# 국내 가금류 도체에서 분리된 살모넬라균의 혈청형 및 관리방안 분석

# Characterization and control strategies of Salmonella serotypes isolated from poultry carcasses in Korea

문진산*

Jin San Moon

농림축산검역본부 조류질병과

Avian Disease Division, Animal and Plant Quarantine Agency. Gimcheon 39660, Republic of Korea

문 진 산

Correspondence to

Jin San Moon, Avian Disease Division, Animal and Plant Quarantine Agency. Gimcheon 39660, Republic of Korea.
Tel: +82-10-5419-0821,
Fax: +82-54-912-0759,
E-mail: moonjs727@korea.kr

## 서론

살모넬라(*Salmonella*) 균은 그람 음성 간균의 속으로 약 2 μm 크기의 막대 모양으로서 peririchous 편모의 존재로 인해 운동성이 있으며, 포도당 발효, 포자를 형성하지 않는 통성 혐기성 미생물이다. *Salmonella* 균주는 지질다당류(LPS), 편모 및 캡슐 다당류에서 발현되는 표면 구조에 의하여 *Salmonella* enterica와 *S.* bongori로 2종으로 나뉘어 진다. 그 중 *S.* enterica는 *enterica, salamae, arizonae, diarizonae, houtenae* 및 *indica*의 6개 아종(subspecies)으로 분류된다. 살모렐라 아종(*Salmonella* Subspecies)은 생화학적 분류 외에 세포표면의 지질다당류(lipopolysaccharide) 구조와 연관된 균체항원(O-antigen)과 두 종류의 편모항원(H-antigen)의 항원형 구성 조합에 따라서 현재까지 약 2,659개의 혈청형이 알려져 있다. 이 중 *Salmonella* enterica 아종은 약 1,547개의 혈청균을 담당하며, 그 중 99%는 동물과 사람에게 감염을 일으킬 수 있다〈그림 1〉.

살모넬라균의 특성상 혈청형에 따라 균명이 결정되고, 분류된 혈청형별로 숙주 특이성, 항생제 내성 경향 등 다양한 특성에 차이를 보이기 때문에 살모넬라균 진단을 위해서는 혈청형 확인이 필수적이다. 사람과 동물에서 장관염 및 장관외 질병을 일으키는 숙주 비의존성 살모넬라 혈청형으로는 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium, *S.* Heidelberg, *S.* Infantis, *S.* Blockley, *S.* Thomson, *S.* Montevideo, *S.* Senftenberg 등 1,500여종이 있다. 장관외 질병을 일으키는 살모넬라 혈청형으로는 *S.* Cholerasuis, *S.* Typhisuis, *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium, *S.* Dublin 등이 있으며, 이들은 국소 감염증과 패혈증을 일으킨다.

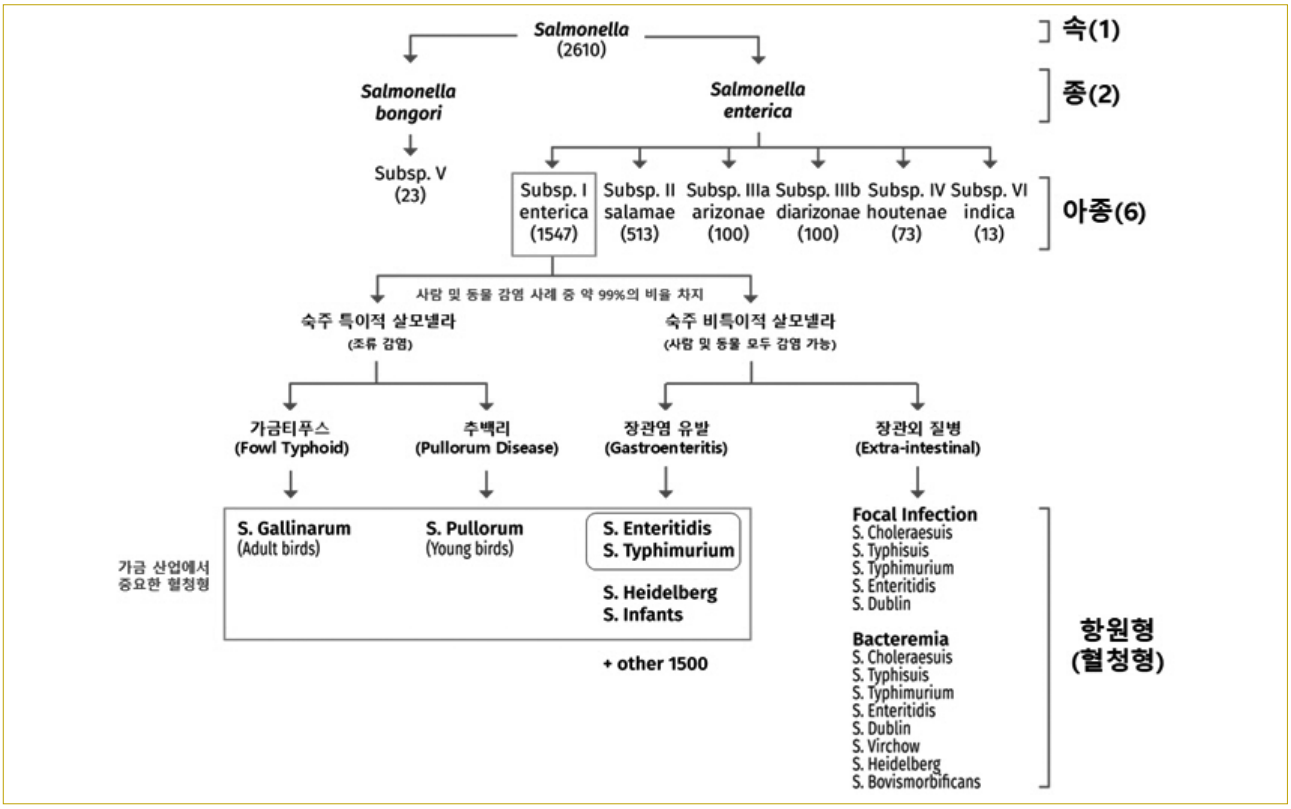


그림 1. 살모넬라 균의 종류 및 가금 산업에서 중요한 살모넬라 혈청형

이와 같이 최근에 우리나라를 포함하여 미국, 유럽 등 전 세계적으로 다양한 종류의 살모넬라 혈청형에 의하여 식중독이 지속적으로 문제되고 있다. 식중독 원인체 중 살모넬라는 전세계적으로 캄필로박터균과 노로바이러스 다음으로 사망 주요 원인으로 보고되고 있다. 사람에서의 살모넬라증은 주로 살모넬라가 오염된 식품을 섭취한 후 보통 1~3일의 잠복기를 갖는다. 건강한 사람은 특별한 치료없이도 회복되지만, 지속적인 설사로 인한 탈수증상, 장 이외에 다른 장기로 감염되어 항생제 치료가 어려운 경우에는 합병증으로 생명에 위협을 줄 수도 있기 때문에 주의가 필요하다. 사람에서 살모넬라감염증은 매년 전 세계적으로 930억건이 발생하여 155,000여명 사망하는 것으로 보고되고 있다.

우리나라에서도 살모넬라 식중독 발생건수가 2019년 19건, 2021년 32건, 2022년 41건으로 지속적으로 증가하여 2024년에 질병관리청 인수공통감염병의 장관감염증에 살모넬라를 추가로 지정하였다. 살모넬라균 감염으로 인한 급성 설사 환자는 1996년도까지 *S.* Typhimurium의 분리율이 가장 높았으나, 이후 10년간 *S.* Enteritidis의 분리율이 더 높은 것으로 확인되었다. 이외에도 *S.* Typhimurium I 4,5],12:i:-, *S.* Bareilly 및 *S.* Infantis 등의 다양한 혈청형이 설사병의 주요 원인균으로 보고되고 있다. 이러한 살모넬라 감염의 주요한 오염원으로 계란을 포함하여 가금육이 제기되고 있다.

이러한 살모넬라에 의한 식중독 문제 해결을 위해서는 농장 및 도축단계에서의 살모넬라균을 줄이기 위한 다양한 조치가 필요한 실정이다. 그 중심에는 살모넬라의 주요 서식처인 가금류에서의 살모넬라균에 대한 혈청형 분포를 확인하기 위한 주기적인 모니터링이 필수적이다. 이에 본 글에서는 2019년에서 2024년까지 농림축산검역본부에서 수행한 연구사업 중 육계 도축장의 최종 도체에서 분리된 살모넬라균의 혈청형 분포와 이들 균주의 특성 및 가금

류 농장 및 도축과정에서의 살모넬라 오염 요인과 관리방안에 대하여 소개하고자 한다.

## 본론

### 1. 가금류 도축장 최종 도체에서 살모렐라 혈청형 분포

농림축산검역본부 조류질병과에서는 2019년부터 2024년까지 매년 8개의 육계 닭도축장의 최종도체에서 분리한 293주의 살모넬라균을 대상으로 혈청형을 분석한 결과, 2020년에는 *S.* Montevideo, 2021년에는 *S.* Typhimurium(i,−), 2022년부터 2024년까지는 S. Infantis가 가장 우점 혈청형으로 나타났다. 6년 동안의 살모넬라 혈청형 분포에서는 *S.* Infantis(51.2%), *S.* Agona(15.4%), *S.* Montevideo(13.0%), *S.* Enteritidis(5.8%), *S.* Typhimurium(i,−) (2.4%), *S.* Kentucky(1.7%), *S.* Virchowy(1.7%), *S.* Bredeney(1.4%), *S.* Typhimurium(1.4%), *S.* Bareilly (1.0%) 등의 순으로 많이 분리되었다〈표 1〉.

동일 기간 매년 2개 정도의 오리 도축장 최종도체에서 분리한 89주를 대상으로 혈청형을 분석한 결과 *S.* Typhimuri−um(33.7%), *S.* Albany(19.1%), *S.* Hadar(14.6%), *S.* Braenderup(7.9%), *S.* Enteritidis(7.9%), *S.* Uganda(6.7%), *S.* Muenster(5.6%), *S.* Istanbul(2.2%) 등의 순서로 가장 많이 분리되었다〈표 2〉. 이와 같이 닭과 오리 도축장에서의 살모넬라 혈청형 분포는 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다. 하지만, 전세계적으로 사람에서 가장 중요한 식중독의 주요 원인체로 알려진 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium이 모두 높은 분포율을 나타내어 식중독 관리의 중요성을 제시하고 있다.

**표 1. 닭 도축장의 최종도체에서 분리한 살모넬라균의 연도별 혈청형 분포**

| 혈청형 | '19 (n=15) | '20 (n=43) | '21 (n=10) | '22 (n=60) | '23 (n=80) | '24 (n=85) | Total(%) (n=293) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S. Infantis | | | 1 | 43 | 56 | 50 | 150(51.2) |
| S. Agona | 1 | 10 | | 3 | 8 | 23 | 45(15.4) |
| S. Montevideo | 1 | 21 | | 1 | 6 | 9 | 38(13.0) |
| S. Enteritidis | | 2 | | 12 | 2 | 1 | 17(5.8) |
| S. Typhimurium(i,−) | | | 7 | | | | 7(2.4) |
| S. Kentucky | 1 | | | | 4 | | 5(1.7) |
| S. virchow | 3 | 2 | | | | | 5(1.7) |
| S. Bredeney | 4 | | | | | | 4(1.4) |
| S. Typhimurium | 1 | | 2 | 1 | | | 4(1.4) |
| S. Bareilly | | 3 | | | | | 3(1.0) |
| S. Braenderup | | | | | 3 | | 3(1.0) |
| S. Hardar | 3 | | | | | | 3(1.0) |
| S. Senftenberg | | 3 | | | | | 3(1.0) |
| S. Thompson | | 1 | | | 1 | | 2(0.7) |
| S. Yoruba | | | | | | 2 | 2(0.7) |
| S. Albany | | 1 | | | | | 1(0.3) |
| S. Jerusalem | 1 | | | | | | 1(0.3) |

표 2. 오리 도축장의 최종도체에서 분리한 살모넬라균의 연도별 혈청형 분포

| 혈청형 | '19 (n=11) | '20 (n=10) | '21 (n=2) | '22 (n=9) | '23 (n=21) | '24 (n=36) | Total(%) (n=89) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S. Typhimurium | 1 | 9 | 2 | 8 | | 10 | 30(33.7) |
| S. Albany | | | | | 12 | 5 | 17(19.1) |
| S. Hardar | | 1 | | 1 | 5 | 6 | 13(14.6) |
| S. Braenderup | 7 | | | | | | 7(7.9) |
| S. Enteritidis | | | | | | 7 | 7(7.9) |
| S. Uganda | | | | | | 6 | 6(6.7) |
| S. Muenster | 3 | | | | 2 | | 5(5.6) |
| S. Istanbul | | | | | 1 | 1 | 2(2.2) |
| S. Give | | | | | | 1 | 1(1.1) |
| S. Indiana | | | | | 1 | | 1(1.1) |

## 2. S. infantis 및 S. Typhimurium 분리주의 유전학적 특성

①*S.* Infantis

살모넬라 균주중 항생제 다제내성균을 보유하고, 생존력이 우수하고, 병원성이 높고, 전파력이 높은 복합유전자를 갖고 있어서 전세계적으로 이슈가 되고 있고, 유럽, 미국, 일본, 한국의 닭에서 가장 우점하고 있는 *S.* Infantis에 대하여 국내 · 외 분리주에 대하여 유전학적 상동성을 비교하였다. 이를 위하여 조사기간 중 동일 도축장에서 분리된 중복 균주를 제외한 95주를 선발하여 항생제 내성, pESI plasmid PCR(hp pESI backbone gene, k88-fae operon gene, ipf gene), plasmid profiling(~280kb), beta-lactamase genes PCR($bla_{SHV}$, $bla_{TEM}$ $bla_{CTX-M}$), conjugation 유무를 조사한 결과 2021년 이후 분리된 대부분의 균주는 pESI(plasma of emergent *S.* Infantis)를 가지면서 이 plasmid를 다른 균주로 전달하며, 다제내성 및 세팔로스포린계 내성균주로 확인되었다.

PFGE 유전형, 항생제 내성, pESI 확인 및 conjugation 실험결과를 바탕으로 megaplasmid가 없는 균주 3주(CS05S05, CS65S01, CS76S06)와 megaplasmid가 있는 균주 4주(CS72S01, CS72S03, CS78S02, CS81S04) 등 총 7주에 대하여 전장유전체 검사를 실시한 결과 MLST32로 확인되었다. 국내 분리주 7주와 NCBI 등록된 국외 균주 94주와 함께 cgMLST(core genome multilocus sequence typing)에 의한 계통 분석을 실시하였다. 그 결과 megaplasmid가 없는 국내 균주 3주는 덴마크의 육계와 독일의 사람 분리주와 유사한 cluster를 형성하였다. Megaplasmid가 있는 국내 균주 4주는 미국의 육계, 이탈리아와 스위스의 사람 분리주와 유사한 cluster를 형성하였다. 그리하여 국내 닭 도축장 분리주 7주 모두 유럽과 미국의 육계와 외국의 식중독균주와 유전적으로 유사한 것으로 확인되었다〈그림 2〉. 2021년 이후 국내 육계 도축장에서 분리한 *S.* Infantis 균주들은 외국의 $bla_{CTX-M-65}$ 항생제 내성 유전자를 지닌 PESI 플라스미드 보유하고 있는 *S.* Infantis 균주들과 유전적으로 유사한 cluster를 형성하였다. PESI 플라스미드 보유 균주는 *aadA1, dfrA14, sul1, tetA* 및 $bla_{CTX-M-65}$와 같은 항생제 내성 유전자들을 보유하고 있었으며, 이는 외국의 닭고기와 사람 임상 시료의 균주 PSEI 플라스미드와 매우 높은 유전적 유사성을 보였다. 이러한 결과는 국내 닭 도축장에서 PSEI 플라스미드 보유 다제내성 *S.* Infantis 균주의 확산 및 사람에게 전파될 수 있는 위험성을 시사하고 있다.

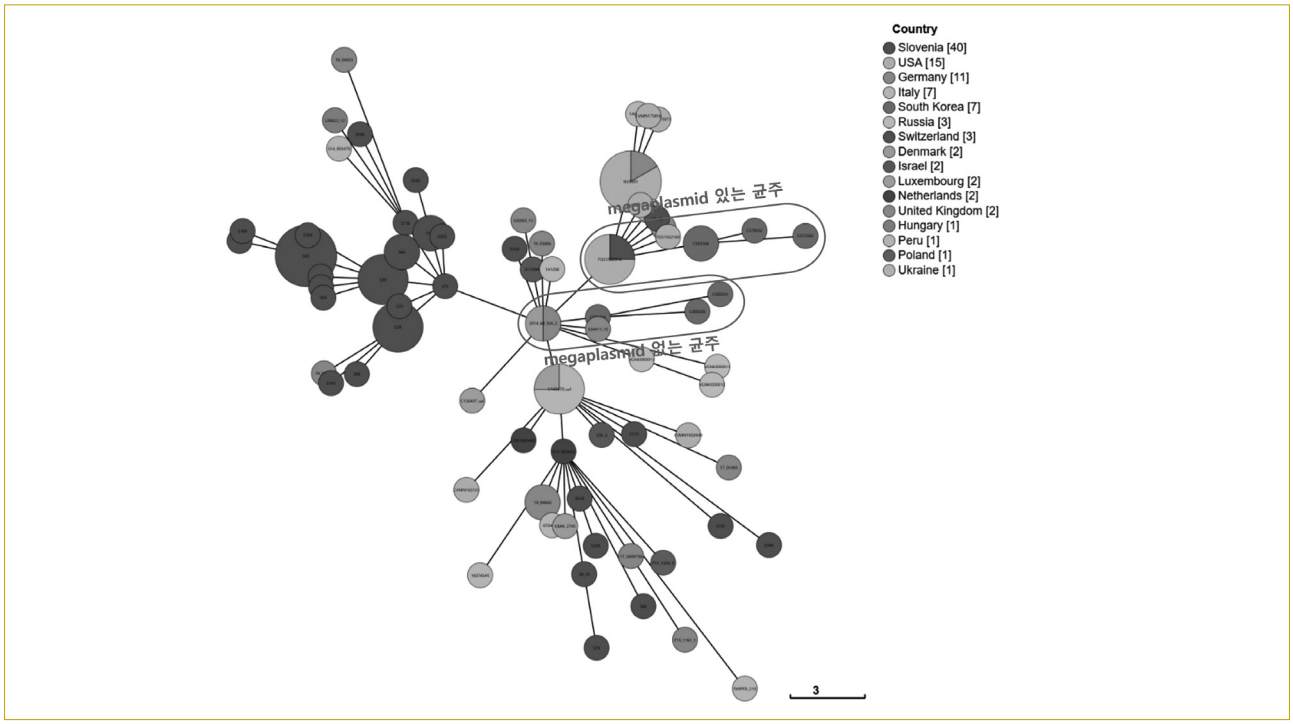


그림 2. S. Infantis 국내 분리주(n=7) 및 국외 균주(n=94)의
cgMLST의 Minimum Spanning Tree

② S. Typhimurium

살모넬라 혈청형에 있어서 식중독의 대표균주인 *S.* Typhimurium 혈청형에 대하여 국내에서 2019년부터 2024년까지 6년 동안 닭과 오리도축장에서 분리된 *S.* Typhimurium 균주 중 PFGE 병원성 유전자 및 항생제 내성양상을 바탕으로 연도와 지역, 도축장을 고려하여 닭 5주와 오리 2주 등 총 7주에 대하여 전장유전체 분석을 실시하였다. 그 결과 닭과 오리간에 있어서 항생제 내성 및 병원성 인자 등을 비롯하여 유전학적 상동성에 있어서 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다〈그림 3〉.

국내 도축장에서 분리한 7주를 포함하여 NCBI 등록된 국내에서 2009년~2023년에 사람, 닭, 돼지 유래의 국내 분리주 41주와 국외의 2000년~2023년에 사람, 닭, 가금육, 오리, 칠면조 등에서 유래한 분리주 89주 등 총 137주에 대하여 cgMLST에 의한 계통 분석을 실시하였다. 그 결과, 국내 가금 유래 분리주는 미국, 이스라엘, 호주 등 사람에서 분리한 균주와 유사한 cluster를 형성하는 것으로 조사되었으며, 항생제 내성 및 병원성 인자에 있어서도 유사한 양상을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과는 사람에서의 살모넬라감염증을 예방하기 위하여 가금류 농장과 도축장에서의 *S.* Typhimurium 관리가 필요함을 제시해 주고 있다. 이를 위해서는 농장 및 도축장에서의 방역 및 위생관리에 있어서 더욱 많은 관심과 노력들이 수행되어져야 함을 시사하고 있다.

### 3. 닭 도축단계별 살모넬라 오염경로 분석 및 관리방안

농장에서 사육되고 있는 가금류에서 살모넬라균은 종종 무증상 보균자로서 있다가 최종 도체에 전파시킬 수 있다. 이러한 관점에서 도축장에서 살모넬라균을 관리하는 것은 전 세계적인 관심사이며 이를 위하여 살모넬라 오염경로를 모니터링하는 것은 매우 중요하다. 그리하여 농림축산검역본부에서는 2020년부터 2022년 3년 동안 국내 닭도

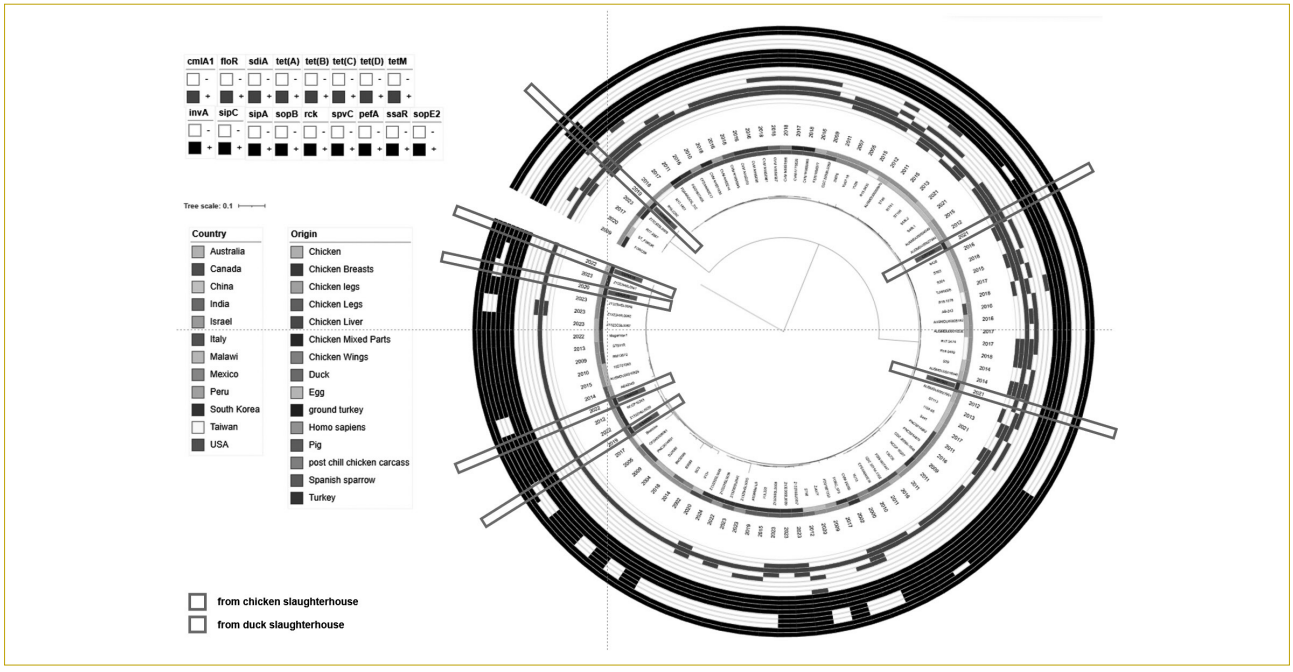


그림 3. 국내 닭, 오리 도축장 최종도체에서 분리한 S. Typhimurum 균주(n=7)와 국내외 균주의 사람 및 동물에서 분리한 균주(n=92)간의 cgMLST tree

축장 10개소의 환경 및 도축단계별 도체에서의 살모넬라균 분리여부를 조사하였다. 그 결과 도축장 20-5는 생계운반차량과 최종도체에서 *S.* Thomson이 검출되었고, *S.* Albany가 내장적출후 도체부터 최종도체까지 모든 단계에서 검출되었다. 도축장 20-7는 *S.* Enteritidis 및 *S.* Senftenberg가 도축장 운송차량 또는 현수단계에서부터 최종도체까지 탕적수를 제외한 전체 도축단계에서 분리되었다. 도축장 21-5는 *S.* Infantis가 전단계에서 대부분 검출되었으며, 도축장 21-8는 *S.* Typhimurium이 내장적출 후 도체부터 최종도체까지 분리었다. 도축장 22-6는 *S.* Enteritidis가 생계차량 분변에서 최종도체까지 분리되었다〈표 3〉. 이와 같이 대다수의 도축장에서 생체차량 분변 및 현수단계에서 확인된 혈청형이 탈모, 내장적출 단계에서 주로 교차오염되어 최종 도체에서 검출된 것으로 나타났다.

이러한 닭 도축장의 도축 단계별 살모넬라 오염 요인 제거 및 관리를 위해서는 〈표 4〉에서와 같이 도축 단계별로 세부적이고 구체적인 미생물 관리방안을 마련하고, 교육과 훈련을 통하여 작업자들로 하여금 적극적인 실천이 필요하다. 즉, 살모넬라 관리를 위하여 도축 공정에 투입되는 생계는 최대한 오염물을 제거하고, 교차오염을 예방하기 위하여 도축 7일전 환경시료에 대한 살모넬라 검사결과에 기초하여 오염되지 않는 농장부터 순서를 정해서 가금류를 도축을 실시하여 생계반입. 계류 단계에서 분변을 통한 살모넬라균이 오염되지 않도록 조치를 해야 할 것이다. 또한, 도축과정중 교차오염 예방 및 적절한 소독을 실시하여 살모넬라균이 도체로 전파되는 것을 차단하도록 해야 한다. 살모넬라 균에 오염된 농가의 가금류 도축시에는 도계라인의 속도를 조절하여 효과적으로 세척 및 소독을 수행될 수 있도록 해야 한다. 이와 더불어 도축장에서는 살모넬라균이 서식하거나 배출하는 가금류의 수를 줄이고, 감염된 가금류에서 병원균 수를 줄이고, 감염된 가금류에서 비감염 가금류로의 오염 전파 가능성을 줄이기 위하여 도축장내에서의 작업 환경, 장비 및 도구, 작업자 등에 대한 철저한 위생관리와 적절한 항미생물제(소독제)를 사용하도록 한다. 특히, 최종도체에서의 살모넬라균의

〈표 3〉. 닭 도축장 환경 및 도축 단계별 도체의 살모넬라 혈청형 분포

| 도축장 (n=10) | 살모넬라 혈청형 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 생계 차량 분변 시료 | 환경시료 | | | | | | 도축과정 중 도체 | | | | | 최종 도체 |
| | | 현수 스왑 | 방혈대벽 /바닥 | 탈모기 깃털 | 내장 적출 작업대 /장갑 | 냉각수 | 청결 부분벽 /바닥 | 탕박전 도체 | 탕박후 도체 | 탈모후 도체 | 내장 적출후 도체 | 세척후 도체 | |
| 20-5 | Thom. ST | | | | | Albany SE | | | | Albany | Albany Monte. | Albany | Albany Monte. SE Thom. |
| 20-6 | Agona Albany Senft. Ken. | Bareilly Mban. | | | | | | | | Agona Mban. | Bareilly | Mban. Senft. | |
| 20-7 | SE New. ST | SE Kouka New. ST Vir. | | | | SE Senft. | | | | SE Senft. | SE New. Senf | SE Senft. | SE Senft. |
| 21-3 | | | | | | | | | | Inf. | Inf. | Inf. SE | Inf. |
| 21-5 | | Inf. Mban. Agona | Inf. Mban. | Inf. | Inf. | | Inf. | ST | Inf. | Inf. Mban. | Inf. | Inf. | |
| 21-8 | Inf. | Agona Mban. New. Vir. | Inf. | ST(i,-) | Agona ST(i,-) Inf. | | ST(i,-) | Agona ST(i,-) | Agona ST(i,-) Mban. | Agona Inf. Mban. | ST(i,-) Mban. New. | Agona ST(i,-) | ST(i,-) |
| 21-10 | Inf. Thom. | | | Inf Thom. ST | | | | Inf. | | | | | |
| 22-4 | | | | Inf. Bareilly | Inf. Braen. ST(i,-) | | | Inf. Bareilly | | Inf. SE | Inf. | Inf. | |
| 22-6 | Inf. Senft. SE | Inf. | Inf. SE | Inf. Senft. SE Monte. | Inf. SE Monte. | Inf. | Inf. | Inf. Senft. | | Inf. | Inf. | Inf. | Inf. SE |
| 22-7 | Inf. ST | Inf. Agona Soeren | Inf. | Inf. ST Agona | Inf. | | Inf. | Inf. ST Agona | SE ST Soeren | Inf. | Inf. | Inf. SE | Inf. ST |

* Inf.(S. Infantis), SE(S. Enteritidis), Senft.(S. Senftenberg), New.(S. Newport), Thom(S. Thompson), ST(S. Typhimurium), ST(i,-)(S. Typhimurium(i,-), Monte(S. Montevideo), Mban.(S. Mbandaka), Ken.(S. Kentucky), Vir.(S. Virchow), Braen.(S. Braenderup),

〈표 4〉 닭 도축장 도축 공정 단계별 살모넬라 오염 요인 및 위생관리 방안

| 도축단계 | 오염 요인 | 위생관리 방안 |
|---|---|---|
| 농장 | 병아리나 사람, 차량 등으로부터 비롯한 외부 오염 혹은 농장 내 감염 | • 차량 및 총배설강 단계부터 최종도체로 오염이이어지는 것을 확인<br>• 오염을 방지하기 위해 농장단계에서부터 관리 필요 |
| 생계 반입 | 병원성 미생물 양성 계군 및 분변을 통한 교차오염 | • 계류장 외부 환경 관리 및 외부인의 출입 통제를 통해 병원성 미생물의 오염원 차단<br>• 생산라인에 투입되기 전 생계들의 분변 및 섭취물에 의한 계군의 오염 가능성을 줄이기 위해 3시간 이상 절식 후 도계 |
| 계류 | 수송 케이지 및 계류장 내 분변을 통한 교차오염 | • 수송 케이지의 적절한 세척 및 소독 |
| 현수 | 생계에 묻은 분변의 교차오염 | • 자동 설비 생산 공정에 투입되는 생계는 최대한 오염물 제거 |
| 기절/방혈 | 혈액에 의한 교차오염 | • 쇄클에 걸린 닭들을 전살법(전기수조)으로 기절하기까지의 이동시간을 최소화<br>• 방혈을 충분하게 한 후 탕적시설에 도달하게 하여 혈액에 의한 교차오염 방지 |
| 탕적 | 탕적수나 탕적 매체에 의한 교차오염 | • 적정 탕박수 온도(약 60℃) 유지<br>• 도체를 향하는 탕박수의 흐름을 역류하는 방식 활용<br>• 충분한 교반으로 탕박수의 흐름 속도를 높이고, 각 도체 당 약 1리터의 깨끗한 물이 탕박 수조에 공급 |
| 탈모 | 탈모기 고무핑거와 도체 접촉에 의해 분변 배설물이 밖으로 나와 주변 오염 | • 탈모기에 깃털이 쌓이지 않도록 관리<br>• 도축 기구와 도체의 지속적인 세척 및 정기적인 보정과 유지관리<br>• 작업자들에게 장비 운전과 위생관리 교육 |
| 내장 제거 | 내장제거 시 내장파열과 분변 오염에 의한 도체의 교차오염 | • 크기가 유사한 닭들이 함께 처리되도록 배치별로 닭의 크기를 맞출 것<br>• 내장적출 기기의 정기적인 보정과 유지관리 |
| 세척 | 이전 단계 도체 내외부에 남아 있는 병원성 미생물에 의한 교차오염 | • 도체의 내외부 오염을 제거하기 위해 충분한 압력을 사용하여 철저하게 세척<br>• 도체에 직접적으로 물이 닿도록 적절한 장비 사용<br>• 수세장치 내에서 계류시간을 충분히 유지<br>• 도체에 허가된 소독제(염소, 젖산 등)로 분무소독하거나 세척 |
| 냉각 냉각 | ① 침지냉각: 도체에 남아 있는 분변이 냉각수를 오염시켜 도체에 교차오염 | • 냉각수는 음용가능한 물을 사용하고, 도체 이동 방향에 대해 역류방식으로 각 도체당 약 4리터의 양이 흐르게 함<br>• 냉각수에 허가된 소독제(염소, 젖산 등)를 허용농도에 맞춰 첨가하고, 염소 소독제를 이용하는 경우 냉각수의 산도(pH 6.0~6.5)와 온도(4℃ 이하)를 적절하게 유지 |
| | ② 공기냉각: 에어로졸에 의한 교차오염 및 건조를 막기 위해 물을 분무하는 과정에서 교차오염 | • 체인을 정기적으로 청소하고 샤클을 점검하여 교체<br>• 도체 간 서로 접촉하지 않도록 체인의 긴장 강도 유지 |
| 선별 | 선별 작업자 손 및 선별작업대 표면의 병원성 미생물 오염에 의한 교차오염 | • 선별 단계 작업자의 위생 교육을 통한 작업자에 의한 교차오염 방지<br>• 선별 과정 중 교차오염을 줄이기 위하여 도체 허가 소독제를 사용하여 선별 작업대의 주기적인 소독 |

오염 최소화를 위해서 냉각수의 적정 관리 및 선별 작업대의 주기적 소독이 필요할 것으로 사료된다.

## 4. 가금류 농장에서의 살모넬라 오염원 및 관리방안

가금류 도축장에서의 살모넬라가 오염되지 않도록 하기위해서는 일차적으로 농장의 가금류가 살모넬라에 감

염되지 않도록 관리하는 것이 무엇보다도 중요하다. 그동안 많은 연구자에 의해 알려진 살모넬라균의 주요 오염원은 야생조류, 사람 및 차량, 설치류와 곤충, 사료와 물, 깔짚 등 매우 다양하고, 이러한 살모넬라 균주들이 널리 분포되어 있어서 닭, 오리 등의 가금류 사육 및 가금류 제품에 오염되면 식품안전과 공중보건에 매우 심각한 위험을 초래하는 것으로 보고되고 있다〈그림 4〉. 특히, 닭, 오리, 칠면조 등의 가금류는 야생조류와 설치류의 분변, 진드기, 사료, 사람 등에 의하여 살모넬라에 감염되거나, 모계의 감염된 난소와 난관으로부터 계란으로 전파되어 부화된 병아리로 전파되는 난계대 전염으로 살모넬라균을 전파한다. 이러한 수평 및 수직전파를 통하여 농장 전체에 살모넬라균을 확산시킬 수 있다.

*S.* Enteritidis의 경우에는 경구감염시 병원성에 따라 약 0~41%의 계란내 난황이 오염될 수 있으며, 이러한 특성으로 종계에 감염시 후대 병아리로 지속적인 감염이 이루어질 수 있으므로 다른 혈청형보다는 적극적인 관리를 해야 할 것이다. 이를 위해서는 가금류 농가에 대한 살모넬라 유병률 목표 설정, *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium에 대한 백신 접종, 위생관리 방안 마련 등 살모넬라 감시프로그램 및 종합적인 관리조치가 필요하다. 특히, 육계의 경우에는 대규모로 사육하고 짧은 사육기간으로 인하여 특별한 경우를 제외하고는 백신을 접종하지 않고, 적절한 청소 및 소독, 곤충 및 설치류 관리, 엄격한 차단방역, 사료와 물에 대한 청결 관리, 외부와의 격리 등이 포함된 차단방역 및 위생관리와 환경검사로 살모넬라균의 노출 위험성을 줄이는데 중점을 두어야 한다. 또한, 살모넬라 균의 장내 정착방지를 위하여 경쟁적 배제제(competitive Exclusion) 및 프로바이오틱스(probiotics), 프리바이오틱스(prebiotics) 및 유기산(organic Acids), 백신(vaccines) 박테리오파지제(bacteriophage) 제품 등을 활용할 필요가 있다. 또한, 농장에서는 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium 등 식중독을 일으키는 주요 혈청형에 대한 정기적인 모니터링 검사를 통하여 다양한 살모넬라 오염원 제거 및 관리하기 위한 노력이 있어야 할 것이다.

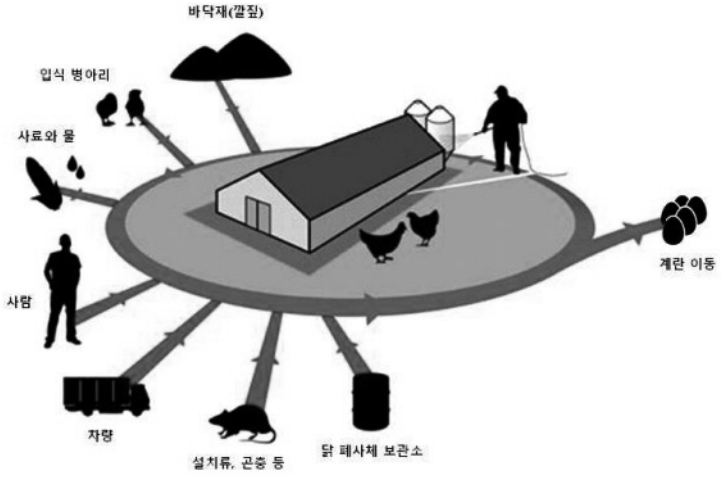


그림 4. 농장에서의 살모넬라 감염(전파) 경로
(출처: https://www.thepoultrysite.com)

## 결론

*S.* Enteritidi와 *S.* Typhimurium과 같은 살모넬라균은 전세계적으로 식중독의 주요 원인균으로 확인되고 있고, 주요 오염원이 계란을 포함하여 가금류 축산물과 연관성이 높다. 살모넬라균은 가금류에서 여전히 빈번하게 분리되고 있어서 농장 및 도축장에서의 체계적인 관리가 필요하다. 특히, 최근에 가금육과 계란의 수요가 지속적으로 증가함에 따라서 살모넬라 관리는 더욱 중요하다. 이를 위해서는 살모넬라의 주요 오염원인 설치류, 진드기, 야생조류에 대한 정기적인 구서 및 해충 방제와 농장 출입구와 내외부에 대한 청소 및 소독 등의 위생관리를 통하여 살모넬라 유입과 전파를 차단해야 한다. 그리고, 가금류에 살모넬라 균의 장내 정착 및 성장을 억제하는 다양한 제품 사용과 백신 접종을 통하여 가금류의 면역력을 강화하는 조치를 병행하여 살모넬라 감염을 막기 위한 노력이 요구된다.

농장 단계에서 가금류의 높은 수준의 살모넬라균의 오염은 다양한 도축과정을 통하여 교차오염을 유발하기 때문에 도축 공정에서의 항미생물제 처리는 살모넬라균을 감소시킬 수 있다. 즉, 도축장 시설 및 운용(침지/분무) 상황, 살모넬라 등 미생물 오염 수준, 최종 제품의 특성 등을 고려하여 도축단계별로 다양한 항미생물제를 사용하고, 한 가지 방식만이 아닌 청소, 세척, 건조, 소독 등의 종합적인 다중 장벽 접근법 활용이 필요하다. 이와 더불어 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium 등 식중독을 일으키는 주요 혈청형에 대한 도축장 환경과 도구 및 시설에 대한 모니터링 검사를 통하여 오염원 감시 및 관리가 더욱 강화되어져야 한다. 이러한 모니터링을 통하여 도축장 및 도축단계별 살모넬라 오염원 제거 및 교차오염 줄이기 위하여 도축장 위생관리 취약점 개선이 이루어져야 한다.

가금류 최종 도체에서의 살모넬라 관리는 무엇보다도 농장에서의 살모넬라 감염 여부 및 오염 수준에 의하여 최우선적으로 결정되어진다. 따라서 유럽과 미국에서와 같이 살모넬라 검사결과에 따라서 *S.* Enteritidis와 *S.* Typhimurium가 분리되지 않았을 경우에 청정(Clean) 자격과 인증 마크를 농장에 부여하는 제도 도입이 필요하다. 이와 더불어 가금육과 계란에서의 살모넬라에 의한 식중독 문제 해결을 위해서 원헬스(One Health) 관점에서 다양한 전문가들의 충분한 협의와 검토를 통하여 농장과 도축장 및 가공장에서의 감시 및 관리를 위한 범부처 차원의 단기 및 중장기적인 로드맵 수립과 살모넬라 관리프로그램 개발 및 도입이 추진되어져야 할 것으로 사료된다.

## 참고 문헌


1. Alvarez DM, Barrón-Montenegro R, Conejeros J, Rivera D, Undurraga EA, Moreno-Switt AI. 2023. A review of the global emergence of multidrugresistant *Salmonella* enterica subsp. enterica serovar infantis. *Int J Food Microbiol* 403:110297. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.1102973.

2. Andino A, Hanning I. *Salmonella* Enterica: Survival, Colonization, and Virulence Differences among Serovars. *Sci. World J.* 2015, 2015, 520179.

3. Bell C, Kyriakides A. *Salmonella*. In Foodborne Pathogens – Hazards, Risk Analysis and Control, 2nd ed.; Blackburn, C., McClure, J., Eds.; Woodhead Publishing Limited: Oxford, UK, 2009; pp. 627–654.

4. Bogomazova AN, Gordeeva VD, Krylova EV, Soltynskaya IV, Davydova EE, Ivanova OE, Komarov AA. 2020. Mega-plasmid found worldwide confers multiple antimicrobial resistance in *Salmonella* Infantis of broiler origin in Russia. *Int J Food Microbiol* 319:108497. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108497.

5. COMMISSION REGULATION (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003 on the Control of *Salmonella* and Other Specified Food-Borne Zoonotic Agents. Available online: https://eur-lex.europa.eu/

6. COMMISSION REGULATION (EC) No 517/2011; implementing Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council as regards a Union target for the reduction of the prevalence of

certain *Salmonella* serotypes in laying hens of Gallus gallus and amending Regulation (EC) No 2160/2003 and Commission Regulation (EU) No 200/2010

7. COMMISSION REGULATION (EC) No 589/2008; laying down detailed rules for implementing 및 Council Regulation (EC) No 1234/2007 as regards marketing standards for eggs. Available online:

8. Egg Safety Final Rule. Available online: https://www.fda.gov/food/egg-guidance- regulation-and-other-information/eggsafety-final-rule(accessed on 3 December 2024)

9. European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control. 2017. The European union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2016. *EFSA J* 15:e05077. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.50772.

10. European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control. 2022. The European union one health 2021 zoonoses report. *EFSA J* 20:e07666. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.76664.

11. Food Safety and Inspection Service (FSIS). 2021. FSIS Guidelinefor Controlling *Salmonella* in Raw Poultry.

12. Franco A, Leekitcharoenphon P, Feltrin F, Alba P, Cordaro G, Iurescia M, Tolli R, D'Incau M, Staffolani M, Di Giannatale E, Hendriksen RS, Battisti A. 2015. Emergence of a clonal lineage of multidrug-resistant ESBLproducing *Salmonella* Infantis transmitted from broilers and broiler meat to humans in Italy between 2011 and 2014. *PLoS One* 10:e0144802. https://doi.org/10.1371/journal.pone.014480212.

13. García-Soto S, Abdel-Glil MY, Tomaso H, Linde J, Methner U. 2020. Emergence of multidrug-resistant *Salmonella* enterica subspecies enterica serovar Infantis of multilocus sequence type 2283 in German broiler farms. *Front Microbiol* 11:1741. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.017418.

14. Guard-Petter, J., The chicken, the egg and *Salmonella* Enteritidis. *Environ. Microb.*, 3, 421-430 (2001).

15. Hindermann D, Gopinath G, Chase H, Negrete F, Althaus D, Zurfluh K, Tall BD, Stephan R, Nüesch-Inderbinen M. 2017. *Salmonella* enterica serovar infantis from food and human infections. *Front Microbiol* 8:1322. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.0132213.

16. Jeong J, Chae M, Kang MS, Lee JY, Kwon YK, Lee HJ, Lee SH, Son HB, Moon JS, Cho SB. Emergence and characteristics of multidrug-resistant *Salmonella* enterica subspecies enterica serovar Infantis harboring the pESI plasmid in chicken slaughterhouses in South Korea. *Microbiology Spectrum*. 13:7. 2025.

17. Khan AS, Pierneef RE, Gonzalez-Escalona N, Maguire M, Li C, Tyson GH, Ayers S, Georges K, Abebe W, Adesiyun AA. 2022. Molecular characterization of *Salmonella* detected along the broiler production chain in Trinidad and Tobago. *Microorganisms* 10:570. https://doi.org/10.3390/microorganisms100305705.

18 Mejía L, Medina JL, Bayas R, Salazar CS, Villavicencio F, Zapata S, Matheu J, Wagenaar J A, González-Candelas F, Vinueza-Burgos C. 2020. Genomic epidemiology of *Salmonella* Infantis in ecuador: from poultry farms to human infections. *Front Vet Sci* 7:547891. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.5478919.

19. MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). (2024, May 22). Food poisoning statistics by causative agent [Press release]. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=4425&menu_grp=MENU_NEW02.

20. Montone AMI, Cutarelli A, Peruzy MF, La Tela I, Brunetti R, Pirofalo MG, Folliero V, Balestrieri A, Murru N, Capuano F. 2023. Antimicrobial resistance and genomic characterization of *Salmonella* Infantis from different sources. *Int J Mol Sci* 24:5492. https://doi.org/10.3390/ijms240654926.

21. Neelawala RN, Edison LK and Kariyawasam S. Pre-Harvest Non-Typhoidal *Salmonella* Control Strategies in Commercial Layer Chickens. *Animal*. 14:3578. 2024.

22. Newton K, Gosling B, Rabie A, Davies R. 2020. Field investigations of multidrug-resistant *Salmonella* Infantis epidemic strain incursions into broiler flocks in England and wales. *Avian Pathol* 49:631-641. https://doi.org/10.1080/03079457.2020.1809634.

23. Pate M, Mičunovič J, Golob M, Vestby LK, Ocepek M. 2019. *Salmonella* Infantis in broiler flocks in Slovenia: the prevalence of multidrug resistant strains with high genetic homogeneity and low biofilmforming ability. *Biomed Res Int* 2019:4981463. https://doi.org/10.1155/2019/498146314.

24. Russo I, Fischer J, Uelze L, Napoleoni M, Schiavano GF, Andreoni F, Brandi G, Amagliani G. 2024. From farm to fork: spread of a multidrug resistant *Salmonella* Infantis clone encoding blaCTX-M-1 on pESI-like plasmids in central Italy. *Int J Food Microbiol* 410:110490. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110490.

25. *Salmonella* (Non-Typhoidal). Available online: https://www.who.int/news-room/

26. Thomson N, Barrow P, Nagy B. 2015. Genome sequences of three *Salmonella* enterica subsp. enterica serovar infantis strains from healthy broiler chicks in hungary and in the United Kingdom. Genome Announc 3:e01468-01414. https://doi.org/10.1128/genomeA.01468-1411.

27. 농림축산검역본부. 국내 가금 도축장의 주요 식중독균 오염 현황 및 분자역학적 특성 분석. 2024.