

< Original Article >

닭과 돼지에서 분리한 *Salmonella* Typhimurium의 항생제 내성 특성 분석

문자영 · 김원경 · 이건희 · 나방주 · 고재천 · 심균섭 · Patil Trupti A · 허 진*
전북대학교 수의과대학

Characteristics of antimicrobial resistant *Salmonella* Typhimurium isolates from chicken and pigs

Ja Young Moon, Won Kyong Kim, Kun Hee Lee, Bang Ju Na, Jae Cheon Go,
Kyun Seob Sim, Patil Trupti A, Jin Hur*

Veterinary Public Health, College of Veterinary Medicine, Chonbuk National University, Iksan 54596, Korea

(Received 19 February 2016; revised 21 March 2016; accepted 21 March 2016)

Abstract

Fifty and forty two *Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar 52 Typhimurium (ST) strains were isolated from chicken and pigs, respectively, collected from markets throughout Korea from 2008 to 2011. The isolates were investigated for the presence of antimicrobial resistance and multi-drug patterns. All 50 ST isolates from chicken and 42 ST isolates from pigs were resistant to at least one of 13 antibiotics used in this study, 92.0% of ST isolates from chicken and 88.1% of ST isolates from pigs were resistant to three or more antimicrobials. As many as 3 isolates of ST isolates from chicken were resistant to 11 of 13 antimicrobials tested in this study. Only one isolate of ST isolates from pigs was resistant to 10 of 13 antimicrobials. The ACSSuT resistance phenotype was observed in 34% of the 50 isolates and 23.8% of the 42 isolates. Especially, 1 isolate from pigs had the ACSSuTAu. The high rate of antimicrobial-resist and multi-drug resistant (MDR) ST isolation may give rise to crucial public health problems. Therefore, control of antimicrobial use, and continuous monitoring of antimicrobial resistance and MDR patterns among *Salmonella* isolates in chicken and pig farms is necessary to ensure public health.

Key words : *Salmonella* Typhimurium, Antimicrobial resistance, Multi-drug resistance, Chicken, Pigs

서 론

돼지들은 이유 시기나 4개월령 시기에 자주 살모넬라에 감염된다. 대부분의 흔한 임상증상은 설사와 장염이며, 급성이거나 만성적으로 나타날 수 있고, 흔히 *Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar Typhimurium (ST)에 의해 감염된다. 돼지에서 ST는 매우 감염력이 높아 돼지집단에서 급속도로 감염이

이루어진다(Schwartz 등, 1999). 더불어 가금에서 주로 분리되는 *Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar Enteritidis (SE)와 ST는 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 살모넬라 유래 식중독과 관련하여 가장 빈번하게 분리되는 살모넬라 균주들이다(Olsen 등, 2001; Cheong 등, 2007; Lee 등, 2007; Chu 등, 2009; Kim 등, 2012). 살모넬라증은 비록 어린이나 면역이 저하되어 있는 환자에서는 전신감염 증상이 보이기도 하지만 주로 self-limiting 장염으로 알려져 있다 (Lee 등, 2007; Ebers 등, 2009). 비록 사람에서의 살모넬라증이

*Corresponding author: Jin Hur, Tel. +82-63-850-0959,
Fax. +82-63-850-0910, E-mail. hurjin@jbnu.ac.kr

살모넬라에 오염된 과일이나 채소의 섭취에 의해서도 감염되지만, 주로 살모넬라 감염은 계란이나 가금육 및 돼지고기와 같은 살모넬라균에 오염된 식품을 섭취함으로써 감염되며(Tauxe, 1991; Benenson 등, 1995; Brands 등, 2005; Braden, 2006; Foley와 Lynne, 2008; Zhao 등, 2008; Fashae 등, 2010), 더불어 감염된 동물과의 접촉에 의해서도 감염되는 것으로 알려져 있다(Tauxe, 1991; Benenson 등, 1995).

닭이나 돼지와 같은 산업동물분야에서 항생제는 세균 유래 질병의 치료나 예방 그리고 식용 가축의 성장 촉진을 위해 주로 사용되고 있으며, 가축에서의 항생제의 사용과 사람에서 분리된 병원성 세균에서의 항생제 내성균의 출현과의 관계는 잘 알려진 사실이다(Martinez와 Baquero, 2002; Ahmed 등, 2009a, 2009b; Araque, 2009). *Salmonella* Typhimurium 분리균주들은 여러 종류의 항생제에 대해 내성을 가지고 있으며, 다제 내성 *Salmonella* Typhimurium 분리균주 또한 여러 국가에서 보고되고 있는 상황이다(Gebreyes와 Altier, 2002; Faldynova 등, 2003; Lim 등, 2006; Lee와 Lee, 2007; Futagawa 등, 2008; Rayamajhi 등, 2008; Hur 등, 2011a, 2011b). 이 다제 내성 *Salmonella* Typhimurium 분리균주 중 특히 pntadru-g-resistance [ampicillin, chloramphenicol, streptomycin, sulfonamides, 그리고 tetracycline (ACSSuT)] *Salmonella* Typhimurium 분리균주는 전 세계적으로 주요한 관심사이다(Shahada 등, 2007; Graziani 등, 2008; Yu 등, 2008; FDA, 2014). 따라서 식용 가축과 그 산물에서 분리된 병원성 세균에서의 항생제 내성 및 다제 내성균에 대한 모니터링은 매우 중요하다.

가금 산업에서 질병의 예방을 위한 사료 첨가제로서의 사용은 2011년 7월부터 금지되어 왔다(Yoo 등, 2014; Lee 등, 2015). 하지만 다양한 항생제가 여전히 국내 가금 및 양돈 산업에서 치료 등의 목적으로 사용되고 있다. 따라서 본 연구는 최근 국내 닭과 돼지에서 분리된 ST에 대한 항생제 내성 특성을 분석하여 새로운 치료를 위한 표준으로 삼기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험에 사용된 살모넬라 균주

국내에서 2008년부터 2011년까지 닭에서 분리한 50 ST 균주와 돼지에서 분리한 42 ST 균주가 살모넬라균을 대상으로 하는 항생제 감수성 검사를 위해 사용되는 항생제를 이용하여 항생제 감수성 검사에 사용되었다. 이 분리균주들은 API 20E 시스템 (BioMérieux, Marcy l'Etoile, France)과 PCR 법으로 확인되었다. PCR에 사용된 프라이머들은 Table 1에 서술되어 있으며 PCR 조건은 전에 기술된 연구에 따라 수행하였다(Alvarez 등, 2004). 더불어서 분리 균주들에 대한 Serotyping은 O와 H 항혈청(BD)를 사용하여 Standard agglutination Tests로 수행되었다.

항생제 감수성 테스트

모든 ST 분리균주들의 항생제 감수성 검사는 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) M100-S22 guidelines (CLSI, 2012)에서 제시하는 Disk-agar method에 따라 수행되었으며, 그 결과 또한 분석되었다. 본 실험에 사용된 항생제로는 Ampicillin (A, 10 µg), Amoxicillin/clavulanic acid (Au, 30 µg), Cephalothin (Cf, 30 µg), Chloramphenicol (C, 30 µg), Gentamicin (Gm, 10 µg), Kanamycin (K, 30 µg), Nalidixic acid (Na, 30 µg), Piperacillin/tazobactam (Tzp, 100/10 µg), Streptomycin (S, 300 µg), Sulfisoxazole (Su, 250 µg), Trimethoprim/sulfamethoxazole (T/S, 1.25/23.75 µg), Tetracycline (T, 30 µg), 그리고 Ticarcillin (Tic, 75 µg) (Becton, Dickinson and Company)이 사용되었다. 각 항생제에 37°C에서 24시간 반응 시킨 후 CLSI에서 제시하는 기준에 따라 감수성 여부를 결정하였다(CLSI, 2012). 항생제 감수성 검사를 위한 표준균주로는 *Escherichia coli* ATCC 25922를 사용하였다.

Table 1. Polymerase chain reaction primers used in this study

Primer	Nucleotide sequence (5'→3')	Product (bp)	Accession number	Reference number
OMPCF	ATC GCT GAC TTA TGC AAT CG	204	EU015859.1	19
OMPCR	CGG GTT GCG TTA TAG GTC TG			
TYPHF	TTG TTC ACT TTT TAC CCC TGA A	401	AE006468.1	19
TYPHR	CCC TGA CAG CCG TTA GAT ATT			

결 과

Antimicrobial resistance profiles

닭에서 분리된 50 ST 균주와 돼지에서 분리된 42 ST 균주를 대상으로 13개의 항생제에 대해 감수성 검사를 수행하여 본 결과는 Table 2에서 보는 바와 같았다.

즉, 닭에서 분리한 50 균주와 돼지에서 분리된 42 균주 모두 이 실험에 사용된 적어도 하나의 항생제에 내성을 가지고 있었다. 그리고 닭에서 분리된 50 균주 중, 92%, 74% 그리고 68%의 분리주가 Su, S 그리고 Na에서 각각 내성이 관찰되었다. 더불어 56%의 분리주에서 Gm과 K에 각각 내성이 관찰되었다. T와 A또한 각각 54%와 50%의 분리주에서 내성이 관찰되었으며, 이 외에도 C와 Tic 그리고 Tzp와 같은 항생제에 여전히 높은 내성율이 관찰되었다. 반면, 돼지에서 분리된 42균주 중 95.2%, 90.5% 그리고 88.1%의 분리주가 각각 T, S 그리고 Su에 내성으로 관찰되었다. 또한 A, Tzp, Tic 그리고 C에 여전히 높은 항생제 내성률이 관찰되었다. 분리된 42 균주 모두 Au에 감

Table 2. Antimicrobial resistance of 50 *Salmonella* Typhimurium isolates from chicken and 42 *S. Typhimurium* isolates from pigs

Antimicrobial	Species	
	Chicken (n=50)	Pig (n=42)
Aminoglycosides		
Gentamycin	28	6
Kanamycin	28	3
Streptomycin	37	38
Penicillins		
Ampicillin	25	17
Ticarcillin	22	13
Piperacillin-Tazobactam	19	14
Cephems		
Cephalothin	14	2
Folate pathway inhibitors		
Sulphafurazole	46	37
Sulphamethoxazole-Trimethoprim	2	2
Phenolics		
Chloramphenical	23	12
Quinolones		
Nalidixic Acid	34	3
Tetracyclines		
Tetracycline	27	40
β -lactam/ β -lactamase inhibitor combinations		
Amoxicillin-Clavulanic Acid	0	4

수성을 보였다(Table 2).

닭에서 분리된 50균주 가운데 92%에 해당하는 46 균주는 3가지 이상의 항생제에 내성을 보였으며 그 중 3균주는 이 실험에 사용된 13 항생제 중 무려 11 종에 내성을 보였다. 또한 6균주는 무려 10개의 항생제에 내성을 보였다. 특히 13종의 항생제에 대해 50 균주는 무려 35 타입의 항생제 내성 패턴이 관찰되었으며, 가장 많은 균주인 6 균주는 타입 32 (SuGmK)에서 내성이 관찰되었다. 그리고 17균주에서 ACSSuT에 대해 내성이 관찰되었다. 더불어 모든 ACSSuT 내성 균주들은 Tic에도 내성이 관찰되었다(Table 3).

Table 3. Profile of antimicrobial resistance in 50 *Salmonella* Typhimurium isolates from chicken

Animal	Type	Resistance	
		Pattern	Number (and%) of isolates (n=50)
Chicken	1	ACSSuTNaGmKTicTzpCf	3 (6.0)
	2	ACSSuTNaTicTzpCfT/s	1 (2.0)
	3	ACSSuTNaGmKTicCf	4 (8.0)
	4	ASSuTNaGmKTicTzpCf	1 (2.0)
	5	ACSSuTNaGmKTic	3 (6.0)
	6	ACSSuTNaKTicTzp	1 (2.0)
	7	ACSSuTNaTicCfT/S	1 (2.0)
	8	ASSuTNaGmKTicCf	1 (2.0)
	9	ACSSuTNaGmTic	1 (2.0)
	10	ACSSuTNaTicTzp	1 (2.0)
	11	ACSSuTNaTicCf	1 (2.0)
	12	ACSSuTTicTzpCf	1 (2.0)
	13	ACSSuNaGmK	1 (2.0)
	14	ACSSuNaGmTzp	1 (2.0)
	15	ACSSuNaTicTzp	1 (2.0)
	16	ASSuTNaKTic	1 (2.0)
	17	CSSuTNaTicTzp	1 (2.0)
	18	ACSSuNaGm	1 (2.0)
	19	ASuTGmKTzp	1 (2.0)
	20	CSSuTNaK	1 (2.0)
	21	CSSuTNa	1 (2.0)
	22	CSuNaTzpCf	1 (2.0)
	23	SSuTNa	1 (2.0)
	24	SSuNaTzp	1 (2.0)
	25	SSuGmK	2 (4.0)
	26	STGmK	2 (4.0)
	27	SuNaGmK	1 (2.0)
	28	SuGmKTzp	1 (2.0)
	29	SSuNa	1 (2.0)
	30	SSuTzp	1 (2.0)
	31	STNa	1 (2.0)
	32	SuGmK	6 (12.0)
	33	SuNa	2 (4.0)
	34	S	1 (2.0)
	35	Su	1 (2.0)

Table 4. Profile of antimicrobial resistance in 42 *Salmonella* Typhimurium isolates from pigs

Animal	Type	Resistance	
		Pattern	Number (and%) of isolates (n=42)
Pig	1	ASSuTTzpTicGmAuCfT/S	1 (2.4)
	2	ACSSuTTzpTicGmK	2 (4.8)
	3	ACSSuTTzpTicGmNa	1 (2.4)
	4	ASSuTTzpTicGmAuT/S	1 (2.4)
	5	ACSSuTTzpTicGm	1 (2.4)
	6	ACSSuTTzpTicK	1 (2.4)
	7	ACSSuTTzpTicNa	1 (2.4)
	8	ACSSuTTzpTicAu	1 (2.4)
	9	ASSuTTzpTicAuCf	1 (2.4)
	10	ACSSuTTzpTic	3 (7.1)
	11	ASSuTTzp	1 (2.4)
	12	ASSuT	2 (4.8)
	13	CSSuT	2 (4.8)
	14	SSuT	19 (45.2)
	15	ST	1 (2.4)
	16	A	1 (2.4)
	17	T	2 (4.8)
	18	Na	1 (2.4)

또한 돼지에서 분리된 42 균주 중 88.1%에 해당하는 37 균주에서 3개 이상의 항생제에 내성을 보였으며, 단지 하나의 균주에서 무려 10개의 항생제에 대해 내성이 관찰되었고, 13개의 항생제에 대해 18 타입의 항생제 내성 패턴이 관찰되었으며, 이중 가장 많은 균주가 내성 패턴을 보인 것은 타입 14 (SSuT)였다. 그리고 10개의 균주에서 ACSSuT에 내성을 보였으며 특히 이 10 균주 중에서 한 균주는 ACSSuTAu에 내성이 관찰되었다. 더욱이 모든 ACSSuT 내성 균주들은 Tzp와 Tic에도 내성이 관찰되었다(Table 4).

고찰

Non-typhoid *Salmonella*에 의한 식중독은 전 세계적으로 공중보건학상 중요한 문제를 야기시킨다. 해마다 미국의 The Food-borne Diseases Active Surveillance Network of the United States Centers for Disease Control and Prevention에서 보고하는 식중독 원인균 중 살모넬라에 의한 식중독이 해마다 발생하는 식중독 중 가장 발생 빈도가 높은 질병 중 하나라고 보고하고 있다(CDC, 2014; FDA, 2014). 특히 SE와 ST는 사람에게서 발생하는 살모넬라 식중독 원인균 중 가장 많이 분리되는 원인균으로 알려져 있다(Chung 등, 2003;

Kimura 등, 2004; Braden, 2006; Cheong 등, 2007). 식품, 특히 닭과 계란 그리고 돼지고기와 같은 식품은 사람에게서 살모넬라증을 일으키는 가장 큰 원인이다(Boonmar 등, 1998; Bokanyi 등, 1990). 한국 정부에서는 이와 같이 오염 원인을 제거하기 위해 2011년 1월부터 각 가금육을 개별 포장하도록 하여 가금을 통한 살모넬라 식중독의 발생을 줄이고자 노력하고 있는 상황이다(Kim 등, 2012). 하지만 여전히 살모넬라를 통한 식중독은 줄어들고 있는 않은 상황이다.

ST 분리주에서 증가하고 있는 항생제 내성 때문에 점차 산업동물에서 살모넬라증을 치료하기는 점점 더 어려워지고 있는 실정이다. 지난 10년간 다제 내성 ST의 출현은 많은 국가에서 보고되었다(Chen 등, 2004; Shahada 등, 2007; Graziani 등, 2008; Hur 등, 2011a). 하지만 다제 내성 SE의 보고는 드물었다(Chu 등, 2009; Dogru 등, 2009; FDA, 2014; Kuang 등, 2015). 그렇지만 최근 국내에서 분리되는 SE 중에는 많은 개체에서 다제 내성 SE 출현을 보고하고 있다(Kim 등, 2012; Hur 등, 2011a, 2011b). 따라서 SE기 주로 닭에서 분리되기 때문에 이 연구에서 닭과 돼지에서 분리된 모든 ST 균주를 대상으로 국내에서 주로 사용되고 있는 13개의 항생제에 대한 내성 패턴을 조사하는 것은 의미 있는 연구라고 생각되어 실험을 수행하여 본 결과, 닭과 돼지에서 분리된 모든 ST 균주는 이 실험에서 사용된 13개의 항생제에 대해 적어도 하나의 항생제에 내성을 가지고 있었다. 주목할 만한 것은 닭에서 분리된 균주와 돼지에서 분리된 균주 별로 서로 다른 특정한 항생제에 내성이 높게 나왔다는 점이다. 특히 닭에서 분리된 균주는 Su는 약 90% 이상의 균주에서 내성을 보였고 그 다음 S, Na, Gm, K, T 그리고 A와 같은 항생제에 대해 약 50% 이상의 균주가 내성을 보인 반면, 돼지에서 분리된 균주는 T와 S 그리고 Su에 약 90% 정도의 균주가 내성을 보이고 다른 항생제에 대해서는 40%이하의 균주에서 항생제 내성을 보였다. 이는 돼지에서는 사료의 첨가제나 질병 치료를 위해 특정한 몇가지 항생제만을 주로 사용하며 항생제의 사용을 줄이고 있는 반면, 닭에서는 아직도 특정한 몇 가지 항생제가 아닌 무분별한 항생제의 남용이 이루어지고 있음을 반영하는 것이라 생각된다. 그러나 다행스러운 것은 최근 동물사료에 성장촉진 및 질병예방을 위한 사료 첨가제로 사료에 첨가하는 것이 금지되었고, 오로지 사람의 치료용으로만 사용하도록 권고 되고 있는 Au (Amoxicillin/clavulanic acid)에 대해서는 닭 및 돼지에

서 분리된 균주 모두에서 매우 낮은 수치로 내성이 관찰되었다. 또한 T/S (Sulphamethoxazole/Trimethoprim)에 대한 95% 정도의 세균들이 감수성을 보였다. 더욱이 닭에서 분리된 50 균주와 돼지에서 분리된 42균주 중 약 90%가 3개 이상의 항생제에 내성을 보였다. 특히 닭에서 분리된 3균주는 13개의 항생제 중 11개의 항생제에 내성을 보였으며, 돼지에서 분리된 한 균주는 10개의 항생제에 내성이 관찰되었다. 항생제 내성에 대한 패턴을 보면 닭에서 분리된 균주는 35 타입으로, 그리고 돼지에서 분리된 42 균주는 18 타입으로 관찰되었다. 이 중 닭은 34%에서 전 세계적으로 주요 관심 다제 내성 패턴인 ACSSuT에 내성(FDA, 2014)을 보였으며, 돼지에서 분리된 균주 중 약 24%에서 ACSSuT 다제 내성균이 관찰되었다. 이 결과는 ACSSuT에 대한 다제 내성 *Salmonella* Typhimurium은 국내에 널리 분포되어 있음을 보여주고 있다. 흥미로운 점은 ACSSuT에 내성을 보인 분리균주들은 모두 Tzp와 Tic에도 내성이 관찰되었다. 이는 미국 및 유럽과는 달리 국내 축산 농가에서는 ACSSuT와 더불어 이들 두 종류의 항생제에 대한 사용이 증가하고 있음을 보여주는 결과이며, 국내에서는 ACSSuT와 더불어 이들 항생제에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 더불어 이들 결과는 국내에서 항생제의 사용을 더욱 엄격히 통제하여야 할 필요성이 있으며, 연속적인 항생제 내성 조사가 필요함을 보여주고 있다.

결 론

국내 닭과 돼지에서 분리한 *Salmonella* Typhimurium을 대상으로 13종의 항생제를 이용하여 항생제 내성을 조사하였다. 닭에서 분리된 50 균주와 돼지에서 분리된 42균주 모두 이 실험에 사용된 적어도 하나의 항생제에 내성을 가지고 있었다. 그리고 닭에서 분리된 50 균주 중, dir 70% 이상의 분리균주에서 Sulfisoxazole, Streptomycin 그리고 Nalodixic acid에 각각 내성이 관찰되었다. 반면, 돼지에서 분리된 42균주 중 dir 90% 이상의 분리주에서 Tetracycline, Streptomycin 그리고 Sulfisoxazole에 각각 내성이 관찰되었다. 닭에서 분리된 균주 중 92%의 분리주에서 3가지 이상의 항생제에 내성을 보였으며 그중 3균주는 이 실험에 사용된 13 항생제 중 무려 11종에 내성을 보였으며, 35 타입의 항생제 내성 패턴이 관찰되었으며, 17균주에서 ACSSuT에 대해 내성이 관찰되었다. 돼지

에서 분리된 42 균주 중 88.1%에서 3개 이상의 항생제에 내성을 보였으며, 단지 하나의 균주에서 무려 10개의 항생제에 대해 내성이 관찰되었고, 13개의 항생제에 대해 18 타입의 항생제 내성 패턴이 관찰되었으며, 10개의 균주에서 ACSSuT에 내성을 보였으며 특히 이 10 균주 중에서 한 균주는 ACSSuTAu에 내성이 관찰되었다. 더욱이 모든 ACSSuT 내성 균주들은 Tzp와 Tic에도 내성이 관찰되었다.

이상의 결과는 국내 닭과 돼지 같은 가축에서 살모넬라 대한 항생제 내성률이 점차 증가하고 있으며 항생제의 사용을 더욱 엄격히 통제해야 할 필요성이 있음을 시사해 주는 결과라 생각된다. 따라서 가축에서의 항생제 내성 조사가 지속적으로 수행되어야 함을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 농림수산식품기술기획평가원의 연구비 지원(No. 112135-3)에 의해 연구되었습니다.

REFERENCES

- Ahmed AM, Ishida Y, Shimamoto T. 2009a. Molecular characterization of antimicrobial resistance in *Salmonella* isolated from animals in Japan. *J App Microbiol* 106: 402-409.
- Ahmed AM, Younis EEA, Ishida Y, Shimamoto T. 2009b. Genetic basis of multidrug resistance in *Salmonella enterica* serovars Enteritidis and Typhimurium isolated from diarrheic calves in Egypt. *Acta Trop* 111: 144-149.
- Alvarez J, Sota M, Vivanco AB, Perales I, Cisterna R, Rementeria A, Garaizar J. 2004. Development of a multiplex PCR technique for detection and epidemiological typing of *Salmonella* in human clinical samples. *J Clin Microbiol* 42: 1734-1738.
- Araque M. 2009. Nontyphoid *Salmonella* gastroenteritis in pediatric patients from urban areas in the city of Merida, Venezuela. *J Infect Dev Ctries* 3: 28-34.
- Benenson AS, Chin J, Benenson AS, Chin J. 1995. Control of communicable diseases manual. American Public Health Association, Washington DC.
- Bokanyi RP, Jr, Stephens JF, Foster DN. 1990. Isolation and characterization of *Salmonella* from broiler carcasses or parts. *Poultry Sci* 69: 592-598.
- Boonmar SA, Bangtrakulnonth S, Pornrunangwong N, Marnrim K, Kaneko M, Ogawa. 1998. *Salmonella* in broiler chickens in Thailand with special reference to contamination of retail meat with *Salmonella* Enteritidis. *J*

- Vet Med Sci 60: 1233-1236.
- Braden CR. 2006. *Salmonella enterica* serotype Enteritidis and eggs: A national epidemic in the United States. Clin Infect Dis 43: 512-517.
- Brands DA, Inman AE, Gerba CP, Maré CJ, Billington SJ, Saif LA, Levine JF, Joens LA. 2005. Prevalence of *Salmonella* spp. in oysters in the United States. Appl Environ Microbiol 71: 893-897.
- CDC. 2014. Number of laboratory-confirmed bacterial and parasitic infections, by site and pathogen, Foodborne Diseases Active Surveillance Network. FoodNet. Food Net 2012 Surveillance Report. Department of Health and Human Services. Atlanta, Georgia. U.S.
- Chen S, Zhao S, White DG, Schroeder CM, Lu R, Yang H, McDermott PF, Ayers S, Meng J. 2004. Characterization of multiple-antimicrobial-resistant *Salmonella* serovars isolated from retail meats. J Appl Environ Microbiol 70: 1-7.
- Cheong HJ, Lee YJ, Hwang IS, Kee SY, Cheong HW, Song JY, Kim MJ, Park YH, Jung JH, Kim WJ. 2007. Characteristics of non-typhoidal *Salmonella* isolates from human and broiler-chickens in southwestern Seoul, Korea. J Korean Med Sci 22: 773-778.
- Chu C, Wang DW, Wang MH, Lin HH, Chen YS, Tien N, Shihe MC, Chend TH, Chiu CH. 2009. Genotyping, plasmid analysis, and antimicrobial susceptibility of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis isolates from humans and chickens in central Taiwan. J Formos Med Assoc 108: 765-771.
- Chung YH, Kim SY, Chang YH. 2003. Prevalence and antibiotic susceptibility of *Salmonella* isolated from foods in Korea from 1993 to 2001. J Food Prot 66: 1154-1157.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). 2012. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: twenty-second informational supplements (M100- S22). CLSI, Wayne, Pa.
- Dogru AK, Ayaz ND, Gencay YE. 2009. Serotype identification and antimicrobial resistance profiles of *Salmonella* spp. isolated from chicken carcasses. Trop Anim Health Prod 42: 893-897.
- Ebers KL, Zhang CY, Zhang MZ, Bailey RH, Zhang S. 2009. Transcriptional profiling avian beta-defensins in chicken oviduct epithelial cells before and after infection with *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. BMC Microbiol 9: 153.
- Faldynova M, Pravcova M, Sisak F, Havlickova H, Kolackova I, Cizek A, Karpiskova R, Rychlik I. 2003. Evolution of antimicrobial resistance in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium strains isolated in the Czech Republic between 1984 and 2002. Antimicrob Agents Chemother 47: 2002-2005.
- Fashae K, Ogunsoola F, Aarestrup FM, Hendriksen RS. 2010. Antimicrobial susceptibility and serovars of *Salmonella* from chickens and humans in Ibadan, Nigeria. J Infect Dev Ctries 4: 484-494.
- FDA 2014. National Antimicrobial Resistance Monitoring System. NARMS 2012 Retail Meat Report. Department of Health and Human Services, US Food and Drug Administration. Rockville, MD U.S.
- Foley SL, Lynne AM. 2008. Food animals-associated *Salmonella* challenges: Pathogenicity and antimicrobial resistance. J Anim Sc 86(E. Suppl.): E173-E187.
- Futagawa-Saito K, Hiratsuka S, Kamibeppu M, Hirokawa T, Oyabu K, Fukuyasu T. 2008. *Salmonella* in healthy pigs: Prevalence, serotype diversity and antimicrobial resistance observed during 1998-1999 and 2004-2005 in Japan. Epidemiol Infect 136: 1118-1123.
- Gebreyes WA, Altier C. 2002. Molecular characterization of multidrug-resistant *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium isolates from swine. J Clin Microbiol 40: 2813-2822.
- Gebreyes WA, Thakur S. 2005. Multidrug-resistant *Salmonella enterica* serovar Muenchen from pigs and humans and potential interserovar transfer of antimicrobial resistance. Antimicrob agents Chemother 49: 503-511.
- Gorman R, Adley CC. 2004. Characterization of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium isolates from human, food, and animal sources in the Republic of Ireland. J Clin Microbiol 42: 2314-2316.
- Graziani C, Busani L, Dionisi AM, Lucarelli C, Owczarek S, Ricci A, Mancin M, Caprioli A, Luzzi I. 2004. Antimicrobial resistance in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium from human and animal sources in Italy. Vet Microbiol 128: 414-418.
- Graziani C, Busani L, Dionisi AM, Lucarelli C, Owczarek S, Ricci A, Mancin M, Caprioli A, Luzzi I. 2008. Antimicrobial resistance in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium from human and animal sources in Italy. Vet Microbiol 128: 414-418.
- Hur J, Choi YY, Park JH, Jeon BW, Lee HS, Kim AR, Lee JH. 2011a. Antimicrobial resistance, virulence-associated genes, and pulsed-field gel electrophoresis profiles of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium isolated from piglets with diarrhea in Korea. Can J Vet Res 75: 49-56.
- Hur J, Jawale C, Lee JH. 2012. Antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from food animals: A review. Food Res Int 45: 819-830.
- Hur J, Kim JH, Park JH, Lee YJ, Lee JH. 2011b. Molecular and virulence characteristics of multi-drug resistant *Salmonella* Enteritidis strains isolated from poultry. Vet J 189: 306-311.
- Kidie DH, Bae DH, Lee YJ. 2013. Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from poultry slaughterhouses in Korea. Jpn J Vet Res 61: 129-136.
- Kim MS, Lim TH, Jang JH, Lee DH, Kim BY, Kwon JH, Choi SW, Noh JY, Hong YH, Lee SB, Yang SY, Lee HJ, Lee JB, Park SY, Choi IS, Song CS. 2012. Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* species isolated from chicken meat produced by different integrated

- broiler operations in Korea. *Poult Sci* 91: 2370-2375.
- Kimura AC, Reddy V, Marcus R, Cieslak PR, Mohle-Boetani JC, Kassenborg HD, Segler SD, Hardnett FP, Barrett T, Swerdlow DL. 2004. Emerging Infections Program FoodNet Working Group. Chicken consumption is a newly identified risk factor for sporadic *Salmonella enterica* serotype Enteritidis infections in the United States: A case-control study in FoodNet sites. *Clin. Infect. Dis* 38 (Suppl. 3): S244-S252.
- Kuang X, Hao H, Dai M, Wang Y, Ahmad I, Liu Z, Zonghui Y. 2015. Serotypes and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* spp. isolated from farm animals in China. *Front Microbiol* 6: 602.
- Lee KE, Choi HW, Kim HH, Song JY, Yang DK. 2015. Prevalence and characterization of *Actinobacillus pleuropneumoniae* isolated from Korean pigs. *J Bacteriol Virol* 45: 19-25.
- Lee KE, Lee Y. 2007. Isolation of multidrug-resistant *Salmonella typhimurium* DT104 from swine in Korea. *J Microbiol* 45: 590-592.
- Lee YJ, Kim HJ, Park CK, Kim KS, Bae DH, Kang MS, Cho JK, Kim AR, Kim JW, Kim BH. 2007. Characterization of *Salmonella* spp. isolated from an integrated broiler chicken operation in Korea. *J Vet Med Sci* 69: 399-404.
- Lim SK, Lee HS, Nam HM, Jung SC, Koh HB, Roh IS. 2009. Antimicrobial resistance and phage types of *Salmonella* isolates from healthy and diarrheic pigs in Korea. *Foodborne Pathog Dis* 6: 981-987.
- Martinez JL, Baquero F. 2002. Interactions among strategies associated with bacterial infection: Pathogenicity, epidemicity, and antibiotic resistance. *Clin Microbiol Rev* 15: 647-679.
- Olsen SJ, DeBess EE, McGivern TE, Marano N, Eby T, Mauvais S, Balan VK, Zirnstein G, Cieslak PR, Angulo FJ. 2001. A nosocomial outbreak of fluoroquinolone-resistant *Salmonella* infection. *N Engl J Med* 344: 1572-1579.
- Rayamajhi N, Kanf SG, Kang ML, Lee HS, Park KY, Yoo HS. 2008. Assessment of antimicrobial resistance phenotype and integrons in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium isolated from swine. *J Vet Med Sci* 70: 1133-1137.
- Shahada F, Amamoto A, Chuma T, Shirai A, Okamoto K. 2007. Antimicrobial susceptibility phenotypes, resistance determinants and DNA fingerprints of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium isolated from bovine in Southern Japan. *Int J Antimicrob Agents* 30: 150-156.
- Su LH, Chiu CH, Wu TL, Chu C, Chia JH, Kuo AJ, Lee CC, Sun CF, Ou JT. 2002. Molecular epidemiology of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis isolated in Taiwan. *Microbiol Immunol* 46: 833-840.
- Tauxe RV. 1991. *Salmonella*: A postmodern pathogen. *J Food Prot* 54: 563-568.
- Yoo AN, Cha SB, Shin MK, Won HK, Kim EH, Choi HW, Yoo HS. 2014. Serotype and antimicrobial resistance patterns of the recent Korean *Actinobacillus pleuropneumoniae* isolates. *Vet Rec* 174: 223.
- Yu CY, Chou SJ, Yeh CM, Chao MR, Huang KC, Chang YF, Chiou CS, Weill FX, Chiu CH, Chu CH, Chu C. 2008. Prevalence and characterization of multidrug-resistant (type ACSSuT) *Salmonella enterica* serovar Typhimurium strains in isolates from four gosling farms and a hatchery farm. *J Clin Microbiol* 46: 522-526.
- Zhao S, White DG, Friedman SL, Glenn A, Blickenstaff K, Ayers SL, Abbott JW, Hall-Robinson E, McDermott PF. 2008. Antimicrobial resistance in *Salmonella enterica* serovar Heidelberg isolates from retail meats, including poultry, from 2002 to 2006. *Appl Environ Microbiol* 74: 6656-6662.