

남해안 패류양식장에서 분리된 대장균(*Escherichia coli*)의 항균제 내성

박큰바위 · 박준용 · 조미라 · 유홍식 · 이희정 · 김지희 · 오은경¹ · 신순범² · 김연계² · 이태식^{2*}

국립수산과학원 식품안전과, ¹국립수산과학원 서해수산연구소, ²국립수산과학원 남서해수산연구소

Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli* Isolated from the Shellfish Farms in the Southern Coast of Korea

Kunbawui Park, Jun Yong Park, Mi Ra Jo, Hong Sik Yu, Hee Jung Lee, Ji Hoe Kim, Eun Gyoung Oh¹, Soon Bum Shin², Yeon Kye Kim² and Tae Seek Lee^{2*}

Food Safety Research Division, National Fisheries Research and Department Institute, Busan 619-705, Korea

¹West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Department Institute, Incheon 400-420, Korea

²Southwest Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Department Institute, Yeosu 556-823, Korea

This study evaluated the impact of antimicrobial resistant bacteria produced by inland pollution sources on coastal areas, and investigates antimicrobial resistance profiles of bacteria isolated from marine filter feeders. A total of 107 shellfish (short-necked clams *Ruditapes philippinarum*, ark shells *Scapharca broughtonii*, and oysters *Crassostrea gigas*) were collected from the southern coast of Korea, from which 204 *Escherichia coli* strains were isolated. The antimicrobial susceptibility patterns of isolated strains were analyzed for 15 antimicrobial agents used in Korea for clinical or veterinary therapy. Antimicrobial resistance was present in 44.6% of *E. coli* isolates against at least one antimicrobial agent. The rate of antimicrobial resistance in the Narodo area was higher than isolates from the Gangjin-man area and Kamak Bay. *E. coli* isolates had a higher rate of resistance against: tetracycline (29.9%), streptomycin (25.5%), and trimethoprim (14.2%). Of 204 isolates, 29 (14.2%) were resistant to multiple antimicrobial agents.

Key words: Antimicrobial resistance, *Escherichia coli*, Shellfish

서 론

항균제는 사람이나 동물의 질병을 예방하거나 치료하기 위하여 광범위하게 사용 되어지고 있으며 2012년 농림수산검역검사본부의 축산용 항균제 사용량 조사 자료에 의하면 우리나라의 동물용 항균제 사용량은 2008년 1,210톤, 2009년 998톤, 2010년 1,046톤, 2011년 956톤으로 조금씩 줄어드는 추세이나 수산용 항균제 사용량은 2008년 193톤, 2009년 178톤, 2010년 203톤, 2011년 239톤으로 오히려 항균제 사용량이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

이처럼 항균제는 양식 어류에서의 질병 예방이나 치료를 목적으로 널리 사용되고 있을 뿐만 아니라 이들 항균제 중 일부는 동물의 생산성을 증가시키기 위한 성장 촉진제로 사료와 혼합하여 사용되기도 한다(Tollefson et al., 1997; Gaskins et al., 2002). 그러나 이러한 목적으로 사용되는 항균제는 오·남용으로 인하여 수산분야에 있어서 항균제 내성균 출현뿐만 아니라

다제내성균의 증가 문제를 야기 시킬 수 있다. 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, 패류는 연안해역에 주로 서식하며 육상과 인접해 있어 배수유역에서 유입되는 오염물질의 영향을 쉽게 받을 수 있으며, 또한 이동성이 거의 없고, 여과섭이 활동을 통하여 먹이를 섭취하는 패류는 해수 중에 부유하는 세균들을 체내에 쉽게 축적하게 된다(Grimes, 1991; Feldhusen, 2000).

최근 인구의 증가와 산업발전으로 인하여 일부 생활폐수, 산업폐수 그리고 사람이나 가축으로부터 배설된 분변 등의 오염원이 하수구나 하천을 통하여 해상으로 유입됨으로써 연안 해역의 수질에 악 영향을 미치고 있으며(Hill et al., 2006; Lee et al., 2010), 이러한 오염원에는 항균제 내성균이 함유되어 있을

Article history:

Received 12 August 2013; Revised 4 September 2013; Accepted 9 September 2013

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 690. 8990 Fax: +82. 61. 685. 9073

E-mail address: tslee@nfrdi.go.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(5) 528-533, October 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0528>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

가능성이 높아 패류의 위생학적 안전성을 위협하는 요인이 될 수 있다.

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). 국내에서도 대장균의 항균제 내성에 관한 모니터링 및 연구가 많이 이루어지고 있는데, 주로 가축으로부터 분리한 대장균에 관한 연구이다(Chae et al., 2005; Lee et al., 2005; Cho et al., 2006; Kim et al., 2009).

수산분야에 있어서도 어류양식장에서 분리한 대장균, 장구균 및 비브리오균에 관한 항균제 내성균 연구는 일부 이루어져 있으나(Son et al., 2005; Oh et al., 2008; Son et al., 2009), 육상오염원과 인접해 있어 배수유역에서 유입되는 오염물질의 영향을 많이 받고 있는 패류양식장에서의 분리한 대장균의 항균제 내성에 관한 연구가 미미한 실정이다.

한편, 전남 고흥군 나로도 및 여수시 가막만, 경남 남해군 강진만 해역의 패류양식장에서 양식 중인 굴, 바지락 및 피조개는 강우 발생 후 이들 해역의 배수유역으로부터 유입되는 오염물질의 영향으로 인해 패류 중의 분변계대장균의 오염도가 크게 증가한다는 보고가 있고, 이들 해역의 배수유역에서 발생하고 있는 사람 및 가축의 분변이 적절하게 위생 처리되지 않고 패류생산해역으로 유입되고 있는 실정임으로 오염물질 중에 함유되어 있는 항균제 내성균들이 패류에서 분리되는 대장균의 항균제 내성에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다(Kwon et al., 2007; Park et al., 2011; Park et al., 2012).

따라서 본 연구에서는 항균제 내성균 및 육상오염원 관리를 위한 기초자료 제공하고자 고흥군 나로도, 여수시 가막만 및 남해군 강진만 해역내의 패류양식장에서 양식 중인 패류로부터 대장균을 분리하고, 분리된 대장균에 대한 항균제 내성 패턴을 조사하였다.

재료 및 방법

시료채취 및 채취지점

대장균 분리를 위한 시료는 2011년 10월부터 2012년 5월까지 전남 고흥군 나로도 및 여수시 가막만, 경남 남해군 강진만 해역의 패류양식장에서 양식 중인 굴(*Crassostrea gigas*), 바지락(*Ruditapes philippinarum*) 및 피조개(*Scapharca broughtonii*)를 대상으로 하였다. 시료 채취지점으로는 굴 양식장 12개소, 바지락 양식장 2개소 및 피조개 양식장 5개소에서 직접 패류를 채취하여 실험에 사용하였다(Fig. 1).

대장균시험

대장균시험은 Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish (A.P.H.A., 1970)에 준하여 시험하였다. 추정시험에는 Lauryl Tryptose broth (Difco, USA)

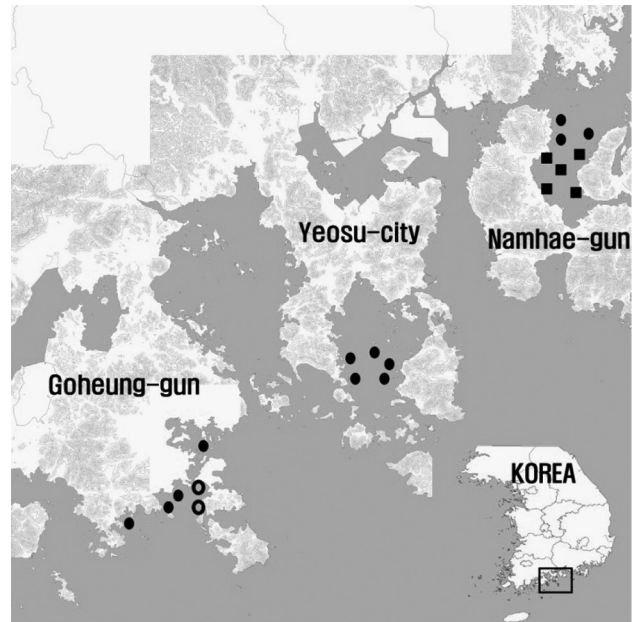


Fig. 1. Sampling stations to isolate *Escherichia coli* from shellfish farms on the southern coast of Korea. ●, Oyster *Crassostrea gigas*; ○, Short-neck clam *Ruditapes philippinarum*; ■, Ark shell *Scapharca broughtonii*.

를, 확정시험에는 EC broth (Merck, Germany)를 사용하였다. EC broth의 양성 시험관으로부터 균을 분리하여 EMB agar (Difco, USA)에 도달한 후 금속성 광택 집락의 의심균주는 IMViC test 및 VITEK system (BioMerieux Vitek, France)를 이용하여 *Escherichia coli*로 동정하였다.

항균제 감수성 시험

분리-동정된 각 대장균의 항균제 감수성은 Acar and Goldstein (1991)의 디스크 확산법과 미국 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2004)에 준하여 시험하였다. 즉, 분리된 각 균주는 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), amoxicillin/clavulanic acid (20 µg/µg; AmC), aztreonam (30 µg; ATM), cefazolin (30 µg; CZ), cefotaxime (30 µg; CTX), ceftazidime (30 µg; CAZ), cephalothin (30 µg; CF), chloramphenicol (30 µg; C), gentamicin (10 µg; GM), nalidixic acid (30 µg; NA), streptomycin (10 µg; S), rifampin (5 µg; RA), tetracycline (30 µg; TE), trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25 µg/23.75 µg; SXT), trimethoprim (5

Table 1. Number of *Escherichia coli* isolated from oyster *Crassostrea gigas*, short-neck clam *Ruditapes philippinarum* and ark shell *Scapharca broughtonii*

Sampling areas	Samples	Number of samples	Number of isolated strains
Goheung-gun	Oyster	25	43
	Short-neck clam	15	73
	Total	40	116
Yeosu-city	Oyster	30	10
	Total	30	10
Namhae-gun	Oyster	16	30
	Ark shell	21	48
	Total	37	78
Total		107	204

µg; TMP) 등 15종으로 BBL사 제품을 사용하였다. 항균제 디스크를 고착시킨 Muller Hinton Agar 평판은 35°C, 16-18시간 배양한 다음 균의 증식 저해대(inhibition zone)의 크기를 calipers로 측정하여 감수성 유무를 판별하였으며, 감수성 결과의 정도 관리를 위하여 *E. coli* ATCC 25922를 표준균주로 사용하여 각 항균제 디스크에 대한 역가를 확인하였다.

결과 및 고찰

*Escherichia coli*의 분리 및 항균제 내성율

2011년 10월부터 2012년 5월까지 남해안 3개 지역(고흥, 여수, 남해)에 소재하는 패류양식장 19개소에서 직접 채취한 굴 71점, 바지락 15 점, 피조개 21 점 등 총 107 점 대상으로 *E. coli*를 분리하였는데 시료별 *E. coli* 분리 현황은 굴에서 83균주, 바지락에서 73균주, 피조개에서 48 균주로 모두 204균주가 분리되었으며, 지역별 *E. coli* 분리 현황을 살펴보면 고흥 나로도 해역의 굴 25점과 바지락 15점에서 116균주, 남해 강진만 해역의 굴 16점과 피조개 21점에서 78균주, 여수 가막만 해역의 굴 30 점에서 10 균주가 분리되었다(Table 1).

한편, 분리된 *E. coli* 204균주를 대상으로 수산물 및 축산에서 분리된 대장균에서 주로 내성이 나타난 것으로 보고된 15종의 항균제에 대하여 감수성을 알아본 결과, 분리된 *E. coli* 균주는 조사대상 항균제들 중 tetracycline (29.9%)에서 가장 높은 내성율을 나타내었으며, 다음으로는 streptomycin (25.5%), ampicillin (18.6%), trimethoprim/sulfamethoxazole (14.2%), trimethoprim (14.2%), gentamicin (11.8%) 순이었다. 또한 aztreonam, cephalothin, chloramphenicol, nalidixic acid, rifampin 에 대해서는 10% 이하의 내성율을 나타내었으나, amoxicillin/clavulanic acid, cefazolin, cefotaxime, ceftazidime 에 대해서는 분리된 *E. coli* 모든 균주가 감수성인 것으로 확인되었다(Table 2).

Lee et al. (2003)가 보고한 각종 수산물로부터 분리한 *E. coli*에서의 tetracycline 내성율이 38%로 나타났다고 보고한 결과하고는 다소 비슷하였지만, Son et al. (2009)이 남해안 어류양

식장에서 분리한 *E. coli*에서의 tetracycline 내성율이 74.1%로 나타났다고 보고한 결과하고는 큰 차이를 나타내었다. 이러한 결과 차이는 본 실험에 사용한 패류가 강우 발생을 제외하고는 배수구역에서 유입되는 오염물질의 영향을 미비하게 받고 있는 패류생산해역에서 양식 중인 패류를 직접 채취하여 실험에 사용하였기 때문에 대장균의 오염도와 분리된 대장균의 항균제 내성율이 낮은 반면에 질병예방 및 치료를 목적으로 항균제의 사용량이 많은 어류양식장의 경우, 양식어류 및 사육장 해수가 직접적인 항균제 노출로 인해 이들 시료로부터 분리된 *E. coli*의 항균제 내성이 높게 나타난 것이기 때문이다. 또한 Tendencia and Pena (2001)은 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. 고흥 나로도 해역에서 분리된 대장균은 tetracycline 와 streptomycin에 대한 내성율이 각각 38.8% 및 30.2%로 나타내었고 amoxicillin/clavulanic acid, cefazolin, cefotaxime, ceftazidime에서는 감수성을 보였으나, 남해 강진만 해역에서 분리된 대장균은 ampicillin, gentamicin, trimethoprim/sulfamethoxazole, trimethoprim에 대한 내성율이 공히 24.4%로 확

Table 2. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from oyster *Crassostrea gigas*, short-neck clam *Ruditapes philippinarum* and ark shell *Scapharca broughtonii*

Antimicrobial agents	Concentration disk (µg)	Diffusion zone breakpoint (mm)	Number of resistance isolates (%)
			<i>Escherichia coli</i> (n=204)
Ampicillin (AM)	10	≤ 13	38(18.6)
Amoxicillin / clavulanic acid (AmC)	20/10	≤ 13	0(0.0)
Aztreonam (ATM)	30	≤ 15	4(2.0)
Cefazolin (CZ)	30	≤ 14	0(0.0)
Cefotaxime (CTX)	30	≤ 14	0(0.0)
Ceftazidime (CAZ)	30	≤ 14	0(0.0)
Cephalothin (CF)	30	≤ 14	9(4.4)
Chloramphenicol (C)	30	≤ 12	10(4.9)
Gentamicin (GM)	10	≤ 12	24(11.8)
Nalidixic acid (NA)	30	≤ 13	13(6.4)
Streptomycin (S)	10	≤ 11	52(25.5)
Rifampin (RA)	5	≤ 17	13(6.4)
Tetracycline (TE)	30	≤ 14	61(29.9)
Trimethoprim / sulfamethoxazole (SXT)	1.25/23.75	≤ 10	29(14.2)
Trimethoprim (TMP)	5	≤ 10	29(14.2)

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

Antimicrobial agents	Concentration disk (µg)	Diffusion zone breakpoint (mm)	Sampling areas		
			Goheung-gun	Yeosu-city	Namhae-gun
			Number of resistance isolates (%)		
			<i>Escherichia coli</i> (n=116)	<i>Escherichia coli</i> (n=10)	<i>Escherichia coli</i> (n=78)
Ampicillin (AM)	10	≤ 13	19 (16.4)	0 (0.0)	19 (24.4)
Amoxicillin/clavulanic acid (AmC)	20/10	≤ 13	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Aztreonam (ATM)	30	≤ 15	3 (2.6)	0 (0.0)	1 (1.3)
Cefazolin (CZ)	30	≤ 14	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Cefotaxime (CTX)	30	≤ 14	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Ceftazidime (CAZ)	30	≤ 14	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Cephalothin (CF)	30	≤ 14	9 (7.8)	0 (0.0)	0 (0.0)
Chloramphenicol (C)	30	≤ 12	10 (8.6)	0 (0.0)	0 (0.0)
Gentamicin (GM)	10	≤ 12	5 (4.3)	0 (0.0)	19 (24.4)
Nalidixic acid (NA)	30	≤ 13	13 (11.2)	0 (0.0)	0 (0.0)
Streptomycin (S)	10	≤ 11	35 (30.2)	9 (90.0)	8 (10.3)
Rifampin (RA)	5	≤ 17	9 (7.8)	1 (10.0)	3 (3.9)
Tetracycline (TE)	30	≤ 14	45 (38.8)	0 (0.0)	16 (20.5)
Trimethoprim/sulfamethoxazole (SXT)	1.25/23.75	≤ 10	10 (8.6)	0 (0.0)	19 (24.4)
Trimethoprim (TMP)	5	≤ 10	10 (8.6)	0 (0.0)	19 (24.4)

인되었고, tetracycline와 streptomycin에 대한 내성율이 각각 20.5% 및 10.3%로 나타났고, amoxicillin/clavulanic acid, cefazolin, cefotaxime, ceftazidime, cephalothin, chloramphenicol, nalidixic acid에서는 감수성을 보여 나로도 해역에서 분리된 대장균의 항균제 내성 경향하고는 다소 차이가 있는 것으로 조사되었다. 또한 고흥 나로도 해역의 패류양식장에서 분리된 대장균이 여수 가막만 및 남해 강진만 해역에서 분리된 대장균들보다는 많은 항균제에 내성을 보이는 것으로 확인되었다.

Lee et al. (2005)은 닭 분변 유래의 대장균에서 tetracycline (95.2%), ampicillin (70.1%), streptomycin (59.2%), trimethoprim/sulfamethoxazole (53.7%) 내성율이 높았고, Choi et al. (2006)은 양돈 분변에서 분리한 대장균에서 tetracycline (100%), trimethoprim/sulfamethoxazole (60.2%), ampicillin (50.0%), streptomycin (50.0%) 내성율이 50%이상이었다고 보고하였다.

한편, 나로도 및 강진만 해역에 양식 중인 굴과 피조개의 위생학적 성상은 강우 발생 후 이들 해역의 배수유역에서 유입되는 분변성 오염물질의 영향으로 인해 분변계대장균의 오염도가 크게 증가되었다고 보고하였으며(Park et al., 2011; Park et al., 2012), Herwing et al. (1997)은 어류양식장에서 항균제를 사용함으로써 해양환경에 존재하는 세균의 내성 정도를 증가시킬 수 있으며, 항균제를 많이 사용한 어류양식장의 침전물로부터 분리된 세균의 내성율은 항균제를 거의 사용하지 않은 어류양식장의 침전물로부터 분리한 세균의 내성율에 비하여 매우 높았다고 하였다.

이상의 결과를 종합해보면, 나로도 및 강진만 해역에서 분리

된 대장균의 항균제 내성 차이는 이들 해역의 배수유역에 소재하고 있는 사람이나 가축에 사용하는 항균제 사용량 차이, 해역으로 유입되는 분변성 오염물질의 종류 및 육상오염원 중에 함유되어 있는 대장균의 항균제 내성 차이 등의 요인으로 인해 지역별로 항균제 내성 차이가 나타난 것으로 사료된다. 따라서 패류에서 항균제 내성균 및 다제내성균 검출은 육상오염원의 영향이 가장 큰 요인으로 생각되기 때문에 패류의 위생학적 안전성 확보와 항생제 내성균 감소를 위해서는 패류 생산해역으로 유입되는 분변성 오염물질 차단을 위한 육상오염원의 관리 대책이 필요하다.

분리균주의 항균제 내성 패턴

패류에서 분리된 *E. coli* 204균주를 대상으로 15종의 항균제에 대한 내성패턴을 Table 4에 나타내었다. 시험에 사용된 15종의 모든 항균제에 감수성을 나타낸 균주는 113균주(55.4%)이었으며, 1종 이상의 항균제에 내성을 나타낸 균주는 91균주(44.6%)이었다. 항균제 내성패턴 중에서 2제 내성이 15.2%로 가장 많았으며, 다음으로 1제 내성이 11.8%, 5제 및 6제 내성이 3.9%, 3제 내성이 3.4%, 7제 및 8제 내성이 2.5%, 4제 내성이 1.5%, 4종 이상의 항균제에 내성을 나타내는 다제내성균(Multiple antimicrobial resistance bacteria; MARB)은 29균주(14.2%)로 확인되었다.

Lee et al. (2003)가 보고한 각종 수산물로부터 분리된 *E. coli*에서 다제내성균의 검출율이 6.1%이었다고 보고하여 본 실험결과보다 다제내성균 검출율이 낮게 나타났지만, 항균제에 직접적인 노출이 많이 이루어지는 어류양식장의 양식어류 및

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

Number of antimicrobials	Most frequent patterns ¹	Number of isolated strains	Total (%)
0		113	55.4
1	ATM	1	11.8
	RA	5	
	S	8	
	TE	10	
2	AM, CF	6	15.2
	ATM, NA	3	
	S, RA	1	
	S, TE	21	
3	AM, CF, RA	3	3.4
	S, RA, TE	4	
4	AM, GM, TMP, SXT	3	1.5
5	AM, GM, TE, TMP, SXT	8	3.9
6	AM, GM, S, TE, TMP, SXT	8	3.9
7	AM, S, C, TE, TMP, SXT, NA	5	2.5
8	AM, GM, S, C, TE, TMP, SXT, NA	5	2.5
Total		204	100

¹AM, ampicillin; ATM, Aztreonam; CF, cephalothin; C, chloramphenicol; GM, gentamicin; NA, nalidixic acid; S, streptomycin; RA, rifampin; TE, tetracycline; SXT, trimethoprim/sulfamethoxazole; TMP, trimethoprim.

해수에서 분리된 *E. coli*에서의 다제내성균이 검출율이 각각 62.5% 및 55.8%이었다고 보고하여 본 연구결과와는 큰 차이를 나타내었다(Son et al., 2009). 이러한 연구 결과 차이는 양식 어류는 항균제 노출 빈도가 높은 관계로 다제내성균 출현 가능성이 높지만, 패류는 항균제의 직접적인 노출 빈도가 매우 적었기 때문인 것으로 사료되며, Tendencia and Pena (2001)은 낮은 농도의 항균제라도 장기간 사용할 세균에 대한 약제 내성을 증가시킬 뿐만 아니라 세균이 다제내성균으로 발전될 가능성도 있다고 보고하였다.

이상의 결과 육상오염원의 영향을 쉽게 받는 연안해역에서 서식하는 패류는 해역으로 유입되는 오염물질 속에 함유되어 있는 항균제 내성균 및 다제내성균 유입과 항균제 사용량이 증가하고 있는 육·해상 어류양식장으로부터 배출되는 항균제의 노출 영향으로 인해 패류뿐만 아니라 다른 수산물에서도 다제내성균 검출율이 증가할 가능성이 높아지고 있다. 따라서 항균제 내성균 및 다제내성균 증가를 억제하기 위해서는 축산이나 수산분야에서 질병 예방, 치료 및 성장 촉진을 목적으로 사용되는 항균제의 적절한 관리대책, 가축사육이나 어류사육 종사자들에게 대한 올바른 항균제 사용 지침에 관한 지속적인 교육이 필요하다고 사료된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(수출패류 생산해역 및 수산물 위

생조사, RP-2013-FS-036)원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 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.
- 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.
- Choi SH, Lee YJ, Kim BH, Kim KS, Park CK, Bae DH, Cho JK, Kim JW, Kim BH and Kang MS. 2006. Antibiotic resistance and genotypic characterization of *Escherichia coli* isolated from pig farm environment. J Bacteriol Virol 36, 159-165.
- CLSI. 2004. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. CLSI document M100-S14. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne, PA. U.S.A., 29-76.
- Feldhusen F. 2000. The role of seafood in bacterial foodborne disease. Microbes Infect 2, 1651-1660.
- Gaskins HR, Collier CT and Anderson DB. 2002. Antibiotics as growth promotants: mode of action. Anim Biootechnol 13, 29-42. <http://dx.doi.org/10.1081/ABIO-120005768>.
- 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>.
- 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.
- Kummerer K. 2009. Antibiotics in the aquatic environment – A review – Park I. Chemosphere 75, 417-434.
- Kwon JY, Park K, Song KC, Lee HJ, Park JH, Kim JD and Son KT. 2007. Evaluation of the bacteriological quality of a shellfish-growing area in kamak bay, Korea. Kor J Fish Aquat Sci 11, 7-14.
- 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. Kor J Fish Aquat Sci 43, 406-414.
- 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.
- 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.
- Oh EG, Son KT, Yu HS, Kim JH, Lee TS and Lee HJ. 2008. Antimicrobial susceptibility pattern of *Enterococcus faecalis* and *E. faecium* from fish farms in the southern coast of Korea. J Kor Fish Soc 41, 435-439.
- 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. Kor 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. Kor J Fish Aquat Sci 45, 414-422. [Http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0414](http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0414).
- 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. Kor J Fish Aquat Sci 42, 322-328.
- Tendencia EA and Pena LD. 2001. Antibiotic resistance of bacteria from shrimp ponds. Aquaculture 195, 193-204.
- Tollefson L, Altekruze SF and Potter. 1997. Therapeutic antibiotics in animal feeds and antibiotic resistance. Rev Sci Tech 16, 709-715.