

## 닭에서 분리된 조류 병원성 대장균의 항생제 내성 양상

김명숙 · 권혁무 · 성환우\*

강원대학교 수의과대학  
(게재승인: 2009년 9월 22일)

### Antibiotic resistance pattern of avian pathogenic *Escherichia coli* isolated from chickens

Myeong Suk Kim, Hyuk Moo Kwon, Haan Woo Sung\*

College of Veterinary Medicine, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

(Accepted: September 22, 2009)

**Abstract :** Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC) is an important bacterial pathogen of chickens and causes colibacillosis such as airsacculitis, perihepatitis, omphalitis, peritonitis, salpingitis, and pericarditis. As the transfer of antibiotic resistance from animal to humans can be possible, surveillance on antibiotic resistance of APEC is very important. A total 34 APEC isolates from diseased chickens during the period from 2007 to 2009 were obtained. The susceptibility of the isolates to 13 antibiotics was determined by disc diffusion assay. Resistance to erythromycin was found in 97.1% of APEC isolated, followed by resistance to tetracycline (85.3%), doxycycline (82.3%), ampicillin (73.5%), sulfisoxazole (67.6%), enrofloxacin (67.6%), ciprofloxacin (64.7%), norfloxacin (61.7%) trimethoprim/sulfamethoxazole (52.9%), gentamycin (26.5%), amoxicillin (8.8%), colistin (5.9%), and amikacin (2.9%). The *blaTEM* genes were detected in 25 (100%) of the 25 ampicillin-resistant APEC isolates. Among the 29 tetracycline-resistant APEC isolates, *tetA* and *tetB* genes were detected in 18 (62.1%) and 9 (31%) isolates, respectively. Twenty six (76.5%) isolates were multiresistant to at least 6 antibiotics and seven (20.1%) isolates were multiresistant to at least 10 antibiotics. This results indicated that multiple antibiotic-resistant APEC is widespread in chicken flocks in Korea.

**Keywords :** antibiotics, avian pathogenic *Escherichia coli*, chickens, resistance

### 서 론

닭의 대장균증(colibacillosis)은 조류 병원성 대장균 (avian pathogenic *Escherichia(E.) coli* ; APEC)의 감염으로 기낭염(airsacculitis), 간포막염(perihepatitis), 복막염(peritonitis), 심장주위염(pericarditis), 수란관염(salpingitis), 제대염(omphalitis), 골수염(osteomyelitis) 등의 다양한 병변을 나타내는 질병으로 성장저하와 폐사로 인한 경제적 손실을 유발한다 [14]. 대장균증의 예방 및 치료를 위한 항생제의 지속적인 사용으로 내성 대장균의 출현이 늘고 있다 [7, 16-18]. 이러한 내성 대장균의 출현은 항

생제 치료 효율을 저하시킬 뿐만 아니라 닭고기 등의 축산물에 오염되어 인체용 항생제에 대한 교차내성 위험성 등 공중위생학적 문제를 유발할 수 있다 [1, 2, 11]. 따라서 국내 축산환경이나 동물체내에 존재하는 병원체에 대한 항생제 내성양상을 파악하는 것은 동물의 효과적인 치료약제 선별뿐만 아니라 축산식품의 안전관리와 공중위생을 위해서도 매우 중요하다.

Lee 등 [8]은 2003년 3월부터 11월까지 9개월간 경기도 등 5개 지역의 11개 농장 사육 닭의 분변으로부터 분리된 대장균을 대상으로 다양한 항생제에 대한 내성양상을 분석한 결과 높은 내성율이 있음을 보고한 바 있

\*Corresponding author: Haan Woo Sung

College of Veterinary Medicine, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea  
[Tel: +82-33-250-8680, Fax: +82-33-244-2367, E-mail: sunghw@kangwon.ac.kr]

다. 위 연구에서는 분변에서 분리된 대장균을 대상으로 항생제 내성을 조사한 결과로 병원성 대장균뿐만 아니라 비병원성 대장균이 포함되었을 가능성이 있다.

본 연구는 닭에서 병원성을 유발하는 대장균만을 대상으로 항생제 내성양상을 분석하여 닭 대장균증의 효율적인 치료제 선발에 활용하고 또한 항생제 오남용을 예방하여 닭고기의 안전성을 확보하기 위한 자료를 얻고자 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

닭의 비병원성 대장균을 제외한 병원성 대장균만을 수집하기 위하여 2007년 8월부터 2009년 7월까지 2년간 경기도, 강원도 등 전국 소재 농장에서 연구자의 실험실로 부검 의뢰된 사례 가운데 간포막염, 복막염, 심장주위염 등 대장균증으로 피해가 큰 34개 농장에서 의뢰된 병계로부터 균을 분리하였다. 대장균은 간포막염, 심장주위염 등 병변이 있는 실질장기로부터 분리하여 가능한 APEC 균이 실험에 사용될 수 있도록 하였다.

### 균분리 및 동정

대장균증을 보이는 닭의 실질장기에서 분리한 균을 MacConkey agar(BBL, USA)에 접종 후 37°C에서 18~24시간 배양하여 lactose를 분해하여 핑크색으로 발육하는 집락을 채취하였다. 그리고 Sabat 등 [13]이 보고한 프라이머(ECA75F; 5'-GGAAGAAGCTTGCT TCTTTGCT GAC-3', ECR619R; 5'-AGCC CGGGGATTCACATCTG ACTTA-3')를 사용하여 *E. coli*를 동정하는 유전자증폭법(polymerase chain reaction; PCR)을 실시하여 동정하였다.

### 항생제 내성 시험

분리균에 대한 항생제 내성 시험은 디스크확산법으로 실시하였다. Becton-Dickinson(USA)에서 판매하는 BBL antibiotic disc 12종 항생제(ampicillin, amoxicillin, gentamycin, amikacin, norfloxacin, ciprofloxacin, trimethoprim/sulfamethoxazole, sulfisoxazole, erythromycin, tetracycline, doxycycline, colistin)와 Basingstoke(UK)에서 판매하는 oxid antibiotic disk 1종 항생제(enrofloxacin)등 총 13종의 항생제를 사용하였다.

시험방법으로 순수 분리된 균주를 Mueller-hinton broth(Difco, USA)에 배양한 후 균 농도를 McFarland No. 0.5로 조정하고, 멸균 면봉을 이용하여 두께가 약 4 mm인 Mueller-hinton agar(Difco, USA)의 전표면에 균액을 바르고 60°씩 돌려가며 두번 더 깔고루 균액을 발랐다. 그리고 뚜껑을 닫고 3~5분간 실온에 방치한 후 항생제

disc를 디스크분배기로 접종하였으며, 37°C에서 16~18시간 배양한 후 균 억제대의 크기를 관찰하여 내성여부를 판정하였다. 분리균의 내성범위는 NCCLS의 기준에 따라 판정하였으며 [10], 내성 양상 분석은 중간내성은 제외시키고 완전한 내성을 나타내는 균주만을 대상으로 하였다. 모든 시험에서 *E. coli* ATCC 25922를 표준균주로 사용하였다.

### Ampicillin과 tetracycline 내성 유전자 검사

내성 발현율이 높은 ampicillin과 tetracycline에 대한 내성 결정 유전자 보유는 PCR을 이용하여 조사하였다. 순수 분리된 APEC colony를 94°C의 멸균된 증류수에 10분간 끓인 후 13,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 상층액을 따서 PCR 주형으로 사용하였다. AM 내성 유전자인 *blaTEM* 유전자를 검출하기 위해서 Maynard 등 [9]이 보고한 프라이머(5'-GAGTATCAACATTTTCGT-3'와 5'-TCGCCTGTGATTATCTCCC-3')를 이용하였다. 그리고 TE 내성 유전자 *tetA*와 *tetB*를 증폭하기 위해서는 Lanz 등 [7]이 사용한 것과 동일한 프라이머를 이용하였다. 즉, 유전자 *tetA*를 검출하기 위한 프라이머(5'-GGCGGTCTTCTTCATCATGC-3'와 5'-CGGCAGGCAG CGCAAGTAGA-3')를, 유전자 *tetB*를 증폭하기 위한 프라이머(5'-CATTAATAGGCGCATCGCTG-3'와 5'-TGAA GGTCATCGATAGCAGG-3')를 사용하였다.

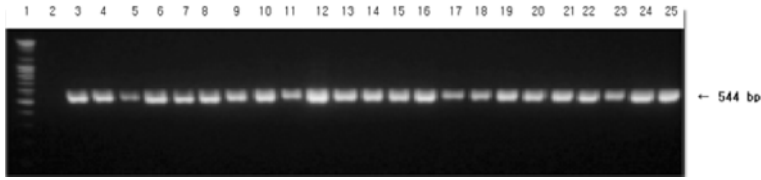
## 결 과

### 균분리 및 동정

대장균증으로 폐사한 가검물로부터 대장균분리를 시도하여 총 34개의 농장 가검물로부터 34주의 APEC을 분리하였다. 분리된 균의 대장균 여부를 PCR로 확인한 결과 모두 양성으로 확인되었다(Fig. 1).

### 항생제 내성 시험 결과

대장균증 발생 34개 농장으로부터 분리된 APEC 34주에 대한 항생제 내성검사를 실시하였다(Table 1). Erythromycin에 대하여 APEC 33개주(97.1%)가 내성을 보여 가장 높은 내성율을 보였다. Tetracycline에 대해서는 85.3%, doxycycline에 대해서는 82.3%, ampicillin은 73.5%, sulfisoxazole과 enrofloxacin은 67.6%의 내성율을 보였다. 분리균의 50% 이상이 내성을 나타내는 항생제는 erythromycin, tetracycline, doxycycline, ampicillin, sulfisoxazole, enrofloxacin, trimethoprim/sulfamethoxazole, ciprofloxacin, norfloxacin 등 총 9종으로 97.1%에서 52.9% 사이의 내성율을 보였다. amoxicillin에 대해서는 8.8%만 내성을 보였지만 32.3%의 중간내성을 보여, 가



**Fig. 1.** Amplified 16S rRNA of avian pathogenic *Escherichia coli* strains isolated from chickens. Lanes : 1, 100 bp molecular weight marker; 2, The negative control; 3 to 25, The positive isolates.

**Table 1.** Antibiotic resistance frequency of avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC) isolates

No. of isolates tested	Type	No. of resistant isolates (%)													
		AM	AmC	GM	AN	ENO	CIP	NOR	SXT	G	E	CL	TE	D	
34	Resistance	25 (73.5)	3 (8.8)	9 (26.5)	1 (2.9)	23 (67.6)	22 (64.7)	21 (61.7)	18 (52.9)	23 (67.6)	33 (97.1)	2 (5.9)	29 (85.3)	28 (82.3)	
	Intermediate	1 (2.9)	11 (32.3)	0 (0)	0 (0)	4 (11.7)	2 (5.9)	3 (8.8)	0 (0)	0 (0)	1 (2.9)	1 (2.9)	0 (0)	0 (0)	

AM; ampicillin, AmC; amoxicillin, GM; gentamycin, AN; amikacin, ENO; enrofloxacin, CIP; ciprofloxacin, NOR; norfloxacin, SXT; trimethoprim/sulfamethoxazole, G; sulfisoxazole, E; erythromycin, TE; tetracycline, D; doxycycline, CL; colistin.

장 높은 중간내성율이 관찰되었다. 그러나 amikacin과 colistin에 대한 내성을 나타내는 균주는 각각 2.9%와 5.9%로 내성균주 출현이 거의 확인되지 않았다.

APEC 34주에 대한 항생제 내성양상을 분석한 결과 1주(2.9%)는 공시한 항생제 13종 중 11종에 대하여 다제내성을 보이는 것으로 나타났다. 10종의 항생제에 대한 다제내성 균주도 6주(17.6%)이었으며, 9종, 8종, 7종 및 6종의 항생제에 대한 다제내성 균주도 각각 6주(17.6%), 1주(2.9%), 4주(11.8%) 및 8주(23.5%)로 전체 APEC 34주중 26주(76.5%)가 6종 이상의 항생제에 대한 다제내성을 가지는 것으로 나타났다(Table 2).

**Ampicillin과 tetracycline 내성 유전자 검사**

내성 발현율이 높은 ampicillin과 tetracycline에 대한 내성 결정 유전자를 조사한 결과 ampicillin 내성 결정 유전자로 알려진 *blaTEM*은 내성을 보이는 25개 균주중 25주(100%) 모두에서 검출되었다. Tetracycline에 내성을 보이는 29개 분리주는 tetracycline 내성 결정 유전자인 *tetA*에 대해서는 18주(62.1%)가 양성이었으며 *tetB*에 대하여는 9주(31.0%)가 양성으로 확인되었다.

**고 찰**

Lee 등 [8]은 2003년 3월부터 11월까지 9개월간 경기도 등 5개 지역의 11개 농장에서 분리된 대장균을 대상으로 18종의 항생제에 대한 내성율을 조사한 결과 tetracycline, erythromycin, ampicillin에 대한 내성율이 각

각 95.2%, 89.2% 및 70.1% 순으로 다른 항생제보다 높은 내성율이 있음을 보고한 바 있다. 2007년 8월부터 2009년 7월까지 2년간 전국의 34개 농장으로부터 분리된 APEC주를 대상으로 13종 항생제에 대한 내성시험을 실시한 본 시험결과에서도 erythromycin, tetracycline, 및 ampicillin에 대한 내성율이 각각 97.1%, 85.3%, 및 73.5%로 나타나 Lee 등 [8]의 결과와 유사하게 매우 높은 것으로 확인되었다. 본 실험결과에서도 이들 항생제에 대한 대장균의 내성율이 2003년 분리주의 결과와 유사한 것으로 보아 이들 항생제에 대한 내성율은 개선되지 않고 최근까지도 지속적으로 문제되고 있는 것으로 추정되었다.

Ha 등 [4]은 소, 돼지, 닭 및 어류 등 축종별로 2001년부터 2003년까지 국내 항생제 사용량을 조사한 결과 돼지, 닭, 어류, 소의 순으로 항생제 사용량이 많으며 어류용 항생제를 제외하고는 사료첨가용으로 사용되는 항생제가 전체 사용량의 50% 이상임을 보고한 바 있다. 또한 항생제 계열별로는 tetracycline계가 전체의 50% 정도가 사용되고 있음을 보고한 바 있다. 본 시험에서 tetracycline계인 tetracycline과 doxycycline에 대한 내성균주 발현율이 85.3%와 82.3%로 매우 높은 것은 아마도 이들 항생제의 높은 사용율과 관련이 있었을 것으로 추정되었다.

본 연구에서 분리된 APEC 34주 중 amikacin에 대한 내성을 보이는 균은 1주(2.9%)로 아직 내성을 보이는 균주는 거의 없었다. 이는 amikacin은 균이 분비하는 aminoglycoside계 불활화 효소에 가장 안정한 계열의 항

**Table 2.** Multiple antibiotic-resistant patterns of APEC isolates

No. of antibiotics	Resistance patterns	No. of isolates (%)
11	AM, AmC, ENO, CIP, NOR, SXT, G, E, TE, D, CL	1 (2.9)
10	AM, GM, ENO, CIP, NOR, SXT, G, E, TE, D	4 (11.8)
	AM, AN, ENO, CIP, NOR, SXT, G, E, TE, D	1 (2.9)
	AM, ENO, CIP, NOR, SXT, G, E, TE, D, CL	1 (2.9)
	Subtotal	6 (17.6)
9	AM, ENO, CIP, NOR, SXT, G, E, TE, D	4 (11.8)
	AM, GM, ENO, CIP, NOR, G, E, TE, D	2 (5.9)
	Subtotal	6 (17.6)
8	AM, AmC, ENO, CIP, NOR, E, TE, D	1 (2.9)
	Subtotal	1 (2.9)
7	AM, GM, ENO, G, E, TE, D	1 (2.9)
	AM, ENO, CIP, NOR, G, TE, D	1 (2.9)
	AM, ENO, CIP, NOR, SXT, G, E	1 (2.9)
	AM, ENO, CIP, NOR, E, TE, D	1 (2.9)
	Subtotal	4 (11.8)
6	AM, GM, SXT, G, E, TE	1 (4.3)
	ENO, CIP, NOR, E, TE, D	3 (8.8)
	ENO, CIP, NOR, SXT, G, E	1 (2.9)
	AM, SXT, G, E, TE, D	3 (8.8)
	Subtotal	8 (23.5)
5	AM, G, E, TE, D	1 (2.9)
	Subtotal	1 (2.9)
4	ENO, E, TE, D	1 (2.9)
	AM, GM, SXT, E	1 (2.9)
	CIP, E, TE, D	1 (2.9)
	Subtotal	3 (8.8)
3	AM, AmC, E	1 (2.9)
	E, TE, D	2 (5.9)
	Subtotal	3 (8.8)
1	E	1 (2.9)
	Subtotal	1 (2.9)

**Table 3.** Prevalence of blaTEM, tetA, and tetB genes in ampicillin or tetracycline-resistant APEC isolates

Antibiotic resistance determinants	No. of isolates positive for resistance genes (%)
<i>blaTEM</i> genes	25/25 (100)
<i>tetA</i> genes	18/29 (62.1)
<i>tetB</i> genes	9/29 (31)

생제로 쉽게 내성이 발생하지 않는 특징이 있으며 [12], 또한 국내 닭에서는 거의 사용되지 않았던 사실 [4]과 관련이 있을 것으로 추정되었다.

Penicillin계 항생제인 ampicillin과 amoxicillin에 대한 분리주의 내성 검사를 실시한 결과 ampicillin은 73.5%

로 비교적 높게 나타난 반면 amoxicillin은 8.8%로 낮게 나타났다. 하지만 amoxicillin에 대해 중간내성을 나타내는 균주가 32.3%를 보여 앞으로 본 제제에 대한 내성균의 출현은 더욱 더 높아질 것으로 예측되었다.

Fluoroquinolone계 항균제인 enrofloxacin, ciprofloxacin, norfloxacin의 내성율은 61.7%~67.6%로 비교적 높게 나타났다. 이는 이들 제제가 경구접종으로도 높은 항균성을 나타내는 특성이 있고, 1990년대에 처음 국내에 도입된 이후 닭질병의 치료 및 예방 목적으로 광범위하게 사용된 사실과 관련이 있을 것으로 추정된다. 국내에서는 2008년 7월부터 fluoroquinolone계 항균제 중 인수공용으로 사용되는 ciprofloxacin, norfloxacin, pefloxacin 및 ofloxacin에 대하여 동물에서의 사용을 금지하고 있지만

enrofloxacin에 대하여는 사용제한을 두지 않고 있다. 본 실험에서 enrofloxacin에 대한 내성율이 67.6%로 매우 높은 점을 고려하면 enrofloxacin에 대한 대책수립도 빠른 시일내에 필요할 것으로 판단되었다.

Kim 등 [6]은 국내에서 분리된 ampicillin 내성 APEC 주 중 *blaTEM* 유전자 검출율을 조사한 결과 1990년부터 1999년까지는 61.1%, 2000년부터 2005년까지는 72.1%인 것으로 보고하였다. 본 실험에서 분리된 APEC 주중 ampicillin에 내성을 보이는 25주를 대상으로 *blaTEM* 유전자 보유여부를 조사한 결과에서는 25주 모두 *blaTEM* 유전자가 검출되는 것으로 나타나 Kim 등 [6]의 보고보다 다소 높은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 *blaTEM* 유전자 검출에 사용된 프라이머 혹은 실험에 공시한 APEC의 분리년도 차이에 기인될 수 있을 것으로 생각된다. Ampicillin 내성주에 대한 *blaTEM* 유전자의 검출율로 보아 국내분리 APEC의 ampicillin 내성균주의 출현은 *blaTEM* 유전자와 관련된  $\beta$ -lactamase 발현과 관련이 있을 것으로 추정되었다.

Tetracycline에 내성을 보이는 APEC 29주를 대상으로 *tetA*와 *tetB* 유전자 검출율을 조사한 결과 *tetA* 유전자는 18주(62.1%), *tetB* 유전자는 9주(31%)로 Lanz 등 [7]의 연구와 유사하였다. 본 실험에서는 tetracycline 내성 유전자중 *tetA*가 *tetB*보다 더 많이 검출되었으며 *tetA*와 *tetB*가 같은 균주에서 동시에 검출되는 경우는 없었는데 이는 내성관련 플라스미드가 서로 양립할 수 없는 것과 관련이 있을 것으로 추정되었다 [5].

APEC 34주에 대한 13종 항생제 내성양상을 분석한 결과 26주(76.5%)가 6종 이상의 항생제에 대한 다제내성을 가지는 것으로 나타났으며 7주(20.1%)는 10종 이상의 항생제에 대한 다제내성을 가지는 것으로 나타났다. 이는 공중위생학적으로 매우 심각한 위해요소가 될 것으로 평가된다. 대부분의 APEC주는 닭에만 특이적으로 감염되지만 일부는 오염된 가금육을 통해 사람에게 식중독을 유발할 수 있다 [3, 15]. 따라서 다제내성을 가지는 APEC균이 닭고기에 오염되어 부적절한 위생관리로 사람에게 감염되었다고 가정하면 효과적인 치료제 선별이 쉽지 않을 것으로 추정된다. 따라서 이에 대한 추가적인 연구와 닭고기에서의 안전성 연구가 시급히 필요할 것으로 사료된다.

## 결 론

2007년 8월부터 2009년 7월까지 2년간 경기도, 강원도 등 전국 소계 닭 농장으로부터 APEC균 34주를 분리하여 항생제 내성균 분포현황과 내성양상을 조사하였다. 13종의 항생제에 대한 내성시험 결과, erythromycin

에 97.1%, tetracycline에 85.3%, doxycycline에 82.3%, ampicillin에 73.5%로 높은 내성 순위를 보였으며, sulfonamide계인 sulfisoxazole과 trimsthoprim/sulfamethoxazole에는 각각 67.6%, 52.9%를, quinolone계인 enrofloxacin, ciprofloxacin 및 norfloxacin에 대해서는 67.6%, 64.7% 및 61.7%로 유사한 내성율을 나타내었다. 그러나 amikacin과 colistin에 대한 내성을 나타내는 균주는 거의 확인되지 않았다. APEC 34주에 대한 13종 항생제 내성양상을 분석한 결과 26주(76.5%)가 6종 이상의 항생제에 대한 다제내성을 가지는 것으로 나타났으며 7주(20.1%)는 10종 이상의 항생제에 대한 다제내성을 가지는 것으로 나타나 시급한 대책수립이 필요할 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 과학재단 특정기초연구사업(과제번호: R01-2008-000-10279-0)의 지원에 의해 이루어진 것으로, 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Allan BJ, van den Hurk JV, Potter AA. Characterization of *Escherichia coli* isolated from cases of avian colibacillosis. *Can J Vet Res* 1993, **57**, 146-151.
2. Blanco JE, Blanco M, Mora A, Blanco J. Prevalence of bacterial resistance to quinolones and other antimicrobials among avian *Escherichia coli* strains isolated from septicemic and healthy chickens in Spain. *J Clin Microbiol* 1997, **35**, 2184-2185.
3. Doyle MP, Schoeni JL. Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from retail fresh meats and poultry. *Appl Environ Microbiol* 1987, **53**, 2394-2396.
4. Ha JI, Hong KS, Song SW, Jung SC, Min YS, Shin HC, Lee GO, Lim KJ, Park JM. Survey of antimicrobial agents used in livestock and fishes. *Kor J Vet Pub Hlth* 2003, **27**, 205-217.
5. Jones CS, Osborne DJ, Stanley J. Enterobacterial tetracycline resistance in relation to plasmid incompatibility. *Mol Cell Probes* 1992, **6**, 313-317.
6. Kim TE, Jeong YW, Cho SH, Kim SJ, Kwon HJ. Chronological study of antibiotic resistances and their relevant genes in Korean avian pathogenic *Escherichia coli* isolates. *J Clin Microbiol* 2007, **45**, 3309-3315.
7. Lanz R, Kuhnert P, Boerlin P. Antimicrobial

- resistance and resistance gene determinants in clinical *Escherichia coli* from different animal species in Switzerland. *Vet Microbiol* 2003, **91**, 73-84.
8. **Lee YJ, Kim AR, Jung SC, Song SW, Kim JH.** Antibiotic resistance pattern of *E. coli* and *Salmonella* spp. isolated from chicken feces. *Korean J Vet Res* 2005, **45**, 75-83
  9. **Maynard C, Fairbrother JM, Bekal S, Sanschagrin F, Levesque RC, Brousseau R, Masson L, Larivière S, Harel J.** Antimicrobial resistance genes in enterotoxigenic *Escherichia coli* O149:K91 isolates obtained over a 23-year period from pigs. *Antimicrob Agents Chemother* 2003, **47**, 3214-3221.
  10. **National Committee for Clinical Laboratory Standards.** Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Test for Bacteria That Grow Aerobically. 5th ed. Approved Standard M7-A5, National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, 2000.
  11. **Ngeleka M, Brereton L, Brown G, Fairbrother JM.** Pathotypes of avian *Escherichia coli* as related to tsh-, pap-, pil-, and iuc-DNA sequences, and antibiotic sensitivity of isolates from internal tissues and the cloacae of broilers. *Avian Dis* 2002, **46**, 143-152.
  12. **Price KE, Defuria MD, Pursiano TA.** Amikacin, an aminoglycoside with marked activity against antibiotic-resistant clinical isolates. *J Infect Dis* 1976, **134** (Suppl), S249-261.
  13. **Sabat G, Rose P, Hickey WJ, Harkin JM.** Selective and sensitive method for PCR amplification of *Escherichia coli* 16S rRNA genes in soil. *Appl Environ Microbiol* 2000, **66**, 844-849.
  14. **Saif YM.** Diseases of Poultry. 12th ed. pp. 691-737, Blackwell, Ames, 2008.
  15. **Stavric S, Buchanan B, Gleeson TM.** Intestinal colonization of young chicks with *Escherichia coli* O157:H7 and other verotoxin-producing serotypes. *J Appl Bacteriol* 1993, **74**, 557-563
  16. **Turtura GC, Massa S, Ghazvinizadeh H.** Antibiotic resistance among coliform bacteria isolated from carcasses of commercially slaughtered chickens. *Int J Food Microbiol* 1990, **11**, 351-354.
  17. **Yoshimura H, Ishimaru M, Endoh YS, Kojima A.** Antimicrobial susceptibilities of enterococci isolated from faeces of broiler and layer chickens. *Lett Appl Microbiol* 2000, **31**, 427-432.
  18. **Zhao S, Maurer JJ, Hubert S, De Villena JF, McDermott PF, Meng J, Ayers S, English L, White DG.** Antimicrobial susceptibility and molecular characterization of avian pathogenic *Escherichia coli* isolates. *Vet Microbiol* 2005, **107**, 215-224.