

< Short Communication >

## 서울지역에서 유통 중인 쇠고기와 돼지고기로부터 분리된 대장균과 장구균의 분리율 및 항생제 내성

김주영\* · 박미애 · 김지은 · 채희선 · 박연재 · 손장원 · 양윤모 · 최태석 · 이주형  
서울특별시 보건환경연구원

### Isolation frequency and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* & *Enterococcus* spp. isolated from beef & pork on sale in Seoul, Korea

Ju-Young Kim\*, Mi-Ae Park, Jee-Eun Kim, Hee-Sun Chae, Yeon-Jae Park,  
Jang-Won Son, Yun-Mo Yang, Tae-Seok Choi, Ju-Hyung Lee

Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Gwacheon 427-070, Korea

(Received 4 April 2013; revised 29 May 2013; accepted 7 June 2013)

#### Abstract

The aim of this study was to investigate the isolation frequency and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* (*E. coli*) and *Enterococcus* spp. from domestic beef and pork on sale in Seoul, Korea. A total of 106 (10.4%) *E. coli* and 114 (11.2%) *Enterococcus* spp. from 635 domestic beef and 381 pork samples were isolated and examined for susceptibility to 15 and 11 antimicrobial agents, respectively. The most frequent antimicrobial resistance observed in *E. coli* isolates was to ampicillin (38.6%), followed by streptomycin (34.9%) and tetracycline (32.0%). The most frequent antimicrobial resistance in *E. faecium* isolates was to erythromycin (53.8%) and rifampin (46.1%), and in *E. faecalis* isolates was to tetracycline (55.7%) and rifampin (55.0%). Among the isolates, multi-drug resistant (MDR) *E. coli* and *Enterococcus* spp. strains showing resistances to more than two antimicrobial agents tested were 10.4% and 11.2%, respectively. As a result, appropriate protocols for antimicrobial agents and strategies to reduce antimicrobial resistance will be needed in future.

**Key words :** Antimicrobial resistance, *E. coli*, *Enterococcus* spp., Beef, Pork

## 서 론

항생제 내성 문제는 국내뿐만 아니라 세계적으로 적절한 치료제 부재로 사회적인 문제가 되고 있으며, 축산 분야에서도 가축의 질병 치료에 어려움이 많다. 동물에서 이러한 항생제 내성균 증가는 공중보건학적 측면에서도 중요하게 주목받고 있는데, 특히 사람에서 최근 문제시되고 있는 살모넬라 DT104, 퀴놀론 내성 캄필로박터 등 내성균의 증가가 동물에서 내성균의 증가와 무관하지 않다는 연구가 보고되고 있어

(식품의약품안전청, 2006; Bartholomew 등, 2005), 동물이나 축산물 유래 내성균에 대한 중요성을 인식하고 이를 개선할 방안이 절실히 필요하다.

항생제 내성균 문제를 해결하려는 방안의 하나로 전문가들은 제도적이며 광범위한 항생제 내성균 감시 시스템의 필요성을 제안하였으며, 최근에는 세계보건기구(WHO), 국제무역사무국(OIE) 전문가 회의에서도 가축위생 및 공중보건에 문제가 되는 항생제 내성균을 제어하기 위한 전략의 하나로 국제적으로 비교 가능한 항생제 내성균 모니터링의 중요성을 강조하였다(WHO, 1997; WHO, 2000; Ahart 등, 1978).

*Escherichia (E.) coli*은 사람이나 동물의 장내 분포

\*Corresponding author: Ju-Young Kim, Tel. +82-2-570-3167,  
Fax. +82-2-570-3206, E-mail. 7776jy@seoul.go.kr

된 정상 세균총으로 자연계에서 널리 분포하고 있으며, 대부분 대장균은 병원성이 없는 것으로 알려졌으나 일부의 특이 혈청형은 유아에게 설사를 일으킬 뿐 아니라 성인에게도 급성 위장염을 일으키며 동물에서도 다양한 소화기 질병과 설사 증상을 유발하는 것으로 알려졌다(Song 등, 2004). 또한, 장구균속의 세균은 포유동물과 조류의 장내 정상 세균총으로 고농도로 존재하며 동물의 분변에 의한 대표적인 오염 지표세균으로 오염의 척도로 이용되고 있다(Kühn 등, 2003). 주로 병원성을 나타내는 장구균에는 *Enterococcus (E.) faecalis*, *E. faecium*, *E. avium*, *E. durans*, *E. casseliflavus*, *E. mundtii*, *E. hirae* 및 *E. gallinarum*이 있으며, 감염 시 각종 질병을 일으키는 것으로 알려졌다(Klein, 2003).

식품분야에서 대장균과 장구균의 검출은 소화기계 전염병균이나 식중독균의 존재 가능성을 나타내므로 비위생적인 처리의 척도로서 분변 오염 지표 세균으로 활용하고 있으며, 식품의 제조, 가공 또는 저장 중에 직, 간접적으로 분변에 오염된 것으로 추정하고 있다. 사람과 동물의 정상 세균총의 항생제 내성 정도는 항생제 사용에 대한 선택적 압력의 좋은 지표로 간주하고 있다(Ahart 등, 1978; Murry, 1984; Winggins, 1996). 이러한 지표 세균의 항생제 내성률은 항생제 사용과 관련이 있기 때문에 항생제 내성 변화는 병원성 세균이나 식중독 세균의 항생제 내성을 예측할 수 있어 조기경보시스템으로서 중요한 역할을 하고 있다(Hummel 등, 1986; Lester 등, 1990; Lim 등, 2007b).

현재까지 가축 및 축산물에 대한 항생제 내성균의 분포 조사는 대부분 가축의 질병을 치료하기 위한 치료제 선발을 목적으로 이루어진 것으로 주로 가축의 병원성 세균, 식중독 세균에 관한 조사가 대부분이다(Kim 등, 1997; Choi 등, 1986; Ham 등, 1997; Lim 등, 2007b). 이에 따라 국내 여러 연구자가 대장균과 장구균을 대상으로 항균제 내성에 관한 보고(Cho 등, 2006)를 하였으나, 유통 중인 쇠고기와 돼지고기에서 대장균과 장구균의 분리율 및 분리균주의 항균제 내성에 관한 연구는 아주 미흡한 실정이다(Cho 등, 2006; Kim 등, 2007).

따라서 이번 연구에서는 축산과 수의 분야에서 항생제의 효율적인 사용 및 안전관리 대책 수립에 도움이 되고, 식생활에서 꾸준한 증가 추세로 섭취하는 축산식품 중 대표적인 식육에 대한 안전성 확인의 한 과정으로 유통 중인 쇠고기와 돼지고기에서 대장균과 장구균을 대상으로 분리율 및 항생제 내성 실태를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

식육에서 대장균 및 장구균의 분리율과 항생제 내성 패턴을 분석하기 위한 시료는 2011년 2월부터 2012년 10월까지 서울지역 식육판매업소와 식육포장처리업소에서 수거한 쇠고기 635건과 돼지고기 381건을 균분리 재료로 사용하였다.

### 분리 및 동정

시료내 *E. coli* 및 장구균의 분리 및 동정을 위해 임등(2011)의 방법에 따라 다음과 같이 실시하였다. 먼저 *E. coli*의 분리를 위해 시료 현탁액 1 ml를 Brilliant green lactose bile broth (BGLB, Merck, Germany) 9 ml에 넣은 후 42°C에서 48시간 증균 배양한 다음, 이 배양액을 Eosin Methylene Blue agar (EMB, Merck, Germany)에 직접 도말하여 37°C에서 18~24시간 배양한 후 금속성 광택 집락을 3개 선택하여 MacConkey agar (MA, Merck, Germany)에 직접 도말하여 37°C에서 18~24시간 배양하였다. MA에서 분홍색 집락을 선택하여 그람염색, IMViC (Indole+, MR+, VP-, citrate-) 시험, 자동화 미생물 동정장비(Vitek 2 compact, BioMérieux, France)를 이용하여 최종 동정하였다.

*E. faecium*과 *E. faecalis*의 분리를 위해 시료 현탁액 1 ml를 Brain Heart Infusion broth (BHI, Merck, Germany) 9 ml에 넣은 후 37°C에서 24~48시간 증균배양한 후 이 배양액을 *Enterococcus* agar (EA, Merck, Germany)에 직접 도말하여 37°C에서 24~48시간 배양한 다음 의심되는 검은색 집락 3~5개를 선택하여 다시 EA에 37°C에서 24~48시간 배양한 후 단독집락을 선별하여 Tryptic soy agar (TSA, Merck, Germany)에 도말하여 37°C, 24~48시간 동안 순수 분리한 후 그람염색 양성, catalase 양성인 집락을 선별하여 최종 PCR로 동정하였다.

### 항생제 감수성 시험

본 실험에서 분리한 *E. coli*, *E. faecium*과 *E. faecalis*에 대한 항생제 감수성 시험을 Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI, 2009)에 따라 디스크 확산법으로 실시하였다. 사용한 항생제 디스크는 BBL Sensi-

disc (BD, USA) 제품인 ampicillin (AM, 10 U), amoxicillin-clavulanic acid (AMC, 20/10 µg), cephalothin (CF, 30 µg), cefepime (FEP, 30 µg), ceftiofur (XNL, 30 µg), gentamicin (GM, 120 µg), neomycin (N, 30 µg), streptomycin (S, 300 µg), tetracycline (TE, 30 µg), ciprofloxacin (CIP, 5 µg), enrofloxacin (ENO, 5 µg), nalidixic acid (NA, 30 µg), trimethoprim-sulfamethoxazole (SXT, 1.25/23.75 µg), chloramphenicol (C, 30 µg), florfenicol (FFC, 30 µg), penicillin (P, 10 U), vancomycin (VA, 30 µg), erythromycin (E, 15 µg), rifampin (RA, 5 µg), linezolid (LNZ, 30 µg) 등 20종이었다. 분리균주를 Muller-Hinton broth (MH, Merck, Germany)에 접종하여 37°C에서 2~4시간 배양하여 균 농도를 McFarland No. 0.5로 조정 한 후 멸균 면봉을 이용하여 MH 평판배지(Merck, Germany)에 고르게 도포한 다음 항생제 디스크를 dispenser로 접종한 후 37°C에서 16~18시간 배양한 후 균 억제대의 크기를 측정하였으며 표준균주는 *E. coli* (ATCC 25922)와 *E. faecalis* (ATCC 29212)를 사용하였다.

**통계분석**

쇠고기와 돼지고기에서의 *E. coli*와 *Enterococcus* spp.의 분리율과 항생제 내성률에 대한 결과를 상호 비교 분석하였다. 여기서 얻은 수치들의 유의성 검증을 위하여 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) R version 3.0.0 (2013.04.03)을 이용하여 chi-square test를 실시하였다.

**결 과**

***E. coli* 및 *Enterococcus* spp. 분리율**

서울지역에 유통 중인 쇠고기 635점으로부터 *E. coli*와 *Enterococcus* spp.를 분리한 결과, *E. coli* 59주, *Enterococcus* spp. 85주(*E. faecalis* 70주, *E. faecium* 15주)가 분리되어, 장구균의 분리율이 대장균 보다 높았다( $P=0.027$ , Table 1). 돼지고기 381점에서는 *E. coli* 47주, *Enterococcus* spp. 29주(*E. faecalis* 18주, *E. faecium* 11주)가 분리되었으며, 대장균의 분리율이 장구균 보다 높았다( $P=0.039$ , Table 1).

***E. coli*의 항생제 내성 양상**

분리된 *E. coli* 106주에 대한 항생제 감수성 시험 결과는 Table 2와 같았다. *E. coli* 106주의 약제 내성률은 AM 38.6%, S 34.9%, TE 32.0%로 나타났으며 축

**Table 1.** Isolation rate of *E. coli* and *Enterococcus* spp. isolated from beef and pork on sale

Raw meat	No. of samples	No. of isolates (%)		
		<i>E. coli</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>E. faecium</i>
Beef	635	59 (9.2)	70 (11.0)*	15 (2.3)*
Pork	381	47 (12.3)	18 (4.7) <sup>†</sup>	11 (2.8) <sup>†</sup>
Total	1,016	106 (10.4)	88 (8.6)	26 (2.5)

\* $P=0.027$ . <sup>†</sup> $P=0.039$ .

**Table 2.** Antimicrobial resistance of *E. coli* strains isolated from beef and pork on sale

Class and antimicrobial agents	Concentration disk (µg)	Diffusion zone break point (mm)	No. of resistant strains (%)		
			Beef (n=59)	Pork (n=47)	Total (n=106)
Ampicillin (AM)	10	≤13	4 (6.7)	37 (78.7)	41 (38.6)
Amoxicillin-clavulanic acid (AMC)	20/10	≤13	2 (3.3)	1 (2.1)	3 (2.8)
Cephalothin (CF)	30	≤14	3 (5.0)	6 (12.7)	9 (8.4)
Cefepime (FEP)	30	≤14	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Ceftiofur (XNL)	30	≤14	0 (0)	1 (2.1)	1 (0.9)
Gentamicin (GM)	10	≤12	0 (0)	12 (25.5)	12 (11.3)
Neomycin (N)	30	≤12	4 (6.7)	22 (46.8)	26 (24.5)
Streptomycin (S)	10	≤11	16 (27.1)	21 (44.6)	37 (34.9)
Tetracycline (TE)	30	≤11	9 (15.2)	25 (53.1)	34 (32.0)
Ciprofloxacin (CIP)	5	≤15	0 (0)	1 (2.1)	1 (0.9)
Enrofloxacin (ENO)	5	≤15	1 (1.6)	1 (2.1)	2 (1.8)
Nalidixic acid (NA)	30	≤13	2 (3.3)	17 (36.1)	19 (17.9)
Trimethoprim-Sulfamethoxazole(SXT)	1.25/23.75	≤10	1 (1.6)	24 (51.0)	25 (23.5)
Chloramphenicol (C)	30	≤12	3 (5.0)	29 (61.7)	32 (30.1)
Florfenicol (FFC)	30	≤12	4 (6.7)	24 (51.0)	28 (26.4)

Table 3. Antimicrobial resistance patterns of *E. coli*

No. of resistance	Resistance patterns	No. of resistance (%)				
		Beef (n=59)	Pork (n=47)	Total (n=106)		
0 (n=39)		36 (61.0)	3 (6.3)	39 (36.7)		
1 (n=13)	S	6 (10.1)	1 (2.1)	7 (6.6)		
	CF	1 (1.6)	-	1 (0.9)		
	AM	1 (1.6)	1 (2.1)	2 (1.8)		
	N	-	2 (4.2)	2 (1.8)		
	NA	1 (1.6)	-	1 (0.9)		
2 (n=10)	S, TE	7 (11.8)*	-	7 (6.6)		
	CF, N	1 (1.6)*	-	1 (0.9)		
	AM, S	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, AMC	1 (1.6)*	-	1 (0.9)		
3 (n=8)	AM, S, TE	1 (1.6)*	-	1 (0.9)		
	AMC, CF, FFC	1 (1.6)*	-	1 (0.9)		
	N, AM, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, SXT, C	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	SXT, C, TE	-	2 (4.2)*	2 (1.8)		
	S, N, AM	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, TE, C, FFC	1 (1.6)*	2 (4.2)*	3 (2.8)		
4 (n=10)	S, AM, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, GM, AM, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, SXT, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	N, AM, AMC, CF	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	GM, N, AM, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, C, FFC, TE	-	2 (4.2)*	2 (1.8)		
	AM, N, S, C, FFC	1 (1.6)*	-	1 (0.9)		
	GM, N, AM, TE, C	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, AM, N, SXT, TE	-	3 (6.3)*	3 (2.8)		
	S, AM, C, FFC, SXT	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, GM, AM, TE, SXT	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
5 (n=11)	N, AM, TE, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, CF, SXT, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	N, AM, SXT, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, SXT, C, FFC, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	N, ENO, NA, SXT, C, FFC	1 (1.6)*	-	1 (0.9)		
	AM, N, SXT, C, FFC, TE	-	2 (4.2)*	2 (1.8)		
	GM, N, AM, SXT, C, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	GM, N, AM, CF, SXT, C	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, N, S, SXT, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, GM, AM, N, SXT, C	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
6 (n=8)	GM, AM, AMC, SXT, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, GM, AM, SXT, C, FFC, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, N, S, SXT, C, FFC, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, GM, N, AM, SXT, C, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	AM, N, S, CF, XNL, SXT, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	S, AM, CF, SXT, C, FFC, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)		
	7 (n=5)	S, GM, AM, N, SXT, C, FFC, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)	
		AM, GM, N, TE, CIP, ENO, NA, SXT, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)	
8 (n=1)		S, GM, AM, N, SXT, C, FFC, TE	-	1 (2.1)*	1 (0.9)	
		10 (n=1)	AM, GM, N, TE, CIP, ENO, NA, SXT, C, FFC	-	1 (2.1)*	1 (0.9)
			Total	46 patterns		

\* $P=4.48 \times 10^{-9}$ .

Table 4. Antimicrobial resistance of *Enterococcus* spp. strains isolated from beef and pork on sale

Class and antimicrobial agents	Concentration disk ( $\mu\text{g}$ )	Diffusion zone break point (mm)	No. of resistant strains (%)					
			<i>E. faecalis</i>			<i>E. faecium</i>		
			Beef (n=70)	Pork (n=18)	Total (n=88)	Beef (n=15)	Pork (n=11)	Total (n=26)
Penicillin (P)	10	$\leq 14$	5 (7.1)	0 (0)	5 (5.7)	3 (20.0)	0 (0)	3 (11.5)
Streptomycin (S)	300	$\leq 6$	11 (15.7)	5 (27.8)	16 (18.2)	2 (13.3)	0 (0)	2 (7.7)
Gentamicin (GM)	120	$\leq 6$	1 (1.4)	2 (11.1)	3 (3.4)	2 (13.3)	0 (0)	2 (7.7)
Vancomycin (VA)	30	$\leq 14$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Erythromycin (E)	15	$\leq 13$	10 (14.3)	8 (44.4)	18 (20.4)	5 (33.3)	9 (81.8)	14 (53.8)
Tetracycline (TE)	30	$\leq 14$	35 (50.0)	14 (77.8)	49 (55.7)	4 (26.7)	1 (9.1)	5 (19.2)
Ciprofloxacin (CIP)	5	$\leq 15$	26 (37.1)	4 (22.2)	30 (34.1)	6 (40.0)	5 (45.4)	11 (42.3)
Rifampin (RA)	5	$\leq 16$	37 (52.9)	7 (38.9)	44 (50.0)	7 (46.7)	5 (45.4)	12 (46.1)
Chloramphenicol (C)	30	$\leq 12$	13 (18.6)	7 (39.9)	20 (22.7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Florfenicol (FFC)	30	$\leq 12$	6 (8.6)	4 (22.2)	10 (11.4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Linezolid (LNZ)	30	$\leq 20$	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

종별로 쇠고기 유래 *E. coli*는 S 27.1%, TE 15.2%에서 약제 내성을 나타내었으며 돼지고기 유래 *E. coli*는 AM 78.7%, C 61.7%에서 약제 내성을 나타내었다.

분리된 *E. coli* 106주에 대한 약제내성 양상을 조사한 결과는 Table 3과 같았다. 분리된 *E. coli* 106주 중에서 67주(63.2%)가 2제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났으며 모든 약제에 감수성을 나타낸 균주는 39주(36.7%)이었다. 다제 내성인 *E. coli* 중에 5제 내성균이 10.3%로 가장 많았으며 다음으로 2제와 4제 내성균이 각각 9.4% 순으로 높은 비율을 나타내었고 약제 내성 양상은 총 46개로 다양하게 나타났으며 쇠고기 유래 *E. coli*보다 돼지고기 유래 *E. coli*에서 다제 내성률이 높은 것으로 조사되었다( $P=4.48 \times 10^{-9}$ , Table 3).

#### *Enterococcus* spp.의 항생제 내성 양상

분리된 장구균 114주(*E. faecalis* 88주, *E. faecium* 26주)에 대한 항생제 감수성 시험 결과는 Table 4와 같았다. *E. faecalis*는 TE에서 55.7%, RA에서 50.0%의 내성률을 나타내었고, *E. faecium*는 E에서 53.8%, RA에서 46.1%의 내성율을 나타내었다. 축종별 내성률을 살펴보면 *E. faecalis*의 경우 쇠고기 유래주는 RA에서 52.9%, 돼지고기 유래주는 TE에서 77.8%의 내성률을 나타내었다. *E. faecium*은 쇠고기 유래주가 RA에서 46.7%, 돼지고기 유래주는 E에서 81.8%의 내성률을 나타내었으며 Vancomycin 내성 장구균은 검출되지 않았다.

분리된 *E. faecalis* 88주와 *E. faecium* 26주의 약제 내성 양상을 조사한 결과는 Table 5와 같았다. 분리된 장구균 114주 중에서 2제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균은 66주(57.9%)로 나타났으며 모든 공시 약제에 감수성을 나타내는 균주는 22주(19.3%)로 낮게 나타났다. 다제 내성인 장구균 중에서 2제 내성균이 29주(25.4%)로 가장 많았으며 다음으로 1제 내성균이 26주(22.8%)로 조사되었으며 TE 1제 내성형이 9.6%로 가장 많이 나타났고 그 다음으로 CIP, RA와 TE, RA 2제 내성형이 6.1%로 많이 나타났다. 전반적으로 1제에서부터 8제까지 각각의 유형이 0.8~5.2%의 분포를 나타내었으며 114주에 대한 약제 내성 양상은 총 47개로 다양하게 나타났으며 장구균은 축종과 관계없이 비슷한 항생제 내성 양상을 나타내었다 (Table 5).

#### 고 찰

대장균과 장구균은 가축 및 사람의 장내에 상재하는 정상 세균총으로 투여되는 항생제에 항상 노출되기 때문에 항생제에 의한 내성 획득 과정을 이해하고 모니터링 하는데 매우 유용한 세균으로 알려졌다 (Levin, 1997).

이번 연구에서는 2011년부터 2012년까지 유통 중인 쇠고기와 돼지고기에서 정상 세균총에 대한 항생제 내성 양상을 알아보기 위해 서울지역에 유통 중인 쇠고기 635점과 돼지고기 381점으로부터 분리한 대

Table 5. Antimicrobial resistance patterns of *Enterococcus* spp.

No. of resistance	Resistance patterns	No. of resistance (%)						Total (n=114)	
		<i>E. faecalis</i>			<i>E. faecium</i>				
		Beef (n=70)	Pork (n=18)	Total (n=88)	Beef (n=15)	Pork (n=11)	Total (n=26)		
0 (n=22)		16 (22.8)	2 (11.1)	18 (20.4)	3 (20.0)	1 (9.0)	4 (15.3)	22 (19.3)	
1 (n=26)	TE	6 (8.5)	4 (22.2)	10 (11.3)	1 (6.6)	-	1 (3.8)	11 (9.6)	
	CIP	-	-	-	1 (6.6)	-	1 (3.8)	1 (0.8)	
	S	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	E	-	-	-	-	5 (45.4)	5 (19.2)	5 (4.3)	
	C	2 (2.8)	-	2 (2.3)	-	-	-	2 (1.7)	
2 (n=29)	RA	5 (7.1)	-	5 (5.6)	1 (6.6)	-	1 (3.8)	6 (5.2)	
	P, TE	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	TE, CIP	5 (7.1)	-	5 (5.6)	1 (6.6)	-	1 (3.8)	6 (5.2)	
	CIP, RA	5 (7.1)	1 (5.5)	6 (6.8)	-	1 (9.0)	1 (3.8)	7 (6.1)	
	S, TE	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	RA, FFC	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	RA, C	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	P, RA	-	-	-	1 (6.6)	-	1 (3.8)	1 (0.8)	
	S, CIP	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	TE, RA	5 (7.1)	1 (5.5)	6 (6.8)	-	1 (9.0)	1 (3.8)	7 (6.1)	
	E, RA	-	-	-	1 (6.6)	-	1 (3.8)	1 (0.8)	
	E, CIP	-	-	-	1 (6.6)	-	1 (3.8)	1 (0.8)	
	E, TE	-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	3 (n=12)	CIP, RA, FFC	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)
		E, TE, C	-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)
TE, CIP, RA		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
TE, RA, C		-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
TE, RA, E		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
TE, CIP, C		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
S, TE, CIP		-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
E, CIP, RA		-	-	-	3 (20.0)	1 (9.0)	4 (15.3)	4 (3.5)	
P, E, RA		-	-	-	1 (6.6)	-	1 (3.8)	1 (0.8)	
4 (n=12)		E, TE, CIP, RA	1 (1.4)	1 (5.5)	2 (2.3)	1 (6.6)	-	1 (3.8)	3 (2.6)
	S, E, TE, C	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	S, E, TE, RA	2 (2.8)	-	2 (2.3)	-	-	-	2 (1.7)	
	S, GM, CIP, RA	-	-	-	1 (6.6)	-	1 (3.8)	1 (0.8)	
	P, CIP, RA, C	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	TE, CIP, RA, C	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	TE, RA, C, FFC	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	S, TE, CIP, RA	2 (2.8)	-	2 (2.3)	-	-	-	2 (1.7)	
	5 (n=7)	S, GM, E, TE, C	-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)
E, TE, RA, C, FFC		-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
S, E, TE, C, FFC		-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
P, CIP, RA, C, FFC		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
S, GM, TE, CIP, RA		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
S, E, RA, C, FFC		-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
S, E, TE, CIP, RA		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
P, CIP, RA, C, FFC		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
S, GM, TE, CIP, RA		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
S, E, RA, C, FFC		-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
6 (n=3)	S, E, TE, CIP, RA, C	2 (2.8)	-	2 (2.3)	-	-	-	2 (1.7)	
	P, E, CIP, RA, C, FFC	1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
	7 (n=2)	P, S, GM, E, TE, CIP, RA	-	-	-	1 (6.6)	-	1 (3.8)	1 (0.8)
P, E, TE, CIP, RA, C, FFC		1 (1.4)	-	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
8 (n=1)	S, GM, E, TE, CIP, RA, C, FFC	-	1 (5.5)	1 (1.1)	-	-	-	1 (0.8)	
Total	47 patterns								

장균과 장구균에 대해 검사하였다. 쇠고기 635점으로부터 *E. coli* 59주, *E. faecalis* 70주, *E. faecium* 15주를 분리하였으며 돼지고기 381건으로부터 *E. coli* 47주, *E. faecalis* 18주, *E. faecium* 11주를 분리하여 분리율은 대장균 10.4%, 장구균 11.2%를 나타내었다. 이러한 대장균 분리율 결과는 Kim 등(2007)이 실시한 유통 중인 쇠고기 600점에서 92주(15.3%)의 대장균을 분리한 것과 유사한 결과를 나타내었다. 한편, 장구균은 Jeong 등(2010)이 돼지 도체에서 분리한 장구균 분리율인 44.0%보다는 훨씬 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 분리율의 차이는 시료 수 및 종류의 차이에 따른 것으로 판단되며, 대장균과 장구균 분리율이 감소한 경향은 가축의 사양과 도축, 유통 과정에서 보다 위생상태가 나아진 것으로 생각한다.

*E. coli*에 대한 15종류의 항생제 내성을 조사한 결과 AM (38.6%), S (34.9%), TE (32.0%) 등에 내성률이 높은 것으로 조사되었으며 이는 Song 등(2004)이 도축장에서 소 도체로부터 분리한 대장균에 대한 내성률이 TE 64.7%, S 33%, AM 27.5% 등으로 조사된 결과와 비교적 유사한 경향을 보였다.

장구균에 대한 11종류의 항생제 내성을 조사한 결과 *E. faecalis*는 TE (55.7%), CIP (34.1%), C (22.7%) 등에 내성률이 높은 것으로 조사되었으며 *E. faecium*은 E (53.8%), RA (46.1%), CIP (42.3%), TE (19.2%)에서 내성률이 높은 것으로 조사되었다. Lim 등(2007b)이 도축장에서 분리한 *E. faecalis*의 내성률을 조사한 결과 TE 98.7%, SYN 100%, E 66.0%, S 57.3%, C 29.3%로 보고하였으며, 2009년 돼지농장 조사 결과 TE 99.0%, SYN 78%, E 85.1%, S 69.3%, C 60.4% (식품의약품안전청, 2009)의 내성을 나타내었으며, 이번 연구와 유사한 내성률을 나타냈다. 이는 항생제 내성 획득 주요 기전인 항생제의 선택적 압력으로 인한 항생제 사용과 내성률과의 연관성에 의한 것으로 생각한다(Aarestrup 등, 2001; Phillips 등, 2004).

서울지역에 유통 중인 쇠고기와 돼지고기로부터 분리된 대장균 106주에 대한 항생제 내성을 내성 약제수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 1제에서 10제까지 총 9개의 유형으로 다양하게 나타났고 분리된 대장균 106주 중 2제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성은 S, TE 2제에 대하여 출현율이 높게 나타났는데 이러한 결과는 Song 등(2004)이 보고한 결과와도 유사하였다.

장구균 114주에 대한 항생제 내성을 내성 약제수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 1제에서 8제까지

총 8개의 유형으로 다양하게 나타났고 분리된 장구균 114주 중 2제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성은 CIP, RA와 TE, RA 2제에 대하여 출현율이 높게 나타났었다.

이번 조사에서 쇠고기에서 분리된 대장균이 돼지고기에서 분리된 대장균에 비해 항생제 내성률이 낮게 나타났는데, 이는 돼지 유래 지표 세균이 소 유래 지표 세균보다 전반적으로 항생제 내성률이 높게 나타난 식품의약품안전청 조사 결과(식품의약품안전청, 2006)와 일치하였다. 또한, 국내 항생제 사용 실태 조사 결과(임 등, 2011)에서 소가 전체 항생제 사용량의 약 5~8% 정도 사용되는 것으로 보고된 바와 어느 정도 연관성이 있다고 생각된다. 이는 돼지가 소보다 질병의 발생이 많고 밀집사육 등으로 인한 질병 발생을 억제하기 위해 사료첨가용 및 치료용 항생제를 많이 사용하고 있기 때문으로 생각한다(Lim 등, 2007b). 사료첨가용 항생제가 실제로 동물에서 사용하는 항생제 중 약 55~58%가 사용되는 것으로 조사되어(식품의약품안전청, 2006) 어느 정도 항생제 사용량과 내성률에 연관성이 있는 것으로 생각한다.

2005년 국내 축산용 항생제의 사용 실태 조사(Jung, 2005)를 보면, tetracycline, penicillin, sulfonamide, aminoglycoside, quinolone 계열 순으로 사용량이 많았으며, 축산물 종류와 관계없이 tetracycline, ampicillin, streptomycin, nalidixic acid 순으로 높은 내성을 보였다. 또한, chloramphenicol은 단독으로 내성을 나타내는 경우는 없고 다제 내성 양상을 나타내는데, 이는 Cho 등(2006)이 보고한 것처럼 이들 내성 유전자 동원체와 이들 항생제의 내성 획득과 함께 선택되는 것이 원인이라는 내용과 일치하였으며 이번 조사 내용과 결과가 같았다.

이번 연구는 유통 중인 쇠고기와 돼지고기의 안전성에 대한 정확한 정보를 제공함으로써 소비자가 안심하고 축산물을 구매하고 소비할 수 있도록 하며, 동물 치료용 항생제 사용 등 여러 방면에서 항생제의 오·남용 방지와 적절한 사용의 필요성을 깨닫게 하는데 의의가 있다.

아직 가축에 과다 공급되는 항생제가 항생제 내성균을 확산시켜 인체 질병 치료를 어렵게 만들 수 있다는 것이 과학적으로 입증되지 않았지만, 최근 동물 및 사람 유래 살모넬라와 대장균이 동일한 내성 유전자 결정 인자를 가지고 있는 것으로 보고되었으며(Lim 등, 2007a), 사람유래 항생제 내성균과 동물유래 내성균 간에 유전적 연관성과 개연성을 아주 부정할

수도 없는 실정이다. 또한, 항생제 오·남용이 동물의 질병 치료에서 경제적 기대 효과를 감소시킬 뿐 아니라 안전한 축산 식품의 가치도 떨어뜨릴 수 있어서 이로 인해 사람의 질병 치료 시 항생제 내성 문제가 야기될 수 있어 앞으로 커다란 공중보건학적 문제로 대두할 수 있다(Kim 등, 2007).

동물에서 항생제 내성의 증가는 질병 치료제 선발의 어려움, 사람으로 내성유전자 이동 등의 문제가 발생할 수 있으므로 축산 농가의 항생제에 대한 의식 개선, 항생제 사용 지침 마련 및 교육 등을 통해 항생제의 오남용을 줄이고, 올바른 항생제 사용을 위한 자발적인 각성과 노력, 실천이 필요하며 국가적으로는 동물용 항생제의 신중한 사용을 위하여 항생제 안전사용 관련 정책을 수립·추진하고 새로운 내성균을 감시하여 약제 내성균의 증가를 억제하는 노력이 필요할 것으로 생각한다.

## 결 론

이번 연구는 서울지역 유통 중인 식육으로부터 대장균과 장구균을 분리하고, 항생제 내성 실태를 조사하여 항생제의 올바른 사용과 식육의 안전성을 확보하고자 실시하였다. 서울지역에 유통 중인 쇠고기 635점으로부터 *E. coli* 59주, *E. faecalis* 70주, *E. faecium* 15주를 분리하였으며 돼지고기 381건으로부터 *E. coli* 47주, *E. faecalis* 18주, *E. faecium* 11주를 분리하여 분리율은 대장균 10.4%, 장구균 11.2%를 나타내었고, 분리된 대장균 106주에 대한 15종류의 항생제 내성률을 조사한 결과 AM 38.6%, S 34.9%, TE 32.0%의 내성률을 나타냈으며, 항생제 내성 유형은 총 46개로 다양하게 나타났다.

분리된 장구균 114주에 대한 11종류의 항생제 내성을 조사한 결과 *E. faecalis*는 TE 55.7%, CIP 34.1%, C 22.7%의 내성률을 나타내었고, *E. faecium*은 E 53.8%, RA 46.1%, CIP 42.3%, TE 19.2%의 내성률을 나타내었다. 장구균에 항생제 내성 유형은 총 47개로 다양하게 나타났다.

위와 같이 서울지역에 유통되는 쇠고기와 돼지고기에서 분리된 대장균과 장구균의 항생제 내성률이 상당히 높은 수준인 것으로 나타나 식육 등 축산물에 대한 항생제 내성 감시체계 등의 지속적인 강화와 축산분야에서의 과학적인 항생제 사용 전략이 절실히 필요할 것으로 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 식품의약품안전청. 2006. 축산용 항생제 관리시스템 구축. pp. 19-27.
- 식품의약품안전청. 2009. 가축 및 축산물내 주요항생제내성실태 조사 및 평가. pp. 1-92.
- 임숙경, 남향미, 장금찬, 정석찬. 2011. 축산항생제내성균 감시체계 구축. 농림수산검역검사본부.
- Aarestrup FM, Seyfarth AM, Emborg HD, Pedersen K, Hendriksen RS, Bager F. 2001. Effect of abolishment of the use of antimicrobial agents for growth promotion on occurrence of antimicrobial resistance in fecal enterococci from food animals in Denmark. *Antimicrob Agents Chemother* 45: 2054-2059.
- Ahart JG, Burton GC, Blendon DC. 1978. The influence of antimicrobial agents on the percentage of tetracycline-resistant bacteria in faeces of human and animals. *J Appl Bacteriol* 44: 183-190.
- Bartholomew MJ, Vose DJ, Tolldson LR, Travis CC. 2005. A linear model for managing the risk of antimicrobial resistance originating in food animals. *Risk Anal* 25: 99-108.
- Choi WP, Lee HS, Yeo SG, Lee HJ, Jung SC. 1986. A epizootiological study of Salmonella infection on piggery: II. A study on drug resistance and R plasmids in *Salmonella*. *Korean J Vet Res* 26: 229-235.
- Cho JK, Ha JS, Kim KS. 2006. Antimicrobial drug resistance of *Escherichia coli* isolated from cattle, swine and chicken. *Kor J Vet Publ Hlth* 30: 9-18.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. 2009. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; 17th informational supplement. M100-S19. Wayne, PA; CLSI.
- Ham HJ, Min KS, Chae CH. 1997. Antibiotics susceptibility and biochemical characterization of *Escherichia coli* associated with diarrhea from preweaning piglets. *Korean J Vet Res* 37: 773-777.
- Hummel R, Tschäpe H, Witte W. 1986. Spread of plasmid mediated nourseothricin resistance due to antibiotic use in animal husbandry. *J Basic Microbiol* 26: 461-466.
- Jeong KO, Heo JH, Lee JM, Yun IR, Choi YJ, 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.
- Jung SC. 2005. Screening of antimicrobial resistance. The 3rd national antimicrobial resistance safety management and vision. Korea food and drug administration. pp. 113-126.
- Kim HT, Lee WW, Jung KT, Lee SM, Son EJ, Lee GR, Kim GH, Lee DS, Lee KW. 2007. Study on antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from domestic beef on sale. *Korean J Vet Serv* 31: 17-29.
- Kim JM, Jean NS, Kim JW, Jean YH, Lee HS, Kweon CH, Woo SR, Lee HC, Park JM, Kim JH, Rhee JC. 1997. Antimicrobial drug susceptibility and treatment efficacy



- in mice against *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. isolated from feces of diarrheal animals. Korean J Vet Res 37: 389-403.
- Klein G. 2003. Taxonomy, ecology and antibiotic resistance of enterococci from food and the gastro-intestinal tract. Int J Food Microbiol 88: 123-131.
- Kühn I, Iversen A, Burman LG, Olsson-Liljequist B, Franklin A, Finn M, Aarestrup F, Seyfarth AM, Blanch AR, Vilanova X, Taylor H, Caplin J, Moreno MA, Dominguez L, Herrero IA, Möllby R. 2003. Comparison of enterococcal populations in animals, humans, and the environment - a European study. Int J Food Microbiol 88: 133-145.
- Lester SC, del Pilar Pla M, Wang F, Perez Schael I, Jiang H, O'Brien TF. 1990. The Carriage of *Escherichia coli* resistance to antimicrobial agents by healthy children in Boston, in Caracas, Venezuela and in Qin Pu, China. N Engl J Med 323: 285-289.
- Levin BR, Lipsitch M, Perrot V, Schrag S, Antia R, Simonsen L, Walker NM, Stewart FM. 1997. The population genetics of antibiotic resistance. Clin Infect Dis 24: S9-16.
- Lim SK, Lee HS, Byun JR, Park SY, Jung SC. 2007a. Antimicrobial resistance of commensal bacteria isolated from food-producing animals. I. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* and *Enterococcus* spp. isolated from cattle faecal samples. Korean J Vet Publ Hlth 31: 21-29.
- Lim SK, Lee HS, Byun JR, Park SY, Jung SC. 2007b. Antimicrobial resistance of commensal bacteria isolated from food-producing animals. I. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* and *Enterococcus* spp. isolated from pig faecal samples. Korean J Vet Publ Hlth 31: 31-39.
- Murry BE. 1984. Selection D. Antibiotics, sulfonamides and public health. pp. 201-216. Emergence of diseases caused by bacteria resistant to antimicrobial agents. In handbook series in zoonoses. CRC press, Boca Raton, USA.
- Phillips I, Casewell M, Cox T, De Groot B, Friis C, Jones R, Nightingale C, Preston R, Waddell J. 2004. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. J Antimicrob Chemother 53: 28-52.
- Song SW, Jung SC, Kim SI, Jung ME, Kim KH, Lee JY, Lim SK, Lee YJ, Cho NI, Park JM, 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. Korean J Vet Publ Hlth 28: 215-221.
- WHO. 1997. The medical impact of the use of antimicrobials in food animals. Report of a W.H.O. meeting. Publication W.H.O./EMC/ZOO/1997.4. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO. 2000. WHO global principles for the containment of antimicrobial resistance in animals intended for food. Publication W.H.O./CDS/CSR/APH/2000.4. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Winggins BA. 1996. Discriminant analysis of antibiotic resistance patterns in fecal streptococci, a method to differentiate human and animal sources of fecal pollution in natural waters. Appl Environ Microbiol 62: 3997-4002.