

도축장 출하 직장협착 돼지에서 분리된 살모넬라균 혈청형 및 항생제 감수성

김지연* · 곽진주 · 서두리 · 이재기 · 임대웅 · 김하나 · 박지영 · 최종욱 · 윤병철

광주광역시보건환경연구원

Serotyping and antibiotic susceptibility of *Salmonella* species from pigs with rectal stricture found in slaughterhouses

Jiyeon Kim*, Jinju Gwak, Doori Seo, Jaegi Lee, Daewoong Lim, Hana Kim, Jiyeong Park, Jongwoog Choi, Byeongcheol Yoon

Health and Environment Research Institute of Gwangju, Gwangju 61954, Korea

From November 2021 to October 2022, 151 pigs were discarded due to the suspected salmonellosis, when assessed by antemortem inspection at slaughterhouses in Gwangju. Among them, 85 cases shown with the rectal stricture were confirmed to be infected with *Salmonella* spp, when assessed by postmortem inspection and *Salmonella*-oriented culture in the laboratory, accounting for 56.3% of the carcass discard cases. *Salmonella* spp. were isolated in 58 cases (68.2%) out of 85 total discard cases. As for serotyping of the *Salmonella* isolates, 28 cases (48.3%) belonged to serogroup B and 28 cases (48.3%) belonged to serogroup C, those were the most frequent isolates, and 2 cases (3.4%) belonged to serogroup E. The most prevalent serotype was Rissen (39.7%), followed by I4,[5],12:i:- (37.9%), Derby (8.6%), Bareilly (5.2%), Infantis (3.4%), Give (3.4%), and Typhimurium (1.7%). The 58 isolates of salmonellae showed resistance to tetracycline (63.8%), chloramphenicol (56.9%), ampicillin (53.4%), and ampicillin-sulbactam (51.7%). *S. Rissen* showed resistance to chloramphenicol (82.6%), ampicillin (52.2%), ampicillin-sulbactam (52.2%), and tetracycline (47.8%). *S. I4,[5],12:i:-* was resistant to tetracycline (90.9%), ampicillin (81.8%), ampicillin-sulbactam (77.3%), and chloramphenicol (59.1%). Among the isoates, *S. Bareilly* (3 strains), *S. Infantis* (2 strains), *S. Give* (2 strains), *S. Rissen* (3 strains), and *S. I4,[5],12:i:-* (1 strain) showed no resistance to the tested antimicrobials. As for the prevalence of the antibiotic resistance pattern, AM-SAM-TE-C was the most common, which was shown in 15.5% of *S. Rissen*. At second, the resistance pattern was occurred as AM-SAM-TE (12.1%) and AM-SAM-CF-CZ-FOX-CTX-NA-TE-C (12.1%), respectively in the case of *S. I4,[5],12:i:-*.

Received April 30, 2023

Revised June 12, 2023

Accepted June 13, 2023

Corresponding author:

Jiyeon Kim

E-mail: kj3003@korea.kr

https://orcid.org/0000-0002-1466-0662

Key Words: Pig rectal stricture, *Salmonella* spp., Serotype, Antibiotic susceptibility

서론

「축산물위생관리법 시행규칙」 별표3 도축하는 가축 및 그 식육의 검사기준 및 「농식품부 고시 도축하는 가축 및 그 식육의 세부검사기준」 별표2 해체검사 세부기준을 보면 소는 직장협착인 경우 장을 폐기 하도록 되어 있으며, 돼지는 직장협착인 경

우 살모넬라 감염이 의심될 때에는 식육을 전체 폐기하도록 되어 있다. 소는 살모넬라 감염보다는 직장탈 등 기계적인 원인에 의한 직장협착이 대부분이지만 돼지 직장협착은 첫 번째 원인이 살모넬라 감염으로 인한 궤양성 직장염의 속발이고 두 번째 원인이 지속적인 직장탈이 일어나 직장협착을 유발하는 경우인데 전자가 주 원인으로 알려져 있어(Brown 등 2007; McGavin과

Zachary, 2012; 농림축산검역본부, 2015) 돼지에서는 살모넬라 감염이 의심되는 직장협착인 경우 식중독을 일으킬 수 있는 살모넬라증과 같이 전체폐기하도록 하고 있다.

살모넬라 균은 그람음성 통성 혐기성 세균으로 세포내 기생하며 식중독의 원인체로 위장염과 패혈증을 일으키는 대표적인 인수공통 병원체이다(Mead 등, 1999). 살모넬라균은 *Salmonella enterica* (*S. enterica*)와 *Salmonella bongori* (*S. bongori*) 두 종으로 나뉘며, 이 중에 *S. enterica*는 생화학적 특성에 따라 다시 6종류의 아종(subspecies)으로 분류된다. 또한 균체항원(O-antigen)과 두 종류의 편모항원(H-antigen)의 조합에 의해 2,500여종의 혈청형으로 분류된다(Grimont 등, 2007). 돼지의 살모넬라 감염증은 돼지에 대한 직접적인 질병 피해는 물론 돼지에 감염되는 다양한 혈청형의 살모넬라균이 돈육가공품을 오염시켜 사람의 식중독을 유발할 수 있기 때문에 공중보건학적으로도 매우 중요하다. 살모넬라균은 다른 세균에 비하여 포유자돈에서부터 비육돈에 걸쳐 거의 전 연령대에 감염될 수 있기 때문에 돼지 농장에 큰 피해를 주고 있는 상황이다(Griffith 등 2006). 일반적으로 돼지 살모넬라의 증상은 살모넬라 콜레라수이스(*S. choleraesuis*)와 살모넬라 티피뮤리움(*S. typhimurium*)으로 구분할 수 있으며 살모넬라 콜레라수이스의 경우에는 급성 패혈증으로 5개월령 이하에서 종종 관찰된다. 장염을 일으키는 살모넬라 티피뮤리움은 노란색의 수양성 설사가 가장 먼저 보이며 발열과 식욕 부진, 탈수 증상이 나타나고 위축되는 돼지들이 증가하기 시작한다. 때때로 직장이 협착되는 경우가 있는데 살모넬라 티피뮤리움에 의한 궤양성 직장염의 치유 반응으로 인하여 협착이 될 수 있다. 육안 병변은 공장, 맹장, 결장의 궤양을 형성할 수 있으며 영향을 받은 부분은 장벽이 비후되거나 장점막이 붉게 충혈되어 있는 모습과 함께 노란색의 점액질로 덮혀져 있는 궤양 소견을 관찰할 수 있다(Kim 등, 2014).

돼지 살모넬라는 주로 분변-경구 경로를 통하여 감염 전파되어 편도, 장관 및 장관의 림프 조직에 균이 잠복하여 있다가, 평상시에는 균이 배설되지 않으나 스트레스가 가해질 경우 균을 재배설하기도 한다. 따라서 보균 돼지는 다른 동물이나 사람에게 영구적인 감염원으로 작용하게 된다. 특히 도축을 위하여 도축장으로 수송하는 과정이나 계류장에 계류하는 동안의 스트레스에 의해 잠복감염되어 있던 돼지가 균을 분변으로 재배설하게 되고, 이러한 분변에 오염된 도체가 도축 과정 중에 포함될 경우 해당 도체는 물론 이후의 모든 도체에 살모넬라균을 오염시킬 수 있다(Wegener 등, 2003). 이렇게 살모넬라에 오염된 돼지는 사람에게 식중독 등 살모넬라 감염을 유발할 수 있다.

살모넬라가 의심성 직장협착인 경우 실험실 확진 검사 시 3일

이상이 소요되어 즉시 처리되어야 하는 도축검사에서는 정상 돼지에 비해 위축되어 있고 육안소견은 복부가 심하게 팽창하고 해체검사 시 장에는 연한 분변이 차 있고 직장 내강이 매우 좁으며 궤양 부위가 보이기도 하며 직장과 맹장을 포함한 대장 전체가 광범위하게 팽창되어 있으면 전체폐기 처분하고 있다. 광주지역 도축장 2개소에서 2019년부터 2022년 10월까지 3년간 466마리의 돼지를 전체 폐기(불합격률 0.03%)시켰으며 전체 폐기 중 살모넬라 의심성 직장 협착 폐기는 228건으로 전체 폐기의 48.9%를 차지하고 있다(광주보건환경연구원 도축검사 실적, 2019~2022). 이에 따라 2021년 11월부터 2022년 10월까지 관내 도축장에 출하되는 돼지에서 직장협착으로 폐기되는 돼지의 비율을 조사하는 한편, 직장협착에서 살모넬라 검출률을 조사하여 농가에 살모넬라 감염예방의 중요성 인지도가 돼지 사양 관리에 도움이 되고자 하며 또한 분리된 살모넬라의 혈청형과 항생제 감수성 검사를 통해 공중보건학적 위생관리에 도움이 되고자 한다.

재료 및 방법

공시재료

2021년 11월부터 2022년 10월까지 광주지역 도축장 2개소 출하된 돼지 중 살모넬라 의심성 직장협착으로 폐기된 돼지의 협착 부위를 대상으로 하였다.

검사항목

살모넬라균 분리 검사 및 분리된 살모넬라균의 혈청형 검사와 항생제 감수성 검사를 실시하였다.

균분리 및 배양

직장협착 부위 약 100 g을 펩톤식염완충액(Oxoid, UK) 1,000 mL에 첨가하여 36℃ 24시간동안 1차 증균배양 후, Tetrathionate broth (Oxoid, UK) 와 Rappaport-Vassiliadis broth (Oxoid, UK)를 통해 각각 36℃와 42℃에서 24시간 2차 증균배양 하였다. 그 다음, Xylose Lysine Deoxycholate agar (Oxoid, UK), Xylose-Lysine-Tergitol 4 agar (Oxoid, UK)에 도말하여 36℃, 24시간 동안 분리배양 하였다. 전형적인 무색투명한 집락 또는 흑색 집락을 선별하여 Triple Sugar Iron agar (Oxoid, UK)에 천자하여 37℃, 20시간 후 성장을 확인 한

후 의 VITEK 2 Compact (BioMerieux, France) 및 MALDI-TOF (Bruker, Germany)로 동정하였다.

혈청형 검사

생화학적 동정에 의해 살모넬라로 확인된 균주에 대해서 살모넬라 진단용 항혈청을 이용하여 혈청형을 동정하였다. O군, Vi 항혈청은 국립보건원에서 공급받은 것을 사용하였으며 기타 살모넬라 항혈청은 Difco (USA) 및 Denka Seiken (Japan)사의 살모넬라 검사용 항혈청을 사용하였다.

O항원 혈청형 분석을 위하여 균액을 항혈청을 떨어뜨려 혼합한 후 30초 이내에 응집을 일으키는 혈청형을 O혈청형으로 동정하였다. H항원 결정시험은 Motility GI (10 mL)에 천자 접종하여 37℃에서 16~18시간 배양한 후 배지의 윗 부분을 루프를 이용하여 버리고 아래로 자라 내려간 살모넬라균의 덩어리 일부를 Veal Infusion Broth (Difco, USA) 에 접종하여 37℃에서 6~8시간 배양하여 0.6% formalin saline 동량을 배양액에 넣어 30분 동안 반응하여 균을 고정시키고 50℃ 항온수조에서 1~2시간 정치 반응한 후 응집 여부를 확인해서 phase 1을 결정했다. phase 2 항원의 결정 시험은 이미 만들어 둔 Motility GI 배지를 끓는 물에 증탕하여 gel 상태로 만든 후, 45~50℃로 식히고 phase 1에서 먼저 확인된 항원의 항혈청 농축액 10 μL를 GI 배지 tube 사면에 떨어뜨리고, 잘 교반하여 고르게 섞어 균인 후 실험 균주를 접종하여 37℃에서 18시간 정도 배양한 후 배지 윗부분을 털어내고, phase 1 항원 결정 시험과 동일하게 수행하였다. Kauffmann White scheme에 의한 O 항원형, H 항원 phase 1 및 phase 2 항원형에 따라 살모넬라의 혈청형을 최종 확인했다.

항생제 감수성 검사

항생제에 대한 감수성은 식품의약품안전처에서 발간된 항생제 내성균 검사 표준 시험법 중 미생물자동화기기를 이용한 감수성 검사법(최소억제농도, minimum inhibitory cocentration, MIC test)에 따라 실시하였다(식품의약품안전처, 2010).

시험에 사용된 기기는 BioMerieux사(France)의 VitekII이며, 항생제 키트는 bioMerieux의 AST-N169를 사용하였고, 2021년 임상검사실표준기구(clinical and laboratory standard institute, CLSI) 기준에 따랐다. 시험방법은 Tryptic soy agar (Difco, USA)에 접종하여 37℃에서 24시간씩 2회 계대하여 순수 분리되었음을 확인한 후 BioMerieux사에서 제공한 AST-N169 사용법에 따라 3 mL의 saline에 균액을 희석하여 0.6McF로 만들고 이 균액 145 μL를 취해 3 mL saline에 주입하고 잘 섞은 후 키트에 주입하여 검사를 실시하였다. 본 검사에서는 총 17종의 항생제에 대해 분석이 이루어졌다.

결 과

돼지 살모넬라 의심성 직장협착 건수

2021년 11월 부터 2022년 10월 까지 광주지역 내 도축장 2 개소에서 질병의심 및 과탕지 등으로 전체 폐기한 돼지는 151 두 였다. 그 중 살모넬라에 감염이 의심되는 직장협착으로 폐기한 건수는 85건으로 전체폐기 건수의 56.3%에 달해 돼지 폐기의 주원인이 직장협착 임을 알 수 있었다(Table 1). 직장협착으로 폐기된 85건 중 68.2% (n=58)에서 살모넬라가 분리되어 되어 직장협착의 주된 원인이 살모넬라 감염임이 확인되었다 (Table 2).

돼지에서 직장협착 및 살모넬라 분리율을 보면 추위지는 11월부터 이듬해 3월까지 직장협착(69.4%)이 많았을 뿐 아니라 살모넬라의 분리율(67.2%)도 높았고 날씨가 더워지는 4월부터는 직장협착 및 살모넬라 분리율이 감소함을 보였다. 살모넬라에 감염된 돼지의 중량은 50 kg 미만 5.2% (n=1), 50 kg 이상 60 kg 미만 0.3% (n=6), 60 kg 이상 70 kg 미만 17.2% (n=10), 70 kg 이상 80 kg 미만 36.2% (n=21), 80 kg 이상 90 kg 미만 32.8% (n=19), 90 kg 이상 100 kg 미만 1.7% (n=1)로 65.5% (n=38)의 돼지가 80 kg 미만으로 조사되었다(Table 3).

Table 1. Number of discards due to rectal strictures per month

	Total	21.11	21.12	22.01	22.02	22.03	22.04	22.05	22.06	22.07	22.08	22.09	22.10
No. of discard	151	26	21	14	8	18	17	11	14	7	5	5	5
No. of rectal stricture (%)	85 (56.3)	17 (65.3)	10 (47.6)	10 (71.4)	7 (87.5)	15 (83.3)	6 (35.3)	6 (54.5)	4 (28.6)	3 (42.9)	1 (20.0)	2 (40.0)	4 (80.0)

Table 2. Number of *Salmonella* infections in pigs with rectal strictures per month

	Total	21.11	21.12	22.01	22.02	22.03	22.04	22.05	22.06	22.07	22.08	22.09	22.10
No. of rectal stricture	85	17	10	10	7	15	6	6	4	3	1	2	4
No. of <i>Salmonella</i> infection (%)	58 (68.2)	12 (70.5)	7 (70.0)	7 (70.0)	6 (85.7)	7 (46.7)	6 (100.0)	2 (33.3)	1 (25.0)	1 (33.3)	- (0.0)	1 (50.0)	2 (50.0)

Table 3. Number of *Salmonella*-infected pigs by weight range

Range of weigh (kg)	No. of samples (%)
<50	1 (5.2)
50≤~<60	6 (10.3)
60≤~<70	10 (17.2)
70≤~<80	21 (36.2)
80≤~<90	19 (32.8)
90≤~<100	1 (1.7)
Total	58 (100.0)

살모넬라 혈청형

분리된 살모넬라균의 혈청형은 Table 4와 같다.

살모넬라로 분리된 58주를 대상으로 혈청형 검사를 한 결과 살모넬라 혈청군은 B군이 48.3% (n=28), C군이 48.3% (n=28)로 동일하게 나타났으며, E군은 3.4% (n=2)였다. 분리된 살모넬라의 주요 혈청형은 C군에서 *S. Rissen*이 39.7% (n=23)으로 가장 많았고 그 다음으로 B군에서 *S. I4,[5],12:i:-*이 37.9% (n=22)를 차지했다. 이 두 혈청형이 직장협착에서 가장 많이 분리된 혈청형이고 나머지는 B군 *S. Derby* 8.6% (n=5), *S. Thyphimurium* 1.7% (n=1)이며 C군 *S. Bareilly* 5.2% (n=3), *S. Infantis* 3.4% (n=2), E군 *S. Give* 3.4% (n=2)가 분리되었다.

항생제 감수성

분리된 살모넬라균의 항생제 내성은 Table 5와 같다. 전체 살모넬라균의 내성률은 tetracycline 63.8% (n=37), chloramphenicol 56.9% (n=33), ampicillin 53.4% (n=31), ampicillin-sulbactam 51.7% (n=30), cephalotin 17.2% (n=10), cefazolin 17.2% (n=10), cefotaxim 15.5% (n=9), ceftriaxone 15.5% (n=9), nalidixic acid 15.5% (n=9), trimethoprim-sulfamethoxazole 6.9% (n=4)였고, cefotetan, imipenem, amikacin, gentamycin, ciprofloxacin에는 내성인 균주가 검출되지 않았다. 혈청형별로 항생제 내성에 차이를 보였는데, *S. Rissen* (n=23)의 경우 chloramphenicol에서 82.6% (n=19)

로 가장 높은 내성률을 보였으며 두 번째로 ampicillin에서 52.2% (n=12), ampicillin-sulbactam에서 52.2% (n=12)에서 내성률을 보였으며 그 다음으로 tetracycline에서 47.8% (n=11)의 높은 내성률을 보였다. *S. I4,[5],12:i:-*는 tetracycline 90.9% (n=20), ampicillin 81.8% (n=18), ampicillin-sulbactam 77.3% (n=17), chloramphenicol에 59.1% (n=13) 순으로 내성을 보였다. *S. Typhimurium* (n=1)은 *S. I4,[5],12:i:-*와 유사하게 ampicillin, amoxicillin-clavulanic acid, ampicillin-sulbactam, cephalothin, cefazolin, cefoxitin, nalidixic acid, tetracycline, chloramphenicol, trimethoprim-sulfamethoxazole에서 내성을 보였다. *S. Derby*의 경우 5주 중 5주에서 모두에서 tetracycline에서만 내성을 보이고 다른 항생제에서는 내성을 보이지 않았다. 그리고 나머지 *S. Bareilly* 3주, *S. Infantis* 2주, *S. Give* 2주, *S. Rissen* 3주와 *S. I4,[5],12:i:-*에서 1주는 내성을 보이지 않았다.

항생제 다제내성

총 58주의 살모넬라 중 31주 (53.4%)가 ampicillin과 ampicillin-sulbactam에 동시에 내성을 보였고 이중 1주를 제외한 30주는 tetracycline에도 내성을 보이는 다제내성균이었다. 혈청형별로 3가지 이상 항생제에 내성률을 보이는 다제내성률을 비교해 보았을 때 *S. Thyphimurium*은 100.0% (n=1), *S. I4,[5],12:i:-*은 81.8% (n=18), *S. Rissen*은 52.2% (n=12)로 나타났다. *S. I4,[5],12:i:-* 22주 중 8주는 cephalosporin 계의 항생제 중 cefalotin, cefazolin, cefotaxime, ceftriaxone와 ampicillin, ampicillin-sulbactam, tetracycline, nalidixic acid, chloramphenicol에 다제내성을 보였다. 58주의 살모넬라 중 19.0% (n=11)는 검사한 17종의 항생제에 100% 감수성을 보였다. 다제내성 유형은 2제에서 10제까지로 다양했고 또한 2제 이상 다제내성률은 58.6% (n=34), 5제 이상의 다제내성률도 22.4% (n=13)였다. *S. Rissen*은 1제, 3제, 4제, 5제의 4가지 내성 유형을 보였고 *S. Rissen*에서 가장 많은 유형은 4제 내

Table 4. Serogroup and serotype distribution of *Salmonella* isolates

Serogroup B		Serogroup C		Serogroup E	
Serotype	No. (%)	Serotype	No. (%)	Serotype	No. (%)
I4,[5],12:i:-	22 (37.9)	Rissen	23 (39.7)	Give	2 (3.4)
Derby	5 (8.6)	Bareilly	3 (5.2)		
Thyphimurium	1 (1.7)	Infantis	2 (3.4)		

Table 5. Antibiotic resistance rate by *Salmonella* serotype

Antibiotic agents		Salmonella serotype							
Classification	Names	Rissen	I4,[5],12:i:-	Derby	Bareilly	Infantis	Give	Thyphimurium	Total
		No. (%)	No. (%)	No. (%)	No. (%)	No. (%)	No. (%)	No. (%)	No. (%)
β-lactams	AMP	12 (52.2)	18 (81.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	31 (53.4)
	AMC	2 (8.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	3 (5.2)
	SAM	12 (52.8)	17 (77.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	30 (51.7)
Cephalosporins	CF	0 (0.0)	9 (40.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	10 (17.2)
	CZ	0 (0.0)	9 (40.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	10 (17.2)
	CTT	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	FOX	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	1 (1.7)
	CTX	0 (0.0)	9 (40.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (15.5)
	CRO	0 (0.0)	9 (40.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (15.5)
	IPM	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Cabapenems	AN	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	GM	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Quinolones	NA	0 (0.0)	8 (36.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	9 (15.5)
	CIP	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Tetracycline	TE	11 (47.8)	20 (90.9)	5 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	37 (63.8)
Phenicol	C	19 (82.6)	13 (59.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	33 (59.9)
Sulfa-Drug	SXT	1 (4.3)	2 (9.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	4 (6.9)
		n=23	n=22	n=5	n=3	n=2	n=2	n=1	n=58

AMP, ampicillin; AMC, amoxicillin-clavulanic acid; SAM, ampicillin-sulbactam; CF, cefalotin; CZ, cefazolin; CTT, cefatetan; FOX, cefoxitin; CTX, cefotaxime; CRO, ceftriaxone; IPM, imipenem; AN, amikacin; GM, gentamicin; NA, nalidixic acid; CIP, ciprofloxacin; TE, tetracycline; C, chloramphenicol; STX, trimethoprim-sulfamethoxazole.

성(AM-SAM-TE-C)으로 39.1% (n=9)였다. 이 유형은 전체 살모넬라 58주 중에서도 가장 많은 유형이다. 3제 이상 내성률은 52.2% (n=12)였으며, 5제 이상 내성률은 8.7% (n=2)였다(Table 6). *S.* I4,[5],12:i:-에서 많이 나타난 유형은 3제 내성 (AM-SAM-TE) 12.1% (n=7)와 9제 내성 (AM-SAM-CF-CZ-FOX-CTX-NA-TE-C) 12.1% (n=7)이었다(Table 7). *S.* I4,[5],12:i:-는 2제에서 9제까지 8가지 유형을 나타내어 다른 혈청형보다 다양하였고, 특히 분리된 22주에서 1주를 제외한 95.5%에서 2제 이상 내성률을 나타내어 혈청형 중 가장 높은 내성률을 나타냈다. 1주만 분리된 *S.* Thyphimurium은 AM-SAM-CF-CZ-CFX-FOX-NA-TE-C-STX에 내성을 갖는 10제 다제내성균이었다(Table 8).

Table 6. *S.* Rissen simultaneously resistance ratio which follows in antibiotics

Multiplicity of resistance	Pattern	Total (%)
0	All susceptible	3 (13.0)
1	C	8 (34.8)
3	AM-SAM-SXT	1 (4.4)
4	AM-SAM-TE-C	9 (39.1)
5	AM-AMC-SAM-TE-C	2 (8.7)
Total		23 (100.0)

Table 7. *S. I4,[5],12:i:-* simultaneously resistance ratio which follows in antibiotics

Multiplicity of resistance	Pattern	Total (%)
0	All susceptible	1 (4.5)
2	AM-SAM	1 (4.5)
	TE-C	2 (9.2)
3	AM-SAM-TE	7 (31.9)
	TE-C-SXT	1 (4.5)
5	AM-SAM-TE-C-SXT	1 (4.5)
8	AM-SAM-CF-CZ-FOX-CTX-TE-C	1 (4.5)
	AM-CF-CZ-FOX-CTX-NA-TE-C	1 (4.5)
9	AM-SAM-CF-CZ-FOX-CTX-NA-TE-C	7 (31.9)
Total		22 (100.0)

Table 8. *S. Typhimurium* simultaneously resistance ratio which follows in antibiotics

Multiplicity of resistance	Pattern	Total (%)
10	AM-AMC-SAM-CF-CZ-CFX-FOX-NA-TE-C	1
Total		1 (100.0)

고찰

살모넬라의 감염상황을 파악하기 위해 분변 시료로 부터 원 인균을 분리하는 세균학적 방법을 표준진단법으로 이용해왔다 (Henrik 등, 2003). 그러나 분변 배양법은 분변으로 세균을 배 설하지 않거나 간헐적으로 배설하는 잠복감염 동물을 진단할 수 없기 때문에 한계가 있었다. 이번 연구에서는 장관 및 장관의 림 프조직에서 세포 내에 기생하는 살모넬라의 검출률을 높이기 위 해 살모넬라에 감염되어 협착이 된 부위 전체를 증균배지에 넣 어 배양하는 방법을 이용하였다. 미국에서도 도축 출하돼지의 분변과 회맹림프절의 균분리 중 림프절에서 균 분리율이 높았음 을 보고하였다(Bahnson 등, 2005).

2021년 11월부터 2022년 10월까지 광주지역 도축장 2개소 에서 돼지 전체 폐기 151건 중 살모넬라 의심성 직장협착으로 폐기된 건수는 전체 폐기 건수 85건으로 56.3% 였다. 살모넬라 의심성 직장협착 시료 85건에서 살모넬라를 58건(68.2%) 분리 하였다. 겨울철에 62.8%로 분리율이 가장 높았으며, 여름철에는 분리율이 17.9%로 살모넬라 양성률이 계절에 따른 차이를 보인 다고 한 연구(Kim 등, 2010)와 같이 이번 연구에서도 이와 비슷 하게 살모넬라는 11월부터 다음해 3월 사이에 감염률과 분리율 이 높았고 여름철에 접어 들면서 줄어드는 양상을 보였다. 미국 과 덴마크에서도 겨울과 봄 사이에 살모넬라 발생이 증가한다고 보고한 것(Funk와 Gebreyes, 2004)처럼 살모넬라 발생 이유 가 큰 일교차로 인한 기온 스트레스와 겨울철 온도 유지를 위해 충분한 환기가 이루어 않는 상황 등이 살모넬라 발생을 일으키 는 위험요인으로 작용하고 있는 것으로 사료 된다.

살모넬라가 분리된 대부분의 개체는 살모넬라에 감염되어 식 육부진, 설사 등으로 위축을 보여 개체의 중량도 평균 도체 중

량에 못 미쳤다. 살모넬라에 감염된 돼지의 절반 이상이 2021 년 축산물 등급판정 통계연보(2021)의 규격돈 평균 도체 중량인 88 kg에 못 미치는 것으로 확인되었다. 살모넬라 감염된 돼지 는 장기간 식육부진, 설사 등의 원인으로 다른 돼지들에 비해 증 체율이 떨어지고 위축됨을 보여준다. 전체폐기 건수 중 56.3% 의 돼지가 살모넬라 의심성 직장협착으로 폐기되었고 살모넬라 의심성 직장협착 폐기 돼지 중 68.2%에서 살모넬라가 분리되어 돼지 전체 폐기의 주 원인이 살모넬라 감염 임이 증명되었다. 농 장에서 살모넬라 감염을 예방하기 위해 사양관리 및 항생제 첨 가 사료 급여, 백신접종 등을 도입했지만 아직도 살모넬라 감염 통제가 여전히 숙제로 남아 있음을 알 수 있었다.

그 동안 우리나라 돼지 분변에서 분리되는 살모넬라 혈청형은 *S. Typhimurium*과 *S. Derby*가 절반 이상을 차지하며 그 외 다양한 혈청형이 분포하는 것으로 보고되었으며(Hah 등, 2011; Jung 등, 2011), 외국에서 *S. Typhimurium*이 일본 32.5%, 미 국 22.6%, 유럽에서는 40.0%가 분리되어 전 세계적으로 가장 널리 분포하는 혈청형으로 보고되었다(Futagawa 등, 2008). 또 한 정상 도축돈의 분변에서 *S. Rissen*이 가장 많이 분리되는 것 으로 보고되었다(Kim 등, 2011a; Kim 등, 2011b). 이번 연구 에서도 이전 연구에서처럼 *S. Rissen*이 가장 많이 분리되었다. 그러나 그 동안 돼지에서 높은 분리율을 보이며 공중보건학적 으로 주의를 요하는 *S. Typhimurium*은 단 1건 분리되는 반면 *S. Typhimurium*의 단상 편모 변이체인 *S. I4,[5],12:i:-* 이 두 번째로 많이 분리되었다. *S. I4,[5],12:i:-*는 1977년 스페인에서 처음 보고된 이후 전 세계적으로 집단 발생 사례와 분리율이 증 가하고 있는 혈청형이다. 우리나라에서는 2008년 대구와 경북 지역에서 인체 집단 발병 사례가 보고된 이후에 발병률이 꾸준히 증가하고 있다(Lee 등, 2011). 2019년부터 2021년까지 국 내 설사환자에서 분리된 살모넬라의 혈청형 분석에서 보면 국 내 *S. I4,[5],12:i:-*의 분리율(19.1%)이 *S. Enteritidis* (20.2%) 에 이어 두번째로 많음이 보고되었다(Jeong 등, 2022). 국내에 서는 2012년 처음으로 가축에서 *S. I4,[5],12:i:-*가 분리되었 음이 보고 된 이후(Lee 등, 2012) 농림축산검역본부의 2021년 도 국가 항생제 사용 및 내성 모니터링 보고서에서도 분변(돼지,

닭, 오리)에서 *S. Typhimurium*이 가장 많이 분리되었고 두 번째로 *S. I4,[5],12:i:-*이 많이 분리되고 있음을 보고하였다(농림축산검역본부, 2022). 숙주 특이성을 가지는 사람의 *S. Typhi* 및 소의 *S. Dulin*, 돼지의 *S. Choleasuis*는 해당 숙주 동물에서 높은 병원성을 가지고 있는 단상편모 살모넬라균으로 숙주특이적 병원성과 단상편모의 보유 사이에 연관성을 가지는 특징이 있다(Rabsch 등, 2022). 이 연구에서 두 번째로 많이 분리된 *S. I4,[5],12:i:-*는 단상편모이며 기원이 *S. Typhimurium*이라고 확인된 것처럼 넓은 숙주 영역을 가지고 있다. 인체 및 가축에서 이 혈청형이 많이 분리되는 것은 사람에서 가축 양방향으로 교차 오염에 대한 가능성 및 가축 질병예방 및 가축사양관리가 공중보건학적으로 매우 중요함을 보여준 결과라 하겠다.

이번 연구에서 분리된 살모넬라 58주의 항생제별 내성률은 tetracycline이 63.8%, chloramphenicol 59.9%, ampicillin-sulbactam 53.4%, ampicillin 44.8%, amoxicillin-clavulanic acid 19.0% 순이었다. 27주를 제외한 나머지 31주 모두 ampicillin과 ampicillin-sulbactam, tetracycline에 공통으로 내성을 보였다. 국내 돼지에서 분리된 살모넬라에서 내성이 높은 항생제는 penicillin, tetracycline, lincomycin 등이라고 보고와 유사하며(Hah 등, 2011; Jung 등, 2011). 농림축산검역본부의 21년에 축산 항생제 판매율 1위가 페니실린계, 2위가 테트라사이클린계, 3위가 페니콜계, 4위가 마크로라이드계라는 보고와 부합하는 결과로 보여진다(농림축산검역본부, 2022). 또한 *S. I4,[5],12:i:-*와 *S. Thyphimurium* 경우 1세대 cephalosporin계인 cefalotin과 cefazolin 및 3세대 cephalosporin계인 cefotaxime과 ceftriaxone에 내성이 다수(n=10) 보여 초기 항생제인 tetracycline계와 penicillin계 치료제가 효과가 떨어져 이후에 개발된 cephalosporin계 항생제가 돼지 세균 감염 예방 및 치료에 많이 사용되고 있음을 주는 결과로 사료된다.

다제내성 패턴으로는 2종~10종에 이르기까지 다양하게 나타났으며, 2종 이상의 패턴을 갖는 균주는 58.6% (n=34)주로 나타났다. *S. Rissen*, *S. I4,[5],12:i:-*과 *S. Thyphimurium*에서 ampicillin, ampicillin-sulbactam, tetracycline, chloramphenicol, nalidixic acid의 다제 내성은 가축 사양 시 여러 종류의 항생제 혼제하여 사용하고 있음을 추측하게 하며 또한 사람의 다제내성에서도 많이 나타나는 패턴으로 가축에서의 항생제 사용 및 인체 항생제 사용이 서로 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다(Park 등, 2014).

농장에서 돼지가 살모넬라에 감염되어 증상이 발현될 경우 농장에서 치료 및 예방 등 적극적인 사양 관리를 할 수 있지만 잠

복 감염일 경우 도축장으로 수송하는 과정이나 계류장에 계류하는 동안의 스트레스에 의해 잠복되어 있던 살모넬라균이 분변으로 재배설되게 되고 이러한 분변에 오염된 도체는 해당 도체는 물론 이후의 모든 도체를 살모넬라균에 오염시킬 수 있다. 그러므로 도축 과정 중에서 직장 협착 등 살모넬라 감염이 의심되는 경우 도축장에서는 도체 폐기 등에 방법을 사용하고 있다. 살모넬라균 잠복감염 돼지로 인한 도축장 및 도체의 오염을 방지하기 위해서는 도축 전 양돈장에서의 살모넬라 통제가 우선되어야 하며, 이를 위해서는 농장에서 살아있는 동물집단의 살모넬라 감염상태를 정확하게 진단해야 할 것이다.

국내외 이동 증가에 따른 국외의 새로운 살모넬라 혈청형의 전파, 사람에서 많이 검출되는 혈청형의 축산으로 이동 등 가축 살모넬라 감염 형태는 공중보건학적으로 중요성을 갖는다. 또한 가축 항생제 내성에 따른 인체 항생제 내성에 대한 영향 및 축산 항생제 남용으로 인한 축산물 항생제 내성률 증가와 가축 항생제 내성 약제 종류 증가는 축산 항생제 내성 관리가 중요하고 필수적임을 시사한다. 그 동안 우리나라 돼지농장에서는 돼지 살모넬라의 오염도 낮추기 위해 예방프로그램을 사용하는 등 많은 노력을 해왔지만, 앞으로도 가축 및 축산물에서 분리되는 살모넬라균에 대한 장기적, 지속적 모니터링을 통한 정보 축적과 항생제 내성 기전 등에 대한 분자유전학적 연구도 필요할 것으로 사료된다.

결론

2021년 11월부터 2022년 10월까지 광주지역 내 도축장 2개소에서 질병 의심 등으로 폐기한 돼지는 151두였다. 그 중 살모넬라에 감염이 의심되는 직장협착으로 폐기한 건수는 85건으로 전체 폐기 건수의 56.3%에 달했다. 전체 폐기 85건중에서 58건 68.2%에서 살모넬라가 분리되었다.

Salmonella spp.의 혈청형으로는 혈청군 B는 28건으로 48.3%와 혈청군 C는 28건 48.3%로 같은 수로 가장 많이 분리되었고 혈청군 E는 2건 3.4%가 분리되었다.

살모넬라 주요 혈청형은 *S. Rissen* 39.7%, *S. I4,[5],12:i:-* 37.9%, *S. Derby* 8.6%, *S. Bareilly* 5.2%, *S. Infantis* 3.4%, *S. Give* 3.4%, *S. Thyphimurium* 1.7% 순이었다.

58개의 살모넬라 균주는 tetracycline 63.8%, chloramphenicol 56.9%, ampicillin 53.4%, ampicillin-sulbactam 51.7% 내성 비율을 보였다. 혈청형별로 항생제 내성에 차이를 보였는데, *S. Rissen* (n=23)은 chloramphenicol 82.6%, ampicillin 52.2%, ampicillin-sulbactam 52.2%, tetracyclin

47.8% 내성을 보였다. S. I4,[5],12:i:- (n=22) 은 tetracycline 90.9%, ampicillin 81.8%, ampicillin-sulbactam 77.3%, chlormphenicol 59.1%로 나타났다. S. Bareilly 3주, S. Infantis 2주, S. Give 2주, S. Rissen 3주와 S. I I4,[5],12:i:-에서 1주는 내성을 보이지 않았다.

항생제 다제내성 패턴은 AM-SAM-TE-C이 15.5% (9/58) 으 로 가장 많았는데 이는 S. Rissen 이었다. 다음으로는 S. I4,[5], 12:i:-의 AM-SAM-TE 12.1% (7/58)과 AM-SAM-CF-CZ- FOX-CTX-NA-TE-C 12.1% (7/58) 패턴이 많이 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2022년도 광주광역시 보건환경연구원 연구사업비 지원으로 수행하였습니다.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Jiyeon Kim, <http://orcid.org/0000-0002-1466-0662>
 Jinju Gwak, <http://orcid.org/0000-0001-6570-5958>
 Doorri Seo, <http://orcid.org/0000-0003-4454-4547>
 Jaegi Lee, <http://orcid.org/0000-0001-8498-3320>
 Daewoong Lim, <http://orcid.org/0000-0002-6861-5808>
 Hana Kim, <http://orcid.org/0009-0006-2511-2510>
 Jiyeong Park, <http://orcid.org/0000-0002-8931-3227>
 Jongwoog Choi, <http://orcid.org/0009-0006-3945-2014>
 Byeongcheol Yoon, <http://orcid.org/0009-0000-2082-9420>

REFERENCES

농림축산검역본부. 2015. 도축병리자료 모음집. 윤순식 박사.
 농림축산검역본부. 2022. 2021년도 축산항생제 사용 및 내성 모니터링.
 식품의약품안전처. 2010. 항생제 내성균 검사 표준 시험법: pp.133-137.
 축산물품질평가원. 2021. 2021 축산물 등급판정 통계연보: pp.344.

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.

Brown CC, Baker DC, Baker JK. 2007. Jubb Kennddy, and Palmer's Pathology of domestic animal, vol 2, 5th ed, pp. 198-199, Elsevier Saunders, Philadelphia.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARD INSTITUTE. 2021. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 31st Edition.

Funk J, Gebreyes WA. 2004. Risk factors associated with *Salmonella* prevalence on swine farms. J Swine Health Prod 12: 246-251.

Futagawa-Saito K, Hiratsuka S, Kamibeppu M, Hiro-sawa 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.

Griffith RW, Schwartz KJ, Meyerholz DK. 2006. Salmonella. pp. 739-754. In: Straw BE, Zimmermann JJ, D'Allaire S, Taylor DJ(ed.). Diseases of Swine. 9th ed. Blackwell Publishing. Ames, Iowa.

Grimont, P.A.D., Weill, F-X. 2007. Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars.

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.

Henrik, C. W., Tine, H., Lo, F. W., Mogens, M., Helle, K., Flemming, B., Peter, G-S. and Kåre, M. 2003. Salmonella control programs in Denmark. Emerg Infect Dis 9: 774-780.

Jeong HJ, Shin Ek, Park Js, Han JH, Kim JY, Yoo JL. 2022. Trends in Serotype Distribution of Salmonella enterica Isolated from Diarrheal Patients in Korea, 2019 to 2021. Public Health Weekly Report 15: 2615-2631.

- 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 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.
- Kim KE, An JM, Yang BH, Park YH, Park MY, Jung JH. 2014. Correlation between the *Salmonella* seroprevalence on farms and the isolation rate from slaughtered pigs and antimicrobial resistance from the isolates. *Korean J Vet Serv* 37: 233-240.
- 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 YH, Kwon IK, Han JH. 2010. Seroprevalence of swine salmonellosis in Korean swine herds. *J Food Sci Ani Resour* 30: 62-65.
- Lee DY, Kang MS, Kwon YK, An BK, Kim YJ, Heo EJ, Moon JS, Lee Esther, Park HM. 2012. First isolation of *Salmonella* I 4,[5],12:i:- from domestic animals in Korea. *Korean J Vet Res* 52: 285-288.
- Lee DY, Lee Esther, Min JE, Kim SH, Oh HB, Park MS. 2011. Epidemic by *Salmonella* I 4,[5],12:i:- and Characteristics of Isolates in Korea. *Infect Chemother* 43: 186-190.
- McGavin MD, Zachary JF. 2012. *Pathologic Basis of Veterinary Disease* 4th ed. Mosby Elsevier, St. Louis: pp. 349.
- Mead PS, Slutsker L, Dietz V, McCaig LF, Bresee JS, Shapiro C, et al. 1999. Food-related illness and death in the United States. *Emerg Infect Dis*: 5: 607-625.
- Park EH, Shin JH, Park YK, Park SH, Sung GH, Hwang IY, Park HY, Jo HY. 2014. The annual report of Busan metropolitan city institute of health & environment 24: 28-39.
- Rabsch W, Andrews HL, Kingsley RA, Prager R, Tschäpe H, Adams LG, Bäumlér AJ. 2002. serotype Typhimurium and its host-adapted variants. *Infect Immun*: 70: 2249-2255.
- Wegener HC, Hald T, Wong LF, Madsen, M, Korsgaard H, Bager F, Gerner-Smidt P, Molbak, K. 2003. *Salmonella* control programs in Denmark. *Emerg Infect Dis* 9: 774-780.