

## 남해안 패류양식장에서 분리한 *Vibrio parahaemolyticus*의 병원인자 분포 및 항균제 내성

박용수 · 박큰바위 · 권지영 · 유홍식<sup>1</sup> · 이희정<sup>2</sup> · 김지회<sup>3</sup> · 이태식 · 김풍호\*

국립수산과학원 식품위생가공과, <sup>1</sup>국립수산과학원 서해수산연구소, <sup>2</sup>국립수산과학원 남해수산연구소, <sup>3</sup>국립수산과학원 연구기획과

### Antimicrobial Resistance and Distribution of Virulence Factors of *Vibrio parahaemolyticus* Isolated from Shellfish Farms on the Southern Coast of Korea

Yong Soo Park, Kunbawui Park, Ji Young Kwon, Hong Sik Yu<sup>1</sup>, Hee Jung Lee<sup>2</sup>, Ji Hoe Kim<sup>3</sup>, Tae Seek Lee and Poong Ho Kim\*

Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

<sup>1</sup>West Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Incheon 22383, Korea

<sup>2</sup>South Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Yeosu 59780, Korea

<sup>3</sup>Research and Development Planning Department, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

From 2013 through 2015, we investigated the contamination status and antimicrobial resistance patterns of pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in commercially valuable seawater and shellfish (Oyster *Crassostrea gigas*, short-neck clam *Venerupis philippinarum*, ark shell *Scapharca broughtonii* and mussel *Mytilus galloprovincialis*) from the southern coast of Korea. The detection rate of *V. parahaemolyticus* was highest in short-neck clams (23.7%), followed by ark shells (19.2%), oysters (15.9%), mussels (13.6%), and seawater (8.6%). The following percentages of PCR assays of shellfish were positive for the thermostable direct hemolysin-related hemolysin gene (*trh*): oysters (12.8%), short-neck clams (11.8%), and ark shells (3.4%). Similar assays for the thermostable direct hemolysin gene (*tdh*) resulted in positive results for short-neck clams (5.9%) and ark shells (3.4%). Antimicrobial resistance was present in 100% of 8 *tdh* (+) and 2 *trh* (+) *V. parahaemolyticus* isolates challenged with ampicillin. However, all pathogenic *V. parahaemolyticus* were sensitive to 14 other antibiotics. To ensure the safety of shellfish consumption, the continuous monitoring of the prevalence and distribution of virulence factors of *V. parahaemolyticus* in shellfish farms is needed.

Key words: Antimicrobial resistance, Shellfish, *Vibrio parahaemolyticus*, Virulence factors

## 서 론

장염비브리오균(*Vibrio parahaemolyticus*)는 해수 및 기수지역에 분포하고 있는 저도 호염성 해양세균으로 계절에 따라 분포가 바뀌는데 일반적으로 여름에서 초가을에 가장 많이 검출된다고 알려져 있으며, 이 균에 오염된 어패류를 생식하거나 덜 익혀 섭취하여 나타나는 식중독 원인세균이다(Sakazaki et al., 1968; Honda and Iida, 1993).

최근 우리나라 식품 위생 수준이 향상되고 식품 안전 관리 기

술이 크게 발전하고 있지만, 미생물에 의한 식중독 사고는 발생 빈도수나 환자 발생수가 줄어들지 않고 있는 실정 이어서 과학적이고 효과적인 식중독 예방 기술 개발이 절실히 필요하다. 현재 식품 안전 관리의 과학화는 전세계가 지향하고 있으나, 식중독 원인 미생물에 대한 위해도 평가는 대단히 어려운 과제로서 선진국에서도 아직 완전히 장착되지 않은 분야로 이에 대한 광범위한 연구가 진행 중에 있다(KFDA, 2005).

2002년부터 2013년까지 우리나라에서 발생한 장염비브리오균에 의한 식중독 사고는 주로 여름철에 집중적으로 발생하

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0460>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 49(4) 460-466, August 2016

Received 19 July 2016; Revised 11 August 2016; Accepted 17 August 2016

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

E-mail address: phkim1@korea.kr

며 발생건수 및 환자수는 전체 세균성 식중독 사고의 16.5% 및 8.2%를 차지하고 있다(MFDS, 2014). 장염비브리오균에 의한 식중독은 급성 위장염이며, 12-24시간 잠복기를 거쳐 발병하며 발열(37-39℃), 구토, 복통 오한을 보인다.

해수 및 어패류 등 해양생태계에서 분리한 대부분의 장염비브리오균은 비병원성 균주인 반면에 수산물 기인 식중독 사고의 환자 가검물에서 분리한 대부분의 장염비브리오균에는 내열성 용혈독소(Thermostable direct hemolysin, TDH) 또는 내열성 용혈독소 유사독소(TDH-related hemolysin, TRH)을 생성하는 유전자를 보유하고 있으며, 이 독소들이 장염비브리오균의 주요한 병원성 인자로 알려져 있고(Sakazaki et al., 1968; Shirai et al., 1990; Honda and Iida, 1993), 근래에는 *trh* 유전자를 보유하는 장염 비브리오균이 증가하고 있는 추세로 알려져 있다(Kishishita et al., 1992).

한편, 대부분의 패류양식장은 강우 등의 영향으로 유입된 오염물질의 영향을 쉽게 받을 수 있는 연안해역에 위치하고 있으며, 패류양식장으로 유입된 오염물질 중에는 항균제 내성균들도 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며, 패류양식장으로 유입된 항균제 내성균들은 패류의 안전성뿐만 아니라 장염비브리오균 등과 같은 해양상재세균의 항균제 내성 획득에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 여겨지고 있다(Park et al., 2013).

1940년대에 항생제가 최초로 개발된 이래 많은 종류의 항생제가 임상, 축산 및 수산분야에서 감염질환 치료제로 널리 사용되어 왔으며, 최근에는 항생제의 오남용에 따른 항생제 내성균 증가가 사회적 문제로 대두되고 있다(Shanthini et al., 2004).

2003년부터 2012년까지 우리나라에서 축산용 및 수산용으로 판매된 항생제는 연간 약 1,000-1,500톤 정도로 2008년부터 판매량이 점차 감소하는 추세이나, 항생제 내성균의 출현빈도가 다른 나라에 비해 상당히 높은 편이며 임상, 식품, 환경 등 다양한 분야에서 항생제 내성균들이 출현되고 있다(Chung et al., 2006; Hwang et al., 2008; Lim et al., 2014).

따라서 우리나라 주요 패류의 주 생산지인 남해안 일원의 패류양식장에서의 병원성 장염비브리오균 분포 및 항균제 내성패턴을 조사하여 장염비브리오균 관리기술 개발과 항균제 내성균 관리에 필요한 자료를 제공하고자 2013년 1월부터 2015년 11월까지 남해안 주요 패류생산해역에서 해수 및 양식패류(굴, 바지락, 피조개, 진주담치)에서 장염비브리오균 검출특성, 병원성인자 보유유무 및 항균제 내성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 해수 및 패류 시료

장염비브리오균 분리를 위하여 2013년 1월부터 2015년 11월까지 남해안 패류양식장에서 해수 및 패류를 매월 채취하여 시료로 사용하였다. 굴(*Crassostrea gigas*), 피조개(*Scapharca broughtonii*), 바지락(*Venerupis philippinarum*) 및 진주담치

(*Mytilus galloprovincialis*)는 채취한 후 멸균된 황동술로 표면에 묻어 있는 이물질을 세척한 후 멸균된 용기에 담아서 10℃ 이하로 유지하면서 실험실로 운반하여 실험에 사용하였다.

해수 시료는 채수기를 이용하여 멸균된 1 L 채수병에 채취하였으며 채취시 해수의 수온과 염분의 농도는 YSI 566 multi-probe system (Yellow Springs, YSI Life Science, OH, USA)을 사용하여 현장에서 측정하였다.

### 장염비브리오균의 분리 및 동정

장염비브리오균은 bacteriological analytical manual (Elliot et al., 1995)에 준하여 3 tube MPN법으로 정량분석을 실시하였다. 패류는 12개체 이상을 1회 시험에 사용하였으며, 패각을 제거한 패육과 패액 200 g에 phosphate buffered saline (PBS: 140 mM NaCl, 5 mM anhydrous Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> and 1.5 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> pH 7.4)을 2배 비율로 첨가하여 균질화 하고, 80 mL의 PBS에 균질액 20 g을 첨가하여 10배 희석액을 만들어 시료로 하였다. 희석액을 이용하여 100배, 1,000배 등 단계별 추가 희석용액을 만들어 사용하였다. 해수시료는 전처리 없이 바로 실험에 사용하였다.

각 희석 단계별로 alkaline peptone water (pH 8.5 ± 0.2, 2% NaCl함유)가 들어있는 3개의 시험관에 접종하고 35 ± 0.5℃에서 18-24시간 배양하였다. 배양한 후 thiosulfate citrate bile salt agar (TCBS agar, Difco)에 희석 도말하여 35℃에서 24시간 배양한 후, 전형적인 반응을 나타내는 균주를 대상으로 동정시험을 실시하였다.

동정시험에는 내염성시험, 42℃ 발육시험, ONPG (O-nitrophenyl-β-D-galacto-pyranoside) 시험 등 생화학 시험이 이용되었으며 VITEK system (Biomérieux, France)으로 확정하였다. 정량분석의 결과는 최확수표를 이용하여 100 g 또는 100 mL당 MPN으로 나타내었다.

### 병원성 인자 확인

분리된 장염비브리오균을 대상으로 식중독을 유발시키는 병원성 인자로 알려진 *tdh* 및 *trh* 유전자의 존재 유무 확인은 PCR기법을 이용하였다. *tdh* 및 *trh* 유전자 검출을 위해 VPD-1/VPD-2 및 VPR-1/VPR-2 (Takara, Japan)를 사용하였다. 시험 균주를 Tryptic Soy Broth (Difco, USA) 10 mL에 접종하여 37℃, 18-24시간 배양한 다음 DNA Isolation kit (MOBIO, USA)를 사용하여 DNA를 추출한 후 PCR Master mix (Takara, Japan) 12.5 μL, 각 primer (10 pmol/μL) 0.2 μL, 추출한 DNA 2 μL로 반응액을 조성한 후, 멸균증류수를 첨가하여 총 25 μL로 조정하여 Thermal Cycle (Takara, Japan)로 98℃에서 10초, 55℃에서 30초, 72℃에서 60초의 반응을 30회 반복하여 PCR을 실시하였다. 증폭된 PCR 산물은 gel documentation system G BOX (Syngene, UK)를 이용하여 amplicon 크기(*tdh* 유전자, 251 bp; *trh* 유전자, 250 bp)를 확인하였다.

## 항균제 감수성 확인

분리·동정된 장염비브리오균의 항균제 감수성은 Acar and Goldstein (1991)의 디스크 확산법을 이용하였다. 즉, 분리된 장염비브리오균을 Muller Hinton Broth (Merck, Germany)에 접종하고, 35°C, 18-24 시간 배양한 후 장염비브리오균 배양액의 농도를 McFarland No. 0.5로 희석하였다.

각 희석한 균액을 미리 1% 농도가 되도록 NaCl를 첨가한 두께 4 mm의 Muller Hinton Agar (Merck, Germany) 평판에 도말하고, 5분간 방치하면서 균액을 흡수시킨 후에 항균제 디스크 (Φ 8 mm)를 평판에 고착시켰다.

항균제 디스크는 균 접종 후 15 분 이내에 고착시켰으며, 시험 항균제는 ampicillin (10 µg; AM), amikacin (30 µg; AN), amoxicillin/clavulanic acid (20 µg/10 µg; AMC), cefepime (30 µg; FEP), cefotaxime (30 µg; CTX), chloramphenicol (10 µg; C), ciprofloxacin (5 µg; CIP), erythromycin (5 µg; E), gentamicin (10 µg; GM), nalidixic acid (30 µg; NA), rifampin (5 µg; RA), streptomycin (10 µg; S), tetracycline (30 µg; TE), trimethoprim (5 µg; TMP), trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25 µg/23.75 µg; SXT) 등 15 종류로 BBL (USA)사 제품으로 미국 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012)의 정도관리 허용기준(Quality control range)에 부합됨을 확인한 후 항균제 디스크를 감수성 시험에 사용하였다.

항균제 디스크를 고착시킨 Muller Hinton Agar 평판은 35°C, 16-18 시간 배양한 다음 균의 증식 저해대(Inhibition zone)의 크기를 calipers로 측정하였으며, 감수성은 미국 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012) 기준을 근거로 판정하였다.

## 결과 및 고찰

### 해수 및 패류에서의 장염비브리오균 검출현황

남해안 주요 패류생산해역의 해수 및 양식패류에서의 장염비브리오균 검출 특성을 알아보기 위하여 2013년 1월부터 2015년 11월까지 해수 429개, 굴 244개, 바지락 72개, 피조개 99개, 진주담치 66개 시료를 대상으로 장염비브리오균을 분리하였으며, 그 결과를 Table 1에 나타내었다.

시험대상 시료 중 바지락에서 장염비브리오균의 검출율이 23.7%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 피조개(19.2%), 굴(15.9%), 진주담치(13.6%) 및 해수(8.6%) 순이었다.

이러한 경향은 굴 및 진주담치는 연승 수하식으로 양식되어 해수 중에 존재하는 장염비브리오균만을 체내에 농축하는 반면에 펄에서 바닥식으로 양식되는 바지락과 피조개는 수하식 양식패류보다 장염비브리오균을 고농도로 체내에 농축할 확률이 높으며, 또한 펄에 파묻혀서 양식되기 때문에 해수에 의한 자연적인 정화효과도 기대하기 힘든 부분이 있어 굴과 진주담치에서 보다는 바지락 및 피조개에서의 장염비브리오균의 검출율이

Table 1. Detection rate of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seawater and shellfish farm in farms in the southern coast of Korea

Samples	Number of sample	<i>V. parahaemolyticus</i>	Detection rate (%)
Oyster	244	39	15.9
Short neck clam	72	17	23.7
Ark shell	99	19	19.2
Mussel	66	9	13.6
Seawater	429	37	8.6

더 높은 것으로 사료된다.

Ju (1983)에 의하면 제주, 거제, 남해, 옥지, 부산 및 마산 지역 해수 및 펄에 대한 장염비브리오균 분포 조사결과, 해수 시료에서 장염비브리오균 검출율이 9.8%인 반면에 펄 시료에서는 18.8%에 이른다고 보고하였으며, Yu et al. (2014)는 남해안 굴과 서해안 바지락에서의 장염비브리오균 검출율을 조사한 결과, 굴(72.5%)보다 바지락(97.5%)에서 장염비브리오균의 검출율이 높았다고 보고하였다.

해수와 패류의 장염비브리오균의 검출관계를 살펴보면, 해수보다 패류에서 장염비브리오균의 검출율이 높았는데 이러한 이유는 패류는 고착성 생물로 해수 또는 담수를 여과하여 먹이를 섭취하기 때문에 해수 중의 장염비브리오균의 농도보다 더 많은 장염비브리오균이 패류 체내에 축적되기 때문이다. Angelo et al. (1990)는 미국 해안에서 해수와 굴의 장염비브리오균의 농도를 비교한 결과 굴에서의 장염비브리오균 농도가 해수에 비해 100배 정도 더 높았다고 보고하였다.

한편, 해수 및 패류에서 분리된 장염비브리오균의 월별 검출 현황을 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다. 해수 및 패류에서 장염비브리오균은 주로 수온이 상승하는 5월부터 검출되기 시작하여 여름철(7월부터 9월까지)에 집중적으로 검출되었다. 2015년에는 2013년 및 2014년에 비해 11월까지 장염비브리오균 검출율이 높게 검출되었는데, 이는 엘리뇨 현상으로 인해 기온이 예년보다 낮아지지 않고 유지된 영향으로 인해 2015년 수온이 2013년과 2014년 보다 높게 유지되면서 장염비브리오균의 검출율이 증가된 것으로 사료된다.

Haley et al. (2014)는 장염비브리오균은 수온의 상승에 따라 검출율이 증가된다고 보고했으며, 패류에서 엘리뇨 현상이 있었던 1991년과 1997년에는 장염비브리오균에 의한 장염비브리오 식중독 환자가 유행하였다고 보고되어 있다(Martinez-Ultaza et al., 2008).

수온이 낮은 시기인 2015년 1월 해수에서 장염비브리오균이 검출되었는데 이는 Choi et al. (1997)가 한산거제만 해역의 겨울철 수온이 5.4-10.8°C이었고, 해수 및 패류에서 장염비브리오균이 검출되었다고 보고한 연구결과와 유사하였다.

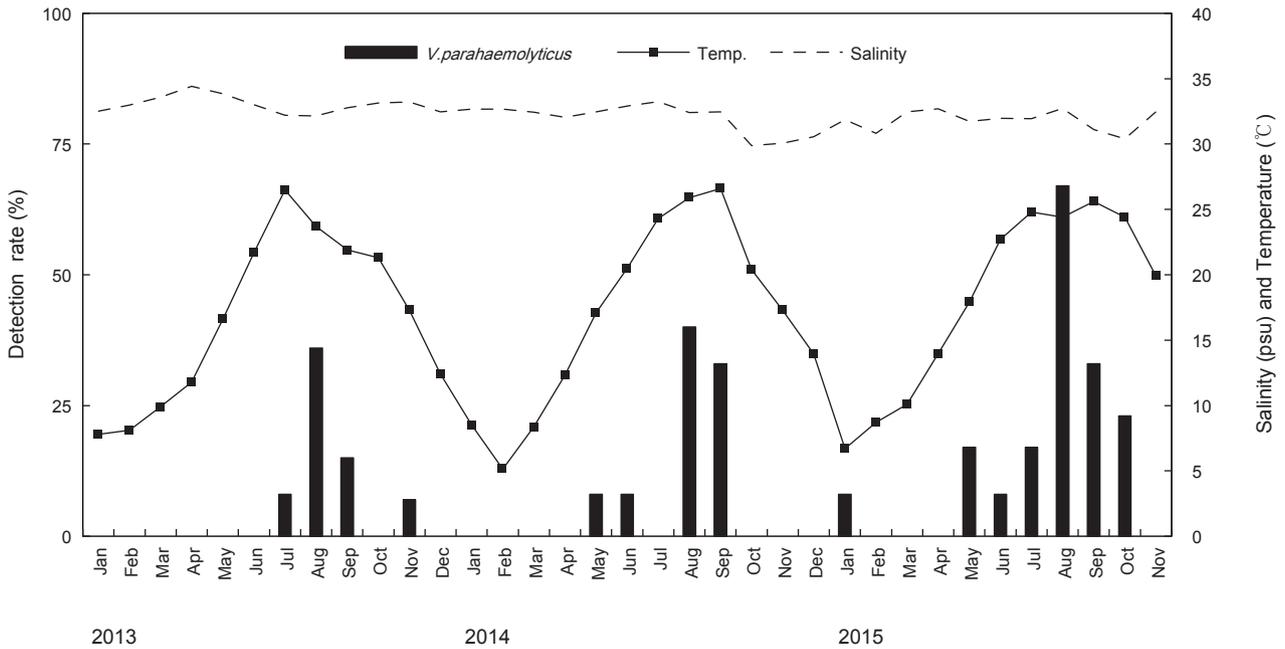


Fig. 1. Monthly variation of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seawater in the southern coast of Korea.

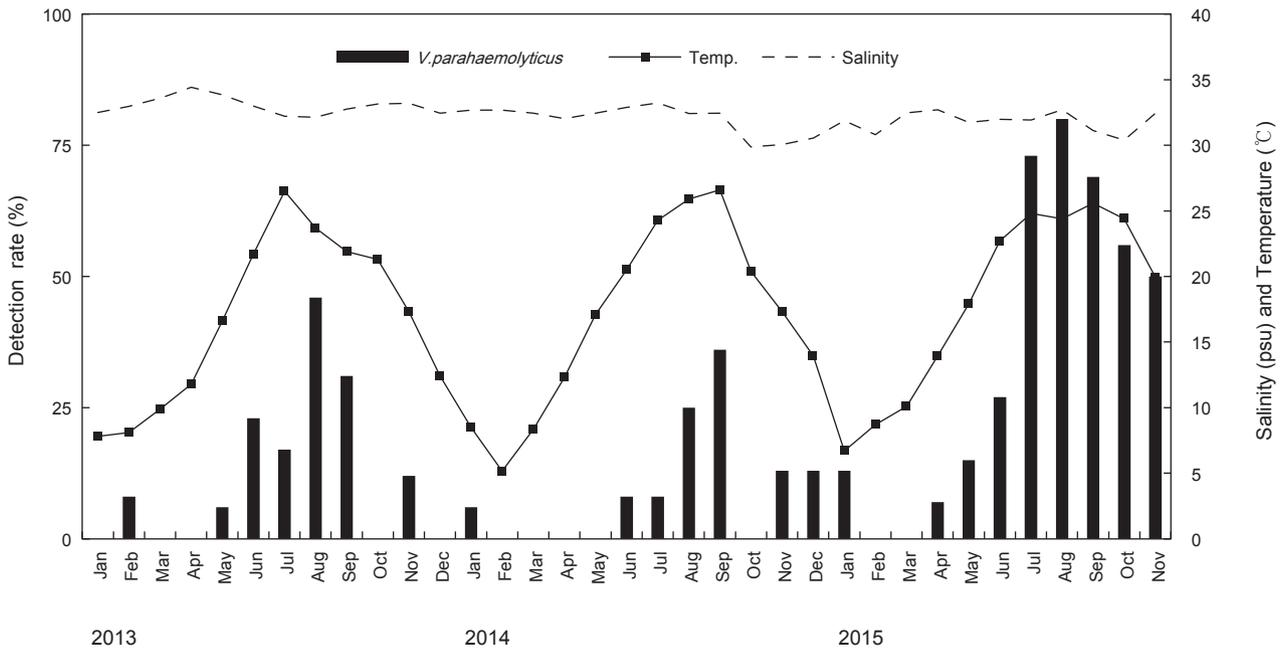


Fig. 2. Monthly variation of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from shellfish farm in the southern coast of Korea.

한편, 수온이 비교적 낮은 시기인 늦가을과 겨울에 패류에서도 장염비브리오균이 검출이 되었으며, 조사 품종별로 검출시기를 살펴보면 바지락은 2013년 2월 및 2015년 11월, 피조개는 2014년 1월 및 2015년 1월, 굴은 2014년 11월, 2015년 1월

및 11월이었다.

장염비브리오균은 성장 가능한 온도 범위가 5-43℃이며, 수온이 5℃ 이상만 되면 생존이 가능한 것으로 알려져 있으며, Burnham et al. (2009)은 장염비브리오균을 5℃, 8℃ 및 10℃

Table 2. Detection range of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seawater and shellfish farm in the southern coast of Korea.

Samples	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (MPN/100 g or 100 mL)	Number of sample
Oyster	<30 - 430	244
Short neck clam	<30 - 930	72
Ark shell	<30 - 430	99
Mussel	<30 - 200	66
Seawater	<3.0 - 21	429

로 냉장보관 한 후 성장과 생존율을 실험한 결과, 5°C 구간에서 10일 이후에도 장염비브리오균이 생존하였으며, 8°C 및 10°C 에서는 장염비브리오균이 성장하는 것으로 나타났다고 보고하였다.

장염비브리오균수는 바지락에서 <30-930 MPN/100 g이었으며, 굴 및 피조개에서는 공히 <30-430 MPN/100 g, 진주담치에서는 <30-200 MPN/100 g, 해수에서는 <3.0-21 MPN/100 mL 으로 검출되었다(Table 2).

#### 병원성 인자 보유율

장염비브리오균에 의한 식중독은 주요 병원성 인자인 내열성 용혈독소(Thermostable direct hemolysin, TDH) 및 내열성 용혈독소 유사독소(TDH-related haemolysin, TRH)를 생성하는 유전자를 보유하고 있는 장염비브리오균에 의해서 발병한다고 알려져 있다(Kanungo et al., 2012).

남해안 해수 및 양식패류에서 분리된 장염비브리오균 중 병원

Table 3. Detection rate of *tdh* or *trh* gene in *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seawater and shellfish in the southern coast of Korea

Samples	<i>tdh</i> gene	<i>trh</i> gene
Oyster	0/39 (0.0%)	5/39 (12.8%)
Short neck clam	1/17 (5.9%)	2/17 (11.8%)
Ark shell	1/19 (3.4%)	1/19 (3.4%)
Mussel	0/9 (0.0%)	0/9 (0.0%)
Seawater	0/37 (0.0%)	0/37 (0.0%)

성 인자 보유유무를 조사하였으며, 그 결과를 Table 3에 나타내었다. *trh* 유전자는 굴에서 분리된 39개 장염비브리오균들 중 5 균주(12.8%)에서 확인되었으며, 바지락에서는 2균주(11.8%), 피조개에서는 1균주(3.4%)에서 검출되었으며, *tdh* 유전자는 바지락(5.9%) 및 피조개(3.4%)에서만 확인되었다. 진주담치(9 균주) 및 해수(37 균주)에서 분리된 장염비브리오균에서는 병원성 인자가 검출되지 않았다.

일반적으로 해수에서 분리되는 대부분의 장염비브리오균은 비병원성균으로 알려져 있으며, 병원성 인자를 보유한 장염비브리오균은 1% 미만으로 검출되고 있다고 알려져 있다(Thompson et al., 1976).

한편, Yu et al. (2014)는 2014년 7월부터 11월까지 남해안 굴 및 서해안 바지락에서 분리한 장염비브리오균에서는 병원성 인자를 보유한 장염비브리오균은 검출되지 않았다고 연구결과와는 다소 차이가 있었으나, 최근 들어 *trh* 유전자를 보유하는 장염비브리오균의 출현이 자주 보고되고 있으며, 환자 유래 장염

Table 4. Antimicrobial resistance of *tdh*(+) and *trh*(+) *Vibrio parahaemolyticus* isolated from shellfish farm in the southern coast of Korea

Antimicrobial agents	Drug amount (µg) /disk	Diffusion zone break point (mm)	No. of isolates (%)
Ampicillin	10	≤13	10 (100)
Ampicillin/Clavulanic acid	30	≤13	0 (0.0)
Cefepime	30	≤14	0 (0.0)
Cefotaxime	30	≤14	0 (0.0)
Streptomycin	10	≤11	0 (0.0)
Gentamycin	10	≤12	0 (0.0)
Amikacin	30	≤14	0 (0.0)
Ciprofloxacin	5	≤15	0 (0.0)
Nalidixic acid	30	≤13	0 (0.0)
Trimethopem/sulfamethoxazole	1.25/23.75	≤10	0 (0.0)
Trimethoprim	5	≤10	0 (0.0)
Chloramphenicol	10	≤12	0 (0.0)
Tetracycline	5	≤14	0 (0.0)
Rifampin	5	≤17	0 (0.0)
Erythromycin	5	≤13	0 (0.0)

비브리오균 중에서 *thh* 유전자를 보유하고 있는 장염비브리오균이 점점 증가하고 있다는 연구결과가 있다(Nishibuchi et al., 1989).

이상의 결과, 하절기 중심으로 생식을 주로 하는 수산물의 경우에는 병원성 인자를 보유한 장염비브리오균에 의한 식중독 발생 위험성이 날로 증가하고 있기 때문에 지속적인 병원성 장염비브리오균 모니터링과 더불어 수산물에 대한 체계적인 위생 관리가 필요할 것으로 사료된다.

### 병원성 장염비브리오균의 항균제 내성 특성

남해안 굴, 바지락 및 피조개에서 분리된 *tdh* 및 *thh* 유전자를 보유한 장염비브리오균 각각 2 균주 및 8 균주에 대하여 15종의 항균제에 대하여 감수성 시험을 실시하였으며, 그 결과를 결과를 Table 4에 나타내었다.

병원성 인자를 보유하고 있는 모든 장염비브리오균은 ampicillin에 대해서만 항균제 내성을 가지고 있었으며, 그 외 14종의 항생제에서는 모두 감수성을 나타내어 *tdh* 및 *thh* 유전자를 보유한 장염비브리오균간의 항균제 내성 차이는 없었다.

한편, Yu et al. (2014)에 따르면 한국 연안산 굴과 바지락의 비병원성 장염 비브리오의 항균제 내성을 조사한 결과, ampicillin에 대한 내성율이 79%로 높게 나타났고, trimethoprim, streptomycin에 대한 내성율은 각각 3.1% 및 1.6%, 그 외의 항생제에 대해서는 내성균 비율이 1% 미만이라고 보고한 연구결과하고는 다소 차이는 있었으나, Lee et al. (2010)는 서해안 해수에서 분리한 비병원성 장염비브리오균의 항생제 감수성 조사 결과, ampicillin에는 모든 균주가 항생제 내성을 나타내었다는 연구결과하고는 유사하였다.

이상의 연구결과를 종합해보면, 지구온난화 등 이상기후 변화로 인한 연안해역의 수온 상승으로 장염비브리오균의 출현기간 연장 및 병원성 인자를 보유한 장염비브리오균 증가는 국민 보건위생을 위협하는 요인이 될 수 있으므로 연안해역 패류양식장에서의 장염비브리오균의 출현양상 및 병원성 장염비브리오균의 증가유무를 지속적으로 모니터링을 실시할 필요가 있으며, 특히 수온이 상승하는 시기(5월부터 11월까지)에 수확되는 수산물의 경우에는 다른시기때 보다 철저한 수확 후 온도·시간 관리가 필요한 것으로 여겨진다.

## 사 사

이 논문은 2016년도 국립수산물품질관리원 수산과학연구소(R2016059)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

Acar JF and Goldstein FW. 1991. Disk susceptibility test. In: antibiotics in laboratory medicin. Lorian V, ed. Williams &

Wilkins, Baltimore, U.S.A., 17-52.

Angelo D, Linda H, James T, Barry and Roland M. 1990. Incidence of *Vibrio parahaemolyticus* in U.S Coastal Water and Oysters. Appl Environ Microbiol 8, 2299-2302.

Burnham VE, Janes ME, Jakus LA, Supan J, Depaola A and Bell J. 2009. Growth and Survival Differences of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* Strains during Cold Storage. J Food Soc 74, 314-318. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01227.x>.

Choi WJ, Chun YY, Park JH and Park YC. 1997. The Influence of Environmental Characteristics on the Fatness of Pacific Oyster, *Cassostrea gigas* in Hansan-Koje Bay. J Korean Fish Soc 30, 794-803.

Chung YH, Jeoung HH, Kwon YI and Kim HR. 2006. The monitoring of antibiotic resistant bacteria from environment (River and Downstream). Ann Report KFDA 10, 1022-1023.

CLSI 2012. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. CLSI document M100-S22. Clinical and Laboratory Standard Institute. Wayne, Pa. U.S.A., 44-128.

Elliot EL, Kaysner CA, Jackson L and Tamplin ML. 1995. *Vibrio cholera*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* and other *Vibrio* spp. IN: Bacteriological Analytical Manual. Association of Official Analytical Chemists ed. FDA, Arlington, U.S.A., 9.01-9.27.

Haley B, Kokashvili T, Taskshvediani A, Janelidze N, Mitaishvili N, Grim C, Magny G, Chen A, Taviani E, Eliashvili T, Tediashvili M, Whitehouse C, Colwell R and Huq A. 2014. Molecular diversity and predictability of *Vibrio parahaemolyticus* along the Georgian coastal zone of the Black Sea. Front Microbial 5, 1-9. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2014.00045>.

Honda T and Iida T. 1993. The pathogenicity of *Vibrio parahaemolyticus* and the role of the thermostable direct haemolysin and related haemolysin. Rev Med Microbiol 4, 106-113.

Hwang IG, Kwak HS, Kim MK, Han JA, Park YC, Kim EJ, Lee GY, Yoon HS, Lee JS and Cho JH. 2008. Monitoring and evaluation of antimicrobial resistance of foodborne pathogenic bacteria. Ann Report KFDA 12, 191-192.

Ju JW. 1983. Studies on *Vibrio parahaemolyticus* on the southern seas of Korea on the isolation of *Vibrio parahaemolyticus* from sea water, sea mud and marine products in Jeju, Koeje, Namhae, Yockji, Busan and Masan. J Korea Soc Microbiol 18, 1-9.

Kanungo S, Sur D, Ali M, You Y.A, Pal D, Manna B. 2012. Clinical, epidemiological and spatial characteristics of *Vibrio parahaemolyticus* diarrhea and cholera in the urban slums of Kolfata, India. BMC Public Health 12, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-12-830>.

Kishishita M, Matsuoka N, Kumagai K, Yamasaki S, Takeda Y and Nishibuchi M. 1992. Sequence variation in the thermostable direct hemolysin-related hemolysin (*trh*) gene of

- Vibrio parahaemolyticus*. Appl Environ Microbiol 58, 2449-2457.
- Lee KW and Park KS. 2010. Antibiotic resistance profiles and the identification of the ampicillin-resistance gene of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seawater. Korean J Fish Aquat Sci 43, 637-641. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2010.0637>.
- Lim SK, Lee JE, Lee HS, Nam HM, Moon DC, Jang GC, Park YJ, Jung YG, Jung SC and Wee SH. 2014. Trends in antimicrobial sales for livestock and fisheries in Korea during 2003-2012. Korean J Vet Res 54, 81-86.
- Martinez-Urtaza J, Huapaya B, Gavilan RG, Blanco-Abad V, Ansedo-Bermejo J, Cadarwo-Suarez, C, Figueiras A, and Trinanés J. 2008. Emergence of Asiatic *Vibrio* diseases in South America in phase with El Niño. Epidemiology 19, 829-837. <http://dx.doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181883d43>.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2014. Korea food code. Retrieved from <http://www.mfds.go.kr/e-stat/indexdo?nMenuCode=20> on February 6.
- Nishibuchi M, Taniguchi T, Misawa T, Khaeomanee-lam V, Honda T and Miwatani T. 1989. Cloning and nucleotide sequence of the gene (*trh*) encoding the hemolysin related to the thermostable direct hemolysin related to the thermostable direct hemolysin of *Vibrio parahaemolyticus*. Infect Immun 57, 2691-2697.
- Park K, Park JY, Jo MR, Yu HS, Lee HJ, Kim JH, Oh EG, Shin SB, Kim YK and Lee TS. 2013. Antimicrobial resistance in *Escherichia coli* isolated from the shellfish farms in the southern coast of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 46, 528-533. <http://dx.doi.org/2013.KFAS.0528>.
- KFDA. 2005. Quantitative microbial risk assessment of food-borne pathogens for scientific food safety management. 1-69.
- Sakazaki R, Tamura K, Kato T, Obara Y and Yamai S. 1968. Studies on the enteropathogenic, facultatively halophilic bacterium, *Vibrio parahaemolyticus*. 3 Entropathogenicity. Jpn J Med Sci Biol 21, 325-331.
- Shirai H, Ito H, Hirayama T, Nakamoto Y, Nakabayashi N, Kumagai K, Takeda Y and Nishibuchi M. 1990. Molecular epidemiological evidence for association of thermostable direct hemolysin (TDH) and TDH-related hemolysin of *Vibrio parahaemolyticus* with gastroenteritis. Infect Immun 58, 3568-3573.
- Shanthini CF, Kumar PA and Patterson J. 2004. Incidence and antibiotic susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* from sea foods of Tuticorin. Indian J Fish 51, 42-47.
- Thompson CA, Vanderzant C and Ray SM. 1976. Serological and hemolytic characteristics of *Vibrio parahaemolyticus* from marine sources. J Food Sci 41, 204-205.
- 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 57, 508-515. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0508>.