

< Original Article >

양돈장 살모넬라 혈청 양성율과 도축돈 살모넬라균 분리율의 상관관계 및 분리 균주의 항생제 내성

김경언* · 안종민 · 양병훈 · 박영희 · 박미영 · 정준용

경기도축산위생연구소

Correlation between the *Salmonella* seroprevalence on farms and the isolation rate from slaughtered pigs and antimicrobial resistance from the isolates

Kyung-Eon Kim*, Jong-Min An, Byung-Hun Yang,
Yeong-Hee Park, Mi-Young Park, Joon-Yong Jung

Gyeonggi Province Veterinary Service Center, Suwon 441-460, Korea

(Received 31 July 2014; revised 1 December 2014; accepted 10 December 2014)

Abstract

Salmonella spp. are one of the most common bacteria that causes heavy losses in swine industry and have implications for public health. In this study, the correlation between *Salmonella* seroprevalence on farms and the isolation rate from slaughtered pigs was analyzed and the antimicrobial resistance of the isolated *Salmonella* spp. was investigated. A total of 3,001 serum samples for ELISA were collected from 17 farms during two consecutive years (2012-2013). The mean values of ELISA OD% for each 8 age groups were as follows; gilt 27.83 (n=472), sow 23.75 (n=367), 150 days (d) of pig 16.53 (n=278), 130 d 11.87 (n=366), 100 d 9.46 (n=378), 20 d 9.17 (n=394), 70 d 6.56 (n=382), 40 d 3.72 (n=364). From July 2013 to January 2014, a total of 53 (8.0%) *Salmonella* strains were isolated from 665 slaughtered pigs shipped from those 17 farms. The mean values of ELISA OD% for each age groups serum samples that were collected in the second half of 2013 showed a positive correlation at 100 d (0.61, $P < 0.05$), 130 d (0.45, $P < 0.1$) with the isolation rate of *Salmonella* spp. in the slaughtered pigs. All the isolates were identified by a real-time PCR and tested for antimicrobial susceptibility. As a result, the predominant serovar was *S. Typhimurium* (52.8%) and there were 15 strains showing their own antimicrobial resistance pattern. All strains were susceptible to amoxicillin, cefepime, ciprofloxacin and some of them were resistant to streptomycin and tetracycline (60%), ampicillin (53.3%), chloramphenicol (33.3%), respectively.

Key words : *Salmonella* spp. Prevalence, Correlation, Antimicrobial resistance, ELISA

서 론

살모넬라는 광범위한 숙주를 갖는 가장 대표적인 세균으로 돼지의 살모넬라 감염은 두 가지 중요한 의미를 갖는다. 우선 돼지에 임상증상을 일으키고 두

번째는 살모넬라 혈청형에 감염된 돼지가 잠재적으로 식육과 그 부산물을 오염시켜 공중보건을 위협한다는 사실이다(Steven 등, 2012).

돼지에 살모넬라가 감염된다고 해서 모두 임상증상이 나타나는 것은 아니지만 일부는 설사, 탈수, 패혈증, 유산, 심지어 폐사까지 일으킨다(MAFF, 2000). 만일 치료가 되더라도 무증상 매개체가 되어 지속적

*Corresponding author: Kyung-Eon Kim, Tel. +82-31-8008-6313,
Fax. +82-31-8008-6249, E-mail. vetlove@gg.go.kr

인 균 배출을 통한 농장 내 전파의 주요 원인이 되고, 도축장에서는 수송 및 계류 스트레스로 인한 균 배출로 식육을 오염시키는 주요 원인이 된다(Hurd 등, 2002). 실제 사람에서 살모넬라 식중독은 빈번하게 가금류, 소, 돼지와 관련되어 있으며, 그 중 약 20%는 오염된 돼지고기와 그 부산물에서 기인한다(Steinbach 등, 1999).

유럽 24개국 도축장을 대상으로 수행된 살모넬라 유병률 조사에 따르면 도축돈 19,071두의 장간막 림프절에서 10.3%의 살모넬라가 분리되었으며, 그 중 *S. Typhimurium*과 *S. Derby*의 유병률이 각각 4.7%와 2.1%를 차지하였다(EFSA, 2008). 그 밖에 살모넬라 유병률에 관한 해외의 연구 결과에 의하면 양돈장 분변에서 미국 7.2%, 일본 3.3%로 각각 분리된 바 있으며, 도축장에서 채취된 분변과 림프절에서 캐나다는 각각 12.5%와 5.2%, 미국은 9.7%와 13.7%로 분리되어 약 10%의 유병률을 나타냈다(APHIS, 2009; Futagawa 등, 2008; Raul 등, 2008; Kim 등, 1999).

국내에서는 Lee 등(2003)이 도축돈의 분변과 림프절에서 각각 4.4%와 13.5%, Jung 등(2011)은 도축돈의 분변에서 5.28%의 살모넬라를 분리했다. 또한 Kim 등(2007)은 국내 32개 양돈장의 분변에서 평균 17.9% (114/637)의 살모넬라를 분리하였다. 이들 연구의 혈청형 조사 결과는 공통적으로 *S. Typhimurium*이 우세하였으며, *S. Enteritidis* 또한 일부 분리되었다.

이번 연구는 경기지역 소재 양돈농가의 살모넬라 항체 양성률과 도축장 균 분리율의 상관관계를 분석하고, 공중보건학적으로 중요한 *S. Typhimurium*과 *S. Enteritidis*의 혈청형 분포도 조사와 항생제 감수성 검사를 통해 농장에서의 치료 및 예방대책을 수립하고 식육 위험요소의 근본적인 해결방안을 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

농가선정 및 시료채취

2012년부터 2013년까지 경기도 지역 17개 돼지사육 농장(화성 10, 김포 5, 의왕 1, 연천 1)을 대상으로 일령별로 20, 40, 70, 100, 130, 150일령, 후보돈, 모돈 8단계로 구분하여 농가당 최소 40두에서 최대 313두까지 총 3,001두의 혈액을 채취하였다. 또한 2013년 7월부터 2014년 1월까지 이들 농가로부터 관내 도축

장(부천 농협, 안양 협신, 화성 스마일)에 출하된 돼지에서 농가당 최소 20두에서 최대 60두까지 총 665두의 장간막림프절을 채취하여 각각 멸균된 50 mL 튜브에 담아 냉장상태를 유지하며 실험실로 옮겼다.

세균 분리 및 혈청형 동정

채취한 장간막림프절은 주위 지방조직을 제거한 후, 약 2~3 g의 림프절을 전자동균질화장비(Precellys 24, France)를 이용하여 균질화 하였다. 유제액 1 mL를 9 mL의 Buffered Peptone Water (Difco, USA)에 접종하고 37°C에서 18~24시간 예비 배양한 후 0.1 mL의 배양액을 10 mL의 Rappaport Vassiliadis broth (Difco, USA)에 첨가하여 42°C에서 20~24시간 배양한 다음 XLD agar (Difco, USA)에 도말하여 37°C에서 18~24시간 배양하였다. XLD agar에서 의심되는 균주는 1차로 *Salmonella* test kit (Oxoid, Australia)을 사용하여 응집반응을 실시하고 양성 균주는 동물질병 표준검사법(농림수산검역검사본부, 2008)에 따라 Boiling법으로 DNA를 추출한 다음 *Salmonella* triplex real-time PCR kit (Kogen, Korea)를 사용하여 *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* 및 *Salmonella* spp.를 동정하였다.

OD (optical density)값

분리된 혈청은 10일 안에 검사에 사용되었으며, OD 측정은 제조사의 매뉴얼에 따라 ELISA kit (Labor, Germany)을 사용하여 흡광도(450 nm)를 측정된 후 각 샘플에 대한 OD (optical density)%값을 계산 하였다. 검사 결과는 OD%값이 10 이하일 경우 음성, 10 이상이고 20 미만일 경우 의심, 20 이상일 경우 양성으로 판정하였다.

항생제 감수성 검사

분리된 살모넬라균에 대한 항생제 감수성 검사 및 판정은 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2014)의 기준에 따라 실시하였다. 살모넬라 균주 4~5개 집락을 Mueller-Hinton broth (Difco, USA)에 접종하여 35°C에서 2~6시간 배양시킨 후, McFarland 탁도가 0.5가 되도록 조정된 후 멸균된 면봉을 이용하여 Mueller-Hinton agar (Difco, USA)에 멸균 면봉으로 도말하였다. 도말 후 10분 이내에 항생제 디스크

를 dispenser로 접종한 후 35°C에서 16~18시간 배양 후, 디스크 주위 균 억제대의 크기를 측정하여 항생제에 대한 내성과 감수성 여부를 판정하였다. 사용한 항생제 디스크는(Oxoid, UK) ampicillin (AMP, 10 µg), amoxicillin/clavulanic acid (AMC, 20/10 µg), cephalothin (KF, 30 µg), cefepime (FEP, 30 µg), ceftiofur (EFT, 30 µg), gentamicin (CN, 10 µg), neomycin (N, 30 µg), streptomycin (S, 10 µg), tetracycline (TE, 30 µg), ciprofloxacin (CIP, 5 µg), enrofloxacin (ENR, 5 µg), nalidixic acid (NA, 30 µg), trimethoprim/sulfamethoxazole (SXT, 1.25/23.75 µg), chloramphenicol (C, 30 µg) 등 14종을 사용하였다. 항생제 감수성 검사의 표준균주로는 *E. coli* ATCC 25922를 사용하였으며, 같은 농장에서 분리된 2개 이상의 균주에서 감수성 양상이 동일할 경우 1개의 균주만을 실험 결과로 이용하였다.

통계분석

2012년부터 2013년까지 조사된 일령별(20, 40, 70, 100, 130, 150일, 후보돈, 모돈) 8개 그룹의 ELISA 평균 OD% 값에 대해 분산분석(Duncan's Multiple Range Test)을 실시하였으며, 반기 단위로 일령별 항체 양성률과 2013년 7월부터 2014년 1월까지 도축장 균 분리율과의 상관분석을 실시하였다. 통계 처리는 SAS를

이용하였다.

결 과

균 분리 및 혈청형 동정

17개 농장에서 출하된 도축돈 665두를 검사한 결과 11개 농장(64.7%), 53두(8.0%)에서 살모넬라균이 분리되었다. 분리균주 53주를 동정한 결과 *S. Typhimurium*이 28주(52.8%), 기타 혈청형이 25주(47.2%)로 나타났으며, *S. Enteritidis*는 확인되지 않았다(Table 1).

ELISA

2년 동안 17개 농장에서 수집된 3,001점의 혈청에 대한 ELISA를 이용한 항체검사 결과 양성률과 의심률은 전체 평균 각각 24.1%와 12.7%로 나타났다. 농장별 항체 양성률과 의심률은 각각 4.3~40.6%와 6.7~18.8%의 분포를 보였으며(Data not shown), 일령별로는 20일령 17.0%와 10.9%, 40일령 5.8%와 6.0%, 70일령 13.1%와 4.2%, 100일령 16.7%와 12.4%, 130일령 18.3%와 13.1%, 150일령 27.7%와, 15.8%, 후보돈 45.8%와 15.3%, 모돈 44.4%와 24.0%였다(Fig. 1). 또

Table 1. Isolation rate and serotypes of *Salmonella* in mesenteric lymph node of slaughtered pigs on 17 farms

Farm	No. of samples		No. of Serotypes		
	Tested	Positive	<i>S. Enteritidis</i>	<i>S. Typhimurium</i>	The others
A	45	12 (26.7%)		12 (22.6%)	
B	42				
C	41	2 (4.9%)		1 (1.9%)	1 (1.9%)
D	42	1 (2.4%)		1 (1.9%)	
E	41	4 (9.8%)		4 (7.5%)	
F	41	1 (2.4%)			1 (1.9%)
G	40				
H	40	11 (27.5)		2 (3.8%)	9 (17.0%)
I	42	1 (2.4%)		1 (1.9%)	
J	21	3 (14.3%)		3 (5.7%)	
K	41				
L	45	1 (2.2%)		1 (1.9%)	
M	60	8 (13.3%)			8 (15.1%)
N	20				
O	21				
P	42				
Q	41	9 (22.0%)		3 (5.7%)	6 (11.3%)
Total	665	53 (8.0%)	0 (0.0%)	28 (52.8%)	25 (47.2%)

한 평균 OD%값은 전체 평균 13.94로 농장별로는 2.54~23.48의 분포를 보였으며, 일령별로는 후보돈 27.83, 모돈 23.75, 150일령 16.53, 130일령 11.87, 100일령 9.46, 70일령 6.56 및 40일령 3.72 순으로 나타났다(Table 2).

항생제 감수성 검사

15개 균주에 대한 항생제 내성율은 streptomycin

(60%), tetracycline (60%), ampicillin (53.3%), chloramphenicol (33.3%), gentamicin (26.7%), ceftiofur (20%), neomycin (20%), nalidixic acid (20%), trimethoprim/sulfamethoxazole (13.3%) 순으로 나타났다(Table 3). 항생제 내성 패턴은 총 11가지로 내성이 없는 유형이 3주(20.0%), ampicillin, tetracycline 2제 내성형과 ampicillin, neomycin, streptomycin, tetracycline, chloramphenicol 5제 내성형이 각각 2주(13.3%)로 나타났고, 나머지 패턴들은 모두 1개씩 확인되었다(Table 4).

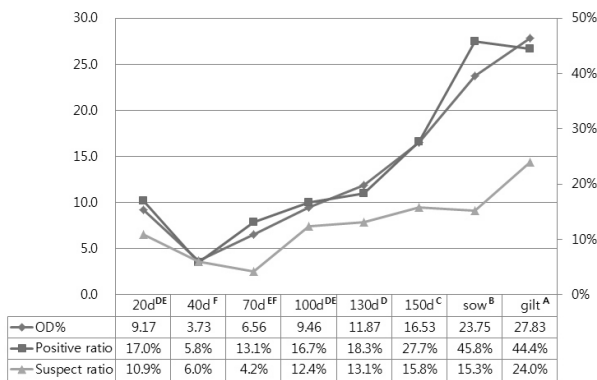


Fig. 1. Seroprevalence of *Salmonella* on 17 farms and Duncan's Multiple Range Test ($P < 0.001$) with OD% for each age group (2012~2013).

통계분석

2012년부터 2013년까지 일령별 OD%값에 대한 분산분석 결과 20일령 9.17^{DE}, 40일령 3.73^F, 70일령 6.56^{EF}, 100일령 9.46^{DE}, 130일령 11.87^D, 150일령 16.53^C, 후보돈 23.75^B, 모돈 27.83^A로 나타났는데 이중 40일령에서 가장 낮았다($P < 0.001$, Fig. 1).

또한, 2013년 후반 일령별 항체 양성률과 2013년 7월부터 2014년 1월까지 도축장 균 분리율과의 상관분석 결과, 도축장 균 분리율은 100일령에 0.61**, 130일령에 0.45*로 양의 상관관계를 보였으며, 130일령은 70일령에 0.70**, 100일령에 0.44*, 150일령에 0.67**로 양의 상관관계를 나타냈다(Table 5).

Table 2. The mean OD%* value of serum samples against *Salmonella* in different age group on 17 farms (2012~2013)

Farm (No. of tested pig)	Age groups of pigs (No. of tested pig)								Total
	20 days (394)	40 days (364)	70 days (382)	100 days (378)	130 days (366)	150 days (278)	Gilt (472)	Sow (367)	
A (70)	-0.29	-1.10	-0.02	4.92	2.77	0.01	7.74	5.02	2.54
B (181)	7.53	7.28	1.46	13.60	10.56	16.48	25.11	14.70	11.91
C (168)	8.28	3.96	0.34	3.40	4.65	3.29	20.71	22.76	9.61
D (251)	13.32	9.13	28.61	12.80	19.13	22.79	30.40	33.63	21.32
E (87)	2.57	3.91	14.98	11.86	20.63	13.64	29.08	24.05	16.21
F (40)	1.18	3.03	4.91	3.21	0.56	-1.36	36.12	38.51	10.77
G (178)	7.83	2.99	0.89	5.09	4.73	16.53	45.22	27.70	14.48
H (313)	6.62	3.08	17.42	12.82	25.02	41.70	31.28	24.09	22.16
I (120)	8.03	0.33	1.17	17.89	6.49	9.92	7.98	18.31	8.77
J (197)	3.83	5.97	-0.69	12.78	17.64	22.78	42.06	24.18	19.42
K (166)	3.14	-0.05	10.04	8.02	13.32	16.39	19.67	30.01	12.54
L (228)	31.60	6.25	-0.54	2.63	6.14	8.90	19.45	34.62	13.49
M (209)	4.61	2.40	2.47	11.81	4.39	5.94	11.37	21.57	8.34
N (117)	8.33	5.02	19.22	15.37	24.88	46.50	29.71	40.21	23.48
O (178)	12.19	0.63	-0.08	2.03	2.35	3.04	3.53	15.44	5.01
P (235)	10.88	2.25	-0.48	7.65	16.12	4.77	52.73	28.50	12.47
Q (263)	9.76	2.74	11.14	13.53	9.31	19.22	10.85	11.48	10.78
Total (3,001)	9.17	3.73	6.56	9.46	11.87	16.53	27.83	23.75	13.94

*OD%=(OD_{SAMPLE}-MV OD_{NC}/MV OD_{PC}-MV OD_{NC})×72.1.

Table 3. Frequency of antimicrobial drugs resistance of 15 *Salmonella* isolates in mesenteric lymph node of slaughtered pigs on 17 farms

Antibiotics	No. of isolates (%)		
	Resistance	Intermediate	Susceptibility
Ampicillin	8 (53.3)		7 (46.7)
Amoxicillin/clavulanic acid			15 (100.0)
Cephalothin		4 (26.7)	11 (73.3)
Cefepime			15 (100.0)
Ceftiofur	3 (20.0)	9 (60.0)	3 (20.0)
Gentamicin	4 (26.7)		11 (73.3)
Neomycin	3 (20.0)	4 (26.7)	8 (53.3)
Streptomycin	9 (60.0)	4 (26.7)	2 (13.3)
Tetracycline	9 (60.0)		6 (40.0)
Ciprofloxacin			15 (100.0)
Enrofloxacin		3 (20.0)	12 (80.0)
Nalidixic acid	3 (20.0)	1 (6.7)	11 (73.3)
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	2 (13.3)		13 (86.7)
Cloramphenicol	5 (33.3)		10 (66.7)

Table 4. Antimicrobial drugs resistance patterns of 15 *Salmonella* isolates in mesenteric lymph node of slaughtered pigs on 17 farms

No. of antibiotics	Resistance patterns	No. (%) of isolates
0	-	3 (20.0)
1	S	1 (6.7)
	EFT	1 (6.7)
2	AMP, TE	2 (13.3)
3	AMP, S, TE	1 (6.7)
4	AMP, CN, S, TE	1 (6.7)
5	AMP, N, S, TE, C	2 (13.3)
	AMP, N, S, TE, NA	1 (6.7)
	CN, S, TE, NA, C	1 (6.7)
6	AMP, EFT, CN, S, SXT, C	1 (6.7)
7	AMP, EFT, CN, S, TE, NA, SXT	1 (6.7)

고 찰

도축장에서 살모넬라균 분리는 분변보다 장간막림프절에서 더 높은 분리율을 보이는 것으로 보고된 바 있다(Kim 등, 1999; Lee 등, 2003). 이번 연구에서 17개 농장의 도축돈 665두의 장간막림프절에서 살모넬라균 분리를 시도하여 11개 농장 53두(8.0%)에서 살모넬라균이 분리되었다. 이는 국내에서 조사된 Choi 등(2008)의 3.7%, Kim 등(2011b)의 2.5%보다 높았고, Lee 등(2003)의 13.5%보다 낮았다. 도축돈의 장간막림프절 배양을 통해 살모넬라균이 확인된다는 것은 장관의 중요 부분에 감염이 되었다는 것을 의미하며, 이는 식품 안전의 위험 요인을 미리 판단하는 유용한 수단이 된다(Kim 등, 1999). 또한 임상증상이 없는 건강한 보균돼지가 환경 변화나 밀사와 같은 스트레스

요인에 노출되면 분변에 살모넬라균 배출량이 증가하며 특히 도축장에 출하하는 짧은 시간동안 살모넬라균 분리 비율이 급격히 높아지는 것으로 보고되어 있다(Hurd 등, 2002; Larsen 등, 2003). 이번 연구는 비록 경기도내 적은 수의 농장을 대상으로 수행되었지만 약 8%의 도축돈에서 살모넬라균이 분리되어 그만큼 도축장에 위험요소가 상존한다는 것을 알 수 있었으며, 내장을 섭취하는 우리나라 음식문화를 고려하여 계류장과 부산물 처리시설에 좀 더 엄격한 위생관리가 요구된다고 판단된다.

최근까지 국내에서 분리된 살모넬라 혈청형은 주로 B그룹의 *S. Typhimurium*과 *S. Derby*가 과반수를 차지하며 그밖에 매우 다양한 혈청형이 분포하는 것으로 보고되고 있다(Jung 등, 2011; Kim 등, 2007; Hah 등, 2011). 일부 문헌에서는 정상 도축돈의 분변에서 *S. Rissen*이 가장 우세한 것으로 보고되어 있으나, 분리된 균주가 매우 적었거나 *S. Typhimurium*과 큰 차이가 없었다(Kim 등, 2011a; Kim 등, 2011b). 또한 외국의 경우 분리된 살모넬라 균주 중 *S. Typhimurium*의 비율은 일본 32.5%, 미국 22.6%, 유럽 40.0%로 확인되어 전 세계적으로 가장 널리 분포하는 혈청형임을 알 수 있었다(Futagawa 등, 2008; APHIS, 2009; EFSA, 2008). 이번 연구에서는 공중보건학적으로 중요한 *S. Enteritidis*와 *S. Typhimurium* 두 가지 혈청형에 대한 동정을 수행한 결과 *S. Enteritidis*는 확인되지 않았으나, *S. Typhimurium* 28주(52.8%)가 분리되어 그동안의 국내·외 연구 결과와 마찬가지로 *S. Typhimurium*이 현재 경기도 지역 양돈장에 가장 널

Table 5. Correlation analysis between the ELISA OD% values for serum samples collected in 2013 (2H) and the isolation rate of *Salmonella* in mesenteric lymph node of slaughtered pigs

	20 d	40 d	70 d	100 d	130 d	150 d	Gilt	Sow	IR
20 d [†]	1	0.10	-0.28	-0.24	-0.36	-0.40	-0.37	0.17	0.08
40 d		1	-0.09	-0.13	-0.15	-0.28	0.22	-0.13	-0.04
70 d			1	0.40	0.70**	0.15	0.25	0.19	0.15
100 d				1	0.44*	0.28	-0.01	0.07	0.61**
130 d					1	0.67**	0.34	0.34	0.45*
150 d						1	0.27	0.45*	0.24
Gilt							1	-0.24	-0.01
Sow								1	0.08
IR [‡]									1

[†]day, [‡]Isolation rate, * $P < 0.1$, ** $P < 0.05$.

리 유행하는 혈청형임을 알 수 있었다.

무증상 보균돼지의 분변에서 세균배양을 통한 살모넬라 감염을 판단하기에는 간헐적으로 배출되는 세균의 양이 매우 적기 때문에 진단의 민감도가 매우 낮다. 이런 이유로 유럽연합에서는 양돈장의 살모넬라 감염 실태를 파악하기 위해 ELISA를 이용한 혈청학적 조사를 수행하고 있다(EFSA, 2006). 유럽의 대표적 양돈 선진국인 덴마크에서는 1995년부터 ELISA를 기반으로 국가적인 감시 및 통제 프로그램을 통해 돈육에서의 살모넬라 검출율이 1993년 3.5%에서 2000년 0.7%까지 떨어졌으며, 동시에 돈육에 기인한 사람의 살모넬라 발생 건수도 1,144건에서 166건으로 감소하였다(Nielsen 등, 2001). 이처럼 공중보건과 직결된 사항을 해외 국가들은 돼지 살모넬라 감염에 대해 꾸준한 혈청학적 모니터링을 실시하고 있으나, 우리나라는 국가 주도의 관리가 이뤄지고 있지 않으며, 아직까지 돼지 살모넬라에 대한 혈청학적 조사 또한 미비한 실정이다.

이번 연구의 조사대상 17개 농장의 3,001두에 대한 살모넬라 항체 ELISA 결과 항체 양성률은 번식돈군인 모돈과 후보돈에서 가장 높았으며, 자돈에서는 40일령에 가장 낮은 수치를 보이고 이후 점차 증가하는 양상을 보였으며 OD%값 역시 유사한 결과를 보였다. 또한 평균 ELISA OD%값의 일령별 그룹 간 Duncan's Multiple Range Test 결과 6개(A~F) 단계로 분류되었고, 후보돈(27.83^A), 모돈(23.75^B), 150일령(16.53^C), 130일령(11.87^D), 100일령(9.46^{DE}), 20일령(9.17^{DE}), 70일령(6.56^{EF}), 40일령(3.73^F) 순으로 나타났다($P < 0.001$, Fig. 1). 2001~2004년 국내 양돈장의 살모넬라 항체 양성률은 포유자돈(22일령 미만) 23.7%, 이유자돈(22~70일령) 16.7%, 육성돈(71~119일령)

37.5%, 비육돈(120일령 이상) 37.5%, 후보돈 48%, 모돈 69.3%로 이유자돈에서 가장 낮은 수치를 보인 이후 점차 증가하여 후보돈과 모돈에서 가장 높은 양성률을 나타내었다(Kim 등, 2010). 또한, 2005년 국내 양돈장 분변에서 살모넬라균 분리율은 평균 17.9%였으며 30일, 60일, 90일, 120일령에 각각 17.61%, 16.98%, 15.72%, 21.25%로 120일령에 상대적으로 높은 유병률이 확인되었다(Kim 등, 2007). 이번 조사에서도 Kim 등(2010)의 연구 결과와 마찬가지로 후보돈과 모돈에 가장 높은 항체 양성률을 보였고, 자돈에서는 일령 증가와 함께 항체 수준이 높아지는 양상을 보였다. 특히 130일령~150일령의 항체 양성률 증가 폭이 가장 커서 130일령 전후를 감염 확산시기로 판단할 수 있었으며, Kim 등(2007)의 조사에서도 120일령에 가장 높은 살모넬라균 분리율이 보고된바 있어 앞으로 국내 양돈장의 120일령~130일령의 감염인자에 대한 추가조사와 지속적인 항체 모니터링이 필요할 것으로 보인다.

Kim 등(2010)은 살모넬라 양성률이 계절에 따른 차이를 보인다고 하였는데 겨울철에 62.8%로 가장 높았으며, 여름철에는 17.9%로 가장 낮았다. 하지만 이번 연구에서는 계절적 차이를 보이지 않았으며 기간별 평균 OD%값은 2012년 상반기 10.29 (n=679), 2012년 하반기 11.55 (n=849), 2013년 상반기 14.44 (n=837), 2013년 하반기 20.36 (n=636)으로 지속적인 증가 추세를 보이고 있다. 특히 감염률이 가장 높은 모돈과 후보돈을 대상으로 연도별 OD%값 평균이 증가한 농가는 2012년 검사 내역이 없는 2개 농가(E, F)를 제외한 15개 농가 중 9개 농가(B, G, H, J, K, L, M, N, P)로 확인된다(Table 6). 이는 2011년 7월부터 시행된 항생제 사료첨가 전면 금지와 긴밀한 관련이

Table 6. The half-yearly mean OD% values for serum samples against sow and gilt on 17 farms (2012~2013)

Farm	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	OD%
2012 (1H)		17.4	25.8	30.4			26.0	16.2	27.2		22.2	21.4	8.7		20.7	4.2	12.4	19.4
2012 (2H)	8.9	13.0	19.4	31.1			9.3	15.7	12.6	21.2	15.2	28.0	18.9	20.1	7.4	33.3	5.5	17.3
2013 (1H)	0.0	24.6	19.4	28.2	19.0	37.3	64.5	42.6	6.7	34.9	24.8	22.1	15.9	57.3	0.1	28.5	0.4	25.1
2013 (2H)		28.5	27.3	41.1	41.3		41.7	36.2	20.1	54.8	40.4	35.6	20.0	25.8	21.3	120.7	35.5	39.4
Average	4.5	20.9	23.0	32.7	30.1	37.3	35.4	27.7	16.7	37.0	25.6	26.8	15.9	34.4	12.4	46.7	13.4	25.3

있는 것으로 보이며, 앞으로도 국내 양돈장에서 살모넬라 감염으로 인한 피해가 늘어날 것으로 예상된다. 따라서 향후 국가 차원의 지속적인 질병 모니터링과 함께 백신 도입과 같은 보다 적극적인 방역대책이 시급하다고 생각된다.

농장별 살모넬라균 분리율(도축장)과 항체 양성률(양돈장)과의 상관관계를 분석하기 위해 검사기간이 가장 근접한 2013년 하반기 혈청검사 결과와 균 분리율의 상관분석을 실시한 결과 100일령 0.61**, 130일령 0.45*로 양의 상관관계가 나타났고(Table 5), 2013년 상반기 이전의 검사결과는 연관성을 보이지 않았다(Data not shown). Bahnson 등(2005)은 미국 중서부 30개 농장을 대상으로 도축출하 40시간 이내의 돼지 분변(11.7%)과 도축장에서 채취된 회맹림프절(14.9%)의 균 분리율이 서로 연관성이 있는 것으로 보고하였다. 또한, Rostagno 등(2006)은 칠면조의 경우 6개 농장 중 살모넬라 감염률이 높은 두 개 농장은(각각 36.7%와 66.7%) 도축장에서도 다른 농장들에 비해 높은 균 분리율(각각 33.3%와 37.9%)을 나타내었다고 하였다. 이번 조사에서 도축장에 출하된 100일, 130일령의 항체 양성률과 균 분리율이 서로 연관성이 있는 것으로 나타났지만 그 이외의 일령에서는 출하 시기가 균 분리 시점과 일치하지 않아 연관성을 보이지 않았다. 이는 농장의 전체 일령에 대한 검사를 통해 도축장 균 분리율을 추정하기보다 출하 시기와 일치하는 일령으로 조사하여 도축장 오염도를 예측하는 것이 보다 효율적일 것으로 판단되며, 농장의 살모넬라 근절을 위해서는 일령별로 지속적인 모니터링을 통해 관리 하는 것이 중요한 방안이 될 것이다.

이번 연구에서 분리된 살모넬라 53주에 대한 항생제 감수성 검사 결과 동일한 패턴을 보이는 균주를 제외한 15주 모두 amoxicillin/clavulanic acid, cefepime, ciprofloxacin에 감수성이 있었다. 반면 streptomycin과 tetracycline이 60% (9주), ampicillin 53.3% (8주), chloramphenicol 33.3% (5주)의 내성률을 보였다. 2010년 이후 국내 돼지에서 분리된 살모넬라균에 감수성이

높은 항생제는 norfloxacin, ciprofloxacin, nitrofurantoin, ampicillin 등이 있으며, 내성이 높은 항생제는 erythromycin, penicillin, tetracycline, lincomycin 등이 보고되어 있다(Jung 등, 2011; Hah 등, 2011; Kim 등, 2011). 특히 tetracycline은 이번 연구결과를 포함하여 국내뿐만 아니라 미국에서도 가장 높은 내성률 78.6% (459/584)을 나타내는 것으로 보고되고 있다(APHIS, 2009). 2012년 국내 축산용 항생제 판매량 중 tetracycline계열의 oxytetracycline이 약 188톤으로 가장 높은 비중을 차지하였으며(농림축산식품부, 2013), 이는 10년 넘게 유지되고 있는 실정이다. 항생제 내성 패턴은 0~7종에 이르기까지 다양하였으며, 2종 이상의 항생제에 내성을 갖는 균주는 66.6% (10/15)로 나타났다. 다재내성 패턴으로는 ampicillin, tetracycline (2종), ampicillin, neomycin, streptomycin, tetracycline, chloramphenicol (5종)이 각각 2주씩 확인 되었다.

결론

경기도내 17개 양돈장에서 출하된 도축돈 665두를 검사한 결과 8.0% (53두)의 균 분리율을 보였으며, 분리균주를 동정한 결과 *S. Typhimurium*이 52.8% (28/53)를 차지하여 가장 우세한 혈청형으로 확인되었다. 이들 양돈장의 3,001두에 대한 사육단계별 살모넬라 항체 ELISA 검사 결과 평균 OD%값의 일령별 분산분석 결과 후보돈(27.83^A), 모돈(23.75^B), 150일령(16.53^C), 130일령(11.87^D), 100일령(9.46^{DE}), 20일령(9.17^{DE}), 70일령(6.56^{EF}), 40일령(3.73^F)의 6개(A~F) 단계로 분류되었으며, 농장별로 검사기간이 가장 근접한 2013년 하반기 항체 양성률과 도축장 균 분리율의 상관분석을 실시한 결과 100일령(0.61**)과 130일령(0.45*)에 양의 상관관계가 확인되었다. 도축장에서 분리된 15개 균주에 대한 항생제 내성을 조사한 결과 모든 균주에서 amoxicillin/clavulanic acid, cefepime, ci-

profloxacin에 감수성이 있어 양돈장의 치료제 선택에 도움이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 국립수의과학검역원. 2008. 동물질병 표준검사법. 국립수의과학검역원 예규 제 65호.
- 농림축산식품부. 2013. 2012년도 축산 항생제내성균 감시체계 구축 보고서
- APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service). 2009. *Salmonella* on U.S. swine sites-prevalence and antimicrobial susceptibility.
- Bahnson PB, Kim JY, Weigel RM, Miller GY, Troutt HF. 2005. Associations between on-farm and slaughter plant detection of *Salmonella* in market-weight pigs. *J Food Prot* 68: 246-250.
- Choi WZ, Jung JH, Won HK, Kang ZW, Hahn TW. 2008. Serotypes and genotypes of *Salmonella* isolates from slaughtered pigs. *Kor J Vet Serv* 31: 1-16.
- CLSI. Clinical and Laboratory Standards Institute. 2014. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; Twenty-fourth informational supplement. M100-S24. Wayne, Pa, USA.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2006. Risk assesment and mitigation options of *Salmonella* in pig production. *EFSA Journal* 4: 1-131.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2008. Report of the Task Force on Zoonoses Data Collection on the analysis of the baseline survey on the prevalence of *Salmonella* in slaughter pigs, Part A, *EFSA Journal* 135: 1-111.
- Futagawa-Saito K, Hiratsuka S, Kamibeppu M, Hirosawa 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.
- Hurd HS, McKean JD, Griffith RW, Wesley IV, Rostagno MH. 2002. *Salmonella enterica* infections in market swine with and without transport and holding. *Appl Environ Microbiol* 68: 2376-2381.
- Hah DY, Ji DH, Jo SR, Park AR, Jung EH, Pakr DY, Lee KC, Yang JW, Kim JS, Kim HJ, Jung JH, Song IH, Kim AR, Lee JY, Kim YH. 2011. Prevalence of the antimicrobial resistance and resistance associated gene in *Salmonella* spp. isolated from pigs and cattle in slaughterhouse. *Korean J Vet Serv* 34: 45-54.
- Jung HK, Lee SS, Kim CY, Sunwoo SY, Lyoo YS. 2011. Serovars distribution and antimicrobial resistance patterns of *Salmonella* spp. isolated from the swine farms and slaughter houses. *Korean J Vet Res* 51: 123-128.
- Kim JY, Bahnson PB, Troutt HF, Isaacson RE, Weigel RM and Miller GY. 1999. *Salmonella* prevalence in market weight pigs before and after shipment to slaughter ISECSP: Production Epidemiology 139.
- Kim EM, Kim HK, Park SJ, Lee CS, Luo Y, Moon HJ, Yang JS, Park BK. 2007. Prevalence and antimicrobial resistance patterns of *Salmonella* spp. Isolated from different aged pigs in Korea. *Korean J Vet Res* 47: 395-398.
- Kim YH, Kwon IK, Han JH. 2010. Seroprevalence of swine salmonellosis in Korean swine herds. *J Food Sci Ani Resour* 30: 62-65.
- Kim SR, Nam HM, Jang GC, Kim A, Kang MS, Chae MH, Jung SC, Kang D, Kim J, Korean Veterinary Antimicrobial Resistance Monitoring Group, Lim SK. 2011a. Antimicrobial resistance in *Salmonella* isolates from food animals and raw meats in Korea during 2010. *Kor J Vet Publ Hlth* 35: 246-254.
- Kim HB, Baek H, Lee SJ, Jang YH, Jung SC, Kim A, Choe NH. 2011b. Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* isolated from pigs at slaughterhouses in Korea. *African J Microbiol Res* 5: 823-830.
- Larsen ST, McKean JD, Hurd HS, Rostagno MH, Griffith RW, Wesley IV. 2003. Impact of commercial preharvest transportation and holding on the prevalence of *Salmonella enterica* in cull sows. *J Food Prot* 66: 1134-1138.
- Lee WW, Jung BY, Kim HT, Chung KT, Lee GR, Kim KH, Lee DS, Kim YH. 2003. Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* isolated from Korean slaughter pigs. *Korean J Vet Serv* 26: 313-321.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food) on behalf of the Agricultural Departments of England and Scotland. 2000. Code of practice for the prevention and control of *Salmonella* on pig farms.
- Nielsen B, Alban L, Stege H, Sorensen LL, Mogelmose V, Bagger J, Dahl J, Baggesen DL. 2001. A new *Salmonella* surveillance and control programme in Danish pig herds and slaughterhouses. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 114: 323-326.
- Raul CM, Nemat A, Manuel C, and Kris R. 2008. Survey on *Salmonella* prevalence in slaughter pigs from Saskatchewan. *Can Vet J*. Aug 49: 793-796.
- Rostagno MH, Wesley IV, Trampel DW, Hurd HS. 2006. *Salmonella* prevalence in market-age turkeys on-farm and at slaughter. *Poult Sci* 85: 1838-1842.
- Steinbach G, Kroell U. 1999. *Salmonella* infections in swine herds-epidemiology and importance for human diseases. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 106: 282-8.
- Steven AC, Alison EB, Ronald WG. 2012. Salmonellosis. pp. 821-833. In: Jeffrey J. Zimmerman, Locke A, Karriker, Alejandro Ramirez, Kent J. Schwartz, Gregory W. Stevenson(ed.). Disease of Swine. 10th ed. A John Wiley & Sons. Ames, Iowa, USA.