*Vibrio parahaemolyticus*의 위해성과 국내외 관리현황

Risk of *Vibrio parahaemolyticus* and the Risk Management in Korea and Other Countries

강주현, 윤요한*

Joohyun Kang, Yohan Yoon*

숙명여자대학교 위해분석연구센터

Risk Analysis Research Center, Sookmyung Women's University

1. 일반적 특징

*Vibrio parahaemolyticus*는 그람 음성의 간균으로 포자를 형성하지 않는 통성혐기성이며, 기후가 비교적 높은 지역의 강가 혹은 해양에서 빈번하게 분리된다(FDA, 2017). *V. parahaemolyticus*는 호염성 세균으로서 생장을 위해 최소 0.5%의 NaCl이 있어야하고, 2% NaCl의 조건에서 가장 잘 생장한다. *V. parahaemolyticus*의 최적 생장 온도는 30—37℃이며, 5℃보다 낮거나 43℃보다 높은 온도에서는 생장이 억제된다. pH의 경우 4.80—11.00범위에서 생장이 가능하나 pH 7.50—8.60에서 가장 빠르게 증식한다. 수분활성도는 0.940—0.996에서 생장이 가능하며, 최적의 조건은 0.992이다. 또한, 염 농도는 0.5—10%에서 생장이 가능하며, 최적 염 농도는 3%이다(Table 1)(식품의약품안전처, 2013). 저온 및 고온에 취약하기 때문에 5℃ 이하, 43℃ 이상에서는 거의 생장하지 못하며 60℃에서 10분간 가열에 의해 사멸한다. 특히 산성 조건에 가장 취약하여, pH 4.5 이하에서는 급속하게 사멸한다. 그러나 다른 세균에 비해 증식 속도가 빨라 최적 조건에서는 약 10분에 1회 분열하기 때문에 온도가 높은 여름철에는 특히 주의가 필요하다(국립수산과학원, 2018). 다른 *Vibrio* spp.와 마찬가지로 *V. parahaemolyticus*는 냉동, 산, 가열조리에 민감하여 쉽게 사멸한다(FDA, 2017). 환경에서 분리된 대부분의 *V. parahaemolyticus*는 비병원성이지만 최근에는 인체에서 용혈성을 나타내는 병원성 균주가 나타나고 있다. *V. parahaemolyticus*는 1950년 일본에서 멸치포를 섭취한 후 20명의 사망자가 발생한 대규모 식중독 사고 사례에서 최초로 분리된 세균이며(Fujino *et al.*, 1953), 회, 생굴 등 어패류에 주로 오염되어 있다(식품의약품안전처, 2016). 병원성 *V. parahaemolyticus*에 오염된 익히지 않은 수산물을 섭취하는 경우 식중독 및 장염을 유발하고(Newton *et al.*, 2012), 드물게는 창상 감염, 이염 및 패혈증을 유발한다

* Corresponding author: Yohan Yoon
Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea
Tel: +82-2-2077-7585 Fax: +82-2-710-9479 E-mail: yyoon@sm.ac.kr

Table 1. Characteristics of *Vibrio parahaemolyticus* growth (식품의약품안전처, 2013)

Condition	Minimum	Optimum	Maximum
Temperature (℃)	5	37	43
pH	4.80	7.50—8.60	11.00
Aw	0.940	0.992	0.996
salinity (%)	0.5	3	10

(Zhang and Orth, 2013). 패혈증의 경우 20—30%의 치사율을 나타내며 면역력이 취약한 사람에게 발병된다고 보고되었다(FDA, 2017). *V. parahaemolyticus*는 해수의 온도가 13—15℃ 이하에서 분리가 어려운데(Kaneko and Colwell, 1974), 이는 낮은 온도에서 존재하지만 일반적인 방법으로는 배양할 수 없는 상태 (viable but nonculturable: VBNC)의 세포로서 존재하고 있어 특히 겨울철에는 거의 검출되지 않는다(Wong and Wang, 2004).

2. 병원성 인자

*V. parahaemolyticus*의 주요 병원성 독소로는 TDH (thermostable direct hemolysin), TRH (TDH-related hemolysin), Type Ⅲ secretion systems (T3SS1, T3SS2) 등이 있으며(Sakazaki *et al.*, 1968; Honda and Iida, 1993), 그 중에서도 *tdh*, *trh* 유전자를 보유하고 있어야만 식중독이 발생한다고 알려져 있다(Kanungo *et al.*, 2012). TDH 단백질은 적혈구를 용혈시키는 내열성 용혈독으로 용혈작용 외에 세포독성, 장관독성, 심장독성을 포함한 다양한 생리적 활성을 가지며(Hiyoshi *et al.*, 2010), *V. parahaemolyticus*에 의한 패혈증 발병에도 TDH 단백질이 관여한다는 연구가 보고된 바 있다(Hoashi, 1990). TDH 단백질 독소는 열에 강해 100℃에서 10분 가열에 의해 실활되지 않으며, 장관 상피에서 수분 및 염소 이온 분비를 촉진시킴으로써 수양성 설사를 일으킨다. 그러나 TDH의 병원성에 대한 기작은 정확히 밝혀지지 않았다 (Honda and Iida, 1993; Lee *et al.*, 2002; Makino *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2004; Kodama *et al.*, 2007).

TRH 단백질은 *tdh* 유전자를 보유하지 않은 *V. parahaemolyticus*에서 위장관염을 발생시키는 주요 식중독 원인독소이다(Phuangthip *et al.*, 2007). TRH 단백질은 TDH 단백질과 아미노산 수준으로 67%의 상동성을 나타내며, TDH 단백질과는 달리 Kanagawa 현상을 가지지 않는다(Honda and Iida, 1993; Honda *et al.*, 1988; Iida *et al.*, 2006). 또한 TRH 단백질은 열에 약해 60℃에서 10분 가열에 의해 실활되는 이열성 독소이다(Shimohata and Takahashi, 2010).

Type Ⅲ secretion systems는 대표적인 T3SS1과 T3SS2의 바늘형 세균의 기작으로 인해 인체 내부의 세포막 혹은 세포질에 직접적으로 세균의 단백질 작용기가 침입한다(Cornelis, 2006). 이는 숙주 세포의 체내 신호 체계를 무너뜨려 생물학적 활성에 영향을 미친다고 보고되었다(Hiyoshi *et al.*, 2011). Hiyoshi *et al.* (2010)연구에 따르면, T3SS2와 TDH는 일부 세포에서 독성을 가지는 반면 T3SS1은 모든 세포에서 독성을 나타냈다. T3SS2는 *V. parahaemolyticus*에 의해 발생하는 장관독소의 주요 매개체가 되고, T3SS1과 TDH는 *V. parahaemolyticus*의 질병에 의한 치사율에 영향을 미치는 가장 큰 요소라고 보고하였다.

3. 원인식품 및 오염경로

*V. parahaemolyticus*의 분포는 해수의 온도와 연관성이 높다고 알려져 있다. DePaola *et al.* (1990)의 연구에 따르면 해수의 온도가 16℃ 이하일 때 *V. parahaemolyticus*가 4 cell/100 mL로 매우 낮게 검출된 반면, 해수의 온도가 25℃ 이상일 때는 *V. parahaemolyticus*가 1,000 cell/100 mL 이상으로 검출되었다(Kaneko and Colwell, 1974; DePaola *et*

al., 1990).

*V. parahaemolyticus*는 패류에서 주로 검출되지만 어류, 플랑크톤, 해수 등에서 검출된 사례가 있고(Maugeri *et al*., 2006; Zimmerman *et al*., 2007) 생선회, 초밥 등의 생식이 식중독의 원인이 되는 경우가 있다(식품의약품안전처, 2016). 굴, 새우, 정어리, 대구, 조개, 넙치, 게, 문어 등에서도 검출된 바 있으며(Liston, 1990), 복합 조리식품이 식중독의 원인이 되기도 하였는데 이는 조리기구 등에 대한 2차 오염 때문인 것으로 추정되었다(식품의약품안전처, 2016). 오염된 어패류의 생식에 의한 *V. parahaemolyticus*의 경구감염이 대부분이나 일부는 해수욕 시 피부 외상에 오염된 해수로부터 감염된다고 보고되었다(Byun *et al*., 2005).

4. *V. parahaemolyticus* 식중독 사고

*V. parahaemolyticus*는 주로 위장염을 일으키며, 이로 인한 식중독 발병 시 복통, 설사, 발열 및 구토 증상을 나타내지만 치사율은 약 2%로 낮은 편이다(식품의약품안전처, 2016). 주로 오염된 수산물을 날 것 혹은 설익혀서 섭취하는 경우 구토, 설사, 미열 등의 전형적인 급성 위장염 증상을 나타내며, 잠복기는 보통 6—18시간이나 2—3시간에 발병하는 경우도 있다(식품의약품안전처, 2016; 국립수산과학원, 2018). 이러한 위장염의 대부분은 거의 열이 없는 상태로 경과하는 경우도 있으며 대부분 2—3일 또는 수일이 지나면 회복되지만, 이 중 40% 미만으로는 항생제 또는 수액의 처방이 필요하다고 보고되었다(FDA, 2017). 식품에서의 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독은 1950년 일본에서 처음 발생한 이후(Fujino *et al*., 1953) 1996년 까지 산발적으로 일어났지만 뚜렷한 혈청형은 밝혀지지 않았다. 그러나 1996년 캘커타, 인도 등에서 발생한 식중독의 원인 혈청형이 *V. parahaemolyticus* O3:K6으로 밝혀진 이후로 전 세계적으로 *V. parahaemolyticus* O3:K6에 의한 식중독이 꾸준히 발생하고 있다(Ghenem *et al*., 2017). 우리나라에서는 장관 외 감염 사례는 드물지만 유럽과 미국에서는 상당히 많은 사례가 보고되었으며 이들 중에는 발의 창상, 중이염 및 패혈증 등이 있었다. 패혈증 환자는 모두 간경변 등과 같은 기초질환이 있는 경우였으며 최종적으로 이 감염에 의해 사망한 예도 있다. 그러나 이들 경우의 대부분은 경구감염 보다는 해수욕 시 피부 외상에 오염된 해수가 감염되는 것으로 추정하고 있다(식품의약품안전처, 2016).

1) 국내 식중독 발생현황

식품의약품안전처의 식중독 통계자료에 의하면 2010년부터 2017년까지 국내에서 *V. parahaemolyticus* 식중독 사고는 *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp. 다음으로 많이 발생했으며 주로 여름철에 발생한다. 세균에 의한 식중독 중에서 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독 사고건수는 지난 7년간 우리나라에서 발생한 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독 사고건수는 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. 에 이어 3위, 환자수는 6위를 차지하였다(식품의약품안전처, 2018). 국내에서는 2012년에 총 266건의 식중독 발생 중 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독이 11건으로 195명의 환자가 발생했으며, 최근 2017년의 경우 총 336건의 식중독 발생 중 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독이 9건으로 354명의 환자가 발생하여 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독이 꾸준히 발생하고 있다(Table 2)(식품의약품안전처, 2018).

Table 2. Outbreaks of foodborne illness caused by *Vibrio parahaemolyticus* in Korea (식품의약품안전처, 2018)

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
No. cases	18	9	11	5	7	5	22	9	155
No. patients	223	133	195	40	78	25	251	354	2368

2) 국외 식중독 발생현황

가) 아시아

1950년 일본에서 멸치포 섭취로 인해 발생한 식중독으로 272명이 감염되고, 20명이 사망하면서 *V. parahaemolyticus*가 처음으로 분리되었다(Fujino *et al.*, 1953). 이후 일본 의 식중독 사고의 20—30%가 *V. parahaemolyticus*에 의한 것으로 추정되며(Lee, 2011), 일본에서의 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독 사고는 매년 감소하는 추세지만 여전히 높은 비율을 차지하고 있어 특히 여름철 주의가 필요한 식중독균으로 여겨지고 있다(식품의약품안전처, 2016). 중국에서는 1991—2001년 사이에 총 5,770건의 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독이 발생하여 식중독 발생의 31.1%를 차지하였다(Liu *et al.*, 2004). 대만에서는 1981—2003년 사이에 1,028건의 식중독이 *V. parahaemolyticus*에 의한 것으로 보고되었으며 이는 총 식중독 발생 건수의 69.0%를 차지하였다(Su *et al.*, 2007). 홍콩에서는 1996—2005년 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독사고가 전체의 47.0%를 차지하였으며, 아시아의 많은 국가에서 발생하는 식중독 사고의 원인 식품이 수산물과 관련이 있다고 추정되는 만큼 타 국가에 비해 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독 예방에 더욱 주의가 필요하다고 보고되었다(식품의약품안전처, 2016).

나) 미국

미국에서는 1971년 Maryland 지역에서 가열 조리한 게를 섭취하여 425건의 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독 사고가 처음으로 발생하였다(Molenda *et al.*, 1972). 이후로 미국의 해안 지대 부근에서 어패류 생식 혹은 조리된 수산물 섭취 등에 의해 식중독 사고가 발생하였다. 생굴 섭취로 인해 700건이 넘는 *V. parahaemolyticus*에 의한 대형 식중독 사고가 발생하였으며 1997—1998년 사이에 태평양 연안 서북부, 걸프만, 북대서양 지역에서 일어났다(CDC; Centers for Disease Control and Prevention, 1998). 주요 식중독 사건으로는 2004년에 알래스카에서 생굴을 섭취한 사람들에게 62건의 식중독이 발생했으며, 2006년에는 미국 워싱턴, 뉴욕, 오리건주에서 패류에 의해 177건의 식중독이 발생했다. FDA(2017)는 지구 온난화로 인해 해수의 온도가 상승하면서 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독은 여름이 아니더라도 발생할 수 있다고 보고하였다.

다) 유럽

아시아 지역과 비교하였을 때 유럽지역에서의 *V. parahaemolyticus*에 의한 식중독 사고 비율은 낮지만, 프랑스 및 스페인에서의 사례가 보고되고 있다. 프랑스에서는 1997년 아시아에서 수입한 새우 섭취로 인해 64건의 식중독 사고와 44명의 환자가 발생한 바 있다(Robert-Pillot *et al.*, 2004). 스페인에서는 1989년 어패류에 의해 8건의 식중독 사고가 보고되었으며(Molero

Table 3. Foodborne outbreaks caused by *Vibrio parahaemolyticus* in other countries

Country	Year	No. cases	Food	Reference
Japan	1950	272	*Engraulis japonica*	Fujino *et al.*, 1953
United States	1971	425	Cooked crabs	Molenda *et al.*, 1972
Taiwan	1981—2003	1,495	—	Su *et al.*, 2007
China	1991—2001	5,770	—	Liu *et al.*, 2004
Spain	2004	80	Boiled crab	Martinez-Urtaza *et al.*, 2005
United States	2006	177	Oyster	CDC(Foodborne disease outbreak line listing), 2013

et al., 1989), 1999년에는 생굴 섭취에 의해 64명의 환자가 발생하였다(Martinez-Urtaza *et al*., 2004). 2004년에는 가열 조리한 게를 섭취한 후 80건의 식중독 사고가 보고되었다(Martinez-Urtaza *et al*., 2005).

5. *V. parahaemolyticus* 관리 기준

1) 국내

국내 식품공전 '제 2. 식품일반에 대한 공통기준 및 규격 3. 식품일반의 기준 및 규격 4) 위생지표균 및 식중독균'에 따라 가공식품에서의 *V. parahaemolyticus*는 n=5, c=0, m=0/25 g으로 설정되어 있으며, 수산물에서의 *V. parahaemolyticus*는 g 당 100 이하로 설정되어있다(식품공전, 2017).

2) 국외

*V. parahaemolyticus*에 대한 국외 기준 및 규격은 Table 4와 같이 설정하여 관리하고 있다. ICMSF(International Committee on Microbiological Specifications for Foods)와 국제식품규격위원회(Codex)는 미생물 관리 기준으로 여러 개의 식품 시료를 분석하는 통계적 개념(n, c, m, M을 활용한 2군법, 3군법)을 사용하고 있다. 이는 미생물이 제품에 균일하게 오염이 되지 않음에도 불구하고 하나의 시료를 검사함으로써 판정하는 제도의 한계점을 극복하고 통계적 개념의 미생물 기준 · 규격을 통하여 미생물 검사의 대표성과 신뢰성을 확보하여 국민건강보호, 식품산업활성 및 수출입 시 무역마찰 감소 효과를 기대할 수 있다.

참고 문헌

1. Byun, K. D., Lee, J. H., Lee, K. J., and Kim, S. J. (2005) Rapid and specific detection of virulent *Vibrio vulnificus* in tidal flat sediments. *Kor. J. Microbiol*., 41, 178-176.
2. CDC (Centers for Disease Control and Prevention). (1998) Outbreak of *Vibrio parahaemolyticus* infections associated with eating raw oysters—Pacific Northwest, 1997. *MMWR*, 47, 457-462.
3. Cornelis, G. R. (2006) The type Ⅲ secretion injectisome. *Nat. Rev. Microbiol*., 4, 811-825.
4. DePaola, A., Hopkin, L. H., Peeler, J. T., Wentz, B., and McPhearson, R. M. (1990) Incidence of *Vibrio parahaemolyticus* in US coastal waters and oysters. *Appl. Environ. Microbiol*., 56, 2299-2302.
5. FDA (Food and drug Administration). (2017) Bad bug book. Foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins, 2nd edition.
6. Fujino, T., Okuno, Y., Nakada, D., Aoyama, A., Fukai, K., and Mukai, T. (1953) On the bacteriological examination of shirasu-food poisoning. *Med. J. Osaka Univ*., 4, 299-304.
7. Ghenem, L., Elhadi, N., Alzahrani, F., and Nishibuchi, M. (2017) *Vibrio parahaemolyticus*: A review on distribution, pathogenesis, virulence determinants and epidemiology. *Saudi J. Med. Med. Sci*., 5, 93-103.

Table 4. International standards for *Vibrio parahaemolyticus*

Country	Food	Criteria	System	Reference
United States	Ready-to-eat sea foods	〈10,000/g	Mandatory	FDA, 2011
	Processed shellfish, mussels, oysters, scallops (unheated, frozen)	〈30/g MPN	Mandatory	
China	Relevant to seafood only	〈100 CFU/g	Guidelines	USDA, 2014
Japan	Octopus (boiled, unheated)	Negative	Mandatory	FAO, 2011
EU	Sea foods	100—1,000 CFU/g	Guidelines	FAO, 2011

8. Hiyoshi, H., Kodama, T., Saito, K., Gotoh, K., Matsuda, S., and Akeda, Y. (2011) VopV, and F-actin-binding type Ⅲ secretion effector, is required for *Vibrio parahaemolyticus*-induced enterotoxicity. *Cell Host Microbe*, 10, 401-409.

9. Hiyoshi, H., Kodama, T., Iida, T., and Honda, T. (2010) Contribution of *Vibrio parahaemolyticus* virulence factors to cytotoxicity, enterotoxicity, and lethality in Mice. *Infect. Immun.*, 78, 1772-1780.

10. Hoashi, K., Ogata, K., Taniguchi, H., Yamashita, H., Tsuji, K., Mizuguchi, Y., and Ohtomo, N. (1990) Pathogenesis of *Vibrio parahaemolyticus*: intraperitoneal and orogastric challenge experiments in mice. *Microbiol. Immunol.*, 34, 355-366.

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

12. Honda, T., Ni, Y. X., and Miwatani, T. (1988) Purification and characterization of a hemolysin produced by a clinical isolate of kanagawa phenomenon-negative *Vibrio parahaemolyticus* and related to the thermostable direct hemolysin. *Infect. Immun.*, 56, 961-965.

13. Iida, T., Park, K. S., and Honda, T. (2006) *Vibrio parahaemolyticus*. *The Biology of Vibrios,* 330-348.

14. Kaneko, T. and Colwell, C. C. (1974) Distribution of *Vibrio parahaemolyticus* and related organisms in the Atlantic Ocean off South Carolina and Georgia. *J. Appl. Microbiol.*, 28, 1009-1017.

15. Kanungo, S., Sur, D., Ali, M., You, Y. A., Pal, D., and Manna, B. (2012) Clinical, epidemiological, and spatial characteristics of *Vibrio parahaemolyticus* diarrhea and cholera in the urban slums of Kolkata, India. *BMC Pub. Health*, 12, 830.

16. Kodama, T., Rokuda, M., Park, K. S., Cantarelli, V.V., Matsuda, S., and Iida, T. (2007) Identification and characterization of VopT, a novel ADP-ribosyltransferase effector protein secreted via the *Vibrio parahaemolyticus* type Ⅲ secretion system 2. *Cell. Microbiol.*, 9, 2598-2609.

17. Lee, C. Y., Cheng, M. F., Yu, M. S., and Pan, M. J. (2002) Purification and characterization of a putative virulence factor, serine protease, from *Vibrio parahaemolyticus*. *FEMS Microbiol. Lett.*, 19, 31-37.

18. Lee, J. K. (2011) A comparative study between food-bourn outbreaks two or more persons and individual cases by using statistics of Japan. *J. Fd. Hyg. Safety*. 26, 248-253.

19. Liston, J. (1990) Microbial hazards of seafood consumption. *Food Tech.*, 44, 56-62.

20. Liu, X., Chen, Y., Wang, X., and Ji, R. (2004) Foodborne disease outbreaks in China from 1992 to 2001 national foodborne disease surveillance system. *J. Hyg. Res.*, 33, 725-727.

21. 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.

22. Martinez-Urtaza, J., Leon, L., DePaola, A., Ishibashi, A., Shimada, M., Nishibuchi, K., and Leibaba, E. (2004) Characterization of pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* isolates from clinical sources in Spain and comparison with Asian and North American pandemic isolates. *J. Clin. Microbiol.*, 42, 4672-4678.

23. Martinez-Urtaza, J., Simental, L., Velasco, D., DePaola, A., Ishibashi, M., Nakaguchi, Y., Nishibuchi, M., Carrera-Flores, D., Rey-Alvarez, C., and Pousa, A. (2005) Pandemic *Vibrio parahaemolyticus* O3:K6, Europe. *Emerg. Infect. Dis.*, 11, 1319-1320.

24. Maugeri, T. L., Carbone, M., Fera, M. T., and Gugliandolo, C. (2006) Detection and differentiation of *Vibrio vulnificus* in seawater and plankton of a coastal zone of the Mediterranean Sea. *Res. Microbiol.*, 157, 194-200.

25. Molenda, J. R., Johnson, W. G., Fishbein, M., Wentz, B., Mehlman, I. J., and Dadisman, T. A Jr. (1972) *Vibrio parahaemolyticus* gastroenteritis in Maryland: laboratory aspects. *J. Appl. Microbiol.*, 24, 444-448.

26. Molero, X., Bartolome, R. M., Vinuesa, T., Guarner, L., Accarino, A., Casellas, F., and Garcia, R. (1989) Acute

gastroenteritis due to *Vibrio parahaemolyticus* in Spain. Presentation of 8 cases. *Med. Clin. (Barcelona)*, 92, 1–4.

27. Newton, A., Kendall, M., Vugia, D. J., Henao, O. L., and Mahon, B. E. (2012) Increasing rates of vibriosis in the United States, 1996–2010: review of surveillance data from 2 systems. *Clin. Infect. Dis.*, 54, 391–395.

28. Park, K. S., Ono, T., Rokuda, M., Jang, M. H., Okada, K., Iida, T., and Honda, T. (2004). Functional characterization of two type Ⅲ secretion systems of *Vibrio parahaemolyticus*. *Infect. Immun.*, 72, 6659–6665.

29. Phuanthip, B., Prasit, P., Rattanaruji, P., and Arpapak, K. (2007) Variability of properties of *Vibrio parahaemolyticus* strains isolated from individual patients. *J. Clin. Microbiol.*, 45, 1544–1550.

30. Robert-Pillot, A., Guenole, A., Lesne, G., Delesmont, R., Fournier, J. M., and Quilici, M. L. (2004) Occurrence of the *tdh* and *trh* genes in *Vibrio parahaemolyticus* isolates from waters and raw shellfish collected in two French coastal areas and from seafood imported into France. *Int. J. Food Microbiol.*, 91, 319–325.

31. Sakazaki, R., Tamura, K., Kato, T., Obara, Y., and Yamai, S. (1968) Studies on the enteropathogenic, facultatively halophilic bacterium, *Vibrio parahaemolyticus*. 3. enteropathogenicity. *Jpn J. Med. Sci. Biol.*, 21, 325–331.

32. Shimohata, T., and Takahashi, A. (2010) Diarrhea induced by infection of *Vibrio parahaemolyticus*. *J. Med. Invest.*, 57, 179–182.

33. Su Y. C., and Liu, C. (2007) *Vibrio parahaemolyticus*: A concern of seafood safety. *Food Microbiol.*, 24, 549–558.

34. Wong, H. C., and Wang, P. (2004) Induction of viable but nonculturable state in *Vibrio parahaemolyticus* and its susceptibility to environmental stresses. *J. Appl. Microbiol.*, 96, 359–366.

35. Zhang, L., and Orth, K. (2013) Virulence determinants for *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Curr. Opin. Microbiol.*, 16, 70–77.

36. Zimmerman, A. M., DePaola, A., Bowers, J. C., Krantz, J. A., Nordstrom, J. L., Johnson, C. N., and Grimes, D. J. (2007) Variability of total and pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* densities in northern gulf of Mexico water and oysters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73, 7589–7596.

37. 국립수산과학원 (2018) 병원성 비브리오. https://www.nifs.go.kr/page?id=seafood_bacteria2. Accessed Oct. 5, 2018.

38. 식품의약품안전처 (2013) 병원성 미생물 도감.

39. 식품의약품안전처 (2016) 미생물 위해 기술서.

40. 식품의약품안전처 (2017) 식품공전.

41. 식품의약품안전처 (2018) 식중독 발생 통계. https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no. Accessed Oct. 5, 2018.