 증가하기 시작하여 바지락은 8월에 8.9×10^2 CFU/g으로 가장 높은 수치를 나타내었고, 10월에도 6.5×10^2 CFU/g이 검출되었다. 가무락과 동죽은 7월에 각각 4.8×10^2 CFU/g과 1.8×10^2 CFU/g이 검출되었으며, 역시 그 이후 증가하기 시작하여 10월에 각각 1.4×10^3 CFU/g, 1.9×10^3 CFU/g으로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 수온이 14.6°C로 떨어진 11월에는 3종의 패류 모두 2.0×10^1 CFU/g 이하로 급격하게 감소하였다 ($P<0.05$). 해수, 퇴적물, 패류 중 장염 비브리오균의 검출율은 패류가 가장 높았으며, 그 다음이 퇴적물, 해수 순이었다. 다만 퇴적물의 경

우, 균수가 2.0×10^1 CFU/g 이하로 급격히 감소한 패류와 균이 검출되지 않았던 해수와는 달리 11월에도 2.2×10^2 CFU/g의 균이 검출되었다.

비브리오 패혈증균

2017년 7월부터 11월까지 월 3회씩 채취한 곶소만 해역의 해수, 퇴적물과 3종의 패류에 대한 비브리오 패혈증균 오염도를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 해수의 경우, 7월부터 10월 사이에 1.8-2.7 MPN/100 mL이 검출되었고 11월에는 검출 한계 이하로 나타났으나 유의할 만한 차이는 없었다 ($P>0.05$). 퇴적물은 7월에 140.0 MPN/100 g으로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 그 이후 감소하여 11월에 가장 낮은 수치(32.7 MPN/100 g)를 나타내었다. 패류의 경우, 3종류 모두 수온이 가장 높았던(28.9°C) 7월에 유의적으로 가장 높은 수치를 나타내었으며 ($P<0.05$), 가무락(236.7 MPN/100 g), 바지락(206.7 MPN/100 g), 동죽(166.7 MPN/100 g)순이었다. 그 이후 수온의 저하와 함께 균수가 감소하였지만, 가무락과 동죽의 경우 수온이 16.6°C이었던 10월에도 136.7 MPN/100 g이 검출되었으며 수온이 14.6°C이었던 11월에는 세 종류의 패류 모두 검출 한계 이하로 감소하였다. 해수, 퇴적물, 패류 중 비브리오 패혈증균의 검출율은 패류가 가장 높았으며, 그 다음이 퇴적물, 해수 순이었다. 다만 퇴적물의 경우, 균수가 검출 한계 이하로 감소한 패류와 해수와는 달리 11월에도 32.7 MPN/100 g의 균이 검출되었다.

우리나라에 있어서 병원성 비브리오균은 5월부터 10월 사이

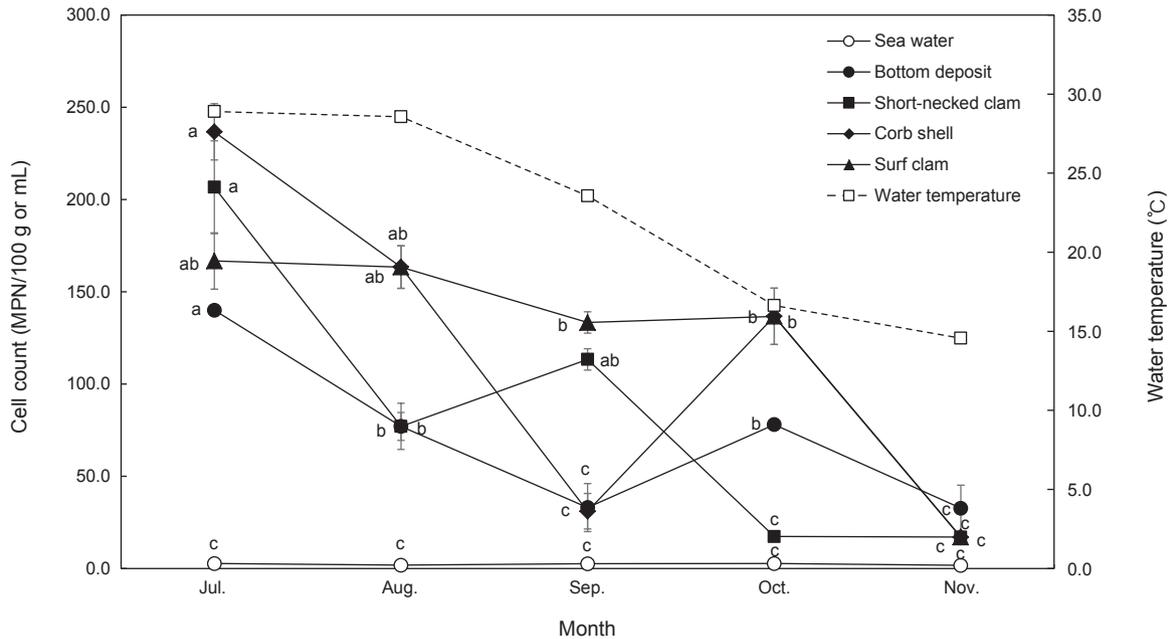


Fig. 4. Change of *Vibrio vulnificus* in seawater, bottom deposit, short-necked clam *Ruditapes philippinarum*, corb shell *Cyclina sinensis* and surf clam *Mactra veneriformis* collected at Gomsu bay, west coast of Korea from Jul. to Nov., 2017.

에 주로 검출되는 것으로 알려져 있다(Na et al., 2016). Lee et al. (2007)은 2007년 6월부터 9월 사이에 서울의 소매점으로부터 구입한 굴에서 검출된 장염 비브리오 균수는 100-10,000 MPN/g이었으나, 5월과 9월은 각각 100 MPN/g 이하로 검출되었다고 보고하였으며, 본 연구에서도 해수의 경우 7월부터 10월 사이에서는 $4.7\text{-}8.0 \times 10^2$ CFU/g의 장염 비브리오균이 검출되어 이와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 Na et al. (2016)은 최근 3년간 11개 지역(부산, 인천, 군산, 목포, 여수, 마산, 통영, 울산, 포항, 동해, 제주)에서 총 2,220건의 해수 중 1,548건에서 장염 비브리오균이 검출되었으며(69.7%) 계절에 따른 검출율의 차이는 있었으나 연중 해수에서 검출되었다고 보고한 바 있다. 한편 패류의 경우 7-10월에 3종의 패류 모두에서 1.0×10^2 CFU/g 이상의 장염 비브리오균이 검출되어, “최종소비자가 그대로 섭취할 수 있도록 유통 판매를 목적으로 위생처리하여 용기·포장에 넣은 수산물에는 장염 비브리오균이 g당 100 이하이어야 한다.”는 식품공전의 허용기준치를 고려한다면 7-10월에는 패류 섭취 시 주의를 기울여야 할 것이다.

Tamplin et al. (1982)은 미국 플로리다 지역에서 해수, 굴, 조개를 채취하여 오염실태를 조사한 결과, 해수 온도가 17°C 이상일 때 더 많은 비브리오 패혈증균이 검출되었고, 17°C 이하의 수온에서는 모든 시료에서 검출되지 않았으며 또한 채취한 시료의 온도가 29°C 이상일 때 비브리오 패혈증균의 검출율이 높았다고 보고하여 본 연구의 결과도 이와 유사한 경향을 나타내었다. Kaysner et al. (1987)이 미국 서해안에서 해수, 해변 침전물, 굴, 홍합 등 529종을 분석하여 총 31균주의 비브리오 패혈

증균을 분리하였고, 그 중 해수, 해변 침전물, 굴, 홍합에서 각각 17, 12, 1, 1균주의 비브리오 패혈증균이 검출되었으며, 비브리오 패혈증균이 검출된 해수의 경우, 수온이 15°C 이상이었다고 보고한 바 있다. 또한 Na et al. (2016)은 최근 3년간 11개 지역에서 총 2,220건의 해수 중 58건에서 비브리오 패혈증균이 검출되었으며 1월, 12월을 제외하고 연중 검출되었다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 수온이 16.6-28.9°C이었던 7-10월에는 해수 및 패류에서 비브리오 패혈증균이 검출되었지만 수온이 15°C 이하(14.6°C)이었던 11월에는 검출 한계 이하로 나타나 해수의 온도가 비브리오 패혈증균의 성장에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 한편 균수가 급격히 감소한 패류와 균이 검출되지 않았던 해수에 비하여 11월에 퇴적물에서 균수가 높게 검출된 이유는 병원성 비브리오균이 동절기에 동물플랑크톤의 일종인 copepods 등에 부착하여 월동하고 수온이 상승하는 하절기에 다시 증식한다는 연구보고를 들 수 있다(Perez-Rosas and Hazen, 1988; Tamplin et al., 1990).

본 연구는 2017년 7월부터 11월까지 전라북도 곰소만에서 해수와 패류에 있어서 병원성 비브리오균의 분포를 조사한 것으로 조사 지역과 시기가 제한적인 점은 있지만, 수온이 15°C 이상인 7월에서 11월 사이에 병원성 비브리오균이 검출된다는 사실을 확인할 수 있었으며, 병원성 비브리오균에 의한 식중독 혹은 전염병을 예방하기 위해서는 이 시기에 수산물의 생식에는 주의를 기울여야 하며, 해수와 패류에 대한 병원성 비브리오균의 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2016년도 식품의약품안전처에서 시행한 용역연구 개발과제 (16162수산물607)의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

References

- APHA (American Public Health Association). 1984. Laboratory procedures for the examination of sea water and shellfish. 5th ed. APHA, Washington DC, U.S.A.
- Baker-Austin C, Stockley L, Rangdale, R and Martinez-Urtaza J. 2010. Environmental occurrence and clinical impact of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*: a European perspective. *Environ Microbiol Rep* 2, 7-18. <https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2009.00096.x>.
- Di Pinto A, Ciccarese G, De Corato R, Novello L and Terio V. 2008. Detection of pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in southern Italian shellfish. *Food Cont* 19, 1037-1041. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.10.013>.
- D'Souza C, Kumar BK, Kapinakadu S, Shetty R, Karunasagar I and Karunasagar I. 2018. PCR-based evidence showing the presence of *Vibrio vulnificus* in wound infection cases in Mangaluru, India. *Inter J Infect Dis* 68, 74-76. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2018.01.018>.
- Edwards WJ, Rehmann CR, McDonald E and Culver DA. 2005. The impact of a benthic filter feeder: Limitations imposed by physical transport of algae to the benthos. *Can J Fish Aquat Sci* 62, 205-214. <https://doi.org/10.1139/F04-188>.
- Elmahdi S, Parveen S, Ossai S, DaSilva LV, Jahncke M, Bowers and Jacobs J. 2018. *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* recovered from oysters during an oyster relay study. *Appl Environ Microbiol* 84, e01790-17. <https://doi.org/10.1128/AEM.01790-17>.
- Hartnell RE, Stockley L, Keay, W, Rosec JP, Hervio-Heath D, Van den Berg H, Leoni F, Ottaviani D, Henigman U, Denayer S, Serbruyns B, Georgsson F, Krumova-Valcheva G, Gyurova E, Blanco C, Copin S, Strauch E, Wieczorek K and Baker-Austin C. 2019. A pan-European ring trial to validate an International standard for detection of *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in seafoods. *Inter J Food Microbiol* 288, 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.02.008>.
- Huang YS, Hwang CA, Huang L, Wu VCH and Hsin-I Hsiao HI. 2018. The risk of *Vibrio parahaemolyticus* infections associated with consumption of raw oysters as affected by processing and distribution conditions in Taiwan. *Food Cont* 86, 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.022>.
- Iwamoto M, Ayers T, Mahon BE and Swerdlow DL. 2010. Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. *Clin Microbiol Rev* 23, 399-411. <https://doi.org/10.1128/CMR.00059-09>.
- Jang YM, Park SK, Jeong HJ, Lee JW, Yoon YH, Park KS, Shin IS and Kim YM. 2018. Quantitative cell count of *Vibrio vulnificus* cells based on MPN-PCR Method. *J Food Hyg Saf* 33, 412-415. <https://doi.org/10.13103/JFHS.2018.33.5.412>.
- Kaysner CA, Abeyta C JR, Welell MM, DePaola A JR, Stott RF and Leitch JM. 1987. Virulent strains of *Vibrio vulnificus* isolated from estuaries of the United States west coast. *Appl Environ Microbiol* 6, 1349-1351.
- KCDC (Korea Centers for Disease Control and Prevention). 2018. This year's first case of *Vibrio vulnificus* sepsis. Retrieved from <http://www.cdc.go.kr/CDC/notice/CdcKrIntro0201.jsp?menuIds=HOME006-MNU2804-MNU2937&cid=121780> on Jun 12, 2018.
- Kim TO, Eom IS, Kim HD and Park KS. 2016a. Antimicrobial resistance and minimum Inhibitory concentrations of *Vibrio parahaemolyticus* strains Isolated from Gomso Bay, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 582-588. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0582>.
- Kim TO, Eom IS, Park KH and Park KS. 2016b. Antimicrobial resistance and the presence of virulence genes in *Escherichia coli* strains Isolated from *Ruditapes philippinarum* in Gomso Bay, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 800-806. <http://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0800>.
- Lee JK, Jung DW, Eom SY, Oh SW, Kim YJ, Kwak HS and Kim YH. 2007. 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>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2016. Korean food standards codex. Retrieved from http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp on Jun 17, 2017.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2016. Statistical yearbook of fisheries production. Retrieved from http://www.fips.go.kr/jsp/sf/ss/ss_kind_law_list.jsp?menuDepth=070104 on Jun 1, 2017.
- Na HY, Hong SH and Chung GT. 2016. The relationship of pathogenic *Vibrio* spp. with marine environmental factors, Korea, 2013-2105. *Pub Health Weekly Rep* 9, 154-158.
- Newton A, Kendall M, Vugia DJ, Henao OL and Mahon BE. 2012. Increasing rates of vibriosis in the United States, 1996-2010: review of surveillance data from 2 systems. *Clin Infect Dis* 5, 391-395. <https://doi.org/10.1093/cid/cis243>.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-765X.2011.03072.x>.
- Perez-Rosas N and Hazen TC. 1988. In situ survival of *Vibrio cholerae* and *Escherichia coli* in tropical coral reefs. *Appl Environ Microbiol* 54, 1-9.
- Ripabelli G, Sammarco ML, Grasso GM, Fanelli I, Caprioli A and Luzzi I. 1999. Occurrence of *Vibrio* and other pathogenic bacteria in *Mytilus galloprovincialis* (mussels) harvested

- from Adriatic Sea, Italy. *Int J Food Microbiol* 49, 43-48.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(99\)00056-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(99)00056-2).
- Tamplin ML, Gauzens AL, Huq A, Sack DA and Colwell RR. 1990. Attachment of *Vibrio cholerae* serogroup O1 to zooplankton and phytoplankton of Bangladesh waters. *Appl Environ Microbiol* 56, 1977-1980.
- Tamplin ML, Rodrick GE, Blake NJ and Cuba T. 1982. Isolation and characterization of *Vibrio vulnificus* from two Florida estuaries. *Appl Environ Microbiol* 44, 1466-1470.
- Tokarsky O, Marshall DL, Dillon J and Andrews LS. 2019. Long-Term depuration of *Crassostrea virginica* Oysters at different salinities and temperatures changes *Vibrio vulnificus* counts and microbiological profile. *Food Prot* 82, 22-29.
<https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-225>.
- US FDA (U.S. 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-Specific Information/Seafood/Federal State Programs/National Shellfish Sanitation Program/default.htm](http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/Product-Specific%20Information/Seafood/Federal%20State%20Programs/National%20Shellfish%20Sanitation%20Program/default.htm) on Dec 12, 2018.