

## 서해안 패류양식장에서 분리된 대장균의 항균제 내성

조미라 · 박용수 · 박근바위 · 권지영 · 유홍식<sup>1</sup> · 송기철<sup>1</sup> · 이희정<sup>1</sup> · 오은경<sup>2</sup> · 김지희<sup>3</sup> · 이태식 · 김풍호\*

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

### Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli* Isolated from Shellfish Farms on the West Coast of Korea

Mi Ra Jo, Yong Su Park, Kunbawui Park, Ji Young Kwon, Hong Sik Yu<sup>1</sup>, Ki Cheol Song<sup>1</sup>, Hee Jung Lee<sup>1</sup>, Eun Gyoung Oh<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 Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

A total of 423 shellfish (Oysters, *Crassostrea gigas*; short-necked clams, *Ruditapes philippinarum* and corb shells, *Cyclina sinensis*) were collected from the west coast of Korea, from which 277 *Escherichia coli* strains were isolated. The antimicrobial susceptibility patterns of isolated strains were analyzed for 22 antimicrobial agents used in Korea for clinical or veterinary therapy. The resistance of *E. coli* isolates to ampicillin (37.2%) was highest, followed by cephalothin (21.7%), cefazolin (19.9%), trimethoprim (15.2%). Antimicrobial resistance was present in 56.7% of *E. coli* isolates against at least one antimicrobial agent. Of 277 isolates, 44 (15.9%) were resistant to multiple antimicrobial agents.

Key words: Antimicrobial resistance, *Escherichia coli*, Shellfish, Multiple antimicrobial resistance bacteria

## 서론

우리나라에서 패류는 연간 400천 톤 이상이 생산되고, 총 수산물 생산량의 14.3%를 차지하고 있으며 수천 년 동안 인류에게 없어서는 안 될 중요한 동물성 단백질 공급원이며 식량자원이다(MOF, 2013). 연안해역에 주로 서식하는 패류는 육상과 인접해 있어 배수유역으로부터 유입되는 오염물질의 영향을 쉽게 받을 수 있으며, 또한 이동성이 거의 없고, 여과섭이 활동을 통하여 먹이를 섭취하는 특성 때문에 패류는 해수 중에 부유하는 병원성 세균, 바이러스 등을 체내에 쉽게 축적하게 된다(Grimes, 1991; Feldhusen, 2000). 최근 인구의 증가와 산업화로 인하여 일부 생활폐수, 산업폐수 그리고 사람이나 가축으로부터 배설된 분변 등의 오염원이 하수구나 하천을 통하여 해상으로 유입됨으로써 연안 해역의 수질에 악 영향을 미치고 있다(Hill et al., 2006; Lee et al., 2010). 또한, 기후변화의 영향으로 폭우의 빈도와 태풍의 강도 증가는 많은 강우를 발생시켜 분변

성 오염물질들이 일시에 패류생산해역으로 유입되어 병원성세균 및 바이러스에 의해 쉽게 오염될 수 있다(Park et al., 2011; Park et al., 2012). 이러한 분변성 오염물질 중에는 항균제 내성균들이 함유되어 있어 패류의 위생학적 안전성뿐만 아니라 해양양식생태계의 항균제 내성확대에 영향을 미칠 수 있을 것이다(Chae et al., 2005; Lee et al., 2005; Jeong et al., 2010). 특히 항균제를 투여한 축산 동물이나 사람의 분변으로부터 약제내성균이 자연환경으로 방출되기도 하며, 사람이나 동물에게 투여한 항균제가 완전히 소화 흡수되지 않고 섭취된 항균제의 경우 약 70% 정도가 성분이 변하지 않은 상태로 배설된다는 보고도 있다(Kummerer, 2009). 한편, 대장균은 사람이나 동물의 장내에 상재하는 정상 세균총으로 빈번하게 투여되는 항균제에 노출되어 있기 때문에 항균제에 의한 내성 획득 과정을 이해하고 내성균을 모니터링 함에 있어 매우 유용한 세균으로 알려져 있다(Levin et al., 1997). 이미 국내에서도 대장균의 항균제 내성에 관한 모니터링 및 연구가 많이 이루어지고 있다(Chae et

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0013>



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(1) 13-19, February 2016

Received 14 September 2015; Revised 28 October 2015; Accepted 5 November 2015

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

E-mail address: phkim1@korea.kr

al., 2005; Lee et al., 2005; Cho et al., 2006; Kim et al., 2009). 반면, 수산분야에서는 남해안 주요 어패류양식장에서 분리한 대장균 및 장염브비리오균에 관한 항균제 내성균 연구가 일부 이루어져 있으나(Lee et al., 2003; Son et al., 2005; Oh et al., 2009; Park et al., 2013), 서해안 갯벌 지역에 서식하는 패류에서 분리한 대장균의 항균제 내성에 관한 연구는 미미한 실정이다. 특히, 서해안 배수구역에서 유입되는 오염물질의 영향을 받고 있는 패류양식장에서의 항균제 내성에 관한 연구는 더욱 그러하다. 따라서 본 연구에서는 육상오염원과 전 세계적인 문제로 대두가 되고 있는 항균제 내성균의 관리를 위한 기초자료로 제공하고자 인가밀집지역, 자연하천 등과 같은 육상오염원하고 인접해 있고, 서해안 지역에서 패류양식이 활발히 이루어지고 있는 전북 고창군 곰소만, 충남 태안군 이원면, 인천 옹진군 덕적·자월면 및 강화군 강화도 남부 해역의 패류양식장에서 채취한 패류로부터 온혈동물의 분변 유래 세균인 대장균을 분리하고, 분리균주에 대한 항균제 내성 패턴을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시료채취 및 채취지점

대장균 분리를 위한 시료는 2013년 6월부터 2015년 6월까지 서해안 패류양식장에서 양식 중인 굴(*Crassostrea gigas*), 바지락(*Ruditapes philippinarum*) 및 가무락(*Cyclina sinensis*), 전북 고창군 곰소만 해역에서는 바지락, 충남 태안군 이원면 해역에서는 굴, 인천 옹진군 덕적·자월면 해역에서는 굴과 바지락, 강화군 강화도 남부 해역에서는 굴, 바지락 및 가무락을 실험에 사용하였다.

### 대장균(*Escherichia coli*)의 분리

대장균 분리는 Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish (A.P.H.A., 1970)에 준하여 시험하였다. 즉, 패류 중의 패육과 패액 200 g을 취하여 200 mL 인산완충용액(phosphate buffer solution)을 첨가한 후 파쇄하고, 10 mL의 Lauryl Tryptose broth (Difco, USA)에 2 mL 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였다. 배양액은 다시 멸균된 일회용 루프(10 µL loop)로 10 mL의 EC broth (Merck, Germany)에 접종하여 44.5°C에서 24시간 추가 배양한 후, 발효관에 가스가 포집된 양성 시험관으로부터 대장균을 분리하기 위하여 EMB agar (Difco, USA)에 streak하고 35°C에서 24시간 배양한 후 금속성 광택을 나타내는 균주를 IMViC test 및 VITEK system (BioMerieux Vitek, France)을 사용하여 *Escherichia coli*로 동정하였다.

### 항균제 감수성 시험

분리·동정된 각 대장균의 항균제 감수성은 Acar and Goldstein (1991)의 디스크 확산법을 이용하였다. 즉, 분리된 각 균주

는 Muller Hinton Broth (Merck, Germany)에서 35°C, 18-24시간 배양한 다음 균주 배양액의 농도를 McFarland No. 0.5로 희석 조정하였다. 각 희석된 균액은 미리 1% 농도가 되도록 NaCl를 첨가한 두께 4 mm의 Muller Hinton Agar (Merck, Germany) 평판에 도말하였다. 균액이 접종된 Muller Hinton Agar 평판은 5분간 방치하여 균액을 흡수시킨 후 항균제 디스크(Φ 8 mm)를 평판에 고착시켰다. 이 때 항균제 디스크는 균 접종 후 15분 이내에 고착시켰으며, 시험 항균제는 ampicillin (10 µg; AM), amikacin (30 µg; AN), amoxicillin/clavulanic acid (20 µg/10 µg; AMC), aztreonam (30 µg; ATM), cefazolin (30 µg; CZ), cefepime (30 µg; FEP), cefotaxime (30 µg; CTX), ceftaxime (30 µg; FOX), cefotetan (30 µg; CTT), ceftazidime (30 µg; CAZ), cephalothin (30 µg; CF), ciprofloxacin (5 µg; CIP), chloramphenicol (30 µg; C), gentamicin (10 µg; GM), imipenem (10 µg; IPM), nalidixic acid (30 µg; NA), piperidic acid (20 µg; PIP), 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 22종으로 OXOID사 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, 16-18시간 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

### *Escherichia coli*의 분리

2013년 6월부터 2015년 6월까지 서해안 4개 지역(전남 고창군, 충남 태안군, 인천 옹진군 및 강화군)에 양식된 굴 219점, 바지락 188점, 가무락 16점 등 총 423점으로부터 *E. coli* 277균주를 분리하였는데 *E. coli*는 굴에서 69균주, 바지락에서 189균주, 가무락에서 19균주가 분리가 분리되었다. 지역별로 분리균주의 현황을 살펴보면, 곰소만 해역의 바지락 30점에서 *E. coli*는 35균주, 이원면 해역의 굴 90점에서 *E. coli*는 41균주, 덕적·자월면 해역의 굴 115점과 바지락 144점에서 *E. coli*는 총 146균주, 강화도 남부해역의 굴 14점, 바지락 14점 및 가무락 16점에서 *E. coli*는 총 55균주가 분리되었다(Table 1).

### 분리된 *Escherichia coli*의 항균제 내성을

분리된 *E. coli* 277균주에 대하여 22종 항균제별 내성 경향을 Table 2에 나타내었다. 분리된 *E. coli* 균주는 조사대상 항균제들 중 ampicillin (37.2%)에서 가장 높은 내성율을 나타내었으며, cephalothin (21.7%), cefazolin (19.9%), trimethoprim

(15.2%), trimethoprim/sulfamethoxazole (11.2%), amoxicillin/clavulanic acid (7.9%), streptomycin (7.2%) 순이었다. 또한 aztreonam, cefotaxime, cefoxitin, cefotetan, ciprofloxacin, chloramphenicol, nalidixic acid, pipemidic acid, rifampin, tetracycline에 대해서는 5% 이하의 내성율을 나타내었으나, amikacin, cefepime, ceftazidime, gentamicin, imipenem에 대해서는 분리된 *E. coli* 모든 균주가 감수성인 것으로 확인되었다.

Park et al. (2013)은 남해안 패류양식장에서 분리한 *E. coli*에

서의 ampicillin 내성율이 18.6%로 나타내었다고 보고한 결과 보다는 다소 높았지만, Son et al. (2009)이 남해안 어류양식장에서 분리한 *E. coli*에서의 ampicillin 내성율(46.2%) 보다는 낮게 나타내었다. Park et al. (2013)와 비교해 보면 해수에 항시 잠겨 수하식으로 된 남해안 패류와 다르게 서해안 패류는 갯벌지역에서 서식하기 때문에 오염물질의 영향뿐만 아니라 오염물질과 함께 유입된 분변 유래의 항균제 내성균의 영향을 더 많이 받았을 것으로 사료된다. 또한 Son et al. (2009)의 결과를 고찰

Table 1. Distribution of *Escherichia coli* isolated from shellfish farms

Sampling area	Samples	No. of samples	No. of isolats
Gomso-bay in Gochang-gun	Short-neck clam	30	35
Iwon-myeon area in Taeon-gun	Oyster	90	41
	Oyster	115	22
Deokjeok-Jawol area in Ongjin-gun	Short-neck clam	144	124
	Oyster	14	6
Ganghwado south bay in Ganghwa-gun	Short-neck clam	14	30
	Corb shell	16	19
Total		423	277

Table 2. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from shellfish farms

Antimicrobial agents	Drug amount (µg)/disk	Diffusion zone breakpoint (mm)	No. of resistance isolates (%)
Ampicillin (AM)	10	≤ 13	103 (37.2)
Amikacin (AN)	30	≤ 14	0 (0.0)
Amoxycillin/clavulanic acid (AMC)	20/10	≤ 13	22 (7.9)
Aztreonam (ATM)	30	≤ 17	3 (1.1)
Cefazolin (CZ)	30	≤ 19	55 (19.9)
Cefepime (FEP)	30	≤ 14	0 (0.0)
Cefotaxime (CTX)	30	≤ 22	4 (1.4)
Cefoxitin (FOX)	30	≤ 14	12 (4.3)
Cefotetan (CTT)	30	≤ 12	1 (0.4)
Ceftazidime (CAZ)	30	≤ 17	0 (0.0)
Cephalothin (CF)	30	≤ 14	60 (21.7)
Ciprofloxacin (CIP)	5	≤ 20	5 (1.8)
Chloramphenicol (C)	30	≤ 12	11 (4.0)
Gentamicin (GM)	10	≤ 12	0 (0.0)
Imipenem (IPM)	10	≤ 19	0 (0.0)
Nalidixic acid (NA)	30	≤ 13	13 (4.7)
Pipemidic acid (PIP)	20	≤ 17	13 (4.7)
Rifampin (RA)	5	≤ 17	11 (4.0)
Streptomycin (S)	10	≤ 11	20 (7.2)
Tetracycline (TE)	30	≤ 11	12 (4.3)
Trimethoprim (TMP)	5	≤ 10	42 (15.2)
Trimethoprim/sulfamethoxazole (SXT)	1.25/23.75	≤ 10	31 (11.2)

해 볼 때, 질병예방 및 치료를 목적으로 항균제의 사용량이 많은 어류양식장의 경우는 양식어류 및 사육장 해수가 직접적인 항균제 노출로 인해 이들 시료로부터 분리된 *E. coli*의 항균제 내성이 더 높게 나타난 것으로 사료된다. Tendencia and Pena (2001)의 보고도 새우양식장에서 항균제를 전혀 사용하지 않은 경우와 사용한 경우, 항균제를 사용하고 있는 양식장에서 다제내성균 비율이 훨씬 높았다고 보고하였다.

### 분리지역에 따른 항균제 내성 경향

시험균주의 분리지역에 따른 항균제 내성 경향을 Table 3에 나타내었다. Ampicillin 내성율은 태안 이원면 해역에서 분리된 *E. coli*에서 53.7%으로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 곰소만 해역(31.4%), 덕적·자월면 해역(30.8%), 강화도 남부 해역(27.3%)순이었으나, chloramphenicol 내성율은 곰소만 해역에서 분리된 *E. coli*에서 17.1%으로 가장 높게 나타났고, 다음으로는 덕적·자월면 해역(2.7%), 강화도 남부 해역(1.8%)순이었으며, 태안 이원면 해역에서 분리된 *E. coli*는 chloramphenicol에 대해서 모두 감수성을 나타내어 분리지역에 따라 항균제 내성율이 다르게 나타내었다. 또한, 덕적·자월면 해역에서 분리된 *E. coli*는 amikacin, cefepime, ceftazidime, gentamicin, imipenem에 대해서만 감수성을 나타내었으나, 강화도 남부 해역에서 분리된 *E. coli*는 amikacin, cefepime, Cefotaxime, Cefotetan, Ceftazidime, Ciprofloxacin, Gentamicin, Imipenem, 곰소만 해역에서 분리된 *E. coli*는 amikacin, aztreonam, cefepime, cefotetan, ceftazidime, ciprofloxacin, gentamicin, imipenem, rifampin, 태안 이원면 해역에서 분리된 *E. coli*는 amikacin, cefepime, cefoxitin, cefotetan, ceftazidime, chloramphenicol, gentamicin, imipenem, rifampin, tetracycline에 대해서 감수성을 나타내어 분리지역에 따라 항균제 감수성 패턴도 다소 차이를 나타내었다. 한편, Park et al. (2013)은 전남 고흥지역 패류양식장에서 분리한 *E. coli*의 ampicillin 및 trimethoprim의 내성율은 각각 16.4% 및 8.6%이었으나, 여수지역 패류 양식장에서 분리한 *E. coli*는 ampicillin 및 trimethoprim에 감수성을 보였다고 보고하였다. 이상의 결과로 볼 때 분리지역에 따라 분리된 *E. coli* 균주들의 항균제 내성차이는 패류 생산해역 주변 배수유역으로부터 해역으로 유입되는 분변성 오염물질의 종류, 오염물질 중에 함유되어 있는 대장균의 항균제 내성 패턴 차이 등의 요인으로 인해 지역별로 항균제 내성 차이가 나타난 것으로 사료된다. 한편, 패류에서 분리한 *E. coli* 균주들의 항균제에 대한 내성패턴을 Table 4에 나타내었다. *E. coli*는 시험에 사용된 22종의 모든 항균제에 감수성을 나타낸 균주는 120균주(43.3%)이었으며, 1종 이상의 항균제에 내성을 나타낸 균주는 157균주(56.7%)이었다.

특히 항균제 오·남용으로 인해 여러 개의 항균제가 동시에 듣지 않는 다제내성균(Multiple antimicrobial resistance bacteria; MARB)은 세계적으로 관심사로 떠오르고 있으며, 수퍼박테라

아라는 이름으로 불리며 큰 사회적 문제로 대두되고 있다(Dennessen et al., 1998). 본 연구에서 4종 이상의 항균제에 내성을 나타내는 다제내성균(MARB)은 44균주(15.9%)로 나타나, Lee et al. (2003)는 각종 수산물로부터 분리된 *E. coli*에서 다제내성균의 검출율이 6.1%이었다고 보고한 연구결과와 Park et al. (2013)이 남해안 패류양식장에서 분리한 *E. coli* 중의 다제내성균의 비율은 14.2%이었다고 보고한 결과보다는 다소 높았다. 그러나, 항균제에 직접적인 노출이 많은 어류양식장의 양식어류 및 해수에서 분리된 *E. coli*에서의 다제내성균이 62.5% 및 55.8% 검출되었다는 연구결과와는 큰 차이를 나타내었다

Table 3. Distribution of antimicrobial resistance in the sampling area of *Escherichia coli* isolated

Antimicrobial Agents <sup>1</sup>	No. of resistance isolates (%)			
	Gomso-bay (n=35)	Iwon-myeon area (n=41)	Deokjeok-Jawol area (n=146)	Ganghwado south bay (n=55)
AM	11 (31.4)	22 (53.7)	45 (30.8)	15 (27.3)
AN	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
AMC	3 (8.6)	3 (7.3)	12 (8.2)	4 (7.3)
ATM	0 (0.0)	1 (2.4)	1 (0.7)	1 (1.8)
CZ	7 (20.0)	8 (19.5)	32 (21.9)	8 (14.5)
FEP	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
CTX	1 (2.9)	1 (2.4)	2 (1.4)	0 (0.0)
FOX	2 (5.7)	0 (0.0)	11 (7.5)	1 (1.8)
CTT	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.7)	0 (0.0)
CAZ	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
CF	6 (17.1)	8 (19.5)	36 (24.7)	9 (16.4)
CIP	0 (0.0)	1 (2.4)	4 (2.7)	0 (0.0)
C	6 (17.1)	0 (0.0)	4 (2.7)	1 (1.8)
GM	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
IPM	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
NA	1 (2.9)	2 (4.9)	1 (0.7)	2 (3.6)
PIP	1 (2.9)	2 (4.9)	1 (0.7)	2 (3.6)
RA	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (6.2)	1 (1.8)
S	6 (17.1)	2 (4.9)	2 (1.4)	2 (3.6)
TE	3 (8.6)	0 (0.0)	6 (4.1)	2 (3.6)
TMP	5 (14.3)	6 (14.6)	12 (8.2)	11 (20.0)
STX	6 (17.1)	6 (14.6)	13 (8.9)	7 (12.7)

<sup>1</sup>AM, ampicillin; AN, Amikacin; AMC, Amoxicillin/clavulanic acid; ATM, Aztreonam; CZ, Cephazolin; FEP, Cefepime; CTX, Cefotaxime; FOX, Cefoxitin; CTT, Cefotetan; CAZ, Ceftazidime; CF, Cephalothin; CIP, Ciprofloxacin; C, Chloramphenicol; GM, Gentamicin; IPM, Imipenem; NA, Nalidixic acid; PIP, Pipemidic acid; RA, Rifampin; S, Streptomycin; TE, Tetracycline; TMP, Trimethoprim; SXT, Trimethoprim/sulfamethoxazole.

Table 4. The antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* isolated from shellfish farms

No. of antimicrobials	Most frequent patterns <sup>1</sup>	No. of resistance isolates	Total (%)
0		120	43.3
1	AM	28	20.6
	TMP	6	
	AMC	4	
	RA	4	
	CF	3	
	TE	3	
	FOX	2	
	NA	2	
2	Others	5	8.3
	CZ, CF	8	
	AM, TE	2	
	AM, AMC	2	
3	Others	11	11.9
	AM, CZ, CF	14	
	AM, TMP, SXT	7	
	AM, CF, FOX	2	
	CZ, CF, AMC	2	
	S, NA, PIP	2	
4	Others	6	7.9
	AM, S, TMP, SXT	7	
	AM, CZ, CF, AMC	5	
	AM, CZ, CF, FOX	4	
5	Others	6	5.1
	AM, CZ, CF, TMP, SXT	3	
	AM, CZ, CF, NA, PIP	2	
	AM, CZ, CF, S, SXT	2	
6	Others	7	0.7
	AM, CZ, CF, NA, PIP, CTX	1	
7	AM, CZ, CF, RA, FOX, SXT	1	0.4
	AM, CZ, CF, S, TMP, C, SXT	1	
8	AM, S, NA, PIP, TMP, TE, CIP, SXT	1	1.4
	AM, CZ, CF, NA, PIP, TMP, CIP, SXT	1	
	AM, CZ, CF, AMC, TMP, RA, TE, SXT	1	
	AM, CZ, CF, S, NA, PIP, TMP, TE	1	
9	AM, CZ, CF, AMC, CTT, TMP, RA, FOX, SXT	1	0.4

<sup>1</sup>AM, ampicillin; AMC, Amoxycillin/clavulanic acid; CZ, Cephazolin; CTX, Cefotaxime; FOX, Cefoxitin; CTT, Cefotetan; CF, Cephalothin; CIP, Ciprofloxacin; C, Chloramphenicol; NA, Nalidixic acid; PIP, Pipemidic acid; RA, Rifampin; S, Streptomycin; TE, Tetracycline; TMP, Trimethoprim; SXT, Trimethoprim/sulfamethoxazole.

(Son et al., 2009).

이러한 연구 결과는 항균제의 노출빈도, 패류양식장 주변에

소재하는 육상오염원으로부터 유입되는 대장균의 영향의 차이에 기인한 것으로 사료된다. Herwing et al. (1997)은 항균제를



많이 사용한 어류양식장의 침전물로부터 분리된 세균의 내성율이 항균제를 거의 사용하지 않은 어류양식장의 침전물로부터 분리한 세균의 내성율에 비하여 매우 높았다고 하였으며, Park et al. (2013)은 강우 발생 후 배수구역에서 유입되는 분변성 오염물질의 영향을 많이 받고 있는 나로도 해역의 패류양식장에서 분리된 대장균이 가막만 해역의 패류양식장에서 분리된 대장균보다 많은 항균제에 내성을 나타내었다고 보고하였다. 이상의 결과 육상오염원의 영향을 쉽게 받는 연안해역에 서식하는 패류는 패류 생산해역으로 유입되는 오염물질속에 함유되어 있는 항균제 내성균과 육·해상 어류양식장 등으로부터 배출되는 항균제의 노출 영향으로 인해 다제내성균 검출율이 증가할 가능성이 높아지고 있다. 따라서 패류에서의 항균제 내성균과 다제내성균의 증가를 방지하기 위해서는 패류 생산해역으로 유입되는 분변성 오염물질 차단을 위한 육상오염원의 관리 대책과 적절한 항균제 관리 및 항균제 오남용을 줄이기 위한 지속적인 노력이 필요하다고 사료된다.

## 사 사

이 논문은 2015년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R201562)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, 17-52.
- A.P.H.A. 1970. Recommended procedures for the examination of seawater and shellfish. 4th Ed. American Public Health Association, Washington D.C., U.S.A., 1-47.
- Chae HS, Kim JH, Kim GH, Choi TS, Shin BW, Lee DJ and Lee JH. 2005. The isolation and antimicrobial susceptibility of *Escherichia coli* O157:H7 on bovine feces and carcass. Korean J Vet Serv 28, 71-79.
- Cho JK, Ha JS and Kim KS. 2006. Antimicrobial drug resistance of *Escherichia coli* isolated from cattle, swine and chicken. Kor J Vet Publ Hlth 30, 9-18.
- CLSI. 2012. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. CLSI document M100-S22. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne, PA. U.S.A., 44-128.
- Dennessen PJ, Bonten MJ and Weinstein RA. 1998. Multiresistant bacteria as a hospital epidemic problem. Ann Med 30, 176-185.
- Feldhusen F. 2000. The role of seafood in bacterial foodborne disease. Microbes Infect 2, 1651-1660.
- Grimes DJ. 1991. Ecology of estuarine bacteria capable of causing human disease: A review. Estuaries 14, 345-360.
- Herwig RP, Gray JP and Weston DP. 1997. Antibacterial resistant bacteria in surficial sediments near salmon net-cage farms in Puget Sound. Washington Aquaculture 149, 263-283.
- Hill DD, Owens WE and Tchounwou PB. 2006. The impact of rainfall on fecal coliform bacteria in Bayou Dorcheat (North Louisiana). Int J Environ Public Health 3, 114-117. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph2006030013>.
- Kummerer K. 2009. Antibiotics in the aquatic environment – A review – Park I. Chemosphere 75, 417-434.
- Kim MS, Kwon HM and Sung HW. 2009. Antibiotic resistance pattern of avian pathogenic *Escherichia coli* isolated from chickens. Korean J Vet Res 49, 195-200.
- Jeong KO, Heo JH, Lee JM, Yun IR, Choi YJ and Kim JS. 2010. Surveillance of antimicrobial resistance ratio of *E. coli* and *Enterococcus* spp. isolated from fecal and carcasses of pigs in slaughterhouse. Korean J Vet Serv 33, 241-248.
- Lee JI, Han GY and Park HH. 2003. Characteristics and antibiotics susceptibility of *Escherichia coli* isolated from fishery products. Korean J Food Nutr 16, 111-115.
- 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. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2010.0406>.
- Lee YJ, Kim AR, Jung SC, Song SW and Kim JH. 2005. Antibiotic resistance pattern of *E. coli* and *Salmonella* spp. Isolated from chicken feces. Korean J Vet Serv 45, 75-83.
- MOF. 2013. Major statistics of oceans and fisheries. Oceans and fisheries report, 1-395.
- 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. J Kor Fish Soc 42, 335-343.
- 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. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0622>.
- 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>.
- 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.
- Son KT, Oh EG, Park K, Kwon JY, Lee HJ, Lee TS and Kim JH.

2009. Antimicrobial susceptibility of *Escherichia coli* isolated from fish farms on the southern coast of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 42, 322-328. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2009.0322>.

Tendencia EA and Pena LD. 2001. Antibiotic resistance of bacteria from shrimp ponds. Aquaculture 195, 193-204.