

서해안 패류에서 분리한 대장균 및 장염비브리오균의 항균제 내성 패턴

류아라 · 박근바위 · 김송희 · 함인태 · 권지영* · 김지회¹ · 유홍식² · 이희정 · 목종수

국립수산과학원 식품위생가공과, ¹국립수산과학원 연구기획과, ²국립수산과학원 서해수산연구소

Antimicrobial Resistance Patterns of *Escherichia coli* and *Vibrio parahaemolyticus* Isolated from Shellfish from the West Coast of Korea

A Ra Ryu, Kunbawui Park, Song Hee Kim, In Tae Ham, Ji Young Kwon*, Ji Hoe Kim¹, Hong Sik Yu², Hee Jung Lee and Jong Soo Mok

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

¹Research and Development Planning Department, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

²West Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Incheon 22383, Korea

This study investigated the antimicrobial resistance patterns of *Escherichia coli* and *Vibrio parahaemolyticus* isolated from oysters *Crassostrea gigas*, short-necked clams *Ruditapes philippinarum* and corb shells *Cyclina sinensis* from the West Coast of Korea from June through November 2013. The antimicrobial susceptibility patterns of the isolated strains of *E. coli* and *V. parahaemolyticus* to 12 antimicrobial agents used in Korea for clinical or veterinary therapy were analyzed. Antimicrobial resistance to at least one antibiotic was seen in 52.0% of the *E. coli* isolates (156 strains) and 44.3% of the *V. parahaemolyticus* isolates (194 strains). The resistance of the *E. coli* (34.0%) and *V. parahaemolyticus* (41.8%) isolates to ampicillin was highest. Multiple antimicrobial resistance against at least three antimicrobials was seen in 9.0% of the *E. coli* isolates and 1.0% of the *V. parahaemolyticus* isolates.

Key words: Antimicrobial resistance, *Escherichia coli*, Shellfishes, *Vibrio parahaemolyticus*

서 론

항균제는 수산양식 및 축산분야 등 우리가 섭취하는 식품을 안정적으로 생산하기 위해서는 반드시 필요한 약제임은 분명하며, 국내에서 판매되는 항균제는 2011년 878톤, 2012년 855톤, 2013년 765톤으로 매년 항균제 사용량이 감소하고 있지만, 수산용 항균제의 경우 2011년 239톤, 2012년 227톤, 2013년 213톤으로 매년 일정한 수준으로 사용되고 있다(KMFDS, 2015). 항균제 내성균의 출현은 질병의 치료 및 예방 뿐만 아니라 성장 촉진 목적으로 사용되는 항균제와 밀접한 관계가 있고(Van den Bogaard and Stobberingh, 1999), 항균제의 오·남용으로 인한 내성균 증가는 어류 및 가축의 질병 치료를 어렵게 만들 뿐만 아니라 공중보건학적으로도 심각한 문제를 초래 할 수 있다(Souli et al., 2008). 특히 항생제 내성균이 가진 내성유전자는 식품, 환경 등 여러 가지 경로를 통해 인간에게 질병을 유발하는 병원균에게 전달될 수 있으며, 낮은 농도의 항균제라도 장기간 사용

할 경우 세균의 약제 내성을 증가시킬 뿐만 아니라 다제내성균으로 발전시킬 가능성도 있다고 하는 연구 결과를 볼 때 올바른 항균제 사용과 오·남용 방지는 무엇보다 중요하다(Van den Bogaard and Stobberingh, 2000; Tendencia and Pena, 2001). 패류양식장은 마을, 가축사육시설 등이 위치한 육상과 인접한 연안해역에 위치하고 있으며, 패류는 이동성이 거의 없고, 여과 섭식 과정을 통해 먹이를 섭취하는 생리 특성 때문에 주변 해수 중에 존재하는 세균들을 체내에 축적하게 되며, 강우 발생으로 다량의 육상 오염물질이 패류 생산해역으로 유입되며 패류 중의 세균학적 오염도는 크게 증가한다(Lee et al., 2010; Park et al., 2011; Park et al., 2012). 대장균(*Escherichia coli*)은 사람이나 가축의 장내에 주로 서식하는 세균이며, 환경, 식품, 임상에서의 항균제 내성균 출현과 내성 패턴의 변화를 이해하는데 유용한 세균으로 알려져 있어 패류양식장에서 분리된 대장균의 항균제 내성 특성에 관한 연구가 부분적으로 이루어져 있다(Levin et al., 1997; Park et al., 2013).

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0662>



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 50(6) 662-668, December 2017

Received 10 October 2017; Revised 30 October 2017; Accepted 1 November 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 720. 2631 Fax: +82. 51. 720. 2619

E-mail address: kgy3t3@korea.kr

장염비브리오균(*Vibrio parahaemolyticus*)은 그람 음성, 무포자, 호염성 간균으로 기수 지역과 해양환경에 널리 분포하는 해양 상재 세균이며(Su and Liu, 2007; Ceccarelli et al., 2013), 급성 장염의 주요 원인균으로 알려져 있고(Zarei et al., 2012), 어류 및 사육환경, 해수 및 패류 양식장에서 항균제에 내성을 가진 장염비브리오균이 분리되기도 한다(Son et al., 2005; Oh et al., 2009; Oh et al., 2011; Park et al., 2013). 한편, 패류양식장에서 분리되는 대장균 및 장염비브리오균의 항균제 내성 특성과 내성유전자의 획득 과정을 보다 명확하게 이해하기 위해서는 같은 시료에서 분리한 대장균 및 장염비브리오균의 항균제 내성 특성에 관한 연구가 필요하나, 이에 대한 연구는 미미한 실정이다.

본 연구에서는 패류 생산해역의 위생관리를 위한 육상오염원 저감화 대책과 패류 생산해역에서의 항균제 내성균 출현을 이해하는데 기초자료로 활용하고자 서해안 주요 패류 생산해역에서 양식되는 굴, 바지락 및 가무락에서 대장균 및 장염비브리오균을 분리하고, 각각의 분리 균주가 가진 항균제 내성 특성을 조사 비교하였다.

재료 및 방법

패류 시료

대장균(*E. coli*) 및 장염비브리오균(*V. parahaemolyticus*) 분리를 위하여 2013년 6월부터 11월까지 서해안에서 상업적 패류 생산이 왕성하게 이루어지고 있는 인천광역시 강화군 강화도 남부 해역에서는 굴(*Crassostrea gigas*), 바지락(*Ruditapes philippinarum*) 및 가무락(*Cyclina sinensis*), 인천광역시 옹진군 덕적자월면 해역에서는 굴 및 바지락, 충청남도 태안군 이원면 해역에서는 굴, 전라북도 고창군 곰소만 해역에서는 바지락을 채취하여 대장균 및 장염비브리오균의 항균제 내성 특성 조사를 위한 시험시료로 사용하였다.

대장균의 분리

대장균의 분리는 ISO/TS 16649-3 (2005)의 방법에 따라 실시하였다. 즉, 패류 시료를 0.1% peptone 희석수를 첨가하여 파쇄한 후 minerals modified glutamate medium (Oxoid, UK)에 접종하여 37±1℃에서 18-24시간 동안 증균 배양하고, tryptone bile glucuronoide agar (Oxoid, UK)에 희선 도말하여 전형적인 반응을 나타내는 청색 집락(Blue colony) 또는 청녹색 집락(Blue-green colony)을 분리하였다. 청색 또는 청녹색 집락을 순수 배양한 후 VITEK system (BioMerieux Vitek, France)로 동정하기 위한 분리 균주로 사용하였다.

장염비브리오균의 분리

장염비브리오균의 분리는 Bacteriological Analytical Manual의 방법에 준하여 실시하였다(Elliot et al., 1995). 박신한 패육

과 패액에 phosphate buffered saline (PBS: 140 mM NaCl, 5 mM anhydrous Na₂HPO₄ and 1.5 mM KH₂PO₄ pH 7.4)을 첨가하여 시험시료를 균질화하고, alkaline peptone water (pH 8.5±0.2, 2% NaCl 함유)에 접종한 후 35±0.5℃에서 배양하였다.

증균 배양액을 thiosulfate citrate bile salt agar (Difco, France)에 희선 도말하여 35℃에서 24시간 배양한 후, 전형적인 반응을 나타내는 균주를 대상으로 VITEK system (BioMerieux, France)로 동정하기 위한 분리 균주로 사용하였다.

대장균 및 장염비브리오균의 동정

분리된 대장균을 0.5% NaCl이 첨가된 tryptic soy agar (Merck, Germany)에 장염비브리오균은 2% NaCl이 첨가된 tryptic soy agar에 배양한 후 0.85% NaCl 용액에 배양한 대장균 및 장염비브리오균을 현탁하여 McFarland No. 0.5로 조정하고, VITEK 2 GN card (BioMerieux Vitek, France)에 균 현탁액을 주입한 후 VITEK system (BioMerieux Vitek, France)를 이용하여 대장균 및 장염비브리오균을 동정하여 항균제 감수성 시험 균주로 사용하였다.

항균제 감수성 시험

분리 동정된 각각의 대장균 및 장염비브리오균에 대한 항균제 감수성 평가는 Acar and Goldstein (1991)의 디스크 확산법을 이용하였다. 각 균주를 muller hinton broth (Merck, Germany)에서 35℃, 18-24시간 배양한 다음 균 배양액의 농도를 McFarland No. 0.5로 희석 조정된 후 대장균은 염을 첨가하지 않은 muller hinton agar (Merck, Germany) 평판에 장염비브리오균은 2% NaCl이 첨가된 muller hinton agar 평판에 도말하고, 5분간 방치한 후 항균제 디스크(Φ 8 mm)를 평판에 고착시켰다.

항균제는 ampicillin (10 µg; AM), gentamicin (10 µg; GM), streptomycin (10 µg; S), amoxicillin/clavulanic acid (20 µg/10 µg; AMC), rifampin (5 µg; RA), chloramphenicol (30 µg; C), tetracycline (30 µg; TE), trimethoprim (5 µg; TMP), trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25 µg/23.75 µg; SXT), cefotaxime (30 µg; CTX), nalidixic acid (30 µg; NA), ciprofloxacin (5 µg; CIP)을 사용하였으며, 미국 CLSI (2012)의 정도 관리 허용기준(Quality control range)에 부합됨을 확인한 후 감수성 시험을 실시하였다.

결과 및 고찰

대장균(*E. coli*) 및 장염비브리오균(*V. parahaemolyticus*) 검출 현황

2013년 6월부터 11월까지 서해안 패류생산해역에서 상업적 유통 목적으로 양식 중인 굴, 가무락 및 바지락에서 *E. coli* 및 *V. parahaemolyticus* 분리하였으며, 그 분리 균주 현황을 Table

1에 나타내었다.

서해안 패류양식장에서 채취한 90개 시료에서 *E. coli*는 156균주, *V. parahaemolyticus* 194균주가 분리 동정되었으며, 조사 해역별로 살펴보면 강화도 남부 해역의 굴 6개, 바지락 6개 및 가무락 6개 시료에서 *E. coli* 및 *V. parahaemolyticus*가 각각 27균주 및 35균주, 덕적자월면 해역의 굴 12개 및 바지락 30개 시료에서 *E. coli* 75균주와 *V. parahaemolyticus* 76균주를 분리하였다. 이원면 해역과 고평만에서 생산되는 굴 및 바지락에서 *E. coli*는 각각 32균주 및 23균주가 분리되었고, *V. parahaemolyticus*의 경우 굴에서는 57균주, 바지락에서는 26균주가 분리되었다. 한편, 바지락(48개)에서는 *E. coli* 107균주 및 *V. parahaemolyticus* 103균주, 굴(36개)에서 *E. coli* 및 *V. parahaemolyticus*는 각각 45 및 82균주, 가무락(6개)에서는 *E. coli* 4균주 및 *V. parahaemolyticus* 9균주가 분리되었다. 이상의 결과, *E. coli*는 굴 보다는 바지락에서 많이 분리되었는데 바지

락은 펄에서 바닥식으로 양식되고 있어 육상에서 유입되는 오염물질의 영향을 굴 보다는 더 쉽게 받는 서식 환경지의 특성에 기인한 것으로 보인다.

한편, *V. parahaemolyticus*는 굴과 바지락에서 거의 비슷한 수준으로 분리되었으며, 이는 6월부터 11월까지의 *V. parahaemolyticus*가 생육하기 적당한 수온이며, 해수 중에 존재하는 *V. parahaemolyticus*를 여과섭식(Filter-feeding) 과정에서 패류 체내에 *V. parahaemolyticus*가 농축되므로 패류에서 비슷한 수준으로 분리된 것으로 추정된다. Yu et al. (2014)는 고평만 바지락에서 *V. parahaemolyticus*의 검출 현황을 조사한 결과, 7월부터 10월까지 모든 시료에서 검출되었으며, 11월에도 87.5%의 검출율을 나타내었다고 보고하였으며, Kirs et al. (2011)는 총 58개의 굴 시료 중 55개의 시료에서 *V. parahaemolyticus*가 검출되어 94.8%의 검출율을 나타내었다고 보고한 바 있으며, Haley et al. (2014)는 *V. parahaemolyticus*은 수온의 상승에 따

Table 1. Distribution of *Escherichia coli* and *Vibrio parahaemolyticus* isolated from shellfishes

Sampling area	Shellfishes	No. of samples	No. of <i>E. coli</i> isolates	No. of <i>V. parahaemolyticus</i> isolates
Ganghwado south	Oyster	6	3	14
	Short-neck clam	6	20	12
	Corb shell	6	4	9
Deokjeok-Jawol	Oyster	12	11	11
	Short-neck clam	30	64	65
Iwon-myeon	Oyster	18	31	57
Gomso bay	Short-neck clam	12	23	26
Total		90	156	194

Table 2. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* and *Vibrio parahaemolyticus* isolates from shellfishes

Antimicrobial agents	Drug amount (µg)/disk	Diffusion zone break point (mm)	No. of <i>E. coli</i> isolates (%)	No. of <i>V. parahaemolyticus</i> isolates (%)
Ampicillin (AM)	10	≤ 13	53(34.0)	81(41.8)
Gentamicin (GM)	10	≤ 12	0(0.0)	0(0.0)
Streptomycin (S)	10	≤ 11	7(4.5)	0(0.0)
Amoxycillin/ clavulanic acid (AMC)	20/10	≤ 13	14(9.0)	21(10.8)
Rifampin (RA)	5	≤ 17	4(2.6)	2(1.0)
Chloramphenicol (C)	30	≤ 12	9(5.8)	0(0.0)
Tetracycline (TE)	30	≤ 14	8(5.1)	0(0.0)
Trimethoprim (TMP)	5	≤ 10	18(11.5)	5(2.6)
Trimethoprim/ Sulfamethoxazole (SXT)	1.25/23.75	≤ 10	9(5.8)	1(0.5)
Cefotaxime (CTX)	30	≤ 14	2(1.3)	0(0.0)
Nalidixic acid (NA)	30	≤ 13	8(5.1)	2(1.0)
Ciprofloxacin (CIP)	5	≤ 15	2(1.3)	0(0.0)

라 검출율이 증가하였다는 연구결과도 있다.

항균제 감수성

서해안 굴, 가무락 및 바지락에서 분리한 *E. coli* (총 156균주) 및 *V. parahaemolyticus* (총 194균주)를 대상으로 12종의 항균제에 대하여 감수성 시험을 실시하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 분리된 *E. coli* 156균주는 ampicillin (34.0%)에 대한 내성율이 가장 높게 나타내었으며, trimethoprim (11.5%), amoxicillin/clavulanic acid (9.0%), chloramphenicol (5.8%), trimethoprim/sulfamethoxazole (5.8%), tetracycline (5.1%),

nalidixic acid (5.1%) 순으로 항균제 내성율이 높았다. 또한 *E. coli*는 streptomycin, rifampin, cefotaxime, ciprofloxacin에 대해서는 5% 이하의 내성율을 나타내었으며, gentamicin에 대해서는 모든 분리된 *E. coli* 균주에서 감수성인 것으로 확인되었다.

한편, *V. parahaemolyticus* 194균주는 ampicillin (41.8%)에 대한 내성율이 가장 높게 나타내었으며, amoxicillin/clavulanic acid 및 trimethoprim에 대해서는 각각 10.8% 및 2.6%의 내성율을 보였다. 분리된 *V. parahaemolyticus*는 rifampin, trimethoprim/sulfamethoxazole, nalidixic acid에 대한 내성율은 1% 이하로 확인되었고, gentamicin, streptomycin, chloramphenicol, tetracycline, cefotaxime, ciprofloxacin에 대해서는 모든 분리 균주에서 감수성으로 나타났다.

이상의 결과, 서해안 패류양식장에서 분리된 *E. coli* 및 *V. parahaemolyticus* 균주들의 ampicillin, amoxicillin/clavulanic acid 내성율의 차이는 미비하였으나, trimethoprim에 대한 내성율은 다소 차이가 있었다. 또한, streptomycin, chloramphenicol, tetracycline, cefotaxime, ciprofloxacin에 대해서는 *E. coli* 균주들에서만 내성이 확인되었고, 분리된 *V. parahaemolyticus* 균주들은 모두 감수성을 나타내어 항균제에 대한 내성 차이를 확인할 수 있었다.

한편, Park et al. (2013)은 남해안 패류양식장에서 분리한 *E. coli*의 tetracycline, streptomycin, ampicillin에 대한 내성율이 각각 29.9%, 25.5% 및 18.6%으로 조사되었다고 보고한 연구결과와 다소 차이가 있었다. 이러한 결과 차이는 *E. coli*는 사람이나 동물의 장내에 주로 서식하는 세균으로 패류양식장 주변 배수구역에 분포한 마을, 하수처리장, 가축사육시설 등의 배출수 중에 존재하는 *E. coli*의 영향과 *E. coli*가 가진 항균제 내

Table 3. Antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* isolates

No. of antimicrobials	Antimicrobial resistance patterns ¹	No. of resistant isolates	Total (%)
0		75	48.0
1	AM	32	35.3
	TMP	7	
	AMC	6	
	TE	3	
	RA	3	
	NA	3	
	S	1	
2	AM/AMC	6	7.7
	AM/TE	2	
	AM/TMP	1	
	AM/C	1	
	S/C	1	
	NA/CIP	1	
3	AM/TMP/SXT	3	5.8
	AM/C/TMP	2	
	AM/S/SXT	1	
	AM/S/NA	1	
	AMC/RA/TE	1	
5	CTX/NA/CIP	1	1.3
	AM/S/C/TMP/SXT	1	
6	C/TE/TMP/SXT/CTX	1	1.9
	AM/AMC/C/TE/TMP/SXT	1	
	AM/S/C/TE/TMP/SXT/NA	2	

¹AM, ampicillin; AMC, amoxicillin/clavulanic acid ; TMP, trimethoprim; TE, tetracycline; RA, rifampin; NA, nalidixic acid; S, streptomycin; C, chloramphenicol; CIP, ciprofloxacin; SXT, trimethoprim/sulfamethoxazole; CTX, cefotaxime.

Table 4. Antimicrobial resistance profiles of *Vibrio parahaemolyticus* isolates

No. of antimicrobials	Antimicrobial resistance patterns ¹	No. of resistant isolates	Total (%)
0		108	55.7
1	AM	57	32.0
	TMP	3	
	RA	1	
	NA	1	
2	AM/AMC	20	11.3
	AM/RA	1	
3	AM/TMP	1	1.0
	AM/AMC/NA	1	
	AM/TMP/SXT	1	

¹AM, ampicillin; TMP, trimethoprim; RA, rifampin; NA, nalidixic acid; AMC, amoxicillin/clavulanic acid; SXT, trimethoprim/sulfamethoxazole.

성 패턴 차이에 의한 것으로 사료되며, 육상오염원 배출수 중에 존재하는 항균제 내성균이 패류양식장에 영향을 미칠 수 있는 것으로 추정된다(Kotlarska et al., 2015). Kwon et al. (2016)은 창선해역 주변 배수유역에 소재한 육상오염원 배출수와 인접한 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*) 양식장에서 분리한 대장균의 ampicillin 내성율은 각각 81.5% 및 76.4% 이었으며, tetracycline의 경우에는 육상오염원과 지중해담치에서 각각 96.7% 및 83.6%으로 나타나 이동성이 없는 지중해담치의 양식 특성상으로 볼 때 지중해담치에서 확인된 항생제 내성은 육상오염원의 영향으로 판단된다고 보고하였다.

Yu et al. (2014)는 남해안산 굴 및 서해안산 바지락에서 분리한 *V. parahaemolyticus*은 ampicillin에 대해 각각 79.1% 및 61.2%로 높은 내성이 확인되었다고 보고한 연구 결과보다는 내성율이 낮았지만, Oh et al. (2009)가 경남연안 기수지역에서 분리한 *V. parahaemolyticus*에서의 ampicillin 내성율(44.1%) 하고는 비슷한 수준의 결과를 나타내었다. 외국의 경우 Baker-Austin et al. (2008)은 미국 조지아 및 남캘리포니아의 해수와 침전물에서 분리한 *V. parahaemolyticus*에서의 ampicillin 내성율이 46.6%이었다고 보고하였다.

이상의 결과 비브리오균 중 일부는 내성인자들을 수계 침전물이나 주변 환경으로부터 획득할 수 있다는 보고(Neela et al., 2007)로 볼 때 *V. parahaemolyticus*의 항균제 내성을 차이는 수산물 등 시료의 종류, 생활 특성 및 해역 환경 차이에 의한 것으로 추정된다. 여러 종류의 항균제에 내성을 나타내는 균들을 다제내성균(Multiple antimicrobial resistance bacteria, MARB)이라고 부르며, 이러한 다제내성균의 출현과 내성유전자의 확산은 질병치료를 어렵게 만들고 있어 세계적인 문제로 대두되고 있다(Dennesen et al., 1998). 본 연구에서 3종 이상의 항균제에 내성을 나타내는 다제내성균은 *E. coli* 및 *V. parahaemolyticus* 분리 균주들에서 각각 14균주(9.0%) 및 2균주(1.0%)로 확인되어 *V. parahaemolyticus* 보다는 *E. coli* 분리 균주에서 다제내성균이 많이 검출되었다(Table 3 및 Table 4). Yu et al. (2014)는 남해안산 굴 및 서해안산 바지락에서 분리한 *V. parahaemolyticus*에서 3종 이상의 항균제에 내성을 가지는 다제내성균이 3.6%로 검출되었다고 보고한 연구결과하고는 차이가 없었지만, Kim et al. (2016)은 서해안 굴에서 분리한 *V. parahaemolyticus*에서 3종 이상의 항균제에 내성을 가지는 다제내성균이 50.9%로 검출되었다고 보고한 연구결과보다는 큰 차이를 나타내었다.

한편, 분리된 대장균의 다제내성균 비율은 Park et al. (2013)이 남해안 굴, 바지락 및 피조개에서 분리한 *E. coli* 중 17.7%가 3종 이상의 항균제에 내성을 가졌다고 보고한 연구 결과와 Jo et al. (2016)가 서해안 패류양식장에서 분리한 대장균 중의 27.8%가 3종 이상의 항균제에 내성을 가지는 것으로 확인되었다는 연구결과 보다 낮았다. 이러한 결과의 차이는 육상오염원 배출수를 통해 패류 생산해역으로 유입되는 항균제 내성균의

영향에 기인한 것으로 추정되며, Kwon et al. (2016)은 창선해역 주변 배수유역에 소재한 육상오염원 배출수와 인접한 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*) 양식장에서 분리한 대장균의 다제내성균의 검출 비율은 각각 90.9% 및 91.0%로 나타났다고 보고하였다.

한편, 패류는 해수 중의 세균을 체내에 농축하는 특성이 있고, 육상과 인접한 해역에서 서식하는 특성으로 육상 오염물질의 영향을 쉽게 받기 때문에 수산물 생산해역에서의 항균제 내성균의 출현과 내성 패턴의 변화 추이를 파악할 수 있는 좋은 지표 생물이 될 수 있을 것으로 사료되지만, 굴 등 일부 수산물은 가열조리 과정 없이 날 것으로 많이 섭취하기 때문에 항균제 내성균의 존재는 사회적 문제로 대두 될 수 있을 것으로 추정된다. 또한, 항균제 내성인자를 보유한 내성균이 하천이나 마을 하수를 통해 연안해역으로 유입되며 해양환경에 존재하는 이종 또는 동종 세균으로 plasmid, transposon, integron 등과 같은 이동성 인자(mobile element)의 수평적 전이(horizontal transfer)를 통해 내성균의 확산을 배제할 수 없다(Figueira et al., 2011; Moura et al., 2012).

따라서, 수산물 생산해역에서의 항균제 내성균에 대한 지속적인 모니터링이 필요하며, 생산해역에서 내성균 확산 방지와 수산물의 안전성 확보를 위해 육상 오염물질 유입 차단을 위한 적절한 오염원 관리 대책 수립과 더불어 어류양식장에서 사용되는 항균제의 오·남용 방지를 위해 사용자에 대한 교육과 관리당국의 지속적 점검이 요구된다.

사 사

이 논문은 2017년도 국립수산물과학원 수산물과학연구소(2017057)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Acar JF and Goldstein FW. 1991. Disk susceptibility test. In: antibiotics in laboratory medicine. Lorian V, ed. Williams & Wilkins, Baltimore, U.S.A., 17-52.
- Baker-Austin C, McArthur JV, Tuckfield RC, Najapro M, Lindell AH, Gooch J and Stepanauskas R. 2008. Antibiotic resistance in the shellfish pathogen *Vibrio parahaemolyticus* isolates from the coastal water and sediment of Georgia and South Carolina USA. *J Food Protect* 71, 2552-2558.
- Ceccarelli D, Hasan NA, Hug A and Colwell RR. 2013. Distribution and dynamics of epidemic and pandemic *Vibrio parahaemolyticus* virulence factors. *Front Cell Infect Microbio* 3, 1-9. <http://dx.doi.org/10.3389/fcimb.2013.00097>.
- CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). 2012. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. CLSI document M100-S22. Clinical and Laboratory Stan-

- dard Institute. Wayne, Pa. U.S.A., 44-128.
- Dennesen PJ, Bonten MJ and Weinstein RA. 1998. Multiresistant bacteria as a hospital epidemic problem. *Ann Med* 30, 176-185.
- Elliot EL, Kaysner CA, Jackson L and Tamplin ML. 1995. *Vibrio cholerae*, *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.
- Figueira V, Serra E and Manaia CM. 2011. Differential patterns of antimicrobial resistance in population subsets of *Escherichia coli* isolated from waste and surface waters. *Sci Total Environ* 409, 1017-1023.
- 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 Microbiol* 5, 1-9.
- Jo MR, Park YS, Park K, Kwon JY, Yu HS, Song KC, Lee HJ, Oh EG, Kim JH, Lee TS and Kim PH. 2016. Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli* Isolated from Shellfish Farms on the West Coast of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 13-19. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0013>.
- Kirs M, DePaola A, Fyfe R, Jones JL, Krantz J, Van Laanen A, Cotton D and Castle M. 2011. A survey of oysters (*Crassostrea gigas*) in New Zealand for *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus*. *Int J Food Microbiol* 147, 149-153.
- Kim S, An S, Park B, Oh EG, Song KC, Wan KJ and Yu H. 2016. Virulence factors and antimicrobials susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from the oyster *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 116-123. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0116>.
- KMFDS (Korea Ministry of Food and Drug Safety). 2015. 2014 Antimicrobial use and monitoring of antimicrobial resistance. MFDS, Osong, Korea, 1-107.
- Kotlarska E, Luczkiewicz A, Pisowacka M and Burzynski A. 2015. Antibiotic resistance and prevalence of class 1 and 2 integrons in *Escherichia coli* isolated from two wastewater treatment plants, and their receiving waters (Gulf of Gdansk, Baltic Sea, Poland). *Environ Sci Pollut Res Int* 22, 2018-2030. <http://doi.org/10.1007/s11356-014-3474-7>.
- Kwon SJ, Lee KJ, Jung YJ, Park SG, Go KR, Yang JH and Mok JS. 2016. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolates from mussel *Mytilus galloprovincialis* farms and inland pollution sources in the Changseon area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 564-572. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0564>.
- Lee TS, Oh EG, Yu HD, Ha KS, Yu HS, Byun HS and Kim JH. 2010. Impact of rainfall events on the bacteriological water quality of the shellfish growing area in Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 406-414.
- Levin BR, Lipsitch M, Perrot V, Schrag S, Antia R, Simonsen L, Walker NM and Stewart FM. 1997. The population genetics of antibiotic resistance. *Clin Infect Dis* 24, 9-16.
- Moura A, Pereira C, Henriques I and Correia A. 2012. Novel gene cassettes and integrons in antibiotic-resistant bacteria isolated from urban wastewaters. *Res Microbiol* 163, 92-100.
- Neela FA, Nonaka L and Suzuki S. 2007. The diversity of multi-drug resistance profiles in tetracycline resistant *Vibrio* species isolated from coastal sediments and seawater. *J Microbiol* 45, 64-68.
- 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 Gyeongsangnamdo. *Korean J Fish Aquat Sci* 42, 335-343. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2009.42.4.335>.
- Oh EG, Son KT, Yu HS, Lee TS, Lee HJ, Shin SB, Kwon JY, Park KBW and KIM JH. 2011. Antimicrobial resistance of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio alginolyticus* strains isolated from Farmed Fish in Korea during 2005-2007. *J Food Prot* 74, 380-386. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-307>.
- Park K, Jo MR, Lee HJ, Kwon JY, Son KT and Lee TS. 2011. Evaluation of the effect of the discharged water from Bong stream after events on the bacteriological water quality in Gangjinman, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 622-629.
- Park K, Jo MR, Kim YK, Lee HJ, Kwon JY, Son KT and Lee TS. 2012. Evaluation of the effects of the inland pollution sources after rainfall events on the bacteriological water quality in Narodo area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 414-422. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0414>.
- 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 shellfish farms in the southern coast of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 528-533. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0528>.
- Souli M, Galani I and Gianmarelou H. 2008. Emergence of extensively drug-resistant and pandrug resistance gram negative bacilli in Europe. *Euro Surveill* 13, 1-11.
- Son KT, Oh EG, Lee TS, Lee HJ, Kim PH and Kim JH. 2005. Antimicrobial susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio alginolyticus* from fish farms on the southern coast of Korea. *J Kor Fish Soc* 38, 365-371.
- Su CY and Liu C. 2007. *Vibrio parahaemolyticus*: a concern of seafood safety. *Food Microbiol* 24, 549-558. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2007.01.005>.
- Tendencia EA and Pena LD. 2001. Antibiotic resistance of bacteria from shrimp ponds. *Aquaculture* 195, 193-204.
- Vam den Bogaard AE and Stobberingh EE. 1999. Antibiotic usage in animals: impact on bacterial resistance and public health. *Drugs* 58, 589-607. [http://dx.doi.org/10.1016/S0269-4727\(99\)00000-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-4727(99)00000-0).

org/10.2165/00003495-199958040-00002.

Van den Bogaard AE and Stobberingh EE. 2000. Epidemiology of resistance to antibiotics: Links between animals and humans. *Int Antimicrob Agents* 14, 327-335. [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-8579\(00\)00145-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-8579(00)00145-X).

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>.

Zhang L and Orth K. 2013. Virulence determinants for *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Curr Opin Microbiol* 16, 70-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mib.2013.02.002>.