The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment 20(1) 74~91(2010)

보건환경연구원보

유통되는 식육(쇠고기, 돼지고기, 닭고기, 오리고기)에서 분리한 대장균의 항생제 내성 조사 · 연구 (2009~2010)

김홍태† · 정경태 · 김금향 · 류병순

축산물위생검사소

Study on antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from domestic meat (beef, pork, chicken and duck) on sale (2009~2010)

Hong-Tae Kim, Kyung-Tae Jung, Geum-Hyang Kim and Byung-Soon Ryu

Veterinary Service Laboratory

Abstract

In this study, antimicrobial resistance of ***E. coli*** isolated from domestic meat (beef, pork, chicken and duck) on sale in Busan and Gyeongnam province was investigated from March 2009 to October 2010. A total of 455 beef samples were collected for the monitoring of antimicrobial resistance, and 41 (9.0%) strains of ***E. coli*** were isolated. A total of 40 pork samples were collected, and 5 (12.5%) strains of ***E. coli*** were isolated. A total of 20 chicken samples were collected, and 5 (25%) strains of ***E. coli*** were isolated. A total of 22 duck samples were collected, and 5 (22.7%) strains of ***E. coli*** were isolated. Antimicrobial resistance test was carried out by agar disc diffusion method with 27 (Beef) or 29 antimicrobials. In general, ***E. coli*** isolated from 4 kinds of meat showed the highest antimicrobial resistance to penicillin, doxycycline, tetracycline, erythromycin, tylosin, cefazolin, lincomycin and carbenicillin. Among 27 (Beef) or 29 antimicrobials examined, penicillins, tetracyclines, macrolides, cephalosporins and lincosamides were the most resistant. All isolates from 4 kinds of meat were resistant to more than 3 antimicrobials. The resistance was seemed to be correlated to amounts of antimicrobial use. In the result of this study, we suggest that there are need to regulate the abuse of antimicrobial on food-producing animals in Korea because the concern on antimicrobial resistance is gradually increased worldwide.

Key words : Antimicrobial resistance, Antimicrobials, ***E. coli***, Meat.

서 론

오늘날에는 국민 소득의 증가와 생활수준 향상에 따라 축산식품의 안전성과 위생관리에 대한 공중보건학적 중요성에 대한 관심이 높아지고 있는 실정(추세)이다[1].

특히, 사람과 동물에서 질병의 치료, 예방 목적 및 동물의 생산성을 증가시키기 위한 목적으로 사료첨가용의 형태로 성장 촉진제(antimicrobial growth promoter, AGP)로 오랫동안 많이 사용되어오고 있는 항생제는 최근 들어 오·남용에 의한 부작용으로 잔류 문제나 약제 내성균의 출현, 전파 등의 축산물 안전성에 대한 중요한 문제를 야기시키고 있다[2,3].

즉, 다양한 항생제의 개발과 항생제의 과도한 사용에 따라 항생제 내성균에 의한 부작용이 야기되어 인의와 수의 임상에서 항생제의 과잉 처방과 수의 분야에서 성장 촉진 등을 목적으로 항생제의 과다 사용 및 무분별한 자가 치료 등에 의해 항생제 내성균이 급속도로 출현하기 시작하여 항균제 내성문제가 부각되었고, 현재에는 전 세계적으로 여러 가지 항생제에 동시 내성을 가진 다제 내성균이 나타나 최근 미국과 유럽 지역에서 문제가 되고 있는 반코마이신 내성 황색포도알균(vancomycin resistant *Staphylococcus aureus*, VRSA), 반코마이신 내성 장알균(vancomycin resistant Enterococci, VRE), 메치실린 내성 황색포도알균(methicillin resistant

†Corresponding author. E.mail : kimhongtae@korea.kr
Tel : +82-51-888-6820, Fax : +82-51-338-8266

Staphylococcus aureus, MRSA), 복합다제 내성 살모넬라균(*Salmonella* DT-104), 퀴놀론 내성 캠필로박터 등의 슈퍼박테리아와 같이 사람에게 적절한 치료제 부재로 인한 커다란 공중보건학적 문제가 전 세계적으로 대두되고 있다[3,4].

식용 동물에서 질병 예방 및 치료, 성장 촉진 목적뿐만 아니라 사료 효율의 증대를 위해 사용하는 사료첨가제는 식용 동물과 축산 식품에서 항생제 내성 유전자를 유도하여 항생제 내성균을 출현하게 하였으며, 결국에는 사람에서 세균성 질병 치료에 사용되는 항생제에 대한 내성 균주의 출현을 가져왔다. 예를 들어, 1990년대 후반부터는 동물에서 발생한 항생제 내성균 및 내성인자가 사람으로 전달될 수 있다는 연구 결과도 발표되고 있는 실정이다[1,5,6].

최근 식용 동물에서의 항생제 사용 및 인체 분리주에서의 항생제 감수성 감소나 내성균 사이에 밀접한 관계가 있음이 보고되고 있는데, 이는 식용 동물에서만 사용되는 항생제와 사람 질병 치료 시에 사용되는 항생제 사이에서 교차 내성이 가능하였기 때문인 것으로 생각되고 있다[7].

항생제 내성 문제는 사람의 건강 및 생명과 직결되는 문제로서 국제적인 관심과 중요성이 커짐에 따라 최근 FAO, WHO, OIE 등의 국제기구에서도 인체용 항생제뿐만 아니라 농, 축산 및 수산 분야에서 사용되는 다양한 항생제로 인한 내성균의 출현이 사람은 물론 농·축수산 및 환경에까지 광범위한 피해를 줄 수 있다는 우려에 따라 내성균의 발현을 억제할 수 있는 국제적 지침을 개발하기 위한 노력을 시도하고 있다[8,9,10].

따라서 항생제 내성 안전관리를 위해서 이미 미국, 덴마크, 일본 등의 축산 선진국가에서는 국가적인 차원에서 항생제 내성 모니터링 사업을 실시하고 있는데, 우리나라에서도 2003년부터 국가 항생제 내성 안전관리 사업을 시작하여 사람, 축산, 수산 및 환경 등으로부터 항생제 내성균 모니터링을 실시해오고 있으며[10,11,12,13,14] 특히, 본격적인 축산·수의분야에 대한 항생제 내성균 조사 사업(축산 항생제 내성균 감시체계 구축사업)이 2008년부터 지속적으로 국가적인 차원에서 전국적으로 실시되기에 이르렀다.

우리나라의 축산농가에서 질병 예방을 위하여 약품도매상을 통해 직접 구입하여 사용하거나 배합사료 첨가용 등 항생제의 오·남용이 매우 심각한 수준인 것으로 추정되고 있으며[10,15,16], 이에 따른 동물에서의 항생제 내성균 증가로 축산식품을 통한 사람으로 전파 우려에 따라 축산물의 안전관리대책 수립을 위하여 체계적인 항생제 내성 실태 조사가 필요한 실정이다[10].

대장균(*Escherichia coli*)은 사람이나 동물의 장 내 분포되어 있는 정상 세균총으로 자연계에도 널리 분포하고 있으며, 대부분의 대장균은 병원성이 없는 것으로 알려져 있으나 일부의 특이 혈청형은 유아에게 설사를 일으킬 뿐 아니라 성인에게도 급성 위장염을 일으키며 동물에서도 다양한 장 질병과 설사 증상을 유발하는 것으로 알려져 있다[10,17].

식품분야에서 대장균의 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[10,18].

따라서 대부분의 국가에서 실시하고 있는 항생제 내성균 모니터링 시스템에서 정상세균총에 대한 지표 세균으로 대장균 및 장구균을 많이 이용하는데 이러한 지표 세균의 항생제 내성 양상은 식중독 세균이나 병원성 세균의 내성 양상 추이를 유추해 볼 수 있으며 사람에서 문제가 되는 항생제 내성균이나 가축 질병 치료에 중요한 항생제에 대한 내성균은 조기경보시스템(early warning system)으로의 역할을 한다고 알려져 있다[19].

이에 따라 국내 여러 연구자들이 대장균을 대상으로 항균제 내성에 관한 보고[3,14]를 하였으나 현재까지 유통 중인 축산물에 대해 분리한 대장균의 항균제 내성에 관한 보고[20]는 아직 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 축산과 수의 분야에서 항생제의 효율적인 사용 및 안전관리를 위한 대책을 수립하고 우리가 생활하면서 꾸준한 증가 추세로 섭취하는 축산식품 중 대표적인 식육에 대한 안전성 확인의 한 과정으로 유통 중인 식육(쇠고기, 돼지고기, 닭고기, 오리고기)에서 분리한 대장균을 대상으로 항생제 내성 실태를 조사하고자 2007, 2008년도에 쇠고기를 대상으로 실시했던 조사·연구에 이어 본 조사·연구를 실시하게 되었다.

재료 및 방법

공시재료

항생제 내성균 조사를 위한 시료는 2009년 3월부터 2010년 10월까지 부산 및 경남 소재 대형 마트, 재래시장, 백화점 등지에서 판매되거나 초·중·고 각급 학교에 단체 급식의 원재료로 유통되는 국내산 식육 537점(쇠고기 455점, 돼지고기 40점, 닭고기 20점, 오리고기 22점)을 구입하여 가급적 단시간 내에 실험실로 냉장 운반한 후 균 분리 재료로 사용하였다.

대장균 분리 및 동정

시료 식육으로부터 균 분리는 국립수의과학검역원에서 권장하는 축산물의 가공기준 및 성분 규격[21]에 따라 시료 당 식육 5 g을 mEC broth (Merck, Germany) 45 mL에 37℃에서 18~24시간 증균배양한 다음 분리배양은 MacConkey agar (Merck, Germany)에 직접 도말하여 37℃에서 18~24시간 선택배양한 후 의심되는 적색 집락(lactose 분해 집락)을 3~5개 취하여 EMB (Merck, Germany)에 재도말하여 37℃에서 24시간 배양한 후 금속성 광택 집락을 선택하여 그람 염색,

생화학적 성상시험[4-methylumbellifervl-β -d-glucuronide (MUG)시험, indole시험, methyl red (MR)시험, voges-proskaur (VP)시험, citrate시험, 유당으로부터 가스 생성 시험], API 20E 킷트(bioMerieux, France) 또는 미생물 분리동정기(Vitek system, bioMerieux, France) 시험 등을 실시하여 최종 동정 후 대장균을 분리하여 실험에 사용하였다.

항생제 및 감수성 시험

동정 후 분리된 대장균에 대한 항생제 감수성 시험은 NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards)의 디스크 확산법(diffusion method)으로 실시하였다[22]. 사용한 항생제 디스크(BBL Sensi-Disc, Becton Dickinson Co., USA)는 amikacin (30 μg, AN), amoxicillin/clavulanic acid (20/10 μg, AmC), ampicillin (10 μg, AM), carbenicillin (100 μg, CB), cefazolin (30 μg, CZ), cephalothin (30 μg, CF), chloramphenicol (30 μg, C), ciprofloxacin (5 μg, CIP), colistin (10 μg, CL), doxycycline (30 μg, D), gentamicin (10 μg, GM), kanamycin (30 μg, K), nalidixic acid (30 μg, NA), neomycin (30 μg, N), norfloxacin (10 μg, NOR), streptomycin (10 μg, S), tetracycline (30 μg, TE), Trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25/23.75 μg, SXT), penicillin (10 μg, P), lincomycin (2 μg, L), erythromycin (15 μg, E), tylosin (30 μg, TYLO), enrofloxacin (5 μg, ENR), apramycin (15 μg, APR), florfenicol (30 μg, FFC), ceftiofur (30 μg, EFT) 및 cefepime (30 μg, FEP) 11개 계열 27종을 공통적으로 사용하였고, 돼지고기, 닭고기, 오리고기를 대상으로 tiamulin (30 μg, TIA) 및 ofloxacin (5 μg, OFX)을 추가하여 12개 계열 29종을 사용하였다.

감수성 시험 방법은 검사 대상 대장균주(4~5집락)를 Mueller Hinton Broth (Merck, Germany)에 35℃, 2~6시간 동안 배양하여 균 농도를 McFarland No. 0.5로 조정한 후, 균액을 멸균 면봉을 이용하여 Mueller Hinton Agar (Merck, Germany)를 60° 로 회전하면서 3회 도포하였다. 평판을 3~5분간 건조시키고 15분 이내에 항생제 디스크를 dispenser로 접종하였다. 35℃에서 16~18시간 배양 후 디스크 주위 균 억제대의 크기(mm)를 측정하여 NCCLS의 기준에 따라 내성과 감수성 여부를 판정하였다.

항생제 감수성 시험의 표준균주로는 *E. coli* ATCC 25922를 사용하였으며, 동일한 시료에서 분리된 *E. coli* 2주에 대하여 항생제 감수성 시험을 실시하고, 감수성 양상이 동일할 경우에는 1주 만을 항생제 감수성 시험 결과로 이용하였다.

결과 및 고찰

대장균 분리율

시중에 유통 중인 식육에서의 대장균 분리율은 쇠고기 455점으로부터 41주 9.0%, 돼지고기 40점으로부터 5주 12.5%, 닭고기 20점으로부터 5주 25%, 오리고기 22점으로부터 5주 22.7%를 나타내었다(Table 1).

쇠고기로부터 분리된 대장균에 대한 항생제 내성율

시중에 유통 중인 쇠고기로부터 분리된 대장균 41주에 대한 항생제 감수성 시험 결과는 Table 2-1과 같다. 내성율은 CZ 92.7%, D 82.9%, P·E·TYLO과 L 각각 75.6%, TE 73.2%로 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 NOR 68.3%, CB 65.9%, CIP 61.0%, AM 39.0%, CF 31.7%로 비교적 중등도의 내성율을 나타내었고 AmC 29.3%, N 26.8%, GM 24.4%, K·NA와 SXT 각각 22.0%, C과 S 각각 19.5%로 비교적 약한 내성율을 나타내었으며 AN 9.8%, ENR 7.3%, APR·CL·FFC과 EFT 각각 2.4%로 아주 미약한 내성율을 나타내었다.

Table 1. Isolation rates of *E. coli* from meat (beef, pork, chicken, duck) on sale

Meat	No. of samples	Isolates	
		No.	Rate
Beef	455	41	9.0%
Pork	40	5	12.5%
Chicken	20	5	25.0%
Duck	22	5	22.7%

Table 2-1. Antimicrobial resistance of *E. coli* isolated from beef

Antimicrobials (Concentration/disc)	No. of resistant isolates (%) (n=41)	Antimicrobial agent class
Cefazolin (30 μg, CZ)	38(92.7)	Cephalosporins I
Doxycycline (30 μg, D)	34(82.9)	Tetracyclines
Penicillin (10 μg, P)	31(75.6)	Penicillins
Erythromycin (15 μg, E)	31(75.6)	Macrolides
Tylosin (30 μg, TYLO)	31(75.6)	Macrolides
Lincomycin (2 μg, L)	31(75.6)	Lincosamides
Tetracycline (30 μg, TE)	30(73.2)	Tetracyclines
Norfloxacin (10 μg, NOR)	28(68.3)	Quinolone
Carbenicillin (100 μg, CB)	27(65.9)	Penicillins
Ciprofloxacin (5 μg, CIP)	25(61.0)	Quinolone
Ampicillin (10 μg, AM)	16(39.0)	Penicillins
Cephalothin (30 μg, CF)	13(31.7)	Cephalosporins I
Amoxicillin/clavulanic acid (20/10 μg, AmC)	12(29.3)	β-lactam/β lactamase inhibitor combinations
Neomycin (30 μg, N)	11(26.8)	Aminoglycosides
Gentamicin (10 μg, GM)	10(24.4)	Aminoglycosides
Kanamycin (30 μg, K)	9(22.0)	Aminoglycosides
Nalidixic acid (30 μg, NA)	9(22.0)	Quinolone
Trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25/23.75 μg, SXT)	9(22.0)	Sulfonamides
Chloramphenicol (30 μg, C)	8(19.5)	Chloramphenicols
Streptomycin (10 μg, S)	8(19.5)	Aminoglycosides
Amikacin (30 μg, AN)	4 (9.8)	Aminoglycosides
Enrofloxacin (5 μg, ENR)	3 (7.3)	Quinolone
Apramycin (15 μg, APR)	1 (2.4)	Aminoglycosides
Colistin (10 μg, CL)	1 (2.4)	Polypeptides
Florfenicol (30 μg, FFC)	1 (2.4)	Chloramphenicols
Ceftiofur(30 μg, EFT)	1 (2.4)	Cephalosporins III
Cefepime (30 μg, FEP)	0 (0)	Cephalosporins

돼지고기로부터 분리된 대장균에 대한 항생제 내성율

시중에 유통 중인 돼지고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과는 Table 2-2와 같다. 내성율은 AM·P·D·E·TYLO·CZ과 L 각각 100%, CB·TE·GM·K·N·S과 SXT 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 TIA 60%, AmC·CF·CIP·NA·NOR과 C 각각 40%로 비교적 중등도의 내성율을 나타내었고 AN·CL·ENR·OFX과 EFT 20%로 비교적 약한 내성율을 나타내었으며 APR·FEP과 FFC 0%로 아주 미약한 내성율을 나타내었다.

Table 2-2. Antimicrobial resistance of *E. coli* isolated from pork

Antimicrobials (Concentration/disc)	No. of resistant isolates (%) (n=5)	Antimicrobial agent class
Ampicillin (10 μg, AM)	5(100)	Penicillins
Penicillin (10 μg, P)	5(100)	Penicillins
Doxycycline (30 μg, D)	5(100)	Tetracyclines
Erythromycin (15 μg, E)	5(100)	Macrolides
Tylosin (30 μg, TYLO)	5(100)	Macrolides
Cefazolin (30 μg, CZ)	5(100)	Cephalosporins I
Lincomycin (2 μg, L)	5(100)	Lincosamides
Carbenicillin (100 μg, CB)	4 (80)	Penicillins
Tetracycline (30 μg, TE)	4 (80)	Tetracyclines
Gentamicin (10 μg, GM)	4 (80)	Aminoglycosides
Kanamycin (30 μg, K)	4 (80)	Aminoglycosides
Neomycin (30 μg, N)	4 (80)	Aminoglycosides
Streptomycin (10 μg, S)	4 (80)	Aminoglycosides
Trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25/23.75 μg, SXT)	4 (80)	Sulfonamides
Tiamulin (30 μg, TIA)	3 (60)	Diterpons
Amoxicillin/clavulanic acid (20/10 μg, AmC)	2 (40)	β-lactam/β lactamase inhibitor combinations
Cephalothin (30 μg, CF)	2 (40)	Cephalosporins I
Ciprofloxacin (5 μg, CIP)	2 (40)	Quinolone
Nalidixic acid (30 μg, NA)	2 (40)	Quinolone
Norfloxacin (10 μg, NOR)	2 (40)	Quinolone
Chloramphenicol (30 μg, C)	2 (40)	Chloramphenicols
Amikacin (30 μg, AN)	1 (20)	Aminoglycosides
Colistin (10 μg, CL)	1 (20)	Polypeptides
Enrofloxacin (5 μg, ENR)	1 (20)	Quinolone
Ofloxacin (5 μg, OFX)	1 (20)	Quinolone
Ceftiofur (30 μg, EFT)	1 (20)	Cephalosporins III
Apramycin (15 μg, APR)	0 (0)	Aminoglycosides
Cefepime (30 μg, FEP)	0 (0)	Cephalosporins
Florfenicol (30 μg, FFC)	0 (0)	Chloramphenicols

닭고기로부터 분리된 대장균에 대한 항생제 내성율

시중에 유통 중인 닭고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과는 Table 2-3과 같다. 내성율은 CB·P·CIP·NA·NOR·ENR·OFX·E·TYLO·L·CZ과 TIA 각각 100%, AM·TE·S과 SXT 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 AmC·D·GM·K과 N 각각 60%, C 40%로 비교적 중등도의 내성율을 나타내었고 CF과 EFT 20%로 비교적 약한 내성율을 나타내었으며 AN·APR·FEP·CL과 FFC 0%로 아주 미약한 내성율을 나타내었다.

Table 2-3. Antimicrobial resistance of *E. coli* isolated from chicken

Antimicrobials (Concentration/disc)	No. of resistant isolates (%) (n=5)	Antimicrobial agent class
Carbenicillin (100 μg, CB)	5(100)	Penicillins
Penicillin (10 μg, P)	5(100)	Penicillins
Ciprofloxacin (5 μg, CIP)	5(100)	Quinolone
Nalidixic acid (30 μg, NA)	5(100)	Quinolone
Norfloxacin (10 μg, NOR)	5(100)	Quinolone
Enrofloxacin (5 μg, ENR)	5(100)	Quinolone
Ofloxacin (5 μg, OFX)	5(100)	Quinolone
Erythromycin (15 μg, E)	5(100)	Macrolides
Tylosin (30 μg, TYLO)	5(100)	Macrolides
Lincomycin (2 μg, L)	5(100)	Lincosamides
Cefazolin (30 μg, CZ)	5(100)	Cephalosporins Ⅰ
Tiamulin (30 μg, TIA)	5(100)	Diterpons
Ampicillin (10 μg, AM)	4 (80)	Penicillins
Tetracycline (30 μg, TE)	4 (80)	Tetracyclines
Streptomycin (10 μg, S)	4 (80)	Aminoglycosides
Trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25/23.75 μg, SXT)	4 (80)	Sulfonamides
Amoxicillin/clavulanic acid (20/10 μg, AmC)	3 (60)	β-lactam/β lactamase inhibitor combinations
Doxycycline (30 μg, D)	3 (60)	Tetracyclines
Gentamicin (10 μg, GM)	3 (60)	Aminoglycosides
Kanamycin (30 μg, K)	3 (60)	Aminoglycosides
Neomycin (30 μg, N)	3 (60)	Aminoglycosides
Chloramphenicol (30 μg, C)	2 (40)	Chloramphenicols
Cephalothin (30 μg, CF)	1 (20)	Cephalosporins Ⅰ
Ceftiofur (30 μg, EFT)	1 (20)	Cephalosporins Ⅲ
Amikacin (30 μg, AN)	0 (0)	Aminoglycosides
Apramycin (15 μg, APR)	0 (0)	Aminoglycosides
Cefepime (30 μg, FEP)	0 (0)	Cephalosporins
Colistin (10 μg, CL)	0 (0)	Polypeptides
Florfenicol (30 μg, FFC)	0 (0)	Chloramphenicols

오리고기로부터 분리된 대장균에 대한 항생제 내성율

시중에 유통 중인 오리고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과는 Table 2-4와 같다. 내성율은 P·D·TE·E·TYLO·CZ·L·GM과 TIA 각각 100%, CB·AM·SXT과 NA 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 CIP·NOR·S·N과 C과 각각 60%, K·ENR과 OFX 각각 40%로 비교적 중등도의 내성율을 나타내었고 AmC와 CF 각각 20%로 비교적 약한 내성율을 나타내었으며 AN·APR·FEP·EFT·CL과 FFC 0%로 아주 미약한 내성율을 나타내었다.

Table 2-4. Antimicrobial resistance of *E. coli* isolated from duck

Antimicrobials (Concentration/disc)	No. of resistant isolates (%) (n=5)	Antimicrobial agent class
Penicillin (10 μg, P)	5(100)	Penicillins
Doxycycline (30 μg, D)	5(100)	Tetracyclines
Tetracycline (30 μg, TE)	5(100)	Tetracyclines
Erythromycin (15 μg, E)	5(100)	Macrolides
Tylosin (30 μg, TYLO)	5(100)	Macrolides
Cefazolin (30 μg, CZ)	5(100)	Cephalosporins I
Lincomycin (2 μg, L)	5(100)	Lincosamides
Gentamicin (10 μg, GM)	5(100)	Aminoglycosides
Tiamulin (30 μg, TIA)	5(100)	Diterpons
Carbenicillin (100 μg, CB)	4 (80)	Penicillins
Ampicillin (10 μg, AM)	4 (80)	Penicillins
Trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25/23.75 μg, SXT)	4 (80)	Sulfonamides
Nalidixic acid (30 μg, NA)	4 (80)	Quinolone
Ciprofloxacin (5 μg, CIP)	3 (60)	Quinolone
Norfloxacin (10 μg, NOR)	3 (60)	Quinolone
Streptomycin (10 μg, S)	3 (60)	Aminoglycosides
Neomycin (30 μg, N)	3 (60)	Aminoglycosides
Chloramphenicol (30 μg, C)	3 (60)	Chloramphenicols
Kanamycin (30 μg, K)	2 (40)	Aminoglycosides
Enrofloxacin (5 μg, ENR)	2 (40)	Quinolone
Ofloxacin (5 μg, OFX)	2 (40)	Quinolone
Amoxicillin/clavulanic acid (20/10 μg, AmC)	1 (20)	β-lactam/β lactamase inhibitor combinations
Cephalothin (30 μg, CF)	1 (20)	Cephalosporins I
Amikacin (30 μg, AN)	0 (0)	Aminoglycosides
Apramycin (15 μg, APR)	0 (0)	Aminoglycosides
Cefepime (30 μg, FEP)	0 (0)	Cephalosporins
Ceftiofur (30 μg, EFT)	0 (0)	Cephalosporins III
Colistin (10 μg, CL)	0 (0)	Polypeptides
Florfenicol (30 μg, FFC)	0 (0)	Chloramphenicols

쇠고기에서 분리된 대장균에 대한 항생제 내성 약제 수

시중에 유통 중인 쇠고기로부터 분리된 대장균 41주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과는 Table 3-1과 같다. 항생제 내성형은 3제에서부터 20제까지 총 15개의 유형으로 나타났다. 분리된 대장균 41주는 모두 3제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 한편 분리균 중 공시한 어느 약제에 대해서도 내성이 없는 감수성 균은 0%로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균 중 8제와 11제 내성균이 14.6%로 가장 많은 비율을 보였고 다음으로 12제(12.2%), 9제·10제(각각 9.8%), 6제·7제(각각 7.3%), 13제·14제(각각 4.9%), 3제·5제·15제·17제·19제·20제(각각 2.4%)의 순으로 높은 비율을 나타내었다.

Table 3-1. Multiple drug resistance of 41 *E. coli* isolates from beef

No. of drugs	No. (%) of resistant isolates
3	1(2.4)
5	1(2.4)
6	3(7.3)
7	3(7.3)
8	6(14.6)
9	4(9.8)
10	4(9.8)
11	6(14.6)
12	5(12.2)
13	2(4.9)
14	2(4.9)
15	1(2.4)
17	1(2.4)
19	1(2.4)
20	1(2.4)

Table 3-2. Multiple drug resistance of 5 *E. coli* isolates from pork

No. of drugs	No. (%) of resistant isolates
11	1(20)
14	2(40)
20	1(20)
24	1(20)

돼지고기에서 분리된 대장균에 대한 항생제 내성 약제 수

시중에 유통 중인 돼지고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과는 Table 3-2와 같다. 항생제 내성형은 11제, 14제, 20제, 24제의 총 4개 유형으로 나타났다. 분리된 대장균 5주는 모두 11제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 한편 분리균 중 공시한 어느 약제에 대해서도 내성이 없는 감수성 균은 0%로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균 중 14제 내성균이 40%로 가장 많은 비율을 보였고 다음으로 11제, 20제와 24제가 각각 20%의 순으로 높은 비율을 나타내었다.

닭고기에서 분리된 대장균에 대한 항생제 내성 약제 수

시중에 유통 중인 닭고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과는 Table 3-3과 같다. 항생제 내성형은 16제, 19제, 20제, 24제의 총 4개 유형으로 나타났다. 분리된 대장균 5주는 모두 16제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 한편 분리균 중 공시한 어느 약제에 대해서도 내성이 없는 감수성 균은 0%로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균 중 16제 내성균이 40%로 가장 많은 비율을 보였고 다음으로 19제, 20제와 24제가 각각 20%의 순으로 높은 비율을 나타내었다.

오리고기에서 분리된 대장균에 대한 항생제 내성 약제 수

시중에 유통 중인 오리고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과는 Table 3-4와 같다. 항생제 내성형은 10제, 16제, 18제, 19제, 21제의 총 5개 유형으로 나타났다. 분리된 대장균 5주는 모두 10제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 한편 분리균 중 공시한 어느 약제에 대해서도 내성이 없는 감수성 균은 0%로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균은 10제, 16제, 18제, 19제 및 21제가 각각 20%의 비율을 나타내었다.

쇠고기에서 분리된 항생제 내성 대장균의 내성양상

시중에 유통 중인 쇠고기로부터 분리된 대장균 41주에 대한 항생제 내성 유형은 총 40개로 다양하게 나타났다(Table 4-1). 그중 CZ·D·E·L·P·TYLO·TE·NOR 8제 내성형이 4.9%로 가장 많이 나타났고 다음으로 여러 다제 내성형들이 각각 2.4%로 나타나 전반적으로 3제에서부터 20제까지 각각의 유형이 2.4~4.9%의 고른 분포를 나타내었다.

Table 3-3. Multiple drug resistance of 5 *E. coli* isolates from chicken

No. of drugs	No. (%) of resistant isolates
16	2(40)
19	1(20)
20	1(20)
24	1(20)

Table 3-4. Multiple drug resistance of 5 *E. coli* isolates from duck

No. of drugs	No. (%) of resistant isolates
10	1(20)
16	1(20)
18	1(20)
19	1(20)
21	1(20)

Table 4-1. Antimicrobial resistance patterns of 41 *E. coli* isolates from beef

No. of antimicrobials	Resistance patterns	No. (%) of isolates
3	CZ, D, TE	1 (2.4)
5	CZ, D, CF, AmC, S	1 (2.4)
6	CZ, D, Te, CB, CF, AmC	1 (2.4)
	CZ, D, CB, CF, N, K	1 (2.4)
	CZ, Te, NOR, CB, CF, AmC	1 (2.4)
7	CZ, D, Te, CF, S, AN, CL	1 (2.4)
	D, E, L, P, TYLO, NOR, CIP	1 (2.4)
	D, E, L, P, TYLO, TE, CIP	1 (2.4)
8	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR	2 (4.9)
	CZ, E, L, P, TYLO, TE, CB, CIP	1 (2.4)
	CZ, E, L, P, TYLO, NOR, CB, CIP	1 (2.4)
	CZ, D, TE, NOR, AM, CF, AmC, GM	1 (2.4)
	CZ, D, TE, NOR, CB, AmC, GM, NA	1 (2.4)
9	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, CIP, NA	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, CB, GM	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, NOR, CB, CIP	1 (2.4)
	CZ, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP	1 (2.4)
10	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CIP, AN	1 (2.4)
	CZ, E, L, P, TYLO, NOR, CB, CIP, GM, AN	1 (2.4)
	CZ, E, L, P, TYLO, NOR, CB, CIP, AM, N	1 (2.4)
11	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, NA	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, CB, CIP, AM, SXT	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, SXT	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, AN	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, GM, SXT, S	1 (2.4)
	CZ, D, CB, AM, CF, AmC, N, GM, K, NA, C	1 (2.4)
	E, L, P, TYLO, NOR, CIP, AM, N, K, SXT, S	1 (2.4)
12	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, SXT, C	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, AM, N, K	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, N, K	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CIP, AM, CF, AmC	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, CIP, AM, CF, AmC, GM	1 (2.4)
13	CZ, D, E, L, P, TYLO, CB, AM, CF, AmC, K, NA, C	1 (2.4)
	CZ, D, TE, NOR, CB, AM, CF, AmC, N, GM, K, NA, C	1 (2.4)
14	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, AM, GM, SXT, C	1 (2.4)
	CZ, D, E, L, P, TYLO, NOR, CB, CIP, AM, CF, NA, ENR, EFT	1 (2.4)
15	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, AM, CF, AmC, N, S	1 (2.4)
17	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, AM, N, K, SXT, S, C, FFC	1 (2.4)
19	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, AM, AmC, N, K, NA, SXT, S, C, ENR	1 (2.4)
20	CZ, D, E, L, P, TYLO, TE, NOR, CB, CIP, AM, N, GM, K, NA, SXT, S, C, ENR, APR	1 (2.4)
Total	40 patterns	41

Table 4-2. Antimicrobial resistance patterns of 5 *E. coli* isolates from pork

No. of antimicrobials	Resistance patterns	No. (%) of isolates
11	AM, D, CZ, E, L, P, TYLO, TIA, AmC, CF, CL	1 (20)
14	AM, D, CZ, E, L, P, TYLO, CB, GM, K, N, S, TE, SXT	2 (40)
20	AM, D, CZ, E, L, P, TYLO, CB, GM, K, N, S, TE, SXT, TIA, C, CIP, NA, NOR, AN	1 (20)
24	AM, D, CZ, E, L, P, TYLO, CB, GM, K, N, S, TE, SXT, TIA, AmC, CF, C, CIP, NA, NOR, ENR, EFT, OFX	1 (20)
Total	4 patterns	5

Table 4-3. Antimicrobial resistance patterns of 5 *E. coli* isolates from chicken

No. of antimicrobials	Resistance patterns	No. (%) of isolates
16	CB, CZ, CIP, NA, NOR, ENR, E, L, P, TYLO, OFX, TIA, AM, S, GM, C	1 (20)
	CB, CZ, CIP, NA, NOR, ENR, E, L, P, TYLO, OFX, TIA, TE, SXT, AmC, D	1 (20)
19	CB, CZ, CIP, NA, NOR, ENR, E, L, P, TYLO, OFX, TIA, AM, S, TE, SXT, D, K, N	1 (20)
20	CB, CZ, CIP, NA, NOR, ENR, E, L, P, TYLO, OFX, TIA, AM, S, TE, SXT, AmC, GM, K, N	1 (20)
24	CB, CZ, CIP, NA, NOR, ENR, E, L, P, TYLO, OFX, TIA, AM, S, TE, SXT, AmC, D, GM, K, N, C, CF, EFT	1 (20)
Total	5 patterns	5

돼지고기에서 분리된 항생제 내성 대장균의 내성양상

시중에 유통 중인 돼지고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성 유형은 총 4개로 나타났다(Table 4-2). 그중 AM·D·CZ·E·L·P·TYLO·CB·GM·K·N·S·TE·SXT의 14제 내성형이 40%로 가장 많이 나타났다. 전반적으로 11제, 14제, 20제, 24제까지 각각의 유형이 20~40%의 고른 분포를 나타내었다.

닭고기에서 분리된 항생제 내성 대장균의 내성양상

시중에 유통 중인 닭고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성 유형은 총 5개로 나타났다(Table 4-3). 그중 CB·CZ·CIP·NA·NOR·ENR·E·L·P·TYLO·OFX·TIA·AM·S·TE·SXT·AmC·D·GM·K·N·C·CF·EFT의 24제 내성형 등이 나타났다. 전반적으로 16제, 19제, 20제, 24제까지 각각의 유형이 20~40%의 고른 분포를 나타내었다.

오리고기에서 분리된 항생제 내성 대장균의 내성양상

시중에 유통 중인 오리고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성 유형은 총 5개로 나타났다(Table 4-4). 그중 CZ·D·GM·TE·E·L·P·TYLO·TIA·CB·AM·NA·SXT·CIP·NOR·S·N·C·K·ENR·OFX의 21제 내성형 등이 나타났다. 전반적으로 10제, 16제, 18제, 19제, 21제까지 각각의 유형이 20%의 고른 분포를 나타내었다.

Table 4-4. Antimicrobial resistance patterns of 5 *E. coli* isolates from duck

No. of antimicrobials	Resistance patterns	No. (%) of isolates
10	CZ, D, GM, TE, E, L, P, TYLO, TIA, N	1 (20)
16	CZ, D, GM, TE, E, L, P, TYLO, TIA, CB, AM, NA, SXT, S, N, K	1 (20)
18	CZ, D, GM, TE, E, L, P, TYLO, TIA, CB, AM, NA, SXT, CIP, NOR, C, AmC, CF	1 (20)
19	CZ, D, GM, TE, E, L, P, TYLO, TIA, CB, AM, NA, SXT, CIP, NOR, S, C, ENR, OFX	1 (20)
21	CZ, D, GM, TE, E, L, P, TYLO, TIA, CB, AM, NA, SXT, CIP, NOR, S, N, C, K, ENR, OFX	1 (20)
Total	5 patterns	5

고 찰

본 연구에서 시중에 유통 중인 식육에서 분리한 대장균을 대상으로 항생제 내성 실태를 조사한 결과 대장균 분리율은 쇠고기 9.0%, 돼지고기 12.5%, 닭고기 25%, 오리고기 22.7%를 나타내었다. 이러한 결과 중 쇠고기에서의 대장균 분리율은 본 연구팀이 2008년에 실시한 시중에 유통 중인 쇠고기에서의 분리율 9.8%를 나타낸 결과와 비교했을 때와 거의 유사한 경향을 나타내었고 2007년에 실시한 시중에 유통 중인 쇠고기에서의 분리율인 15.3%보다는 훨씬 낮게 나타내었다[20].

이와 같은 대장균 분리율이 조금 감소한 경향은 쇠고기의 사양과 도축, 유통 과정에서 보다 위생 상태가 나아진 것으로 사료된다.

아울러, 대장균 분리율이 쇠고기, 돼지고기, 오리고기, 닭고기의 순으로 조금씩 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 각각의 식육마다 사양과 도축, 유통 과정이 상이하여 위생 상태가 서로 달라서 차이가 난 것으로 사료된다.

시중에 유통 중인 쇠고기로부터 분리된 대장균 41주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 CZ 92.7%, D 82.9%, P·E·TYLO과 L 각각 75.6%, TE 73.2%로 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 NOR 68.3%, CB 65.9%, CIP 61.0%, AM 39.0%, CF 31.7%로 비교적 중등도의 내성율을 나타내었고 AmC 29.3%, N 26.8%, GM 24.4%, K·NA와 SXT 각각 22.0%, C과 S 각각 19.5%로 비교적 약한 내성율을 나타내었으며 AN 9.8%, ENR 7.3%, APR·CL·FFC과 EFT 각각 2.4%로 아주 미약한 내성율을 나타내었다. 즉, cephalosporins Ⅰ, tetracyclines 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타냈으며, 다음으로 penicillins, macrolides, lincosamides, quinolone, β-lactam/β lactamase inhibitor combinations, aminoglycosides, sulfonamides, chloramphenicols 등 다수 계열의 항생제에 대해서 높은 항생제 내성율을 나타내었다. 이러한 결과는 본 연구팀이 2008년에 실시한 쇠고기로부터 분리된 대장균 39주와 2007년에 실시한 쇠고기로부터 분리된 대장균 92주에 대한 항생제 내성율에서 tetracyclines 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타낸 경향이 일치하였으며, 다음으로 2008년의 sulfonamides, aminoglycosides, penicillins, cephalosporins, quinolone 등 다수 계열의 항생제에 대해서 높은 항생제 내성율을 나타낸 결과와 2007년의 cephalosporins, quinolone, penicillins, sulfonamides, aminoglycosides 등 다수 계열의 항생제에 대해서 높은 항생제 내성율을 나타낸 순서는 약간의 차이가 있었지만 유사한 경향을 나타내었다[20].

시중에 유통 중인 돼지고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 AM·P·D·E·TYLO·CZ과 L 각각 100%, CB·TE·GM·K·N·S과 SXT 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 TIA 60%, AmC·CF·CIP·NA·NOR과 C 각각 40%로 비교적 중등도의 내성율을 나타내었고 AN·CL·ENR·OFX과 EFT 20%로 비교적 약한 내성율을 나타내었으며 APR·FEP과 FFC 0%로 아주 미약한 내성율을 나타내었다. 즉, penicillins, tetracyclines, macrolides, cephalosporins Ⅰ, lincosamides, aminoglycosides, sulfonamides 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타냈으며, 다음으로 diterpons, β-lactam/β lactamase inhibitor combinations, quinolone, chloramphenicols, polypeptides, cephalosporins Ⅲ 등 다수 계열의 항생제에 대해서 높은 항생제 내성율을 나타내었다.

시중에 유통 중인 닭고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 CB·P·CIP·NA·NOR·ENR·OFX·E·TYLO·L·CZ과 TIA 각각 100%, AM·TE·S과 SXT 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 AmC·D·GM·K과 N 각각 60%, C 40%로 비교적 중등도의 내성율을 나타내었고 CF과 EFT 20%로 비교적 약한 내성율을 나타내었으며 AN·

APR·FEP·CL과 FFC 0%로 아주 미약한 내성율을 나타내었다. 즉, penicillins, quinolone, macrolides, lincosamides, cephalosporins Ⅰ, diterpons, tetracyclines, aminoglycosides, sulfonamides 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타냈으며, 다음으로 β-lactam/β lactamase inhibitor combinations, chloramphenicols 계열의 항생제에 대해서 높은 항생제 내성율을 나타내었다.

시중에 유통 중인 오리고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 P·D·TE·E·TYLO·CZ·L·GM과 TIA 각각 100%, CB·AM·SXT과 NA 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 CIP·NOR·S·N과 C 각각 60%, K·ENR과 OFX 각각 40%로 비교적 중등도의 내성율을 나타내었고 AmC와 CF 각각 20%로 비교적 약한 내성율을 나타내었으며 AN·APR·FEP·CL·FFC과 EFT 0%로 아주 미약한 내성율을 나타내었다. 즉, tetracyclines, macrolides, cephalosporins Ⅰ, lincosamides, aminoglycosides, diterpons, penicillins, sulfonamides, quinolone 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타냈으며, 다음으로 chloramphenicols 및 β-lactam/β lactamase inhibitor combinations 계열의 항생제에 대해서 높은 항생제 내성율을 나타내었다.

따라서 시중에 유통 중인 식육으로부터 분리된 대장균주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 공통적으로 P·D·TE·E·TYLO·CZ·L과 CB에 대해서 상당히 높은 내성율을 나타내었으며 GM·AM·SXT·S·N과 TIA은 돼지, 닭, 오리고기에서 비교적 높은 내성율을 나타내었고 NA는 닭, 오리고기에서 비교적 높은 내성율을 나타내었다. ENR과 OFX은 닭고기에서 특히 높은 내성율을 나타내었고 CIP과 NOR은 쇠고기, 닭, 오리고기에서 비교적 높은 내성율을 나타내었으며 K은 돼지고기에서 비교적 높은 내성율을 나타내었다. 한편 C·AmC와 CF은 공통적으로 비교적 약한 내성율을 나타내었다. AN·APR·FEP·CL·FFC과 EFT는 공통적으로 아주 미약하거나 0%의 내성율을 나타내었다. 즉, 공통적으로 penicillins, tetracyclines, macrolides, cephalosporins, lincosamides 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타냈으며, aminoglycosides, sulfonamides 계열의 항생제는 돼지, 닭, 오리고기에서 비교적 높은 내성율을 나타내었고, diterpons 계열의 항생제는 닭, 오리고기에서 비교적 높은 내성율을 나타내었으며, quinolone 계열의 항생제는 닭, 오리, 쇠고기에서 비교적 높은 내성율을 나타내었다. 한편 공통적으로 chloramphenicols 계열의 항생제에 대해서는 낮은 항생제 내성율을 나타내었다.

시중에 유통 중인 쇠고기로부터 분리된 대장균 41주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 3제에서부터 20제까지 총 15개의 유형으로 나타났고 분리된 대장균 41주는 모두 3제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균 중 8제와 11제 내성균이 14.6%로 가장 많은 비율을 보였고 다음으로 12제(12.2%), 9제·10제(각각 9.8%), 6제·7제(각각 7.3%), 13제·14제(각각 4.9%), 3제·5제·15제·17제·19제·20제(각각 2.4%)의 순으로 높은 비율을 나타내었다.

시중에 유통 중인 돼지고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 11제·14제·20제·24제의 총 4개 유형으로 나타났고 분리된 대장균 5주는 모두 11제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균 중 14제 내성균이 40%로 가장 많은 비율을 보였고 다음으로 11제·20제와 24제가 각각 20%의 순으로 높은 비율을 나타내었다.

시중에 유통 중인 닭고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 16제·19제·20제·24제의 총 4개 유형으로 나타났고 분리된 대장균 5주는 모두 16제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균 중 16제 내성균이 40%로 가장 많은 비율을 보였고 다음으로 19제·20제와 24제가 각각 20%의 순으로 높은 비율을 나타내었다.

시중에 유통 중인 오리고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 10제·16제·18제·19제·21제의 총 5개 유형으로 나타났고 분리된 대장균 5주는 모두 10제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균은 10제·16제·18제·19제 및 21제가 각각 20%의 비율을 나타내었다.

따라서 시중에 유통 중인 식육으로부터 분리된 대장균주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 대부분 3제에서부터 24제까지 여러 개의 다양한 유형으로 나타났고 분리된 대장균주는 모두 3제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 다제 내성을 보인 대장균의 유형은 쇠고기에서는 분리균주가 많아 돼지고기, 닭고기, 오리고기보다 내성형의 유형수가 훨씬 다양하게 많은 비율을 보였다고 사료된다.

본 연구 결과에서 쇠고기로부터 분리된 대장균 주에 대한 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과는 본 연구팀이 2008년에 실시한 항생제 내성 유형인 단제에서부터 13제까지 각각의 유형이 2.6~10.3%의 고른 분포를 나타낸 결과와 2007년에 실시한 항생제 내성형이 1제에서부터 13제까지 총 13제 75개의 유형으로 매우 다양하게 나타나는 경향과 유사하게 나타났는데 이번 연구에서는 사용한 항생제의 수가 훨씬 많아서 더 높은 수의 다제 내성을 나타낸 것으로 사료된다[20]. 따라서 본 연구에서 유통 중인 쇠고기에서 분리한 대장균의 항생제 내성율은 다른 연구자들[10]이 보고한 축산물 유래 대장균의 항생제 내성율과 비슷한 양상을 나타내었으며 다제 내성 경향도 유사한 결과를 나타냈다.

한편 돼지고기와 닭고기, 오리고기에서는 분리균의 수가 적었기 때문에 다재 내성 약제 수와 유형이 다양하지 않은 것으

로 판단되나 여전히 높은 다제 내성과 유형을 나타내는 것은 주목할 만하다고 판단된다.

본 조사·연구와 여러 연구들의 보고에 따르면 동물에서 항생제 내성율은 국가별, 균종별, 항생제 종류별로 다소 차이는 있지만 전반적으로 우리나라가 덴마크 등 선진 축산 국가에 비해서 내성 빈도가 전반적으로 높게 나타났는데[10], 이러한 결과는 송 등[10]이 언급한 것처럼 과거부터 현재까지 축산분야에서 치료 및 예방의 목적으로 많이 사용해오고 있는 항생제의 종류 및 사용량과 직접적인 관계가 있으며 이는 내성균의 출현과도 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

구체적으로 살펴보면, 도축장에서 채취한 시료에서 분리한 균에서도 tetracycline에 높은 내성율을 나타냈다는 보고가 있고[23,24] 다른 나라의 경우에도 tetracycline에 대한 내성율이 검사 항생제 중에서 가장 높은 것으로 보고되고 있으나 우리나라의 내성율이 비교적 더 높다는 보고[19]와 관련하여 tetracycline은 가축에서 오래전부터 질병 예방 및 성장 촉진 목적으로 오랜 기간 광범위하게 사용되어 왔고 우리나라에서 현재에도 전체 항생제 중 tetracycline 계열이 약 50%이상 사용되는 것으로 보고되어 있어[19,25] tetracycline의 사용량과 사용기간에 비례하여 내성율도 높은 것으로 사료된다.

Tetracycline의 경우 사용이 중단된 이후에도 한번 획득한 내성은 장기간 지속되는 것으로 보고되고 있는데[3,10,26] 본 조사·연구 결과 모든 식육에서 항생제 내성율이 아주 높은 수준을 나타내므로 항생제 내성 안전관리를 위해서는 지속적인 내성균 모니터링과 신중한 항생제 사용관리가 필요하다고 사료된다.

Doxycycline은 지난 수년간 사용이 감소하고 있는 항생제 중에 하나이지만 최근에는 상대적으로 내성이 높아지고 있는 항생제인데[27] 본 조사·연구 결과 모든 식육에서 항생제 내성율이 아주 높은 수준을 나타냈다.

Streptomycin, neomycin, kanamycin, gentamicin과 같은 aminoglycoside계 항생제는 tetracycline계와 marcrolide계 항생제와 더불어 그람음성균과 그람양성균 모두에 효과적인 항생제로 보고[28]되고 있는데 본 조사·연구에서도 돼지, 닭, 오리고기에서 S·N·K·GM에 대한 항생제 내성율이 상당히 높은 것으로 관찰되었다. 특히, aminoglycoside계 항생제 중 streptomycin이 가장 높은 항생제 내성율을 나타낸 것은 다른 항생제들보다 비교적 오랫동안 사용되어 왔기 때문인 것으로 사료된다.

Tetracycline과 함께 오래 전부터 국내에서 사용되어온 항생제 중의 하나인 β-Lactam계 항생제인 penicillin류의 penicillin, carbenicillin, ampicillin의 내성율도 본 조사·연구 결과 모든 식육에서 항생제 내성율이 아주 높은 수준을 나타냈는데, 이들 항생제에 대해서도 신중하게 사용해야 할 것으로 사료된다[25].

광범위 합성항균제인 fluoroquinolone이 1990년대 이후 인의와 수의 치료분야에 도입되어 동물 유래 대장균에서 이들 약제에 대한 내성균의 출현은 점차 증가하고 있으며[3], 신 퀴놀론계 항생제 중 ciprofloxacin, ofloxacin, norfloxacin, pefloxacin은 인의 치료나 수의 치료에서 공용으로 사용되고 있어서[29,30] 공중보건학적으로 중요해 신중한 선택이 요구된다고 사료된다. 본 조사·연구에서도 닭, 오리고기에서 norfloxacin과 nalidixic acid, 닭, 오리, 쇠고기에서 ciprofloxacin에 대한 항생제 내성율이 특히 높은 것으로 관찰되었다. 또한 닭고기에서는 enrofloxacin에 대한 항생제 내성율이 특히 높은 것으로 관찰되었다.

신퀴놀론계 항균제 중 동물전용으로 개발되어 수의임상분야에서 사용되는 enrofloxacin과 인체용으로 개발되어 사람의료분야에서 사용되는 ciprofloxacin, ofloxacin, norfloxacin 같은 fluroquinolones 및 인수공용으로 사용되는 ciprofloxacin도 개발 초기에는 그람 양성 및 음성 세균에 효과가 있었지만 지난 20년간 광범위하게 지나치게 많이 사용한 결과 내성을 나타내게 되어 인체의 건강을 위협할 수도 있는 가능성이 제기되었다[31,32]. 이러한 퀴놀론제제 간에는 교차 내성이 있으며, 퀴놀론에 대한 내성균은 다른 계열의 항생제(beta-lactam)에도 교차 내성을 나타낼 수 있어 주의가 필요하다고 판단된다[32]. 즉, 양계분야에서 tetracycline계 다음으로 많이 사용되는 퀴놀론계 항균제 중에서 동물전용의 엔로플록사신은 체내에서 대사되어 인체용인 씨플로플록사신으로 대사되는 약물 특성을 지니고 있기 때문에 엔로플록사신을 오·남용하게 되면 씨플로플록사신을 비롯한 신퀴놀론계 항균제와의 교차내성의 발생 가능성이 높아지게 되며, 이러한 실증 증거가 신퀴놀론계 항균제의 오·남용이 심한 우리나라 축산 현장에서 수치로 증명되고 있고[32] 본 조사·연구 결과에서 특히, 닭, 오리고기에서 높은 항생제 내성율을 나타낸 결과와 연관이 있는 것으로 판단되므로 강력한 사용 규제가 필요하다고 사료된다.

아울러 우리나라는 주요 선진 축산국가들에 비해서 신퀴놀론계 항균제에 대한 허가 성분과 사용량이 많은 국가로 enrofloxacin 등 신퀴놀론계 항균제의 내성율은 매우 우려스러운 수준으로 퀴놀론 항균제의 닭고기와 계란에서의 잔류와 내성문제가 공론화되어 사회적 관심사로 대두되고 있는 실정[31]으로 본 조사·연구 결과에서 특히, 닭, 오리고기에서 높은 항생제 내성율을 나타낸 결과가 연관이 있는 것으로 판단되므로 우리나라에서도 미국에서처럼 가금에서 경구용 액제에 대한 enrofloxacin의 전면 사용 금지가 이루어질 필요성이 있다고 판단된다[32].

따라서 우리나라에서는 2008년 7월 1일부터 신 퀴놀론계 항생제 중 ciprofloxacin, ofloxacin, norfloxacin, pefloxacin과 같은 인수공용 퀴놀론계 항균제는 모두 제조와 수입이 전면 금지되고, 동물전용의 enrofloxacin, orbifloxacin, danofloxacin, marbofloxacin 같은 신퀴놀론계 항균제와 옥소린산과 플루메킨과 같은 구퀴놀론계 항균제만이 2009년부터 서류상의 재평

가를 거쳐 사용가능하게 되었다[33].

Chloramphenicol은 미국 등 여러 나라에서 골수의 기능을 저하시켜 재생 불량성 빈혈을 일으킬 수 있는 여러 가지 부작용을 이유로 사용을 금지하고 있으나[19] 국내에서 내성율이 줄어들지 않고 있는데 본 조사연구 결과 모든 식육에서 항생제 내성율이 중등도의 수준을 나타냈다.

Amikacin에 대한 항생제 내성율은 본 조사연구 결과 모든 식육에서 대체로 미약하게 낮은 수준을 나타냈다. 이러한 원인으로 amikacin은 균이 분비하는 aminoglycoside계 불활화 효소에 가장 안정하여 쉽게 내성이 발생하지 않는 것 때문이라 사료된다.

축산에서 사용되는 항생제를 용도별로 살펴보면 2008년에 배합사료에 첨가하여 사용되는 항생제는 전체 판매 항생제의 37-43%, 수의사처방에 의해 사용되는 항생제가 6-7%, 그리고 자가치료 및 예방용으로 사용되는 항생제가 51-56%로 전문가 처방에 의해 사용되는 항생제는 매우 낮은 것으로 조사되었다[34].

또한 축종별로 항생(항균)제 사용 추이를 보면 2008년에 축수산용 항생제 중 소에서 8%의 항생(항균)제가 판매되었으며, 돼지에서 54-57%, 닭에서 18-21%로 돼지에서 항생(항균)제가 가장 많이 사용되었다[34].

국립수의과학검역원에서 발표한 2005년 축산용 항생제의 사용 실태 조사를 보면, tetracycline, penicillin, sulfonamide, aminoglycoside, quinolone 계열 순으로 사용량이 많았으며, 축산물 종에 관계없이 tetracycline, ampicillin, streptomycin, nalidixic acid 순으로 높은 내성을 보였다고 보고하였다[35].

축산동물에서 치료용 및 성장 촉진제(AGP)로 가장 많이 사용되는 항생제는 beta-lactam계, tetracycline계, marcrolide계, aminoglycoside계 및 sulfonamide계의 항생제이며, 인수공용 항생제도 사용되고 있다. 이렇게 인수공용 항생제를 비롯한 축산동물에서의 항생제 사용으로 인해 항생제 내성균이 발생되고 전파되어 인체 감염을 일으키게 되는 경우 치료하기 어려운 상황이 전개될 수도 있어 축산동물에서의 항생제 사용이 공중보건학적으로 중요한 문제로 대두되게 되었다[1].

사용상 주의를 요하는 동물용 약품 중 항생제 내성균 문제가 심각한 항생제는 페니실린 계열, 퀴놀론 계열, 클로람페니콜 제제 등이 있는 것으로 알려져 있다[36]. 따라서 우리나라에서도 농림부와 국립수의과학검역원에서 동물용 항생제 안전사용 관리방안에 따라 배합사료에 첨가하는 성장촉진용 항생제의 사용을 최소화하기 위해 2009년 1월부터 페니실린, 클로르테트라사이클린(CTC), 옥시테트라사이클린(OTC), 바시트라신아연, 황산콜리스틴, 황산네오마이신, 염산린코마이신 등 7종의 인수공용 항생물질을 사료 내 혼합 가능 동물용의약품의 종류 및 허용기준에서 삭제하였고 장기적으로는 지속적으로 인의용과 동물용 항생제의 구분이 필요하다고 생각된다.

전체적으로 국내 축산용 항생제의 사용은 축산 선진국에 비해 그 사용량이 많을 뿐만 아니라 질병에 대한 직접적인 치료용보다는 성장촉진용으로서 사료첨가제나 축산농가에서 약품도매상을 통해 항생제를 직접 구입하여 자가치료 및 예방 용도로 대부분이 사용되고 있고 소에 비해 상대적으로 밀집 사육하는 돼지와 닭에서 많이 사용되고 있다. 또한 전체적으로 tetracycline 계열이 전체 판매량의 절반 이상을 차지하고 있으며 내성균 분리율에 있어서도 축산용으로 많이 사용하는 항생제에 대한 내성율이 높은 것으로 나타나고 있다[14].

축산현장에서 항생물질을 무분별하게 장기간 사용할 경우, 대개 내성균이 출현하게 되어 농가에서 적절한 치료제를 찾기가 어려워지고 기존의 항생물질 외에 고가의 새로운 항생물질을 사용하게 됨으로써 치료비 증가로 인한 경제적 피해를 초래할 수 있다. 또한, 가축 유래 항생제 내성균이 축산식품이나 환경을 통해 사람에서 질병을 일으키는 세균에 내성 유전자가 전달되는 이차적인 문제를 유발시킬 수 있다는 가능성이 제기되고 있다. 즉, 항생제 내성 균주는 항생제의 오·남용으로 인해 오랜 시간 항생제와 접촉하면서 내성이 생기거나 전달성 R-plasmid를 다른 세균으로부터 전달받아 내성이 생기게 된다[37,38]. 그러나 우리나라에서는 아직까지 가축 유래 항생제 내성균이 축산식품을 통해 사람에게 전달되었다는 과학적인 근거나 위험평가가 없는 상태이다[4]. 세균에서 항균제 내성 증가는 세균의 증식이 매우 빠를 뿐 아니라 내성유전자가 다른 균주로 전달되거나 이들 내성균이 사람 간에 쉽게 전파된다[39].

항생제의 무분별한 남용과 과다 사용은 오히려 항생제 내성균의 증가로 최근에는 현재 개발되어 있는 항생제로는 치료가 불가능한 슈퍼 세균들이 출현하기에 이르러 가축에서 질병 치료에 어려움이 많은 실정이다. 특히 돼지는 질병이 다양하게 발생하여 질병의 치료나 예방을 위해 많은 부분을 항생제에 의존해 왔다[34]. 국내외적으로 사람에서 슈퍼박테리아가 증가하는 이유가 가축에서의 항생제 내성균 증가와 무관하지 않은 것으로 추정되고 있는데, 동물로부터 사람으로의 항생제 내성균 전파는 동물과의 직접적 접촉을 통해서나 환경 또는 food chain을 통한 간접적 방법으로 전달될 수 있다[40]. 또한 동물용 항균제가 기준치 이상 잔류된 축산물을 장기간 섭취할 경우 인체에 내성을 유발할 수도 있을 것이다[39].

동물에서 내성균이 증가하면 가축의 질병 치료에 어려움이 많을 뿐만 아니라 사람에서의 내성균 증가와도 무관하지 않은 것으로 보고되고 있어 동물에서의 항생제 내성균 발생을 억제하기 위한 우리의 노력이 절실히 필요하다. 항생제 내성균 감소 방안의 하나로서 정부에서는 항생제의 안전한 사용을 위해 배합사료제조용 동물용의약품에 대하여 독성이 있거나 사람에서 사용하는 항생제와 교차내성이 있는 것으로 알려진 항생제에 대해서는 사용을 금지하는 조치를 취하고 있으며, 또한 사람에서 사용하고 있는 것과 동일한 제제인 fluroquinolone계 항생제의 사용을 금지시켰다[40]. 하지만, 축산동물에서의 항생

제 사용으로 유발되는 사람에서의 위해를 추측해보면 먼저 축산식품에 항생제가 잔류하여 잔류항생제의 섭취로 인해 사람에서 독성이 발생하거나 사람의 commensal bacteria에 내성이 유도될 수 있다. 다음으로는 축산동물에 사용한 항생제로 인해 축산동물에서 항생제 내성균이 발생하고, 축산식품의 섭취를 통해 항생제 내성균 또는 내성인자가 사람에게 전파될 수도 있을 것이다. 그러나 잔류문제보다는 식품 섭취를 통한 항생제 내성균 또는 내성인자의 사람으로의 전파가 더욱 중요한 문제로 부각되고 있다. 즉, 사람에게 병원성이 없는 세균이 축산동물에서 항생제 내성을 획득한 후 축산식품 섭취를 통해 사람에게 전달되어 사람의 commensal bacteria 또는 병원성 세균에 항생제 내성이 전달될 수도 있으며, 또한 특히 문제가 되는 것은 인수공통 질병을 일으키는 세균이 동물에서 항생제 내성을 획득한 뒤 이러한 감염된 축산식품을 섭취하거나 또는 조리 과정 중에 사람에 감염되어 질병을 일으킬 수 있으며, 이 때 항생제 내성으로 인해 치료에 어려움을 겪게 될 수 있는 가능성이 있을 것이다[1].

즉, 사람 유래 항생제 내성의 출현과 식용동물에서 항생제 사용과의 인과 관계에 관한 실증은 밝혀지지 않았지만 가축의 항생제 내성균 증가와 인간으로의 전이 가능성이 염려가 되는데[37], 사람유래 항생제 내성균과 동물유래 내성균 간에 유전적 연관성은 없으나 앞으로 발생할 가능성이 있다고 알려지고 있어 개연성을 완전히 부정할 수는 없으며, 앞으로 발생할 가능성이 있다고 알려져 있으며[36] 가축에 과다 공급되는 항생제는 내성균을 확산시켜 과학적으로 입증되지는 않았지만 사람의 질병 치료를 어렵게 만들 수도 있다고 생각된다.

하지만, 사람이 항생제 내성균이 감염된 축산식품을 섭취하더라도 적절한 조리과정을 거치는 동안 대부분의 내성균은 파괴된다고 알려져 있다[1,41]. 또한 동물유래 내성균이 사람의 장기에서 어느 정도 증식하고, 전파되는지는 알려져 있지 않다[1].

따라서 항균제 내성 문제는 병원뿐만 아니라 소, 돼지, 닭, 양식 어류의 질병 예방, 치료, 성장 촉진 등을 위해 항균제가 축수산 농가에서 널리 사용되고 있어 계속적인 감시와 홍보가 필요하며[34] 이러한 항균제한 항한 내성균의 출현율을 줄이기 위해제한 선진 축산국가에서처럼 지속적인 항균제 내성 모니터링을 실시하여 항생제 사용 패턴 등을 분석하고 이를 근거로 내성균의 전파 방지를 위한 노력과 사료첨가용, 자가치료용으로 사용되는 항균제의 엄격한 사용 제한이 이루어져야 될 것으로 사료된다.

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 막고, 올바른 항생제 사용이 필요할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구에서 시중에 유통 중인 식육에서 분리한 대장균을 대상으로 항생제 내성 실태를 조사한 결과 대장균 분리율은 쇠고기 455점으로부터 41주 9.0%, 돼지고기 40점으로부터 5주 12.5%, 닭고기 20점으로부터 5주 25%, 오리고기 22점으로부터 5주 22.7%를 나타내었다.

시중에 유통 중인 쇠고기로부터 분리된 대장균 41주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 CZ 92.7%, D 82.9%, P·E·TYLO과 L 각각 75.6%, TE 73.2%로 상당히 높은 내성율을 나타내어 cephalosporins Ⅰ, tetracyclines 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타냈으며, 다음으로 penicillins, macrolides, lincosamides, quinolone 등 다수 계열의 항생제에 대해서 높은 항생제 내성율을 나타내었다. 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 3제에서부터 20제까지 총 15개의 유형으로 나타났고 분리된 대장균 41주는 모두 3제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 또한 항생제 내성 유형은 총 40개로 다양하게 나타났는데 그중 CZ·D·E·L·P·TYLO·TE·NOR 8제 내성형이 4.9%로 가장 많이 나타났고 다음으로 여러 다제 내성형들이 각각 2.4%로 나타나 전반적으로 3제에서부터 20제까지 각각의 유형이 2.4～4.9%의 고른 분포를 나타내었다.

시중에 유통 중인 돼지고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 AM·P·D·E·TYLO·CZ과 L 각각 100%, CB·TE·GM·K·N·S과 SXT 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내어 penicillins, tetracyclines, macrolides, cephalosporins Ⅰ, lincosamides, aminoglycosides, sulfonamides 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타내었고 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 11제·14제·20제·24제의 총 4개 유형으로 나타났고 분리된 대장균 5주는 모두 11제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 또한 항생제 내성 유형은 총 4개로 나타났는데 그중 AM·D·CZ·E·L·P·TYLO·CB·GM·K·N·S·TE·SXT의 14제 내성형이 40%로 가장 많이 나타났고 전반적으로 11제·14제·20제·24제까지 각각의 유형이 20～40%의 고른 분포를 나타내었다.

시중에 유통 중인 닭고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 CB·P·CIP·NA·NOR·ENR·OFX·E·TYLO·L·CZ과 TIA 각각 100%, AM·TE·S과 SXT 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내어 penicillins, quinolone, macrolides, lincosamides, cephalosporins Ⅰ, diterpons, tetracyclines, aminoglycosides, sulfonamides 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타내었고 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 16제·19제·20제·24제의 총 4개 유형으로 나타났고 분리된 대장균 5주는 모두 16제 이상의 약제에 내성을 가진 다제

내성균으로 나타났다. 또한 항생제 내성 유형은 총 5개로 나타났는데 그중 CB·CZ·CIP·NA·NOR·ENR·E·L·P·TYLO·OFX·TIA·AM·S·TE·SXT·AmC·D·GM·K·N·C·CF·EFT의 24제 내성형 등이 나타났고 전반적으로 16제·19제·20제·24제까지 각각의 유형이 20~40%의 고른 분포를 나타내었다.

시중에 유통 중인 오리고기로부터 분리된 대장균 5주에 대한 항생제 감수성 시험 결과, 내성율은 P·D·TE·E·TYLO·CZ·L·GM과 TIA 각각 100%, CB·AM·SXT과 NA 각각 80%로 상당히 높은 내성율을 나타내어 tetracyclines, macrolides, cephalosporins Ⅰ, lincosamides, aminoglycosides, diterpons, penicillins, sulfonamides, quinolone 계열의 항생제에 대해서 가장 높은 항생제 내성율을 나타내었고 항생제 내성을 내성 약제 수별로 분류한 결과, 항생제 내성형은 10제·16제·18제·19제·21제의 총 5개 유형으로 나타났고 분리된 대장균 5주는 모두 10제 이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균으로 나타났다. 또한 항생제 내성 유형은 총 5개로 나타났는데 그중 CZ·D·GM·TE·E·L·P·TYLO·TIA·CB·AM·NA·SXT·CIP·NOR·S·N·C·K·ENR·OFX의 21제 내성형 등이 나타났고 전반적으로 10제·16제·18제·19제·21제까지 각각의 유형이 20%의 고른 분포를 나타내었다.

본 조사·연구를 통하여 tetracycline뿐만 아니라 일부 항생제에 대한 내성이 점차 증가하고 있으며 또한 다제 내성도 꾸준한 것으로 확인되고 있어 식용 가축에서 항생제의 무분별한 사용에 대한 규제가 필요함을 알 수 있었다. 또한 제한적이나마 유통 중인 식육에서 분리한 대장균을 대상으로 축산용 항생제에 대한 내성 실태를 파악하였는데 본 연구만으로 식육에 잔류하고 있는 항생제 내성이 사람이 섭취할 경우에도 전달되는 지에 대해서는 검증할 수 없지만 여러 방면에서 항생제의 오·남용 방지와 적절한 사용의 필요성을 깨닫게 하는데 의의가 있다고 사료된다.

즉, 미국, 일본, EU 등의 축산 선진국에서와 같이 우리나라도 수의사 처방이 있어야만 동물항생제, 생물학제재, 호르몬제, 마취제를 사용하도록 수의사 처방 의무화를 조속히 시행하여 축산 선진국가에 비해 축산업 규모나 배합사료 생산량 및 축산물 생산량 대비 개체 당 항생물질 사용량이 월등히 많은 우리나라에서 수의사의 처방 없이 축수산 농가에서 질병의 자가치료 및 예방 목적으로 항생제를 사용하는 것을 근절시켜야 할 것이다.

따라서, 동물약품 안전사용 및 올바른 항생제 지식과 질병의 예방, 진단, 치료에 전문가인 수의사의 진료를 통해 "유효한 약제를 정확히 사용해서" 내성균의 출현을 최소한으로 억제하는 "신중사용이나 적정사용의 원칙"을 준수하여 실천하는 것이 필요하다고 사료된다.

그리고, 항생제 사용의 오·남용은 동물의 질병 치료에서 적시적절한 때 경제적으로 바람직한 기대 효과를 떨어뜨릴 뿐 아니라 안전한 축산 식품으로서의 가치도 떨어뜨릴 수 있으며 이를 섭취하는 사람에게 장기적으로 항생제 내성이 발생되고 전달된다면 앞으로 커다란 공중보건학적 문제로 대두될 수 있음을 염두에 두어 배합사료에 항생제를 섞지 않도록 허용 종류와 수를 규제하고 축주들은 항생제 오·남용과 항생제 내성 발생이 서로 연관이 있다고 인지하면서도 수익향상과 질병 감소를 이유로 자가 치료를 선호하여 성장촉진용 항생제를 많이 사용해왔지만 앞으로는 항생제 오·남용을 줄이고 올바른 항생제 사용을 위한 자발적인 각성과 노력, 실천이 필요할 것으로 사료된다. 또한 축산물 안전성 확보를 위한 배합사료의 위생관리 강화를 위해 배합사료 첨가용 항생제 수를 감소하고 축산 농가에서 항생제 내성에 대한 문제의 심각성을 인식하고 항생제 사용 절감을 위해 실천해야 한다고 사료된다.

2012년부터 동물용 항생제에 대한 수의사처방제가 도입될 계획인데, 이러한 수의사 처방제를 실시함으로써 사육자에게는 가축질병 발생 감소로 인해 생산성 증대, 동물약품 사용비 감소, 국내산 축산물 소비 증대에 따른 수익 증가의 이점을, 소비자에게는 축산물에 대한 안전성·신뢰도 제고, 공중보건학적 위해 가능성 감소의 이점을 줄 수 있다고 사료된다.

수의 진료에서도 항생제 내성을 가진 세균의 출현을 방지하고 항생제에 의한 부작용을 최소화하기 위해 적절하고 신중한 항생제의 사용은 필수적이라고 생각되며, 치료를 위해서 항생제를 사용해야 한다고 판단되면 최적의 치료효과를 내면서 내성은 최소화하고 공중보건을 지킬 수 있는 약제를 선택하는 것이 바람직하다고 사료된다.

국가적으로는 동물용 항생제의 신중한 사용을 위하여 항생제 안전사용 관련 정책을 수립·추진하고 새롭고 다양한 내성균을 감시하여 약제 내성균의 증가를 억제하는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김소현, 박용호. 항생제 내성과 식품 안전. 한국식품안전성학회 Safe food 3(1): pp.30~36(2008).
2. Neu HC. The crisis in antibiotic resistance. Science 257: pp.1064~1073(1992).
3. 조재근, 하종수, 김기석. 소, 돼지 및 닭으로부터 분리한 대장균의 항균제 내성. 한국수의공중보건학회지 30(1): pp.9~18(2006).
4. 정갑수, 조병훈, 손성완 등. 축산물의 잔류물질 관리현황 및 방지 대책. 한국수의공중보건학회지 30(2): pp.159~168(2006).
5. Angulo FJ, Johnson KR, Tauxe RV, Cohen ML. Origins and consequences of antimicrobial resistant nontyphoidal *Salmonella*: implications for the use of fluoroquinolones in food animals. Microb. Drug

Resistance 6: pp.77~83(2000).
6. Donabedian SM, Thal LA, Hershberger E, Perri MB, Chow JW, Bartlett P, Jones R, Joyce K, Rossiter S, Gay K, Johnson J, Mackinson C, Debess E, Madden J, Angulo F, Zervos MJ. Molecular characterization of gentamicin resistant Enterococci in the United States: evidence of spread from animals to humans through food. J. Clin. Microbiol 41(3): pp.1109~1113(2003).
7. 황경화, 김혜영, 이미연 등. 일반인 및 닭도축장 근무자에게 분리한 대장균의 항균제 내성 양상. 인천보건환경연구원보 30(1): pp.103~113(2007).
8. OIE. The use of antibiotics in animals ensuring the protection of public health. European Scientific Conference : pp.8~142(1999).
9. WHO. Joint FAO/OIE/WHO 2nd workshop on non-human antimicrobial usage and antimicrobial resistance, Scientific Assessment, Geneva(2003).
10. 송시욱, 정석찬, 김성일 등. 2003년도 국내 도축장에서 분리한 세균의 항생제 감수성 조사; 1. 도축장의 식육으로부터 분리한 *E.coli*의 항생제 감수성. 한국수의공중보건학회지 28(4): pp.215~221(2004).
11. 식품의약품안전청. 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서. pp.1~600(2003).
12. 국립수의과학검역원. 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서. 식품의약품안전청(2003).
13. 국립수의과학검역원. 국가항생제내성안전관리사업 연구보고서. 식품의약품안전청(2004).
14. 정석찬, 임숙경, 이희수, 변정열 등. 축산 항생제 내성 및 항생제 사용실태 조사. 국립수의과학검역원. 한국수의공중보건학회지 31(1): pp.21~29(2008)
15. 김준명. 국내 항생제 사용실태. 항균제 내성: 새천년의 도전 : pp.6~195(2000).
16. 하준일, 홍기성, 송시욱 등. 축산 및 수산 분야의 항생물질사용실태 조사. 한국수의공중보건학회지 27(4):pp.205~217(2003)
17. Ewing WH. Edwards and Ewing's identification of enterobacteriaceae. 4th ed. New york: elsevier science publish co. inc. : pp.181~318(1986).
18. FDA. Bacteriological analytical manuals. 8ed. Association of official analytical chemists international: 1.01~13.23(1997).
19. 임숙경, 이희수, 변정열 등. 가축 유래 지표 세균에 대한 항생제 내성 양상 조사; Ⅰ. 소 분변에서 분리한 대장균 및 장구균의 항생제 내성 양상 조사. 한국수의공중보건학회지 31(1): pp.21~29(2007).
20. 김홍태, 정경태, 이우원, 이승미, 손은정, 이강록, 김금향, 이동수. 유통되는 쇠고기에서 분리한 대장균의 항생제 내성 조사 · 연구. 부산광역시 보건환경연구원보 17(1): pp.53~62(2007).
21. 국립수의과학검역원. 축산물의 가공기준 및 성분규격. 국립수의과학검역원 고시 제2007-20호(2007).
22. National Committee for Clinical Laboratory Standards. Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals; Approved standard, 2nd ed. NCCLS. wayne : M31~A2(2002).
23. 식품의약품안전청. 축산용 항생제 관리시스템 구축. pp.7~20(2005).
24. 식품의약품안전청. 축산용 항생제 관리시스템 구축. pp.19~27(2006).
25. 김애란, 조영미, 임숙경 등. 가축 유래 지표 세균에 대한 항생제 내성 양상 조사; Ⅲ. 닭 분변 유래 대장균 및 장구균의 항생제 내성 양상 조사. 한국수의공중보건학회지 31(1): pp.41~49(2007).
26. Longlois BE, Dawson KA, Leak I, et al. Antimicrobial resistance of fecal coliforms from pigs in a herd not exposed to antimicrobial agents for 126 months. Vet. microbiol 18(2): pp.147~153(1988).
27. 김진경. 새로운 항생제 치료에 관해서. 대한수의사회지 43(2): pp.171(2007).
28. 허진, 김준만, 권남훈, 박건택, 임지연, 정우경, 홍순근, 박용호. 계육에서 분리한 *Listeria* species와 *Staphylococcus aureus*의 항생제 내성패턴. 대한수의학회지 44(2): pp.217~224(2004).
29. 이인호. 동물전용 및 인수공용 신퀴놀론계 항균제의 사용규제. 대한수의사회지 43(6): p.570(2007).
30. 박용호. 동물약품안전사용을 위한 수의사처방 의무화 실시 영향 평가(요약본). 대한수의사회지 43(1): pp.76~77(2007).
31. 이인호. Plasmid-mediated 퀴놀론 항균제 내성의 국제적 동향에 대한 고찰. 대한수의사회지 43(10): pp.935~936(2007).
32. 이인호. 동물전용 및 인수공용 신퀴놀론계 항균제의 사용규제. 대한수의사회지 43(6): pp.565~567, 570(2007)
33. 이인호. 한·일 양국의 Fluroquinolones제의 사용량을 통해 본 내성관리 수준의 비교. 대한수의사회지 44(4): pp.369~370(2008).
34. 임숙경. 돼지에서 항생제 사용에 대한 가이드라인. 대한수의사회지 45(9): pp.845(2009).
35. Jung SC. Screening of antimicrobial resistance. The

3rd national antimicrobial resistance safety management and vision. Korea Food and Drug Administration. : pp.113~126(2005)

36. 대한수의사회. 수의사처방제 도입방안. 대한수의사회지 42(10): pp.896~900(2006)
37. 강지현, 이영덕, 정기창, 박종현. 집단급식용 생계육에서 분리된 *Salmonella*의 항생제 내성과 위생 처리제의 영향. 한국식품과학회지 33(5): pp.582~588(2001)
38. Kim WY, Chang YH, Park KY, Kim CJ. Antimicrobial drug susceptibility and plasmid profiles of *Salmonella* species isolated from poultry. Korean J. Vet. Res 35(3): pp.357~542(1995)
39. 이영선. 항균제 내성균. 대한수의사회지 44(7): pp.610, 613(2008)
40. 임숙경. 항생제 내성균(슈퍼박테리아). 대한수의사회지 44(7): pp.618, 625(2008)
41. Phillips I, Casewell M, Cox T, de Groot B, Friis C, Jones R, Nightingale C, Preston R, Waddell J. Dose the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. J. Antimicrob. Chemother 53: pp.28~52(2004)