

# 창선 해역의 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*) 양식장 및 육상오염원에서 분리한 대장균(*Escherichia coli*)의 항생제 내성

권순재 · 이가정\* · 정연중 · 박상기 · 고경리 · 양지혜 · 목종수

국립수산과학원 남동해수산연구소

## Antimicrobial Resistance of *Escherichia coli* Isolates from Mussel *Mytilus galloprovincialis* Farms and Inland Pollution Sources in the Changseon Area, Korea

Soon Jae Kwon, Ka Jeong Lee\*, Yeoun Joong Jung, Sang Gi Park, Kyeong Ri Go, Ji Hye Yang and Jong Soo Mok

Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53085, Korea

In this study, we isolated and characterized *Escherichia coli* from mussels and inland pollution sources in or in proximity to the Changseon area on the southern coast of Korea in 2014. A total of 147 strains of *E. coli* were isolated from 54 mussels and 32 pollution-source samples. The susceptibility of the isolates to 24 antimicrobial agents was analyzed. The resistance of *E. coli* isolates to rifampin was highest at 100%, followed by cephalothin (98.6%), tetracycline (91.8%), amikacin (81.0%), ampicillin (79.6%), cefazolin (79.6%), streptomycin (73.5%), piperacillin (70.7%), gentamicin (37.4%), cefoxitin (35.4%), cefamandole (34.7%), tobramycin (29.9%), amoxicillin/clavulanic acid (24.5%), nalidixic acid (21.8%), trimethoprim (19.0%), chloramphenicol (17.7%), cefotaxime (12.9%), trimethoprim (10.9%), ceftazidime (10.2%), aztreonam (7.5%), imipenem (2.7%), cefepime (2.0%), and cefotetan (0.0%). In addition, the antimicrobial resistance of *E. coli* isolates from inland pollution sources was slightly greater than or similar to that of isolates from mussels.

Key words: Mussel, *Mytilus galloprovincialis*, *Escherichia coli*, Antimicrobial resistance, Inland pollution source

### 서론

우리나라는 최근 5년간 패류를 매년 140만톤 이상 생산하고 있고, 그 중 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*)는 5만 6천톤(총 패류 생산량의 3.8%)을 차지하고 있다(Kosis, 2016). 패류는 육상과 인접한 연안에 주로 서식하므로 육상으로부터 유입되는 오염물질의 영향을 쉽게 받을 수 있으며, 패류는 이동성이 거의 없고, 여과 섭이를 통하여 먹이를 섭취하므로 해수 중에 존재하는 병원성 미생물을 먹이와 함께 체내에 축적하게 된다(Grimmes, 1991; Feldhusen, 2000). 육상의 생활폐수 및 산업폐수 그리고 사람이나 가축의 분변 등의 오염물질은 하수나 하천을 통하여 연안해역으로 유입되어 바다의 수질을 악화시킬 수 있다(Hill et al., 2006; Lee et al., 2010; Mok et al., 2016a,

2016b). 또한 이러한 오염원에는 병원성 미생물은 물론 항생제 내성균이 존재할 가능성이 높아 패류의 위생학적 안전성을 위협하는 요인이 될 수 있다(Park et al., 2013).

최근 5년간 국내에서 총 항생제의 판매 실적을 보면 2011년 87톤, 2012년 85톤, 2013년 76톤, 2014년 84톤 및 2015년에는 86톤으로 매년 80톤 가량 사용하고 있으며, 그 중 수산에서 항생제 사용량은 2011년 23톤, 2012년 22톤, 2013년 21톤, 2014년 24톤 및 2015년 20톤으로 매년 20톤 이상 사용되고 있다(KMFDS, 2016). 최근 세균에 대한 항생제 내성은 세계적으로 문제가 되고 있으며, 이들 내성균의 대부분은 여러 가지 항생제에 동시에 내성을 지니고 있어 사람에게 적절한 치료제의 부재로 인한 사회적인 문제로 대두되고 있다(Frieden et al., 1993; Beam and Buckley, 2006). 특히 항생제를 투여한 축산 동물이

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0564>



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(5) 564-572, October 2016

Received 9 September 2016; Accepted 29 September 2016

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 640. 4761 Fax: +82. 55. 641. 2036

E-mail address: kajlee@korea.kr

나 사람의 분변으로부터 약제 내성균이 자연환경으로 방출되기도 하며, 사람이나 동물에게 투여한 항생제가 완전히 소화 흡수되지 않고 섭취된 항생제의 경우 약 70% 정도가 성분이 변하지 않은 상태로 배설된다는 보고도 있다(Kummerer, 2009). 항생제 내성균 연구는 내성균에 감염된 사람이나 동물의 치료를 어렵게 하기 때문에 중요하며, 특히 여러 가지 항생제에 내성을 갖는 다제내성균의 출현 및 증가는 세계적으로 중대한 공중보건학적 위협 요소가 되고 있다(Souli et al., 2008).

대장균(*Escherichia coli*, *E. coli*)은 사람이나 동물의 장내에 주로 서식하는 세균으로 자연계에서 널리 분포하고 있으며, 대부분 대장균은 병원성이 없는 것으로 알려져 있으나 일부의 특이 혈청형은 유아에게 설사를 일으킬 뿐만 아니라 성인에게도 급성 위장염을 일으키며 동물에서도 다양한 소화기 질병과 설사 증상을 유발하는 것으로 알려져 있다(Song et al., 2004). 대장균은 사람이나 동물의 장내에 상존하는 세균으로 빈번하게 투여되는 항생제에 노출되기 때문에 항생제에 의한 내성 획득 과정을 이해하고, 내성균 모니터링에 매우 유용한 세균으로 알려져 있다(Levin et al., 1997).

항생제 내성균의 출현에 있어 가장 중요한 요소는 항생제의 사용과 밀접한 연관이 있는 것으로 알려져 있다(Albrich et al., 2004). 특히, 가축에서는 질병 치료, 예방 및 성장 촉진 목적으로 항생제가 사용되고 있는데, 이로 인해 생긴 항생제 내성균은 내성균 자체 또는 내성유전자가 축산물이나 환경 등 여러가지 경로를 통해 직접 또는 간접적으로 사람에게 전달될 수 있기 때문에(Van den Bogaard et al., 1999, 2000) 축산과 같은 용도로 항생제를 사용하는 수산에서도 항생제 내성에 관하여 많은 관심을 가져야 하며, 항생제 사용 및 관리에 대해 신중하여야 할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 항생제 내성균 및 육상오염원 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 경남 남해 창선 해역의 지중해담치 양식장 및 해상으로부터 유입되는 하천에서 대장균을 분리하고, 분리된 대장균의 항생제 내성 패턴을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 채취 및 운반

지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*) 시료는 2013년 1월부터 12월까지 매월 1회 경남 남해안에 위치한 창선 해역의 패류 양식장 5개소에서 채취한 것을 사용하였다(Fig. 1). 수확기 이후 지중해담치를 채취하지 못할 경우를 제외한 54개 시료는 수심 2-3 m 깊이의 수하식 양식장에서 채취하여 동일지역의 해수로 깨끗이 씻은 후 Whirl-Pak bag (25.4 × 50.8 cm, Nasco)에 넣었다. 또한 육상 오염원 시료는 창선 해역 주변의 육상에서 바다로 유입되는 주요 오염원 8개소에 대하여 2014년에 분기(3개월) 마다 1회 멸균된 채수병에 채취하여 사용하였다. 채취된 지중해담치 및 육상오염원 시료는 아이스박스에 넣고 얼음



Fig. 1. Sampling stations of mussels *Mytilus galloprovincialis* (●) and inland pollution sources (■) from the Changseon area on the southern coast of Korea.

을 사용하여 10℃ 이하로 유지시키면서 실험실로 운반하였다.

### 대장균 분리

대장균 시험 및 분리는 The recommended procedures for the examination of seawater and shellfish (American Public Health Association, APHA, 1970)를 일부 변형하여 사용하였다. 패류 시료는 실험실로 운반한 즉시 수도수로 깨끗이 씻고, 동일 정점에서 12개체 이상의 시료를 멸균된 칼로 껍질을 제거한 후 패육과 패액을 모두 취하고 동일한 양의 인산완충용액(phosphate buffer solution)을 첨가하여 균질화한 후 시험에 사용하였다. 또한, 육상오염원 시료는 채취 후 6시간 이내에 대장균 시험을 위한 수행되었다. 패류 및 육상오염원 시료를 10 mL의 Lauryl Tryptose broth (Difco, Detroit, MI, USA)를 함유한 5개 시험관에 접종하여 35 ± 0.5℃에서 배양하였다. 그리고 48시간 이내에 가스를 생성한 시험관은 일회용 loop (10 μL)로 EC broth (Difco)에 접종하여 44.5℃에서 24시간 배양하였다. 대장균을 분리를 위하여 가스를 생성한 양성 시험관은 TBX agar (Oxoid, Basingstoke, UK) 평판에 도말하여 44 ± 1℃에서

22±2 시간 배양 후 집락 의심 균주는 VITEK system (Vitek 2 compact 30, Biomerieux, France)을 이용하여 *E. coli*를 동정하였다.

### 항생제감수성시험

분리·동정된 대장균들의 항생제 감수성 시험은 Acar and Goldstein (1991)의 디스크확산법과 미국 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2004)에 준하여 시험하였다. 즉, 분리된 대장균은 Muller Hinton Broth (MHB, BBL, France)에 접종하여 35°C에서 18-24시간 배양한 후 균 배양액의 농도를 Densicheck plus (Biomerieux, France)로 0.5 McF가 되도록 희석하여 조정하였다. 각 희석된 균액은 두께 4 mm의 Muller Hinton II Agar (MHA, BBL France) 평판에 도말한 후 5-15분 간 방치한 후 항생제 디스크(Φ 6.25 mm)를 평판에 고착시켰다. 그리고 항생제 디스크를 고착시킨 MHA는 35°C에서 16-18시간 배양한 후 증식 저해대(inhibition zone)의 크기를 calipers로 측정하여 감수성 유무를 판별하였다.

이때, 시험에 사용된 항생제 디스크는 BBL사(France)의 제품으로 항생제는 amikacin (30 µg, AN), amoxicillin/ clavulanic acid (30 µg, AmC), ampicillin (10 µg, AM), aztreonam (30 µg, ATM), cefamandole (30 µg, MA), cefazolin (30 µg, CZ), cefepime (30 µg, FEP), cefotetan(30 µg, CTT), cefotaxime (30 µg, CTX), ceftazidime (30 µg, CAZ), cephalothin (30 µg, CF), ceftaxime (30 µg, FOX), chloramphenicol (30 µg, C), ciprofloxacin (5 µg, CIP) gentamicin (10 µg, GM), imipenem (10 µg, IPM), nalidixic acid (30 µg, NA), piperacillin (100 µg, PIP), rifampin (5 µg, RA), streptomycin (10 µg, S), tetracycline (30 µg, TE), tobramycin (10 µg, NN), trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25/ 23.75 µg, SXT), trimethoprim (5 µg, TMP) 등 24종이었다.

## 결과 및 고찰

### 패류 및 육상오염원에서 대장균(*E. coli*) 분리 및 동정

2014년 1월부터 12월까지 남해 창선 해역의 지중해담치 및 배수구역의 주요 육상오염원에서 분리된 *E. coli* 수는 Table 1에 나타내었다. 지중해담치 양식장 5개소에서 채취한 54개 시료에

Table 1. Number of *Escherichia coli* isolated from mussel *Mytilus galloprovincialis* samples and inland pollution sources in the Changseon area

Samples	Number of samples	Number of isolated strains
Mussels	54	55
Pollution sources	32	92
Total	86	147

서 *E. coli*는 55균주 분리·동정되었고, 육상오염원에서 채취한 32개 시료로부터 *E. coli*는 92균주 분리·동정되었다.

### 분리된 대장균(*E. coli*)의 항생제 내성

분리된 *E. coli* 147균주에 대하여 24종 항생제별 내성 경향을 Table 2에 나타내었다. *E. coli* 균주는 조사대상 항생제들 중 rifampin (100%)에 대하여 모든 균주에서 내성을 나타내었으며, cephalothin (98.6%), tetracycline (91.8%), amikacin (81.0%), ampicillin (79.6%), cefazolin (79.6%), streptomycin (73.5%), piperacillin (70.7%), gentamicin (37.4%), ceftaxime (35.4%), cefamandole (34.7%), tobramycin (29.9%), amoxicillin/clavulanic acid (24.5%), nalidixic acid (21.8%), trimethoprim/sulfamethoxazole (19.0%), chloramphenicol (17.7%), ciprofloxacin (12.9%), cefotaxime (12.9%), trimethoprim (10.9%), ceftazidime (10.2%), aztreonam (7.5%) 순서로 내성율을 나타내었다. 또한 imipenem (2.7%), cefepime (2.0%)은 5% 미만의 내성율을 나타내었고, cefotetan은 *E. coli* 모든 균주가 감수성인 것으로 확인되었다.

한편, 이 연구의 결과는 우리나라 남해안 패류양식장(Park et al., 2013) 및 어류양식장(Son et al., 2009)에서 분리된 *E. coli*의 항생제 내성율에 비해 높은 경향을 보였다. Kim et al. (2013)의 서울지역에서 유통 중인 쇠고기와 돼지고기로부터 분리된 *E. coli*의 항생제 내성 연구에서 돼지고기 분리 균주의 ampicillin (78.7%), gentamicin (25.5%), nalidixic acid (36.1%) 내성율과, 쇠고기 분리 균주의 trimethoprim/sulfamethoxazole (23.5%) 내성율은 상대적으로 비슷한 값을 나타내었다. 또한 유통되는 쇠고기에서 분리한 *E. coli*의 항생제 내성 연구(Kim et al., 2009)에서 tetracycline (85.3%), gentamicin (35.3%) 및 chloramphenicol (14.7%) 등 항생제에 대한 내성과 비슷한 값을 보였다. 또한, Lim et al. (2010)의 보고에 따르면 소의 분변에서 분리한 대장균의 항생제 내성은 2008년 nalidixic acid, ciprofloxacin 및 trimethoprim/sulfamethoxazole과 2009년에 chloramphenicol의 항생제 내성이 10% 이내로 비슷하였으며, 돼지의 경우 nalidixic acid, ciprofloxacin이 2007년, gentamicin이 2008년 streptomycin, ampicillin이 2008년 및 2009년에 항생제 내성이 비슷한 결과를 보였다.

### 분리원에 따른 대장균(*E. coli*)의 항생제 내성 비교

시험 균주의 분리원에 따른 항생제 내성 경향을 Table 3에 나타내었다. 육상 오염원으로부터 분리한 *E. coli* 균주가 지중해담치에 분리한 균주에 비하여 amikacin, ampicillin, cefamandole, cefazolin, ceftazidime, ceftaxime, chloramphenicol, piperacillin, tetracycline 및 tobramycin 등의 항생제에 대한 내성이 높았으나, aztreonam, cefepime, cefotetan, cefotaxime, cephalothin, ciprofloxacin, gentamicin, imipenem, nalidixic acid, rifampin, trimethoprim/sulfamethoxazole 및 trimethoprim 등의 항생제에 대하여는 5%이내의 차이를 보여 비슷한 내성 경

Table 2. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from mussels *Mytilus galloprovincialis* and inland pollution sources

Antimicrobial agents	Concentration (µg) per disk	Diffusion zone breakpoint (mm)	Number of resistance isolates (%) <i>Escherichia coli</i> (n=147)
Amikacin (AN)	30	<14	119 (81.0)
Amoxicillin/Clavulanic acid (AMC)	20/10	<13	36 (24.5)
Ampicillin (AM)	10	<13	117 (79.6)
Aztreonam (ATM)	30	<10	11 (7.5)
Cefamandole (MA)	30	<14	51 (34.7)
Cefazolin (CZ)	30	<14	117 (79.6)
Cefepime (FEP)	30	<14	3 (2.0)
Cefotetan (CTT)	30	<12	0 (0.0)
Cefotaxime (CTX)	30	<14	19 (12.9)
Ceftazidime (CAZ)	30	<14	15 (10.2)
Cephalothin (CF)	30	<14	145 (98.6)
Cefoxitin (FOX)	30	<14	52 (35.4)
Chloramphenicol (C)	30	<12	26 (17.7)
Ciprofloxacin (CIP)	5	<15	19 (12.9)
Gentamicin (GM)	10	<12	55 (37.4)
Imipenem (IPM)	10	<13	4 (2.7)
Nalidixic acid (NA)	30	<13	32 (21.8)
Piperacillin (PIP)	10	<17	104 (70.7)
Rifampin (RA)	5	<17	147 (100)
Streptomycin (S)	10	<11	108 (73.5)
Tetracycline (TE)	19	<11	135 (91.8)
Trimethoprim/Sulfamethoxazole (SXT)	23.75/1.25	<10	28 (19.0)
Tobramycin (NN)	10	<12	44 (29.9)
Trimethoprim (TMP)	5	<10	16 (10.9)

항을 가지는 것으로 확인되었다. 즉, 시험에 사용된 24종의 항생제 중 22종에 대하여 육상오염원으로 분리한 균주가 패류로부터 분리한 균주 보다 내성이 높거나 5%이내로 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 육상으로부터 유입된 오염원 중의 항생제 내성균이 바다에 양식되고 있는 패류에 영향을 미칠 수 있다고 사료된다. Park et al. (2013)이 보고한 남해안 양식 패류에서 분리된 *E. coli*의 항생제 내성에 대한 연구에서도 항생제 내성균 및 다제내성균 검출은 육상오염원의 영향이 가장 큰 요인이라 보고 하여 이는 본 결과와 유사하였다.

Lee and Choi (2007)에 따르면 돼지로부터 분리한 *ea+* *E. coli* 67균주에 대한 항생제 감수성 시험결과, tetracycline에 대하여 100% 감수성을 보여 본 실험 96.7%의 결과와 거의 유사하였으며, 일반인 및 닭도축장 근무자에서 분리한 대장균의 항생제 내성양상에서 amoxicillin/clavulanic acid (6.1), cefotetan (0.2), cefepime (0.6), imipenem (0.8), nalidixic acid (23.9) 및 sulfamethoxazole/trimethoprim (22.2)은 육상오염원

의 항생제 내성율과 비슷하였다(Hwang et al., 2007).

### 패류 및 육상오염원에서 분리한 대장균(*E. coli*)의 항생제 내성 패턴

남해 창선 해역 지중해담치 양식장에서 분리된 *E. coli* 55균주에 대한 항생제 내성 패턴은 Table 4에 나타내었다. 분리된 모든 균주는 시험에 사용된 24종의 항생제 중 최소 2종에서 16종에 대하여 내성을 갖고 있었으며, 10종(12.7%)의 약제에 대하여 내성을 갖는 균주가 가장 많이 나타났다. 즉, 분리 균주 중 어느 약제에 대해서도 내성이 없는 감수성 균은 없었으며, 2종 3균주(5.5%), 3종 2균주(3.6%) 이었으며, 4종 이상의 항생제에 내성을 나타내는 다제내성균(Multiple antimicrobial resistance bacteria; MARB)은 10종의 약제에 내성을 갖는 7균주(12.7%)가 가장 많았고, 그 다음으로 9종 및 14종의 약제의 내성균을 갖는 6균주가 뒤를 따랐으며, 6종 5균주(9.1%), 5종 및 13종 4균주, 12종 및 8종 3균주, 4종, 7종 및 15종은 2균주, 16종의 약제

Table 3. Distribution of antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from different sampling areas

Antimicrobial agents	Concentration (µg) per disk	Diffusion zone breakpoint (mm)	Sampling area	
			Mussel farms	Inland pollution
			Number of resistance isolates (%)	
			<i>Escherichia coli</i> (n=55)	<i>Escherichia coli</i> (n=92)
Amikacin (AN)	30	<14	42 (76.4)	77 (83.7)
Amoxicillin/ Clavulanic acid (AMC)	20/10	<13	25 (45.5)	11 (12.0)
Ampicillin (AM)	10	<13	42 (76.4)	75 (81.5)
Aztreonam (ATM)	30	<10	5 (9.0)	6 (6.5)
Cefamandole (MA)	30	<14	17 (30.9)	34 (37.0)
Cefazolin (CZ)	30	<14	39 (70.9)	78 (84.8)
Cefepime (FEP)	30	<14	1 (1.8)	2 (2.2)
Cefotetan (CTT)	30	<12	0 (0.0)	0 (0.0)
Cefotaxime (CTX)	30	<14	7 (12.7)	12 (13.0)
Ceftazidime (CAZ)	30	<14	2 (3.6)	13 (14.1)
Cephalothin (CF)	30	<14	55 (100)	90 (97.8)
Cefoxitin (FOX)	30	<14	16 (29.1)	36 (39.1)
Chloramphenicol (C)	30	<12	7 (12.7)	19 (20.7)
Ciprofloxacin (CIP)	5	<15	8 (14.5)	11 (12.0)
Gentamicin (GM)	10	<12	20 (36.4)	35 (38.0)
Imipenem (IPM)	10	<13	3 (5.5)	1 (1.1)
Nalidixic acid (NA)	30	<13	10 (18.2)	22 (23.9)
Piperacillin (PIP)	10	<17	36 (65.5)	68 (73.9)
Rifampin (RA)	5	<17	55 (100)	92 (100)
Streptomycin (S)	10	<11	46 (83.6)	62 (67.4)
Tetracycline (TE)	19	<11	46 (83.6)	89 (96.7)
Trimethoprim/Sulfamethoxazole (SXT)	23.75/1.25	<10	9 (16.4)	19 (20.7)
Tobramycin (NN)	10	<12	6 (10.9)	38 (41.3)
Trimethoprim (TMP)	5	<10	6 (10.9)	10 (10.9)

내성을 갖는 균주는 1균주 순으로 많은 비율을 나타내었다. 이상의 결과 패류에서는 4종 이상의 항생제에 내성을 나타내는 다제내성균은 총 50균주로 약 91% 차지하는 것으로 나타났으며, 그 중에서 8종, 9종 및 10종에 대하여 각 2균주씩 동일한 내성패턴을 보였으나 이외의 다른 다제내성균은 모두 다른 패턴을 보였다.

한편, 육상오염원에서 분리된 *E. coli* 균주는 총 92균주이었으며(Table 5), 이들 균주들은 24종의 약제 중 4종에서 18종에 대하여 내성을 보였다. 즉, 모든 분리 균주는 4종이상 항생제에 내성을 나타내는 다제내성균인 것으로 확인되었다. 그 순서로 9종의 약제에 대하여 내성을 보인 균주가 21균주(22.8%)로 가장 많았으며, 그 뒤로 8종 및 10종에 대하여 공히 16균주(17.4%)가 내성을 보였다. 또한, 11종 9균주(9.8%), 7종 6균주(6.5%), 12종 및 13종 5균주(5.4%), 6종 4균주(4.3%), 14 및 15종 3균주(3.3%), 4종 2균주(2.2%), 그리고 17 및 18종 1균주(1.1%) 순

의 내성패턴을 나타내었다. 한편, 식품의약품안전처(KMFDS, 2016)에 의하면 돼지에서 분리한 *E. coli* 균주의 다제내성균 검출율은 82.6% (57/69)이었고, 닭 시료에서는 83.7% (36/43)로 육상 가축에는 다제내성균이 비교적 높게 분포하고 있었다. 또한, 본 결과에서도 육상오염원에 존재하는 *E. coli*는 90.9%의 다제내성균을 나타내어 유사한 경향을 보였다.

이상의 결과 지중해담치 및 육상오염원의 다제내성균의 검출은 91% 및 90.9%로 육상으로 오염원이 바다로 유입됨에 따라 연안에 서식하며 이동하기 어려운 패류의 특성상 항생제 내성균의 노출이 많이 있었던 것으로 판단된다. 본 연구에서 다제내성균의 패턴이 대부분 다른 이유도 여러 가지 원인에 의해 항생제에 노출된 것으로 보이며, 내성균은 내성균 자체 또는 내성유전자가 수산물이나 환경 등 여러 가지 경로를 통해 직접 또는 간접적으로 사람에게 전달될 수 있기 때문에 향후 항생제 사용에 대한 적절한 대책 및 항생제 사용자들에 대한 지속적인 교육이

Table 4. Antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* isolated from mussel *Mytilus galloprovincialis* samples

No. of antimicrobial	Antimicrobial resistance patterns	No. of isolated strain	Total (%)
2	CF, RA	3	5.5
3	AM, CF, RA	1	3.6
	CF, RA, TE	1	
4	CZ, CF, RA, IPM	1	3.6
	AM, CF, RA, TE	1	
5	CF, S, PIP, RA, TE	1	7.3
	AM, CZ, CF, S, RA	1	
	CF, S, AN, RA, CIP	1	
	AM, CZ, CF, PIP, RA	1	
6	CF, S, AN, NN, RA, TE	1	9.1
	AM, CF, S, AN, RA, TE	1	
	CF, GM, S, AN, RA, TE	1	
	Other	2	
7	CF,S, AN, PIP, RA, TE, FOX	1	3.6
	AM, CZ, CF, S, AN, RA, TE	1	
8	CZ, CF, GM, S, AN, PIP, RA, TE	1	5.5
	AM, CZ, CF, S, AN, RA, TE, FOX	2	
9	AM, CF, S, AN, AMC, PIP, MA, RA, TE	1	10.9
	AM, CZ, CF, GM, S, AN, PIP, RA, TE	2	
	AM, CZ, CF, S, PIP, ATM, RA, TE, SXT	1	
	Other	2	
10	AM, CZ, CF, GM, S, AN, AMC, PIP, RA, TE	2	12.7
	AM, CF, GM, S, AN, AMC, PIP, MA, RA, TE	1	
	AM, CZ, CF, GM, S, AN, AMC, PIP, RA, TE	1	
	Other	3	
11	AM, CZ, CF, RA, TE, S, AMC, PIP, MA, CAZ, C	1	10.9
	AM, CZ, CF, RA, TE, S, AN, AMC, PIP, MA, FOX	1	
	AM, CZ, CF, RA, TE, S, AN, AMC, NA, PIP, CIP	1	
	Other	3	
12	AM, CZ, CF, S, AN, PIP, RA, TE, GM, AMC, MA, C	1	5.5
	AM, CZ, CF, S, AN, PIP, RA, TE, ATM, C, FOX, IPM	1	
	AM, CZ, CF, S, AN, PIP, RA, TE, ATM, FOX, CTX, CIP	1	
13	AM, CZ, CF, S, AN, AMC, PIP, RA, TMP, MA, TE, FOX, SXT	1	7.3
	AM, CZ, CF, S, AN, AMC, PIP, RA, NA, NN, MA, C, TE	1	
	AM, CZ, CF, S, AN, AMC, PIP, RA, GM, TE, FOX, CTX, CIP	1	
	AM, CZ, CF, S, AN, AMC, PIP, RA, GM, NA, TMP, MA, SXT	1	
14	AM, CZ, CF, S, AN, PIP, RA, TE, GM, AMC, NA, NN, C, CIP	1	9.1
	AM, CZ, CF, S, AN, PIP, RA, TE, GM, AMC, NA, MA, FOX, CTX	1	
	AM, CZ, CF, S, AN, PIP, RA, TE, NA, TMP, MA, FOX, CIP, SXT	1	
	Other	2	
15	AM, CZ, CF, S, AN, AMC, PIP, RA, TE, CM, NA, NN, C, CIP, SXT	1	3.6
	AM, CZ, CF, S, AN, AMC, PIP, RA, TE, GM, NA, TMP, MA, FOX, SXT	1	

Table 4. continued

16	AM, CZ, CF, S, AN, AMC, PIP, RA, TE, FEP, ATM, NN, MA, CAZ, FOX, CTX	1	1.8
Total		55	100

Amikacin (AN); Amoxicillin/ Clavulanic acid (AMC); Ampicillin (AM); Aztreonam (ATM); Cefamandole (MA); Cefazolin (CZ); Cefepime (FEP); Cefotetan (CTT); Cefotaxime (CTX); Ceftazidime (CAZ); Cephalothin (CF); Cefoxitin (FOX); Chloramphenicol (C); Ciprofloxacin (CIP); Gentamicin (GM); Imipenem (IPM); Nalidixic acid (NA); Piperacillin (PIP); Rifampin (RA); Streptomycin (S); Tetracycline (TE); Trimethoprim/Sulfamethoxazole (SXT); Tobramycin (NN); Trimethoprim (TMP)

Table 5. Antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* isolated from inland pollution sources

No. of antimicrobial	Antimicrobial resistance patterns	No. of isolated strain	Total (%)
4	CF, PIP, RA, TE	1	2 (2.2)
	CF, RA, TE, FOX	1	
6	CF, RA, TE, PIP, FOX, CTX	1	4 (4.3)
	CF, RA, TE, AM, CZ, FOX	1	
	CF, RA, TE, AN, NA, CIP	1	
	CF, RA, TE, AM, CZ, S	1	
7	CF, AN, RA, AM, CZ, S, TE	1	6 (6.5)
	CF, AN, RA, CZ, S, TE, FOX	1	
	CF, AN, RA, S, PIP, MA, TE	1	
	Other	3	
8	CF, RA, AM, CZ, S, AN, PIP, TE	3	16 (17.4)
	CF, RA, AM, CZ, AN, NA, PIP, TE	1	
	CF, RA, CZ, S, AN, PIP, MA, TE	1	
	Other	11	
9	RA, AM, CZ, CF, GM, AMC, PIP, TE, CIP	1	21 (22.8)
	RA, AM, CZ, CF, GM, S, AN, TE, FOX	1	
	RA, AM, CZ, CF, GM, S, AN, PIP, TE	1	
	Other	18	
10	CZ, CF, RA, TE, AM, GM, S, AN, AMC, CTX	1	16 (17.4)
	CZ, CF, RA, TE, AM, GM, S, AN, PIP, C	1	
	CZ, CF, RA, TE, AM, GM, AN, PIP, MA, C, FOX	1	
	Other	13	
11	AM, CF, AN, RA, TE, CZ, GM, S, PIP, MA, FOX	1	9(9.8)
	AM, CF, AN, RA, TE, CZ, NA, PIP, ATM, NN, MA	1	
	AM, CF, AN, RA, TE, CZ, GM, S, PIP, ATM, NN, MA	1	
	Other	6	
12	AM, CZ, CF, AN, PIP, RA, TE, S, NN, MA, CAZ, FOX	1	5 (5.4)
	AM, CZ, CF, AN, PIP, RA, TE, S, TMP, FOX, SXT	1	
	AM, CZ, CF, AN, PIP, RA, TE, S, NN, FOX, CTX, CIP	1	
	Other	2	
13	CZ, CF, PIP, RA, TE, AM, S, AN, NA, ATM, NN, MA, CAZ	1	5 (5.4)
	CZ, CF, PIP, RA, TE, AM, GM, S, AN, NA, NN, C, SXT	1	
	CZ, CF, PIP, RA, TE, S, AN, NN, MA, CAZ, C, CIP, SXT	1	
	Other	2	

Table 5. Continued

	AM, CZ, S, AN, RA, TE, CF, GM, AMC, NA, PIP, MA, C, FOX	1	
14	AM, CZ, S, AN, RA, TE, CF, AMC, PIP, NN, MA, C, FOX, SXT	1	3 (3.3)
	AM, CZ, S, AN, RA, TE, CF, GM, AMC, NA, PIP, NN, MA, CAZ	1	
	AM, CZ, CF, S, AN, NA, PIP, NN, RA, TE, SXT, GM, TMP, MA, CIP	1	
15	AM, CZ, CF, S, AN, NA, PIP, NN, RA, TE, SXT, GM, TMP, C, CIP	1	3 (3.3)
	AM, CZ, CF, S, AN, NA, PIP, NN, RA, TE, SXT, ATM, MA, CAZ, C	1	
17	AM, CZ, CF, GM, S, AN, AMC, FEP, NA, PIP, TMP, NN, MA, CAZ, RA, TE, SXT	1	1 (1.1)
18	AM, CZ, CF, GM, S, AN, FEP, NA, PIP, TMP, ATM, NN, MA, CAZ, RA, TE, FOX, CTX, SXT	1	1 (1.1)
Total		92	92 (100)

Amikacin (AN); Amoxicillin/ Clavulanic acid (AMC); Ampicillin (AM); Aztreonam (ATM); Cefamandole (MA); Cefazolin (CZ); Cefepime (FEP); Cefotetan (CTT); Cefotaxime (CTX); Ceftazidime (CAZ); Cephalothin (CF); Cefoxitin (FOX); Chloramphenicol (C); Ciprofloxacin (CIP); Gentamicin (GM); Imipenem (IPM); Nalidixic acid (NA); Piperacillin (PIP); Rifampin (RA); Streptomycin (S); Tetracycline (TE); Trimethoprim/Sulfamethoxazole (SXT); Tobramycin (NN); Trimethoprim (TMP)

필요할 것으로 사료된다.

## 사 사

이 논문은 2016년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업 수출 패류 생산해역 및 수산물위생조사(R2016059)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사 드립니다.

## 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.

Albrich WC, Monnet DL and Harbarth S. 2004. Antibiotic selection pressure and resistance in *Streptococcus pneumoniae* and *streptococcus pyogenes*. *Emerg Infect Dis* 10, 514-517.

APHA (American Public Health Association). 1970. Recommended procedures for the examination of seawater and shellfish. 4th Ed. American Public Health Association, Washington D.C., U.S.A., 1-47.

Beam JW and Buckley B. 2006. Community acquired methicillin resistant *Staphylococcus aureus*: Prevalence and risk factors. *J Athl Train* 41, 337-340.

CLSL (Clinical and Laboratory Standards Institute). 2004. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. CLSI document M100-S14. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne, Philadelphia, U.S.A., 29-76.

Feldhusen F. 2000. The role of seafood in bacterial foodborne disease. *Microbes Infect* 2, 1651-1660.

Frieden TR, Munsiff SS, Low DE, Willey BM, Williams G, Faur Y, Eisner W, Warren S and Kreiswirth B. 1993. Emergence of vancomycin resistant enterococci in New York City. *Lancet* 342, 76-79.

Grimes DJ. 1991. Ecology of estuarine bacteria capable of causing human disease: A review. *Estuaries* 14, 345-360.

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>.

Hwang KW, Kim HY, Lee MY and Koh YJ. 2007. The trend of antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from healthy volunteers of community and chicken butchers in Incheon. *Korean J Vet Serv* 30, 103-113.

Kim JY, Park MA, Kim JE, Chae HS, Park YJ, Son JW, Yang YM, Choi TS and Lee JH. 2013. Isolation frequency and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* & *Enterococcus* spp. Isolated from beef & pork on sale in Seoul, Korea. *Korean J Vet Serv* 36, 111-119. <http://dx.doi.org/10.7853/kjvs.2013.36.2.111>.

Kim HT, Jung KT, Lee DS and Lee KW. 2009. Study on antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from domestic beef on sale (2). *Korean J Vet Serv* 32, 93-102.

Kosis. 2016. Korean Statistical Information Service. Retrieved from <http://kosis.kr/> on July 11, 2016.

Kummerer K. 2009. Antibiotics in the aquatic environment - A review - Part I. *Chemosphere* 75, 417-434. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.086>.

Lee MH and Choi CS. 2007. Antimicrobial resistance profiles of eae positive *Escherichia coli*. *J. Food Hyg Saf* 22, 116-119.

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.2010.43.5.406>.

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.



- Lim SK, Nam HM, Lee HS, Jung SC, Jang GC and Kim SR. 2010. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from healthy cattle and pigs during 2007~2009 in Korea. *Kor J Vet Publ Hlth* 34 15-22.
- KMFDS (Korea Ministry of Food and Drug Safety). 2016. 2015 Antimicrobial use and monitoring of antimicrobial resistance. Retrieved from <http://www.mfds.go.kr/index.do> on July 11, 2016.
- Mok JS, Lee KJ, Kim PH, Lee TS, Lee HJ, Jung YJ and Kim JH. 2016a. Bacteriological quality evaluation of seawater and oysters from the Jaranman-Saryangdo area, a designated shellfish growing area in Korea: Impact of inland pollution sources. *Mar Pollut Bull* 108, 147-154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.036>.
- Mok JS, Lee TS, Kim PH, Lee HJ, Ha KS, Shim KB, Lee KJ, Jung YJ and Kim JH. 2016b. Bacteriological quality evaluation of seawater and oysters from the Hansan-Geojeman area in Korea, 2011-2013: impact of inland pollution sources. *SpringerPlus* 5, 1412. <http://dx.doi.org/10.1186/s40064-016-3049-9>.
- Park KBW, 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/10.5657/KFAS.2013.0528>.
- Son KT, Oh EG, Park KBW, 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.2009.42.4.322>.
- Song SW, Jung SC, Kim SI, Jung ME, Kim KH, Lee JY, Lim SK, Lee YJ, Cho NI, Park JM and Park YH. 2004. Surveillance of antimicrobial susceptibility of bacteria isolated from slaughterhouse in Korea, 2003. 1. Antimicrobial susceptibility of *E. coli* isolated from carcasses in slaughterhouse. *Kor J Vet Publ Hlth* 25, 215-221.
- Souli M, Galani I and Gianmarelou H. 2008. Emergence of extensively drug-resistant and pandrug-resistant gram negative bacilli in Europe. *Euro Surveill* 13, 47.
- 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/10.2165/00003495-199958040-00002>.
- 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).