

가금 유래 병원성대장균의 생화학적 성상 및 혈청형

성명숙¹ · 김진현¹ · 허종수¹ · 조재근² · 설성용³ · 김기석^{1,*}

¹경북대학교 수의과대학, ²대구시 보건환경연구원, ³경북대학교 의학전문대학원
(게재승인: 2008년 4월 24일)

Biochemical properties and serotypes of pathogenic *Escherichia coli* isolated from poultry in Korea

Myung-Suk Sung¹, Jin-Hyun Kim¹, Jong-Su Ha¹, Jae-Keun Cho², Sung-Yong Seol³, Ki-Seuk Kim^{1,*}

¹College of Veterinary Medicine, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Health & Environmental Research Institute, Daegu 706-732, Korea

³Kyungpook National University School of Medicine, Daegu 700-422, Korea

(Accepted: April 24, 2008)

Abstract : This study was conducted to investigate biochemical properties and O group serotypes of pathogenic 203 *Escherichia (E.) coli* isolates from poultry with colibacillosis in Korea during the period from April 2003 to December 2005. Biochemical and fermentative properties of 203 isolates of *E. coli* tested were in accordance with Cowan and Steel's classification standard. One hundred and forty one isolates (69.5%) could be classified into a total of 20 O serotypes. Among them, the predominant O groups were O78 (32.5%), O88 (7.8%), O15 (6.8%), O141 (6.4%), and O158 (3.0%) in decreased order. Other infrequently encountered serogroups included : O8 (2%), O161 (2%), O20 (1.5%), O125 (1.5%), O2 (1%). And O6, O18, O24, O46, O76, O109, O119, O138, O139 and O148 had a frequency of 0.5%, respectively. Sixty two isolates (30.5%) were non-typeable with standard 173 O antisera used in this study.

Keywords : biochemical properties, O group serotypes, pathogenic *Escherichia coli*, poultry

서 론

가금에 있어서 대장균 감염증은 가축에서 주로 설사 병 등 장관감염을 일으키는 것과는 다르게 병원성 대장균에 의해 급성패혈증, 기낭염, 심낭염, 복막염, 수관관염, 관절염, 골수염, 봉와직염, 난황염, 만성 호흡기병, 육이종증 등 주로 장관외 감염과 관련하여 국소적이거나 전신적 감염을 일으키는 세균성 질병이다 [7, 18, 25]. 이 병의 감염은 주로 호흡기도와 기낭을 통하여 이루어지며 마이코플라즈마병과의 복합감염이나 전염성 F낭병 및 닭 전염성 빈혈증 등의 감염에 의해 면역이 억제되었을 경우나 암모니아 가스의 노출에 의한 호흡기관 손상시 2차적으로 쉽게 발생된다 [7, 25]. 이와 같이 가금

에서 대장균증은 높은 이병율과 폐사율로 인한 심각한 경제적 손실을 초래하므로 가금 산업 분야에서 전 세계적으로 중요시 되고 있는 질병이다 [7, 18].

가축과 가금에서 각종 질병을 유발시키는 병원성 대장균은 그 혈청형에 따라 숙주 특이성이 있는 것으로 알려져 있으며, 나라 및 지역에 따라서 다소간의 차이는 있으나 가금에서 문제가 되는 O group중 비교적 분리빈도가 높은 혈청형은 O1, O2, O36 및 O78 등으로 보고되고 있다 [7, 18, 25]. 이들 혈청형은 단일 또는 복합 대장균 백신 개발을 위한 연구 [2, 15, 16] 및 가금 대장균의 특성에 관한 연구에 활용되고 있다 [6, 20, 22]. 대장균의 최종 혈청형이 50,000종 이상으로 많으나, 그 중 질병과 관련된 혈청형의 종류는 한정되어 있기 때문에

*Corresponding author: Ki-Seuk Kim

College of Veterinary Medicine, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
[Tel: +82-53-950-5962, Fax: +82-53-950-5955, E-mail: kimkiseuk@knu.ac.kr]

역학적인 중요성을 가지며 [21], 또한 항생제 내성, R plasmid 및 clone과의 상관성 연구 등과 관련된 역학적 특성조사에 활용되어 가금의 대장균 감염 방지에 이용되고 있다 [11, 24].

그 동안 가금 유래 대장균의 혈청형에 대한 조사 연구가 많이 이루어져 왔으나, 이들 연구의 대부분은 외국에서 시험 보고된 것이며 [5, 6, 11, 13, 14, 17, 20-24, 26-29], 국내에서는 1980년대에 김 등 [1, 3]이 최초 보고한 최근까지 조사된 바가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대장균 감염 증상 및 병변이 있는 가금으로부터 병원성 대장균을 분리하고 생화학적 성상 및 혈청형 등 특성을 조사하여 국내 가금 대장균 감염증 방제를 위한 백신 개발 및 역학조사를 위한 기초 자료로 활용하고자 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험가금

2003년 4월부터 2005년 12월 까지 강원도, 경기도, 경상북도, 경상남도 및 충청북도 등에 소재하는 육계 농장 63개소, 산란계 농장 12개소 및 오리 농장 5개소 등 총 80개소의 가금 사육장으로부터 경북대학교 조류질병학 연구실에 병성감정 의뢰되어 대장균 감염증으로 진단된 가금을 대상으로 대장균 분리를 실시하였다.

대장균 분리 및 생화학적 성상 검사

병성감정 의뢰된 가금의 간장, 심장, 비장, 기낭, 복강, 난소, 수란관, 고환 및 관절 등으로부터 멸균 면봉을 이용하여 시료를 채취한 다음 MacConkey(Difco, USA) 한천평판배지에 도말한 다음 37°C에서 18~24시간 배양 후 유당분해능에 의해 대장균으로 의심되는 집락을 임의로 1~2개씩 선택하여 eosin methylene-blue lactose sucrose agar(Difco, USA)에 도말하고, 37°C에서 24시간 배양한 다음 금속성을 띠는 집락을 선택하여 50% 글리세린이 첨가된 10% 탈지분유액에 접종하여 -70°C에 보존하면서 실험에 제공하였다.

생화학적 성상검사는 Cowan과 Steel의 방법 [8]에 준하였으며 운동성, IMViC시험 및 당 분해능 등 26가지의 각종 시험을 실시하였다(Tables 3 and 4).

O group 혈청형 동정

O group 혈청형 동정은 Laboratorio de referencia de *E. coli*(LREC, departamento de microbiología y parasitología facultad de veterinaria Universidad de Santiago de Compostela, Campus de Lugo, España)에서 제시하는 방법 [19]에 준하여 다음과 같이 실시하였다.

O항원

공시균을 tryptic soy agar(Difco, USA)에 도말하여 37°C에서 18~24시간 배양한 다음 2 ml 생리식염수에 MacFarland No. 6(1.8×10^9 CFU/ml)의 탁도가 되도록 균을 부유시켰다. 부유액을 끓는 물에서 1시간 동안 증탕한 후 냉각시킨 다음 gentian violet(0.005%, w/v)이 포함된 0.5%(v/v) 포르말린 생리식염수 2 ml를 첨가하여 혼합한 후 4°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

O항혈청

항혈청은 LREC에서 생산된 제품(Kits for *E. coli* serotyping(*E. coli* Antisera) determination of O antigen; LREC, España)을 사용하였다. 25그룹의 다가 항혈청을 제조하기 위해 공시 173종의 순수 단가 항혈청을 5종 및 7종씩 소그룹으로 나누었다. 1~24번까지의 다가 혈청형 그룹은 1% sodium azide가 첨가된 생리식염수 9,125 μ l에 순수 항혈청 7종을 각각 125 μ l씩 첨가하여 제조하였다. 나머지 25번 다가 혈청형 그룹은 1% sodium azide 생리식염수 9,000 μ l에 3종(O50, O68, O100)의 순수 항혈청을 각각 250 μ l씩 첨가하였고, 나머지 2종의 순수 혈청형은 각각 125 μ l씩 첨가하여 제조하였다. 단가 항혈청은 1% sodium azide 생리식염수 7,900 μ l에 순수 항혈청을 100 μ l씩 첨가하였으나, O50, O68, O100 항혈청의 경우에는 1% sodium azide 생리식염수 7,800 μ l에 순수 항혈청을 각각 200 μ l씩 첨가하여 제조하였다.

응집반응

Microplate에 각각의 다가 항혈청 50 μ l를 분주한 다음 O 항원 부유액 50 μ l를 각각 첨가하여 37°C에서 하룻밤 동안 배양한 후 응집유무를 확인하여 다가 항혈청 그룹을 확정하였다. 다가 항혈청 그룹에 해당하는 각각의 단가 항혈청에 대해 다가 항혈청의 응집반응과 동일한 방법으로 응집유무 시험을 실시하여 공시균의 O 혈청형을 최종 확정하였다.

결 과

균 분리

양계장 75개소와 오리농장 5개소 등 80개소의 시험가금으로부터 균 분리를 시도하여 육계에서 149주, 산란계 45주 및 오리 9주 등 총 203주를 분리하였다(Table 1). 장기별로는 간장에서 분리한 균이 125주(61.6%)로 가장 많았고, 다음으로 심장, 난황 및 기낭으로부터 분리한 균이 각각 36주(17.7%), 13주(6.4%) 및 10주(4.9%)이었으며, 기타 수란관, 복강, 관절, 고환, 난포 및 비장 등에서는 각각 1~7주씩 소수로 분리하였다.

Table 1. Origin of *Escherichia coli* isolated from chicken with colibacillosis

Origin	No. of isolates by poultry breeds			
	Broiler	Layer	Duck	Total (%)
Liver	99	21	5	125 (61.6)
Heart	27	6	3	36 (17.7)
Yolk	12	1	0	13 (6.4)
Airsac	7	2	1	10 (4.9)
Oviduct	0	7	0	7 (3.4)
Peritoneal cavity	1	3	0	4 (2.0)
Hock joint	2	1	0	3 (1.5)
Testicle	0	2	0	2 (1.0)
Ovarian follicle	0	2	0	2 (1.0)
Spleen	1	0	0	1 (0.5)
Total	149	45	9	203 (100)

생화학적 성상

분리균의 생화학적 성상 검사 결과는 Table 2 및 Table 3에서와 같았다. 분리균의 94.6%가 운동성을 가졌으며, 전 균주가 catalase 양성반응을 나타내었다. 그러나 oxidase 시험이나 malonate 시험에 있어서는 모두 음성이었고, IMViC 시험에 있어서는 indole 및 methyl red 시험에서 대부분의 균주가 양성반응을 나타내었으나, Voges Proskauer와 Simmon's citrate 시험에서는 전 균주가 음성이었다. 또한 이들 분리균은 모두가 황화수소 (H₂S) 산생능과 urea 분해능이 없었으며 lysine 및 ornithine decarboxylase와 arginine dihydrolase 시험에서는 각각 분리균의 98.5%, 85.2% 및 37.4%가 양성반응을 나타내었다.

당 분해능에 있어서는 분리균의 대부분이 산소의 유무에 관계없이 glucose를 분해하여 산과 가스를 생성하였고, 또한 모든 균주가 lactose, mannitol, sorbitol, arabinose 및 rhamnose를 분해하였다. 그러나 sucrose, dulcitol, salicin 및 raffinose는 분리균의 78.3~92.1%만이 각각 분해하였으며, inositol은 대부분의 균이 분해하지 못하였고 adonitol을 분해한 균주는 없었다.

혈청형 동정

분리균 203주의 O 혈청형을 동정하였던 바, Table 4에서와 같이 141주(69.5%)에서 총 20종의 혈청형이 동정되었으며 그 중 O78이 32.5%(66주)로 가장 많았고, 그 다음으로 O88, O15 및 O141이 각각 7.8%(16주), 6.8%(14주) 및 6.4%(13주)로 비교적 많이 동정되었다. 또한 O158이 3%, O8과 O161 각각 2%, O20 및 O125 각각 1.5%, 그리고 O2가 1% 동정되었다. 이들 외에도 O6, O18, O24, O46, O76, O109, O119, O138, O139 및

Table 2. Biochemical properties of 203 *Escherichia coli* isolates

Test or substrate	No. (%) of positive strains
Motility	192 (94.6)
TSI (acid/acid)	203 (100)
Catalase	203 (100)
Oxidase	0
Indole	201 (99.0)
Methyl red	203 (100)
Voges Proskauer	0
Simmon's citrate	0
Hydrogen sulfide	0
Urease	0
Lysine decarboxylase	200 (98.5)
Argine dihydrolase	76 (37.4)
Ornithine decarboxylase	173 (85.2)
Malonate	0

Table 3. Fermentative properties of 203 *Escherichia coli* isolates

Test or substrate	No. (%) of positive strains
Gas from glucose	200 (98.5)
Lactose	203 (100)
Sucrose	173 (85.2)
Mannitol	203 (100)
Dulcitol	184 (90.6)
Salicin	159 (78.3)
Adonitol	0
Inositol	4 (2.0)
Sorbitol	203 (100)
Arabinose	203 (100)
Raffinose	187 (92.1)
Rhamnose	203 (100)

O148 등이 각각 0.5%씩 극소수 분리되어 다양한 혈청형이 동정되었으나, 공시한 203주중 30.5%(62주)는 O group 혈청형이 확인되지 않았다.

품종별로는 육계에서 분리한 149주 중 69.1%(103주)에서 O group 혈청형이 동정되었으며, 그중 O78이 28.8%(43주)로 가장 많았고, 다음으로 O88, O15 및 O141이 각각 10.7%(16주), 9.4%(14주) 및 6.0%(9주)로 동정되었으며 또한 O8 및 O161은 각각 2.7%씩, O20, O125 및 O158은 각각 1.3%씩 동정되었고 이들 외에도 O6, O24, O76, O119, O138, O139, O148은 각각 0.7%씩 동정되었다. 산란계에서는 분리균 45주 중 66.6%(30주)에서 O group 혈청형이 동정되었으며, 그중 O78이 33.4%(15주)로 가장 많았고, 다음으로 O141, O158이 각각 8.9%씩, O2가 4.4% 동정되었으며, 이들 외에도 O18, O20, O46, O109 및 O125이 각각 2.2%씩 동정되었다.

Table 4. O serotypes of *Escherichia coli* isolates

O serotypes	No. (%) of isolates by poultry breeds			
	Broiler	Layer	Duck	Total
O78	43 (28.8)	15 (33.4)	8 (88.9)	66 (32.5)
O88	16 (10.7)	0	0	16 (7.8)
O15	14 (9.4)	0	0	14 (6.8)
O141	9 (6.0)	4 (8.9)	0	13 (6.4)
O158	2 (1.3)	4 (8.9)	0	6 (3.0)
O8	4 (2.7)	0	0	4 (2.0)
O161	4 (2.7)	0	0	4 (2.0)
O20	2 (1.3)	1 (2.2)	0	3 (1.5)
O125	2 (1.3)	1 (2.2)	0	3 (1.5)
O2	0	2 (4.4)	0	2 (1.0)
O6	1 (0.7)	0	0	1 (0.5)
O18	0	1 (2.2)	0	1 (0.5)
O24	1 (0.7)	0	0	1 (0.5)
O46	0	1 (2.2)	0	1 (0.5)
O76	1 (0.7)	0	0	1 (0.5)
O109	0	1 (2.2)	0	1 (0.5)
O119	1 (0.7)	0	0	1 (0.5)
O138	1 (0.7)	0	0	1 (0.5)
O139	1 (0.7)	0	0	1 (0.5)
O148	1 (0.7)	0	0	1 (0.5)
NT*	46 (30.9)	15 (33.4)	1 (11.1)	62 (30.5)
Total	149 (100)	45 (100)	9 (100)	203 (100)

*NT: Non-typeable.

한편, 오리에서는 분리균 9주중 89.9%에서 O group 혈청형이 동정되었으며 그중 O78이 88.9%(8주)로 대부분을 차지하였다.

고 찰

본 연구에서 대장균증을 나타내는 가금의 간, 심장, 난황 등의 여러 실질장기로부터 분리한 대장균에 대한 생화학성상검사 결과 IMViC 시험 및 당분해시험 등 26가지의 각종 생화학적 성상은 Cowan과 Steel의 분류기준 [8]에 일치하였으며, 대장균 감염 닭에서 분리한 대장균의 생화학적 성상을 조사한 우 등 [4]의 결과와도 거의 일치하였다.

최근까지 대장균의 혈청형은 균체, 협막 및 편모 항원 등의 구성 성분에 따라 균체항원(O) 173종, 협막항원(K) 74종, 편모항원(H) 53종, pilus항원(F) 17종으로 분류되고 있다 [7]. 한편, 병원성 대장균은 이들의 O 혈청형에 따라 속주 특이성이 있는 것으로 알려져 있어 소에서 주요 혈청형은 O8, O9, O20 및 O101 등이고, 돼지에서는 O8, O9, O138, O139, O141, O147, O149 및

O157 등 그리고 말에서는 O2, O4, O6 및 O75 등이며, 개에서는 O4, O6 및 O22 등이나, 가금에서는 O1, O2, O36, 및 O78 등이 많이 분리된 것으로 보고되어 있다 [7, 12, 18, 25].

본 연구에서 공시한 대장균의 O혈청형 동정 결과 O78이 32.5%로 가장 많았으며, 그 다음으로 O88, O15 및 O141이 각각 7.8%, 6.8% 및 6.4%이었고, O158이 3.0%, O8과 O161이 각각 2.0%이었으며 이들 외에도 O20 및 O125 등을 포함한 총 20종의 혈청형이 나타났다.

세계적으로 O78의 분포는 1970년 후반부터 1980년대에 임상증상이 있는 가금으로부터 Dozois 등 [10]과 Allan 등 [6]이 캐나다에서 각각 45%, 11.4%로 가장 높은 분포율을 보고하였다. 1990년대 이후에도 Peighambari 등 [22]이 캐나다에서 가장 높은 분리율(23%)을 보고하였고, 2000년 이후 최근에는 Vandekerchove 등 [26]이 벨기에에서 20계군 중 15계군에서 분리하였고, Yang 등 [28]이 중국에서 63.4%, Giovanardi 등 [13]이 이탈리아에서 55.9%, McPeake 등 [20]이 아일랜드에서 45.6%, Zhao 등 [29]은 미국에서 그리고 Gomis 등 [12]은 스리랑카에서 각각 12%로 가장 높은 분리율을 보고하여 전

세계적으로 O78의 분포율이 높은 것으로 나타났으며, 본 실험에서도 동일한 결과를 나타내었다.

한편, Tabatabaci 등 [24]이 이란에서 임상증상이 있는 가금에서 분리한 대장균에서는 O6 혈청형만이 확인된 것으로 보고하였고, Al-Ghamdi 등 [5]은 사우디아라비아에서 O114(5.0%), O6(304%), O1(2.5%)이 주로 많이 동정되었다고 보고하였다. 또한 Rosario 등 [23]은 멕시코에서 O19(12%), Whittam 등 [27]은 미국에서 O2가 56%로 가장 높은 동정율을 보고한 반면, O78은 낮았던 것으로 보고하여 본 연구 결과와는 현저한 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 가금 유래 대장균 혈청형의 지역에 따른 분포 차이에 기인하는 것으로 사료 된다 [17].

국내에서 가금유래 대장균에 대한 혈청형 조사는 외국과 비교하여 매우 드문 실정이다. 대장균증으로 진단된 가금에서 김 등은 1983년 [3]에 O128(22.7%), 1987년 [1]에 O119(3.7%)의 출현빈도가 가장 높은 혈청형인 것으로 보고하였고, O78은 각각 1.9%, 2.5%만이 동정되어 본 실험의 결과와는 상당한 차이를 보였다. 이와 같이 우리나라에서 1980년대까지 동정된 혈청형 중 낮은 분포를 차지한 O78이 본 연구에서는 높은 분포율을 나타낸 것은 근년 중계 및 종오리 등 종축은 물론 가금생산물의 급격한 수입 증가로 인하여 외국에서 높은 분포율로 유행하던 이들 혈청형이 국내로 유입되어 확산된 것으로 추정된다.

한편, 건강한 닭의 분변에서 분리한 대장균의 혈청형은 McPeake 등 [20]이 O71(2.2%)과 O55(2.2%), Peighambari 등 [22]이 캐나다에서 O113(12%)이 가장 많이 동정되었다고 보고하여 본 조사를 비롯하여 국내외에서 보고한 대장균 감염증을 나타낸 가금으로부터 분리된 대장균과는 상당한 차이를 나타내었다.

본 연구에서는 공시균의 30.5%에서 혈청형이 확인되지 않았다. 이와 같이 가금으로부터 유래한 대장균의 경우 분리지역과 상관없이 분리균의 다수에서 혈청형이 확인되지 않은 것이 일반적인 특성이라 하겠다. 이러한 미확인 혈청형의 다수성과 특정 혈청형 분포의 변화 및 다양한 혈청형 분포 등으로 보아 단순히 혈청형에 따른 기존의 가금 병원성 대장균의 분류에 의미가 두기가 어려운 일이라 하겠다 [6].

본 실험에서 육계에서는 O78, O88, O15, O141 및 O158를 포함한 5종의 O group 혈청형이 분리균의 56.4%를 차지하였고, 산란계에서는 O78, O141 및 O158이 51.2%, 오리에서는 O78이 88.9%로 분리되어 O78, O88, O15, O141 및 O158 등의 5종 혈청형이 분리균의 절반 이상을 차지하는 것으로 확인되었다.

김 등[2]의 보고에 따르면 야외에서 분리된 대장균으로 제조한 사균 다가 백신을 육용종계에 접종했을 때 투

여 종계군은 물론 일주령까지의 후대 병아리에서도 동종의 병원성 대장균에 대한 방어 능력이 우수한 것으로 제시하였다. 따라서 본 연구에서 동정된 상기 5종의 혈청형을 이용한 백신을 활용할 경우 우리나라 가금 대장균증 발생 방지에 상당히 효과적일 것으로 생각된다.

Chérifi [9] 등은 주로 패혈증이 걸린 동물과 유아에서 분리한 O78의 clone을 비교한 결과 63주중 55주가 서로 연관성이 있는 것으로 나타나 동물이 사람의 O78 감염원으로 작용할 가능성이 있는 것으로 보고하여 O78이 공중보건상 중요한 혈청형임을 시사하였다. 따라서 본 연구에서 국내 가금으로부터 분리 동정된 O78에 대해서도 사람 감염 대장균 혈청형과의 비교 분석을 해 볼 필요성이 있다고 사료된다.

또한, Ewers 등 [11]은 가금 병원성 대장균의 분자 역학적 분석 결과 혈청형에 따라 PFGE pattern이 분류됨으로써 혈청형과 clone간에 상관성이 있는 것으로 보고하였다. 따라서 국내에서도 가금 유래 병원성 대장균에 대해서 그 혈청형과 clone 유래 등의 상관성 파악을 위한 분자 역학적 조사 수행이 필요한 실정이라 하겠다.

결 론

2003년 4월부터 2005년 12월 까지 국내 가금 농장에서 대장균증의 임상증상을 나타내는 가금으로부터 분리한 203주의 가금병원성 대장균의 생화학적인 성상 및 O 혈청형을 조사하기 위해 본 실험을 실시하였다.

분리된 203주의 IMViC 시험 및 당분해시험 등 26가지의 각종 생화학적 성상은 Cowan과 Steel의 분류기준에 일치하였다.

혈청학적 검사 결과 시험균 203주중 141주(69.5%)에서 20종의 혈청형으로 분류되었으며 그 중 출현 빈도가 높은 혈청형은 O78(32.5%), O88(7.8%), O15(6.8%), O141(6.4%) 및 O158(3.0%) 등 이었다. 그 외에도 O8과 O161이 각각 2%, O20 및 O125이 각각 1.5%, O2가 1% 분리되었으며 다음으로 O6, O18, O24, O46, O76, O109, O119, O138, O139 및 O148이 각각 0.5%씩 극소수 동정되었으나, 62주(30.5%)는 그들의 혈청형이 동정되지 않았다.

참고문헌

1. 김기석, 남궁선. 닭 대장균의 특성에 관한 연구 : 1. 혈청형 및 항균성 억제 내성. 한국수의공중보건학회지 1987, **11**, 13-20.
2. 김기석, 이희수, 김상희, 박근식, 남궁선. 닭 대장균 자가백신 개발에 관한 연구 : 국내 분리 대장균 사균 백신의 면역효과 시험. 시험연구보고서. pp. 301-318,

- 농촌진흥청가축위생연구소, 안양, 1992.
3. 김기석, 탁연빈. 계유래 병원성 대장균에 관한 연구 : 1. 대장균감염 병계로 부터 분리한 대장균의 생화학적성황 및 혈청형 조사. 한국수의공중보건학회지 1983, 7, 113-120.
 4. 우용구, 김기석, 김봉환. 닭에서 분리한 *Escherichia coli*의 생물화학적 및 배양 특성. 대한수의학회지 1990, 30, 421-425
 5. Al-Ghamdi MS, El-Morsy F, Al-Mustafa ZH, Al-Ramadhan M, Hanif M. Antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolated from poultry workers, patients and chicken in the eastern province of Saudi Arabia. Trop Med Int Health 1999, 4, 278-283.
 6. 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.
 7. Barnes HJ, Gross WB. Colibacillosis. In: Calnek BW, Barnes HJ, Beard CW, McDougald LR, Saif YM (eds.). Diseases of Poultry. 10th ed. pp. 131-141, Mosby-Wolfe, Iowa, 1997.
 8. Barrow GI, Feltham RKA. Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria. 3rd ed. pp. 21-45, 50-164, Cambridge University Press, New York, 1993.
 9. Chérifi A, Contrepolis M, Picard B, Gouillet P, Ørskov I, Ørskov F. Clonal relationships among *Escherichia coli* serogroup O78 isolates from human and animal infections. J Clin Microbiol 1994, 32, 1197-1202.
 10. Dozois CM, Fairbrother JM, Harel J, Bossé M. pap- and pil-related DNA sequences and other virulence determinants associated with *Escherichia coli* isolated from septicemic chickens and turkeys. Infect Immun 1992, 60, 2648-2656.
 11. Ewers C, Janßen T, Kießling S, Philipp HC, Wieler LH. Molecular epidemiology of avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC) isolated from colisepticemia in poultry. Vet Microbiol 2004, 104, 91-101.
 12. Fairbrother JM, Gyles CL. *Escherichia coli* infections. In: Straw BE, Zimmerman JJ, D'Allaire S, Taylor DJ (eds.). Diseases of Swine. 9th ed. pp. 639-674, Blackwell publishing, Ames, 2006.
 13. Giovanardi D, Campagnari E, Ruffoni LS, Pesente P, Ortali G, Furlattini V. Avian pathogenic *Escherichia coli* transmission from broiler breeders to their progeny in an integrated poultry production chain. Avian Pathol 2005, 34, 313-318.
 14. Gomis SM, Gomis AI, Horadagoda NU, Wijewardene TG, Allan BJ, Potter AA. Studies on cellulitis and other disease syndromes caused by *Escherichia coli* in broilers in Sri Lanka. Trop Anim Health Prod 2000, 32, 341-351.
 15. Gyimah JE, Panigrahy B. Immunogenicity of an *Escherichia coli* (serotype O1) pili vaccine in chickens. Avian Dis 1985, 29, 1078-1083.
 16. Gyimah JE, Panigrahy B, Williams JD. Immunogenicity of an *Escherichia coli* multivalent pilus vaccine in chickens. Avian Dis 1986, 30, 687-689.
 17. Ike K, Kume K, Kawahara K, Danbara H. Serotyping of O and pilus antigens of *Escherichia coli* strains isolated from chickens with coli-septicemia. Nippon Juigaku Zasshi 1990, 52, 1023-1027.
 18. Kahn CM, Line S. The Merck Veterinary Manual. 9th ed. pp. 2221-2222, Merck & Co, New Jersey, 2005.
 19. Laboratorio de referencia *E. coli* (LREC). Kits for *E. coli* serotyping (*E. coli* antisera) : determination of O antigen. Departamento de microbiología y parasitología facultad de Veterinaria Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, 2003.
 20. McPeake SJW, Smyth JA, Ball HJ. Characterisation of avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC) associated with colisepticaemia compared to faecal isolates from healthy birds. Vet Microbiol 2005, 110, 245-253.
 21. Orskov F, Orskov I. *Escherichia coli* serotyping and disease in man and animals. Can J Microbiol 1992, 38, 699-704.
 22. Peighambari SM, Vaillancourt JP, Wilson RA, Gyles CL. Characteristics of *Escherichia coli* isolates from avian cellulitis. Avian dis 1995, 39, 116-124.
 23. Rosario CC, López AC, Téllez IG, Navarro OA, Anderson RC, Eslava CC. Serotyping and virulence genes detection in *Escherichia coli* isolated from fertile and infertile eggs, dead-in-shell embryos, and chickens with yolk sac infection. Avian Dis 2004, 48, 791-802.
 24. Tabatabaei RR, Nasirian A. Comparison of plasmid profile analysis, serotyping and antimicrobial resistance patterns of *E. coli* isolated from poultry in Tehran. Food Sci Biotechnol 2004, 13, 100-103.
 25. Timoney JF, Gillespie JH, Scott FW, Barlough JE. Hagan and Bruner's microbiology and infectious diseases of domestic animals. 8th ed. pp. 61-71, Cornell University Press, Ithaca, 1992.
 26. Vandekerchove D, De Herdt P, Laevens H, Pasmans F. Colibacillosis in caged layer hens: characteristics of

- the disease and the aetiological agent. *Avian Pathol* 2004, **33**, 117-125.
27. **Whittam TS, Wilson RA.** Genetic relationships among pathogenic strains of avian *Escherichia coli*. *Infect Immun* 1988, **56**, 2458-2466.
28. **Yang H, Chen S, White DG, Zhao S, McDermott P, Walker R, Meng J.** Characterization of multiple-antimicrobial-resistant *Escherichia coli* isolates from diseased chickens and swine in China. *J Clin Microbiol* 2004, **42**, 3483-3489.
29. **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.