

제주도에서 분리된 살모넬라균의 혈청형 및 유전학적 특성

강은옥* · 조만재 · 양창희
제주특별자치도 보건환경연구원

Serovars and Genetic Characteristic of *Salmonella* spp. Isolates from Jeju Island, South Korea

Eunok Kang*, Man Jae Cho, Chang Hui Yang
Jeju Institute of Health and Environment, Jeju, Korea

(Received February 2, 2024/Revised March 25, 2024/Accepted March 25, 2024)

ABSTRACT - *Salmonella* spp. is among the most important water-borne and food-borne pathogens and is one of the most common causes of human gastroenteritis and diarrheal diseases globally. In this study, *Salmonella* spp. isolated from food, environmental samples, and patients with food poisoning or diarrhea were investigated *Salmonella* serovars, antibiotic resistance using Vitek2, and genetic characteristics through pulsed-field gel electrophoresis (PFGE). *Salmonella* spp. of 339 strains, including 26 strains from food or environmental samples and 313 strains from patients, were isolated from Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023. The monthly number of isolated *Salmonella* spp. gradually increased from March, with the highest number being in August. No significant differences in *Salmonella* spp. isolated from patients according to gender was observed. However, *Salmonella* spp. was most frequently isolated from people aged 70 years or older and least frequently isolated from those between ages 10 and 19 years. *Salmonella* spp. isolated from food or environmental samples were distributed among eight different serovars and the main serovars were identified in the order of *S. Bareilly* (26.9%), *S. Rissen* (23.1%), and *S. Thompson* (19.3%). *Salmonella* spp. isolated from patients were distributed among 27 different serovars and the main serovars were identified in the order of *S. Bareilly* (31.0%), *S. Typhimurium* (24.6%), and *S. Enteritidis* (11.5%). The main cause serovars of *Salmonella* spp. outbreaks are *S. Bareilly*, *S. Enteritidis*, *S. Thompson*. Antibiotic resistance tests indicated resistance to various antibiotics and some *Salmonella* spp. exhibited multidrug resistance. *Salmonella* spp. showed various genetic correlations among the 17 serovars. These results indicate that they can be used as basic data for epidemiological investigations by predicting the appearance of *Salmonella* spp. and providing a scientific basis.

Keywords: *Salmonella*, Serovars, Antibiotic resistance, PFGE, Diarrhea patient

살모넬라균(*Salmonella* spp.)은 장내세균과에 속하는 막대 모양의 그람 음성 통성 혐기성균으로 운동할 수 있는 편모를 가지고 있으며, 수인성·식품매개질환의 대표적인 원인병원체로 발열, 구토, 설사, 오한 등의 증상을 일으키는 인수공통병원체이다¹⁻³. 살모넬라균은 균체(O)항원과 편모(H)항원의 조합에 따라 2,500여종의 다양한 혈청형으로

분류된다⁴. 살모넬라균의 혈청형은 사람이 유일한 숙주인 *Salmonella* Typhi와 *Salmonella* Paratyphi 같은 티푸스(typhoidal) 균과 다양한 동물이 병원소로 존재할 수 있는 비-티푸스(non-typhoidal) 균으로 나뉜다⁵. 비-티푸스(non-typhoidal) 균 중에서 대표적으로 *S. Typhimurium*과 *S. Enteritidis*는 숙주 특이성이 낮아 전파력과 감염력이 매우 높다⁶. 그리고 비-티푸스(non-typhoidal) 균은 주변의 모든 환경과 닭, 돼지 등 다양한 동물에 분포하고 있기 때문에 살모넬라균의 감염을 예방하기 위한 노력이 필요하다⁷.

한국 질병관리청 감염병 누리집 통계자료에 따르면, 2020년부터 2023년까지 4년간 한국에서 살모넬라균 감염증 환자수는 2020년 1,939명, 2021년 2,999명, 2022년 3,082명, 2023년 3,540명으로 매년 증가하는 것으로 나타났다⁸. 최

*Correspondence to: Eunok Kang, Jeju Institute of Health and Environment, Jeju 63142, Korea
Tel: +82-64-710-7512, Fax: +82-64-710-7549
E-mail: keol128@korea.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

근 제주에서 살모넬라균에 의한 집단식중독으로 감염된 환자 수는 2020년에 제주시 소재 음식점에서 75명, 2022년에 서귀포시 소재 음식점에서 20명, 2023년 제주시 소재 음식점에서 22명이고, 집단식중독 외에도 살모넬라균에 의한 감염 환자는 꾸준히 발생하고 있어 감염에 항상 주의 해야 한다^{9,10}).

살모넬라균 감염증은 살모넬라균에 오염된 과일, 채소 등 농산물을 통해서 감염이 될 수도 있지만, 주로 살모넬라균에 오염된 돼지고기, 계란 등 축산물을 섭취하였을 때 감염이 된다고 알려져 있다¹¹). 질병 예방 및 치료와 성장을 촉진할 목적으로 가축에 항생제를 직접 투약하거나 농장에서 항생제가 첨가된 가축사료를 사용함으로써 항생제 내성 및 다제내성을 가지고 있는 살모넬라균이 나타나게 되었고, 이는 전 세계 공중보건 분야에 심각한 문제가 되고 있다¹²⁻¹⁴). 살모넬라균 감염증을 치료하기 위해서는 항생제 사용이 필요하지만, 항생제 내성 및 다제내성균으로 인해 치료에 필요한 약제를 선택하는데 어려움이 있는 것으로 알려져 있다¹⁵). 항생제 내성 및 다제내성균의 출현이 증가하고 있기 때문에 한국에서는 2011년부터 사료에 항생제 사용을 전면 금지하였으나, 가축을 치료할 목적으로 사용되는 항생제는 여전히 광범위하게 사용되고 있다¹⁶). 항생제 내성이 생긴 살모넬라균에 오염된 축산물을 섭취한 사람의 치료가 어렵기 때문에 가축에서 항생제 내성균의 감시가 국가적인 차원에서 필요해졌고, 현재는 한국의 모든 동물위생시험소에서 축산물을 대상으로 주요 항생제 내성균을 모니터링하고 있다¹⁷).

살모넬라균 혈청형의 유행 조사만으로는 살모넬라균 감염증에 대한 역학적인 분석이 어렵기 때문에 체계적인 역학분석을 위해서는 유전자 수준에서 분석이 필요하다¹⁸). Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE)는 높은 재현성과 판별력으로 살모넬라균을 유전자 수준에서 분석할 수 있기 때문에 최적의 표준으로 인정받고 있다¹⁹). PFGE는 제한효소를 이용하여 세균의 DNA 염색체를 독특한 패턴으로 절단하고, 절단된 패턴을 비교하여 유전적 상관관계를 확인하는 실험방법이다^{20,21}).

본 연구에서는 제주도 지역에서 발생한 집단식중독 및 급성설사질환으로 내원한 환자와 식품 또는 환경검체에서 분리된 살모넬라균의 혈청형, 항생제 내성과 PFGE를 이용한 유전학적 상관관계를 조사하여 살모넬라균의 유행 예측 및 오염원 추적에 필요한 과학적인 근거를 마련하여 역학조사의 기초자료로 활용하고자 하였다.

Materials and Method

조사대상 및 검체수집

조사기간은 2020년 1월부터 2023년 12월까지 4년간이며, 제주도에 생산되는 지역식품 그리고 환경검체는 제

주도내 식품업체에서 기준규격검사로 의뢰된 검체와 식중독 사고로 접수된 검체를 대상으로 실험하여 살모넬라균을 분리하였다. 또한, 인체검체는 제주도 내 5개 협력병원에서 한국 질병관리청 공동조사사업인 수인성·식품매개감염병 병원체 감시사업으로 의뢰된 검체와 병·의원, 보건소에서 균주확인 의뢰 및 식중독사고로 접수된 검체를 대상으로 실험하여 살모넬라균을 분리하였다.

식품 및 환경검체에서 살모넬라균 분리 및 확인 동정

식품에서 살모넬라균의 분리배양 및 동정은 한국 식품의약품안전처 식품공전²²) 방법에 따라 실시하였다. 검체 25 g (mL)에 펩톤식염완충액(buffered peptone water, Oxoid Ltd., Basingstoke, England)을 225 mL을 가한 후 배양기 (VS-3125Di, Vision scientific co. Ltd., Daejeon, Korea)에 넣고, 35°C에서 18-24시간 동안 배양하였다. 이 배양액을 tetrathionate broth (Kisanbio, Seoul, Korea)와 Rappaport-Vassiliadis (RV) broth (BD, Sparks, MD, USA)에 각각 1 mL과 0.1 mL을 첨가하고, 각각 35°C와 42°C에서 20-24시간 동안 증균배양 하였다. 각각의 증균배양액을 XLD agar (BD) 및 desoxycholate citrate agar (Oxoid Ltd.)에 접종하고, 35°C에서 20-24시간 동안 배양하였다. 환경검체에서 살모넬라균의 분리배양 및 동정은 한국 식품의약품안전처 식중독 원인조사 시험법²³)에 따라 실시하였다. Tryptic soy broth (BD) 4 mL에 환경검체가 채취된 면봉을 넣고, 35°C에서 18-24시간 동안 증균배양 하였다. 증균배양액을 XLD agar에 접종하고, 35°C에서 20-24시간 동안 배양하였다. 식품 및 환경검체에서 확인된 의심집락은 nutrient agar (BD)에 옮겨 35°C에서 20-24시간 배양한 후 VITEK 2 compact (Bio-Merieux, Marcy-l'Etoile, France)를 이용하여 살모넬라균을 최종 동정하였다.

인체검체에서 살모넬라균 분리 및 확인 동정

식중독 또는 설사 환자에게서 살모넬라균의 분리배양 및 동정은 한국 질병관리청의 수인성·식품매개질환 실험실 진단 실무 지침²⁴)에 따라 실시하였다. 환자의 대변(1 g) 또는 직장도말된 검체를 tryptic soy broth 4 mL에 넣은 뒤 배양기(HB-103-4, Hanbaek sci., Bucheon, Korea)에 넣고 37°C에서 18-24시간 증균배양한다. DNA 추출은 boiling 방법으로 증균배양액 1 mL을 취하여 13,000 ×g에서 5분간 Legend Micro 17R (Thermo fisher scientific, Waltham, MA, USA)을 이용하여 원심분리 후 상층액을 제거하였고, 여기에 세척을 위해 멸균증류수 500 μL를 넣어 13,000 ×g에서 원심분리를 2회 실시하여 배지의 염을 제거하였다. 수집된 균체에 멸균증류수를 100 μL를 첨가 후 충분히 혼합하고, 100°C에서 10분간 dry bath (Maxtable H10, Daihan Scientific, Wonju, Korea)을 이용하여 가열한 뒤 13,000 ×g에서 10분간 원심분리하여 DNA를 추출하였다. 여기서 추

출된 주형 DNA를 PowerChek™ *Salmonella & Shigella* Real-Time PCR Kit (Kogenebiotech co., Seoul, Korea)와 혼합하고, ABI 7500 Fast Real-Time PCR (Applied Biosystems, Waltham, MA, USA)를 이용하여 *invA* 유전자 보유 여부를 확인하였다. PCR 반응조건은 제조사 시험법에 따라 50°C에서 2분 반응 후 95°C에서 10분 반응 시키고, 95°C에서 15초 반응 후 60°C에서 1분간 반응 시킨 것을 1 cycle로 하여 총 40 cycle을 반복하였다. PCR에서 살모넬라균 유전자가 검출된 검체의 증균액을 SS agar (Oxoid Ltd.)에 접종하고 37°C에서 18-24시간 동안 배양하였다. 확인된 의심집락은 TSA (BD)에 옮겨 37°C에서 18-24시간 배양한 후 VITEK 2 compact 및 maldi-tof (Bruker, Billerica, MA, USA)를 이용하여 살모넬라균을 최종 동정하였다.

혈청형 검사

살모넬라균의 혈청형 시험은 Grimont 등²⁵⁾이 제시한 방법에 따라 실시하였다. 살모넬라균의 균체(O)항원은 Joongkyeom (Goyang, Korea)에서 제조된 표준 항혈청을 사용하여 슬라이드 응집법으로 균체(O)항원을 결정하였다. Phase 1 및 Phase 2의 편모(H)항원은 Becton Dickinson (BD)와 Denka seiken (Tokyo, Japan)에서 제조된 표준 항혈청을 사용하여 Spicer-Edwards의 H 항혈청을 이용한 시험관 응집반응법으로 살모넬라균의 혈청형을 결정하였다.

항생제 감수성 검사

분리된 살모넬라균의 항생제 감수성 실험은 제조사(Bio-Merieux)가 제시하는 방법에 따라 실험하였다. 5 mL tube에 0.45% saline 3 mL을 넣은 뒤 DensiCHEK instrument (Bio-Merieux)에 꽂고, 분리된 살모넬라균을 0.6 McFarland으로 현탁을 하였다. 현탁액 중에서 125 µL를 취하여 0.45% saline 3mL이 들어있는 다른 5 mL tube에 넣고 혼합하였다. 혼합된 현탁액에 AST-N169 card를 꽂은 뒤 VITEK 2 compact를 이용하여 살모넬라균의 항생제 감수성을 실험하였으며, 감수성, 중간내성 및 내성의 판단은 clinical and laboratory standards institute (CLSI)의 기준에 따라 판정하였다²⁶⁾. 조사한 항생제의 종류는 ampicillin, amoxicillin/clavulanic acid, ampicillin/sulbactam, cefalotin, cefazolin, cefotetan, cefoxitin, cefotaxime, ceftriaxone, imipenem, amikacin, gentamycin, nalidixic acid, ciprofloxacin, tetracycline, chloramphenicol, trimethoprim/sulfamethoxazole으로 총 17종이다.

PFGE 실험 및 분석

분리된 살모넬라균을 대상으로 분리 균주들간의 유전학적 상관관계의 확인을 위하여 한국 질병관리청에서 발행한 PFGE 표준실험법으로 PFGE를 실시하였다²⁷⁾. 1 M tris-HCl 50 mL (pH 8.0, Bioneer, Daejeon, Korea)와 0.5 M

EDTA 100 mL (pH 8.0, Bioneer)을 넣고 증류수로 500 mL 되도록 넣은 뒤 멸균하여 cell suspension TE buffer (CSB)를 제조하였다. TSA에 접종하여 순수분리한 살모넬라균을 멸균된 면봉으로 취한 뒤, CSB 2 mL에 multi colorimeter (DR900, Hach, Loveland, CO, USA)을 이용하여 투명도가 20%이 되도록 균을 현탁 하였다. 1.5 mL microcentrifuge tube에 균 현탁액 200 µL와 1.2% seakem gold agarose (Lonza, Basel, Switzerland) 200 µL를 넣고 혼합하고, plug mold에 넣어 실온에서 15분간 굳혀서 plug를 만들었다. 1 M tris-HCl 25 mL (pH 8.0), 0.5 M EDTA 50 mL (pH 8.0), 10% sodium-lauroyl sarcosine 50 mL (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, USA)을 넣고 증류수로 500 mL 되도록 넣은 뒤 멸균하여 cell lysis buffer (CLB)를 제조하였다. CLB 1.5 mL와 proteinase K (20 mg/mL) 50 µL가 들어있는 2 mL microcentrifuge tube에 잘 굳은 plug를 넣고, 진탕 항온수조(SW-90MW, Sang woo scientific co., Bucheon, Korea)에서 100 rpm으로 1시간 30분동안 반응시켰다. Screen cap에 반응이 끝난 plug를 옮기고 screen cap을 조립하여 PVC tube에 넣는다. 1 M tris-HCl (pH 7.6, Bioneer) 10 mL, 0.5 M EDTA (pH 8.0) 2 mL을 넣고 증류수로 1000 mL 되도록 넣은 뒤 멸균하여 plug wash TE buffer (PWB)를 제조하였다. PWB를 PVC tube에 가득 채워서 55°C 진탕항온수조에서 100 rpm으로 20분간 5회 세척하였다. 세척이 끝난 plug를 1 mm 두께로 잘라 *xba* I (40 U/µL) 제한효소(Roche, Mannheim, Germany)를 사용하여 항온수조(LB-WM651, LK Lab Korea, Namyangju, Korea)에서 37°C로 3시간동안 반응시켰다. 전기영동장치 (CHEF Mapper XA System, Bio-Rad, Hercules, CA, USA)에 0.5 X TBE buffer (Bioneer) 2 L를 채운 뒤 1.5 M tiourea (Sigma-Aldrich) 1 mL을 첨가하고, 14°C가 되도록 하였다. 제한효소 처리가 끝난 plug은 1% Seakem Gold agarose을 이용하여 gel을 만들고, 굳힌 뒤 전기영동장치에 옮겨서 included angle 120, initial time 2.16초, final time 63.8 초, 전압 6 V/cm, ramping factor 0으로 설정하고 18시간동안 전기영동을 하였다. Size marker로 표준균주인 *Salmonella* Braenderup BAA-664를 사용하였다. 전기영동이 완료된 후 SYBR gold 염색시약(Invitrogen, Carlsbad, CA, USA)을 사용하여 gel을 20분간 염색하였다. 염색이 끝난 gel을 증류수에 옮겨서 2시간동안 탈색을 실시하였고, 탈색 후에 Gel-Doc System (Bio-Rad)으로 밴드를 확인하였다. PFGE 분석결과는 BioNumerics software version 7.5 (Applied Maths, Sint-Martens-Latem, Belgium)을 이용하여 분석하였다.

Results and Discussion

살모넬라균 분리현황

2020년 1월부터 2023년 12월까지 제주도 지역에서 분

리된 살모넬라균은 식품 및 환경검체에서 26주, 인체검체에서 313주로 총 339주 분리되었고, Table 1에 나타내었다. 연도별로는 2020년은 식품 및 환경검체에서 10주, 인체검체에서 110주로 총 120주가 분리되었고, 2021년은 식품 및 환경검체에서 4주, 인체검체에서 46주로 총 50주가 분리되었다. 2022년은 식품 및 환경검체에서 2주, 인체검체에서 88주로 총 90주가 분리되었고, 2023년은 식품 및 환경검체에서 10주, 인체검체에서 69주로 총 79주가 분리되었다.

2020년 1월부터 2023년 12월까지 월별 인체검체에서 분리된 살모넬라균 현황은 Fig. 1에서 확인할 수 있다. 월별 분리율은 2020년 6월과 11월, 2022년 2월, 2023년 8월이 높게 나타났으며, 이달에는 살모넬라균에 의한 집단식중독이 발생하여 감염된 환자가 많이 발생하였기 때문이다.

살모넬라균에 감염된 환자 중에서 성별로는 남자가 157명(50.2%)이고, 여자가 156명(49.8%)으로 Fig. 2에 나타내었고, 연령별로는 0-9세 42명(13.4%), 10-19세 21명(6.7%), 20-29세(10.2%), 30-39세(9.0%), 40-49세(13.1%), 50-59세(10.9%), 60-69세(15.3%), 70세 이상(21.4%)으로 Fig. 3에 나타내었다. 모니터링하는 인체검체의 연령비율이 70세 이상에서 많았기 때문에 분리된 살모넬라균의 연령분포에서 가장 많은 부분을 차지하였다.

살모넬라균 혈청형 분석

식품 및 환경검체에서 분리된 살모넬라균 혈청형은 4그룹으로 총 8종의 혈청형이며, Table 2에 나타내었다. 식품 및 환경검체에서 분리된 살모넬라균의 주요 혈청형은 *S. Bareilly* 7주(26.9%), *S. Rissen* 6주(23.1%), *S. Thompson* 5주(19.3%) 혈청형이 확인되었고, 이 3종의 혈청형이 식품 및 환경검체에서 분리된 살모넬라균의 69.3%를 차지하였다. 이외에도 *S. I4,[5],12:i:-* 3주(11.6%), *S. Panama* 2주(7.7%), *S. Typhimurium* 1주(3.8%), *S. Infantis* 1주(3.8%), *S. Tibati* 1주(3.8%) 혈청형이 확인되었다. 연도별로 가장 많이 분리된 살모넬라균은 2020년에 *S. Bareilly*, 2021년에 *S. I4,[5],12:i:-*, 2022년에 *S. Panama*, 2023년에 *S. Thompson*이었다.

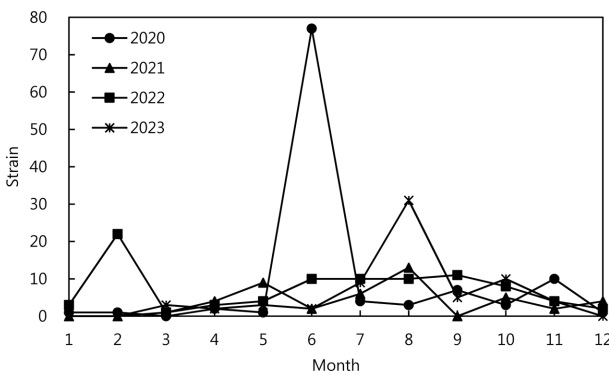


Fig. 1. Yearly distribution of *Salmonella* spp. isolated from patients in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023.

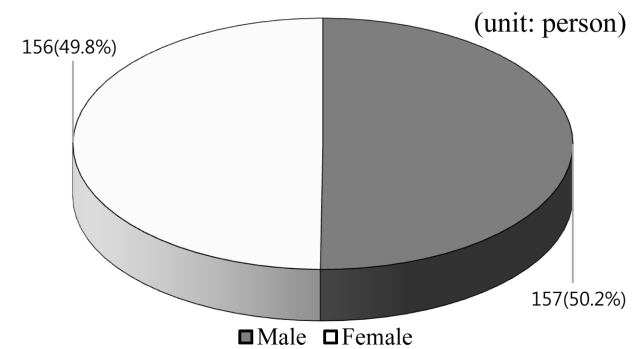


Fig. 2. Distribution of *Salmonella* spp. isolated from patients in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023 by gender.

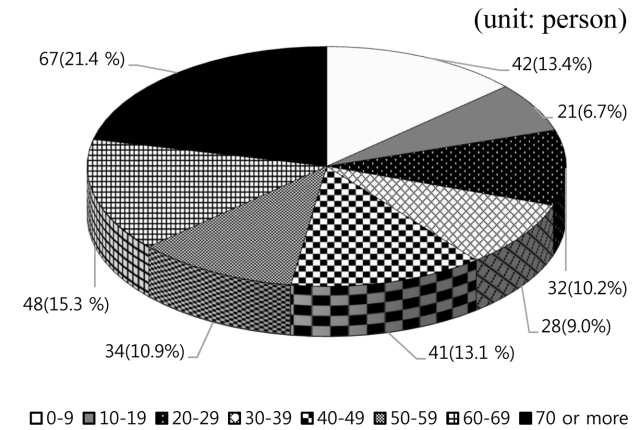


Fig. 3. Distribution of *Salmonella* spp. isolated from patients in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023 by age.

Table 1. Isolation status of *Salmonella* spp. isolated in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Year	Food or environmental samples		Patients		Total
	Food poisoning	Non-food poisoning	Food poisoning	Non-food poisoning	
2020	7	3	83	27	120
2021	0	4	0	46	50
2022	0	2	24	64	90
2023	5	5	22	47	79
Total	12	14	129	184	339

인체검체에서 분리된 살모넬라균 혈청형은 6그룹으로 총 27종의 혈청형을 Table 3에 나타내었다. 인체검체에서 분리된 살모넬라균의 주요 혈청형은 *S. Bareilly* 96주 (30.7%), *S. Typhimurium* 77주(24.6%), *S. Enteritidis* 37주

(11.8%) 혈청형이 확인되었고, 이는 인체검체에서 분리된 살모넬라균의 67.1%를 차지하였다. 이 외에도 *S. Thompson* 32주(10.2%), *S. Montevideo* 16주(5.1%), *S. Agona* 9주 (2.9%), *S. Infantis* 6주(1.9%), *S. Livingstone* 6주(1.9%), *S.*

Table 2. Serogroup and serotype distribution of *Salmonella* spp. isolated from food or environmental samples in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Serogroup	Serotype	2020	2021	2022	2023	Total	Isolation rate (%)
B	<i>S. Typhimurium</i>	1	0	0	0	1	3.8
	<i>S. I4,[5],12:i:-</i>	0	3	0	0	3	11.6
C	<i>S. Bareilly</i>	7	0	0	0	7	26.9
	<i>S. Infantis</i>	1	0	0	0	1	3.8
	<i>S. Rissen</i>	1	1	0	4	6	23.1
	<i>S. Thompson</i>	0	0	0	5	5	19.3
D	<i>S. Panama</i>	0	0	2	0	2	7.7
E	<i>S. Tibati</i>	0	0	0	1	1	3.8

Table 3. Serogroup and serotype distribution of *Salmonella* spp. isolated from patients in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Serogroup	Serotype	2020	2021	2022	2023	Total	Isolation rate (%)
B	<i>S. Agona</i>	0	2	4	3	9	2.9
	<i>S. Derby</i>	0	1	0	0	1	0.3
	<i>S. Kaapstad</i>	0	0	1	0	1	0.3
	<i>S. Saintpaul</i>	0	0	1	0	1	0.3
	<i>S. Schleissheim</i>	1	0	0	0	1	0.3
	<i>S. Schwarzengrund</i>	0	0	2	0	2	0.7
	<i>S. Stanley</i>	0	0	2	0	2	0.7
	<i>S. Typhimurium</i>	11	22	36	8	77	24.6
	<i>S. I4,[5],12:i:-</i>	0	0	0	5	5	1.6
	C	<i>S. Bareilly</i>	89	1	2	4	96
<i>S. Bovismorbificans</i>		0	0	1	0	1	0.3
<i>S. Braenderup</i>		1	0	0	1	2	0.7
<i>S. Infantis</i>		0	2	3	1	6	1.9
<i>S. Litchfield</i>		0	0	0	1	1	0.3
<i>S. Livingstone</i>		1	1	3	1	6	1.9
<i>S. Menston</i>		0	0	1	0	1	0.3
<i>S. Montevideo</i>		3	7	1	5	16	5.1
<i>S. Narashino</i>		0	0	0	2	2	0.7
<i>S. Rissen</i>		2	1	2	1	6	1.9
D	<i>S. Thompson</i>	0	0	1	31	32	10.2
	<i>S. Enteritidis</i>	2	5	26	4	37	11.8
	<i>S. Lome</i>	0	0	1	0	1	0.3
E	<i>S. Panama</i>	0	1	0	0	1	0.3
	<i>S. London</i>	0	0	0	1	1	0.3
G	<i>S. Weltevreden</i>	0	2	0	1	3	1.0
	<i>S. Mississippi</i>	0	0	1	0	1	0.3
O	<i>S. Alachua</i>	0	1	0	0	1	0.3

Rissen 6주(1.9%), *S.* I4,[5],12:i:- 5주(1.6%), *S.* Weltevreden 3주(1.0%) 등의 혈청형이 확인되었다. 연도별로 가장 많이 분리된 살모넬라균은 2020년에 *S.* Bareilly, 2021년에 *S.* Typhimurium, 2022년에 *S.* Typhimurium, 2023년에 *S.* Thompson이었다.

집단식중독의 원인균이었던 살모넬라균 혈청형으로는 2020년 6월과 11월에는 *S.* Bareilly, 2022년 2월에는 *S.* Enteritidis, 2023년 8월에는 *S.* Thompson이 있으며, 이 살모넬라균 혈청형은 집단식중독으로 인해 분리율이 높은 것으로 나타났다. 특히, 2020년 *S.* Bareilly와 2023년 *S.* Thompson은 집단식중독으로 인해 식품 및 환경검체와 인체검체에서 동일한 살모넬라균 혈청형이 가장 많이 분리되었다.

사람에게 질병을 일으키는 대표적인 살모넬라균 혈청형은 *S.* Typhimurium과 *S.* Enteritidis이 있으며, 살모넬라균 혈청형에 따라 사람에게 질병을 일으키거나 질병을 일으키지 않을 수도 있기 때문에 Thompson 등²⁸⁾은 살모넬라균 혈청형이 질병과의 연관성에 있어서 매우 중요하다고 보고하였다. 그리고 Park 등²⁹⁾은 국내에서 살모넬라균 감염된 환자는 1996년도까지는 *S.* Typhimurium이 가장 많이 분리되었으나, 향후 10년동안은 *S.* Enteritidis이 더 많이 분리되었다고 보고하였고, Kim 등²⁾은 살모넬라균 혈

청형이 매년 다양하게 분리되는 경향을 보이기 때문에 식품 및 환자에서 분리된 살모넬라균 혈청형의 유행 조사가 지속적으로 필요하다고 보고하였다.

살모넬라균 항생제 감수성

식품 및 환경검체에서 분리된 살모넬라균에 대한 항생제 내성 실험결과는 Table 4에서 확인할 수 있다. 살모넬라균의 내성률은 ampicillin 26.9% (n=7), ampicillin/sulbatam 26.9% (n=7), tetracycline 11.5% (n=3), nalidixic acid 7.7% (n=2), chloramphenicol 7.7% (n=2), gentamicin 3.8% (n=1), trimethoprim/sulfamethoxazole 3.8% (n=1) 순으로 나타났고, amoxicillin/clavulanic acid, cefazolin, cefotetan, cefoxitin, cefotaxime, ceftriaxone, imipenem, amikacin, ciprofloxacin에 대해서는 내성을 보이지 않았다. 혈청형별로 항생제 내성 차이는 Table 5에 나타내었다. *S.* Rissen 6주는 ampicillin 50.0% (n=3), ampicillin/sulbatam 50.0% (n=3), chloramphenicol 50.0% (n=3), nalidixic acid 16.7% (n=1)의 항생제 내성률을 보였다. *S.* I4,[5],12:i:- 3주는 ampicillin, ampicillin/sulbatam, tetracycline에서 100% 항생제 내성을 보였으며, *S.* Typhimurium 1주는 ampicillin, ampicillin/sulbatam, gentamicin, nalidixic acid, chloramphenicol, trimethoprim/sulfamethoxazole에서 100% 항생제 내성을 보였다. 그리고

Table 4. Antimicrobial susceptible of *Salmonella* spp. isolated from food or environmental samples in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Class of antibiotics	Antimicrobial agents	Number of isolates (%)		
		Susceptible	Intermediate	Resistant
Penicillins/ β-lactamase inhibitors	AMP ¹⁾	19(73.1)	0(0.0)	7(26.9)
	AMC ²⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
	SAM ³⁾	19(73.1)	0(0.0)	7(26.9)
Cephalosporins	CF ⁴⁾	25(96.2)	1(3.8)	0(0.0)
	CZ ⁵⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
	CTT ⁶⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
	FOX ⁷⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
	CTX ⁸⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
	CRO ⁹⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
Carbapenems	IPM ¹⁰⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
Aminoglycoside	AN ¹¹⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
	GM ¹²⁾	22(84.7)	3(11.5)	1(3.8)
Quinolones	NA ¹³⁾	24(92.3)	0(0.0)	2(7.7)
	CIP ¹⁴⁾	26(100)	0(0.0)	0(0.0)
Tetracycline	TE ¹⁵⁾	20(77.0)	3(11.5)	3(11.5)
Phenicol	C ¹⁶⁾	24(92.3)	0(0.0)	2(7.7)
Antifolate agents	SXT ¹⁷⁾	25(96.2)	0(0.0)	1(3.8)

¹⁾Ampicillin; ²⁾Amoxicillin/clavulanic acid; ³⁾Ampicillin/sulbactam; ⁴⁾Cefalotin; ⁵⁾Cefazolin; ⁶⁾Cefatetan; ⁷⁾Cefoxitin; ⁸⁾Cefotaxime; ⁹⁾Ceftriaxone; ¹⁰⁾Imipenem; ¹¹⁾Amikacin; ¹²⁾Gentamicin; ¹³⁾Nalidixic acid; ¹⁴⁾Ciprofloxacin; ¹⁵⁾Tetracycline; ¹⁶⁾Chloramphenicol; ¹⁷⁾Trimethoprim/sulfamethoxazole.

Table 5. Antimicrobial resistance rates by *Salmonella* serotype isolated from food or environmental samples in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Antimicrobial agents	Number of isolates (%)			
	<i>S. Rissen</i>	<i>S. I4,[5],12:i:-</i>	<i>S. Typhimurium</i>	Other serotype
No.	6	3	1	16
AMP ¹⁾	3(50.0)	3(100)	1(100)	0(0.0)
AMC ²⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
SAM ³⁾	3(50.0)	3(100)	1(100)	0(0.0)
CF ⁴⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CZ ⁵⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CTT ⁶⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
FOX ⁷⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CTX ⁸⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CRO ⁹⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
IPM ¹⁰⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
AN ¹¹⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
GM ¹²⁾	0(0.0)	0(0.0)	1(100)	0(0.0)
NA ¹³⁾	1(16.7)	0(0.0)	1(100)	0(0.0)
CIP ¹⁴⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
TE ¹⁵⁾	0(0.0)	3(100)	0(0.0)	0(0.0)
C ¹⁶⁾	3(50.0)	0(0.0)	1(100)	0(0.0)
SXT ¹⁷⁾	0(0.0)	0(0.0)	1(100)	0(0.0)

¹⁾Ampicillin; ²⁾Amoxicillin/clavulanic acid; ³⁾Ampicillin/sulbactam; ⁴⁾Cefalotin; ⁵⁾Cefazolin; ⁶⁾Cefatetan; ⁷⁾Cefoxitin; ⁸⁾Cefotaxime; ⁹⁾Ceftriaxone; ¹⁰⁾Imipenem; ¹¹⁾Amikacin; ¹²⁾Gentamicin; ¹³⁾Nalidixic acid; ¹⁴⁾Ciprofloxacin; ¹⁵⁾Tetracycline; ¹⁶⁾Chloramphenicol; ¹⁷⁾Trimethoprim/sulfamethoxazole.

나머지 *S. Bareilly* 7주, *S. Thompson* 5주, *S. Panama* 2주, *S. Infantis* 1주, *S. Tibati* 1주에서는 항생제 내성을 보이지 않았다.

인체검체에서 분리된 살모넬라균에 대한 항생제 내성 실험결과는 Table 6에서 확인할 수 있다. 살모넬라균의 내성률은 ampicillin 27.5% (n=86), ampicillin/sulbatam 20.8% (n=65), nalidixic acid 19.5% (n=61), tetracycline 15.0% (n=47), chloramphenicol 10.2% (n=32), trimethoprim/sulfamethoxazole 7.3% (n=23), gentamicin 6.7% (n=21), cefalotin 2.2% (n=7), cefazolin 1.6% (n=5), cefotaxime 1.3% (n=4) ceftriaxone 1.0% (n=3), ciprofloxacin 0.6% (n=2), amoxicillin/clavulanic acid 0.3% (n=1), cefoxitin 0.3% (n=1) 순으로 나타났고, cefotetan, imipenem, amikacin에 내성인 살모넬라균은 분리되지 않았다. 혈청형별로 항생제 내성 차이는 Table 7에 나타내었다. *S. Typhimurium* 77주는 ampicillin 66.2% (n=51), ampicillin/sulbatam 46.8% (n=36), tetracycline 37.7% (n=29), chloramphenicol 33.8% (n=26), nalidixic acid 29.9% (n=23), trimethoprim/sulfamethoxazole 26.0% (n=20), gentamicin 22.1% (n=17), cefalotin 3.9% (n=3), cefazolin 2.6% (n=2), cefotaxime 2.6% (n=2), amoxicillin/clavulanic acid 1.4% (n=1),

cefoxitin 1.4% (n=1), ceftriaxone 1.4% (n=1), *S. Enteritidis* 37주는 nalidixic acid 91.9% (n=34), ampicillin 64.9% (n=24), ampicillin/sulbatam 62.2% (n=23), tetracycline 16.2% (n=6), cefalotin 8.1% (n=3), cefazolin 8.1% (n=3), gentamicin 8.1% (n=3), cefotaxime 5.4% (n=2), ceftriaxone 5.4% (n=2), chloramphenicol 5.4% (n=2), *S. Montevideo* 16주는 ampicillin 6.3% (n=1), amoxicillin/clavulanic acid 6.3% (n=1), ampicillin/sulbatam 6.3% (n=1), gentamicin 6.3% (n=1), nalidixic acid 6.3% (n=1), chloramphenicol 6.3% (n=1), trimethoprim/sulfamethoxazole 6.3% (n=1), *S. Infantis* 6주는 nalidixic acid 16.7% (n=1), tetracycline 16.7% (n=1), *S. Rissen* 6주는 ampicillin 50% (n=3), ampicillin/sulbatam 33.3% (n=2), tetracycline 50% (n=3), chloramphenicol 33.3% (n=2), cefalotin 16.7% (n=1), *S. I4,[5],12:i:-* 5주는 ampicillin 100% (n=5), tetracycline 100% (n=5), ampicillin/sulbatam 60.0% (n=3), ciprofloxacin 20% (n=1), chloramphenicol 20% (n=1), trimethoprim/sulfamethoxazole 20% (n=1), *S. Weltevreden* 3주는 ampicillin 33.3% (n=1), nalidixic acid 33.3% (n=1), ciprofloxacin 33.3% (n=1), tetracycline 33.3% (n=1)의 항생제 내성을 각각 보였다. *S. Saintpaul* 1주는 nalidixic acid, tetracycline에서 항생제 내성을 보였고,

Table 6. Antimicrobial susceptible of *Salmonella* spp. isolated from patients in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Class of antibiotics	Antimicrobial agents	Number of isolates (%)		
		Susceptible	Intermediate	Resistant
Penicillins/ β-lactamase inhibitors	AMP ¹⁾	226(72.2)	1(0.3)	86(27.5)
	AMC ²⁾	288(92.0)	24(7.7)	1(0.3)
	SAM ³⁾	231(73.8)	21(6.7)	61(19.5)
Cephalosporins	CF ⁴⁾	299(95.6)	7(2.2)	7(2.2)
	CZ ⁵⁾	307(98.1)	1(0.3)	5(1.6)
	CTT ⁶⁾	313(100.0)	0(0.0)	0(0.0)
	FOX ⁷⁾	310(99.1)	2(0.6)	1(0.3)
	CTX ⁸⁾	309(98.7)	0(0.0)	4(1.3)
	CRO ⁹⁾	309(98.7)	1(0.3)	3(1.0)
Carbapenems	IPM ¹⁰⁾	313(100.0)	0(0.0)	0(0.0)
Aminoglycoside	AN ¹¹⁾	313(100.0)	0(0.0)	0(0.0)
	GM ¹²⁾	288(92.0)	4(1.3)	21(6.7)
Quinolones	NA ¹³⁾	252(80.5)	0(0.0)	61(19.5)
	CIP ¹⁴⁾	310(99.1)	1(0.3)	2(0.6)
Tetracycline	TE ¹⁵⁾	262(83.7)	4(1.3)	47(15.0)
Phenicol	C ¹⁶⁾	280(89.5)	1(0.3)	32(10.2)
Antifolate agents	SXT ¹⁷⁾	290(92.7)	0(0.0)	23(7.3)

¹⁾Ampicillin; ²⁾Amoxicillin/clavulanic acid; ³⁾Ampicillin/sulbactam; ⁴⁾Cefalotin; ⁵⁾Cefazolin; ⁶⁾Cefatetan; ⁷⁾Cefoxitin; ⁸⁾Cefotaxime; ⁹⁾Ceftriaxone; ¹⁰⁾Imipenem; ¹¹⁾Amikacin; ¹²⁾Gentamicin; ¹³⁾Nalidixic acid; ¹⁴⁾Ciprofloxacin; ¹⁵⁾Tetracycline; ¹⁶⁾Chloramphenicol; ¹⁷⁾Trimethoprim/sulfamethoxazole.

Table 7. Antimicrobial resistance rates by *Salmonella* serotype isolated from patients in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Antimicrobial agents	Number of isolates (%)									
	<i>S.</i> Typhimurium	<i>S.</i> Enteritidis	<i>S.</i> Montevideo	<i>S.</i> Infantis	<i>S.</i> Rissen	<i>S.</i> I4,[5],12:i:- <i>S.</i> Weltevreden	<i>S.</i> Saintpaul	<i>S.</i> Litchfield	Other serotype	
No.	77	37	16	6	6	5	3	1	1	161
AMP ¹⁾	51(66.2)	24(64.9)	1(6.3)	0(0.0)	3(50.0)	5(100)	1(33.3)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
AMC ²⁾	1(1.4)	0(0.0)	1(6.3)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
SAM ³⁾	36(46.8)	23(62.2)	1(6.3)	0(0.0)	2(33.3)	3(60.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CF ⁴⁾	3(3.9)	3(8.1)	0(0.0)	0(0.0)	1(16.7)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CZ ⁵⁾	2(2.6)	3(8.1)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CTT ⁶⁾	0(0.0)	0(0.0)	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 ⁷⁾	1(1.4)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CTX ⁸⁾	2(2.6)	2(5.4)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
CRO ⁹⁾	1(1.4)	2(5.4)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
IPM ¹⁰⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
AN ¹¹⁾	0(0.0)	0(0.0)	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 ¹²⁾	17(22.1)	3(8.1)	1(6.3)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
NA ¹³⁾	23(29.9)	34(91.9)	1(6.3)	1(16.7)	0(0.0)	0(0.0)	1(33.3)	1(100)	0(0.0)	0(0.0)
CIP ¹⁴⁾	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(20.0)	1(33.3)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
TE ¹⁵⁾	29(37.7)	6(16.2)	0(0.0)	1(16.7)	3(50.0)	5(100)	0(0.0)	1(100)	1(100)	0(0.0)
C ¹⁶⁾	26(33.8)	2(5.4)	1(6.3)	0(0.0)	2(33.3)	1(20.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
SXT ¹⁷⁾	20(26.0)	0(0.0)	1(6.3)	0(0.0)	0(0.0)	1(20.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100)	0(0.0)

¹⁾Ampicillin; ²⁾Amoxicillin/clavulanic acid; ³⁾Ampicillin/sulbactam; ⁴⁾Cefalotin; ⁵⁾Cefazolin; ⁶⁾Cefatetan; ⁷⁾Cefoxitin; ⁸⁾Cefotaxime; ⁹⁾Ceftriaxone; ¹⁰⁾Imipenem; ¹¹⁾Amikacin; ¹²⁾Gentamicin; ¹³⁾Nalidixic acid; ¹⁴⁾Ciprofloxacin; ¹⁵⁾Tetracycline; ¹⁶⁾Chloramphenicol; ¹⁷⁾Trimethoprim/sulfamethoxazole.

S. Litchfield 1주는 tetracycline, trimethoprim/sulfamethoxazole 에서 항생제 내성을 보였다. 그리고 나머지 *S. Bareilly* 96 주, *S. Thompson* 32주, *S. Agona* 9주, *S. Livingstone* 6주, *S. Braenderup* 2주, *S. Schwarzengrund* 2주, *S. Stanley* 2 주, *S. Narashino* 2주, *S. Derby* 1주, *S. Kaapstad* 1주, *S. Schleissheim* 1주, *S. Bovismorbificans* 1주, *S. Menston* 1 주, *S. Lome* 1주, *S. Panama* 1주, *S. London* 1주, *S. Mississippi* 1주, *S. Alachua* 1주에서는 항생제 내성을 보 이지 않았다. Cho 등³⁰⁾은 환자에서 분리된 살모넬라균의 항생제 내성률이 ampicillin 40%, tetracycline 39%, nalidixic acid 23%, chloramphenicol 14%이라고 보고하였고, Kwon 등³¹⁾은 환자에게서 분리된 살모넬라균의 항생제 내성률은 ampicillin 50%, tetracycline 40%이고, 축산물 에서 분리된 살모넬라균의 항생제 내성률은 nalidixic acid 74%, tetracycline 67%, streptomycin 67%라고 보고하였다. 이와 같이 항생제 내성률 차이는 혈청형별 및 검사 항생제별 차이에 의한 것이라고 Park 등³²⁾은 보고하였다.

항생제 다제내성 유형

식품 및 환경검체에서 분리된 살모넬라균 26주 중에서

두 가지 이상의 항생물질에 대해서 내성을 갖는 다제내성 살모넬라균은 7주(26.9%)로 Table 8에서 확인할 수 있다. 또한, 식품 및 환경검체에서 분리된 살모넬라균 7주에서 ampicillin와 ampicillin/sulbatam가 동시 내성을 보였고, 다제내성 유형은 3제, 4제, 6제의 3가지 유형을 보였다. 연도별로 다제내성을 갖는 살모넬라균은 2020년에 2주, 2021년에 3주, 2022년 0주, 2023년에 2주가 분리되었다. *S. Typhimurium* 1주(3.8%)에서 다제내성이 6제(AMP-SAM-GM-NA-C-SXT)로 식품 및 환경검체에서 분리된 살모넬라균 중에서 가장 많은 다제내성을 갖는 살모넬라균으로 나타났다. *S. Rissen*은 3제(AMP-SAM-C) 내성이 2주 (7.7%), 4제(AMP-SAM-NA-C) 내성이 1주(3.8%)로 2가지 내성 유형을 보였고, *S. I4,[5],12:i:-*은 3제(AMP-SAM-TE) 내성이 3주(11.6%)로 1가지 내성 유형을 보였다.

인체검체에서 분리된 살모넬라균 313주 중에서 두 가지 이상의 항생물질에 대해서 내성을 갖는 다제내성 살모넬라균은 93주(29.7%)로 Table 9에서 확인할 수 있다. 또한, 살모넬라균 65주에서 ampicillin와 ampicillin/sulbatam가 동시 내성을 보였고, 다제내성 유형은 2제에서 10제까지 다양한 유형을 보였다. 연도별로 다제내성을 갖는 살모넬라

Table 8. Multidrug resistance observed among *Salmonella* spp. isolated from food or environmental samples in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Multidrug resistant	2020	2021	2022	2023	Total (%)
0	8	1	2	8	19(73.1)
1	0	0	0	0	0(0.0)
2	0	0	0	0	0(0.0)
3	0	3	0	2	5(19.3)
4	1	0	0	0	1(3.8)
5	0	0	0	0	0(0.0)
6	1	0	0	0	1(3.8)

Table 9. Multidrug resistance observed among *Salmonella* spp. isolated from patients in Jeju Island of South Korea between 2020 and 2023

Multidrug resistant	2020	2021	2022	2023	Total (%)
0	99	18	43	49	209(66.8)
1	2	2	6	1	11(3.5)
2	0	5	4	3	12(3.8)
3	2	10	26	8	46(14.7)
4	0	2	6	3	11(3.5)
5	1	4	3	3	11(3.5)
6	5	4	0	0	9(2.9)
7	0	0	0	0	0(0.0)
8	1	0	0	0	1(0.3)
9	0	0	0	2	2(0.7)
10	0	1	0	0	1(0.3)

균은 2020년에 9주, 2021년에 26주, 2022년 39주, 2023년에 19주가 분리되었다. *S. Typhimurium* 1주(0.3%)에서 다제내성이 10제(AMP-SAM-CF-CZ-CTX-CRO-GM-NA-TE-C)로 인체검체에서 분리된 살모넬라균 중에서 가장 많은 다제내성을 갖는 살모넬라균으로 나타났다. 그리고 *S. Enteritidis* 2주(0.7%)는 9제(AMP-SAM-CF-CZ-CTX-CRO-GM-NA-TE) 다제내성을 보였고, *S. Typhimurium* 1주(0.3%)는 8제(AMP-AMC-SAM-CF-CZ-FOX-CTX-SXT) 다제내성을 보였다.

PFGE에 의한 유전적 상관관계 분석

2020년 1월부터 2023년 12월까지 제주도 지역에서 분리된 339주의 살모넬라균 중에서 혈청형이 2주 이상 같은 살모넬라균을 대상으로 유전적 상관관계를 알아보기 위하여 PFGE를 실시하였고, Fig. 4와 같이 유전적 상관관계를 나타내었다. 16개 살모넬라균 혈청형의 유전자 상관관계는 각각 *S. Agona* 5개 유형에서 47.3-100%, *S. Bareilly* 3개 유형에서 92.8-100%, *S. Braenderup* 2개 유형에서

88.9%, *S. Enteritidis* 13개 유형에서 56.2-100%, *S. Infantis* 5개 유형에서 66.7-100%, *S. Livingstone* 2개 유형에서 55.2-100%, *S. Montevideo* 3개 유형에서 60.7-100%, *S. Narashino* 1개 유형에서 100%, *S. Panama* 2개 유형에서 50.0-100%, *S. Rissen* 8개 유형에서 59.3-100%, *S. Schwarzengrund* 1개 유형에서 100%, *S. Stanly* 1개 유형에서 100%, *S. Thompson* 1개 유형에서 100%, *S. Typhimurium* 28개 유형에서 60.8-100%, *S. 14,[5],12:i:-* 4개 유형에서 87.9-100%, *S. Weltevreden* 3개 유형에서 61.3-80%로 다양하게 나타났다. 살모넬라균 중에서 2020년 집단식중독을 일으켰던 *S. Bareilly*는 식품 및 환경검체 7주와 인체검체 83주로 총 90주의 유전적 상관관계 100%으로 나타났고, 2022년 집단식중독을 일으켰던 *S. Enteritidis*는 인체검체 20주로 유전적 상관관계는 95.4-100%으로 나타났다. 그리고 2021년 집단식중독을 일으켰던 *S. Thompson*은 식품 및 환경검체 5주와 인체검체 22주로 총 27주의 유전적 상관관계는 100%로 나타난 것으로 보아 식중독과 관련된 검체에서 분리된 살모넬라균의 유전적 상관관계가 높게 나타났기 때문에

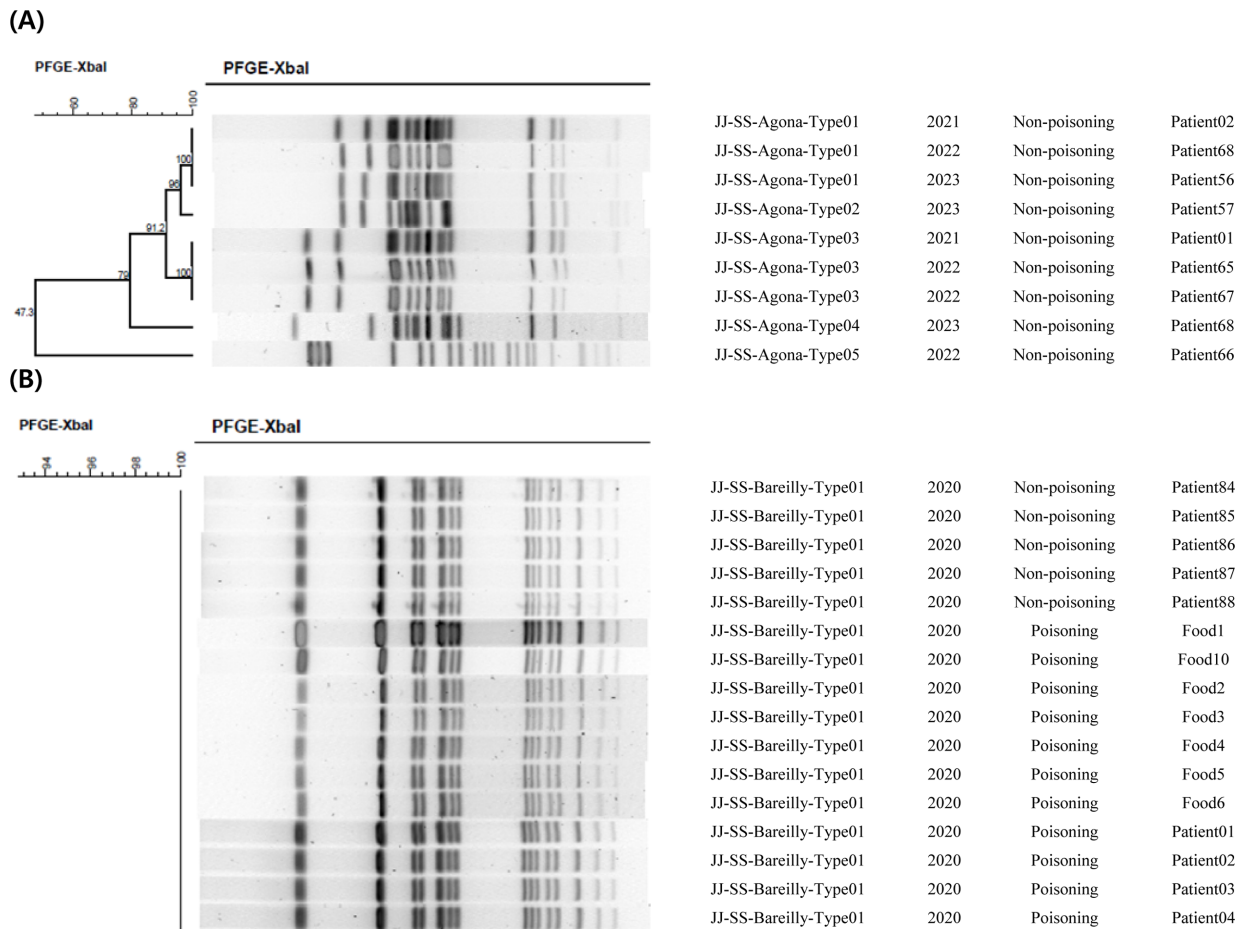


Fig. 4. Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) analysis of *Salmonella* spp. isolates. (A) *S. Agona*; (B) *S. Bareilly*; (C) *S. Braenderup*; (D) *S. Enteritidis*; (E) *S. Infantis*; (F) *S. Livingstone*; (G) *S. Montevideo*; (H) *S. Narashino*; (I) *S. Panama*; (J) *S. Rissen*; (K) *S. Schwarzengrund*; (L) *S. Stanley*; (M) *S. Thompson*; (N) *S. Typhimurium*; (O) *S. 14,[5],12:i:-*; (P) *S. Weltevreden*.

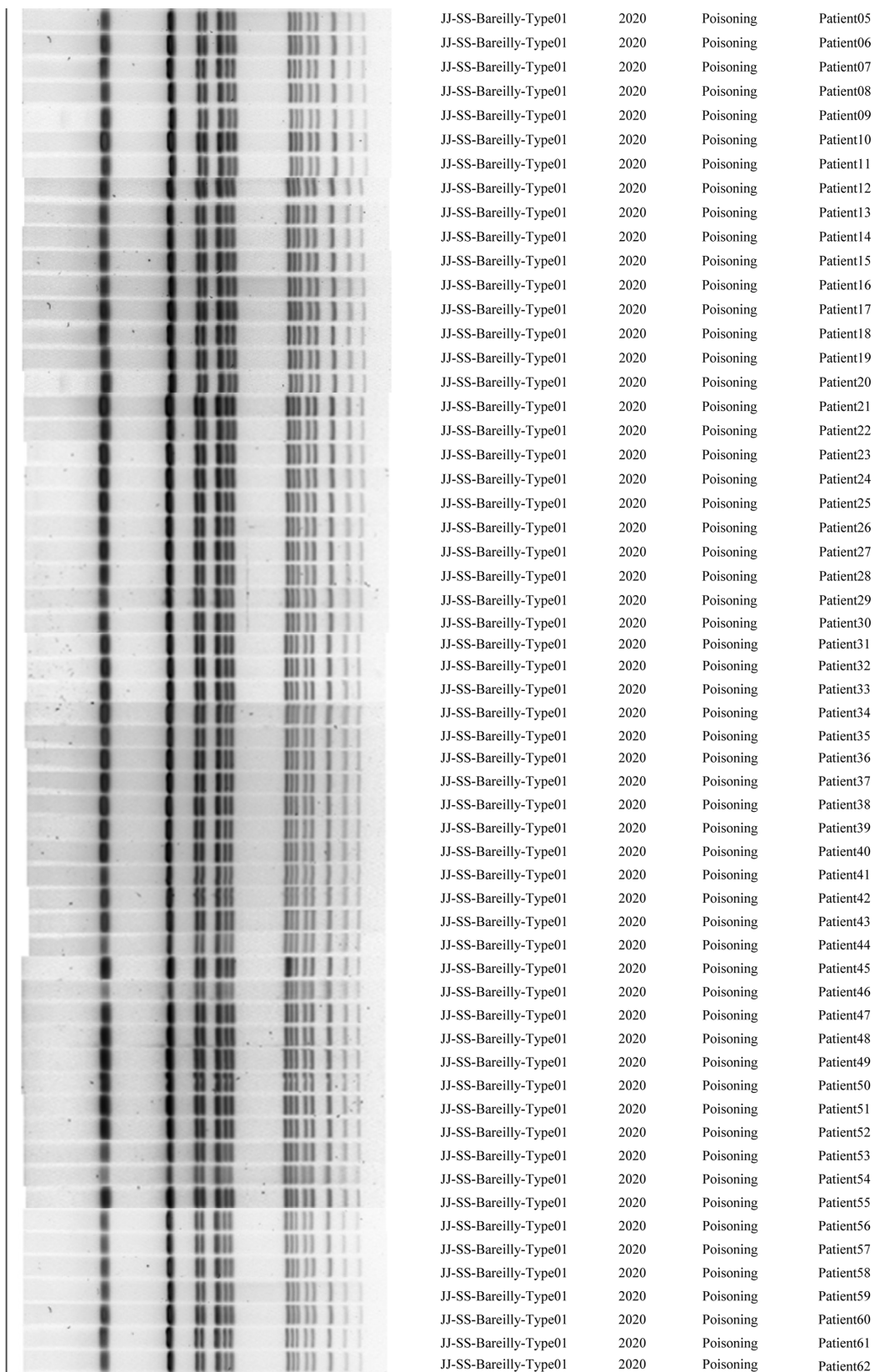


Fig. 4. (Continued) Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) analysis of *Salmonella* spp. isolates.

(A) *S. Agona*; (B) *S. Bareilly*; (C) *S. Braenderup*; (D) *S. Enteritidis*; (E) *S. Infantis*; (F) *S. Livingstone*; (G) *S. Montevideo*; (H) *S. Narashino*; (I) *S. Panama*; (J) *S. Rissen*; (K) *S. Schwarzengrund*; (L) *S. Stanley*; (M) *S. Thompson*; (N) *S. Typhimurium*; (O) *S. 14,[5],12:i:-*; (P) *S. Weltevreden*.

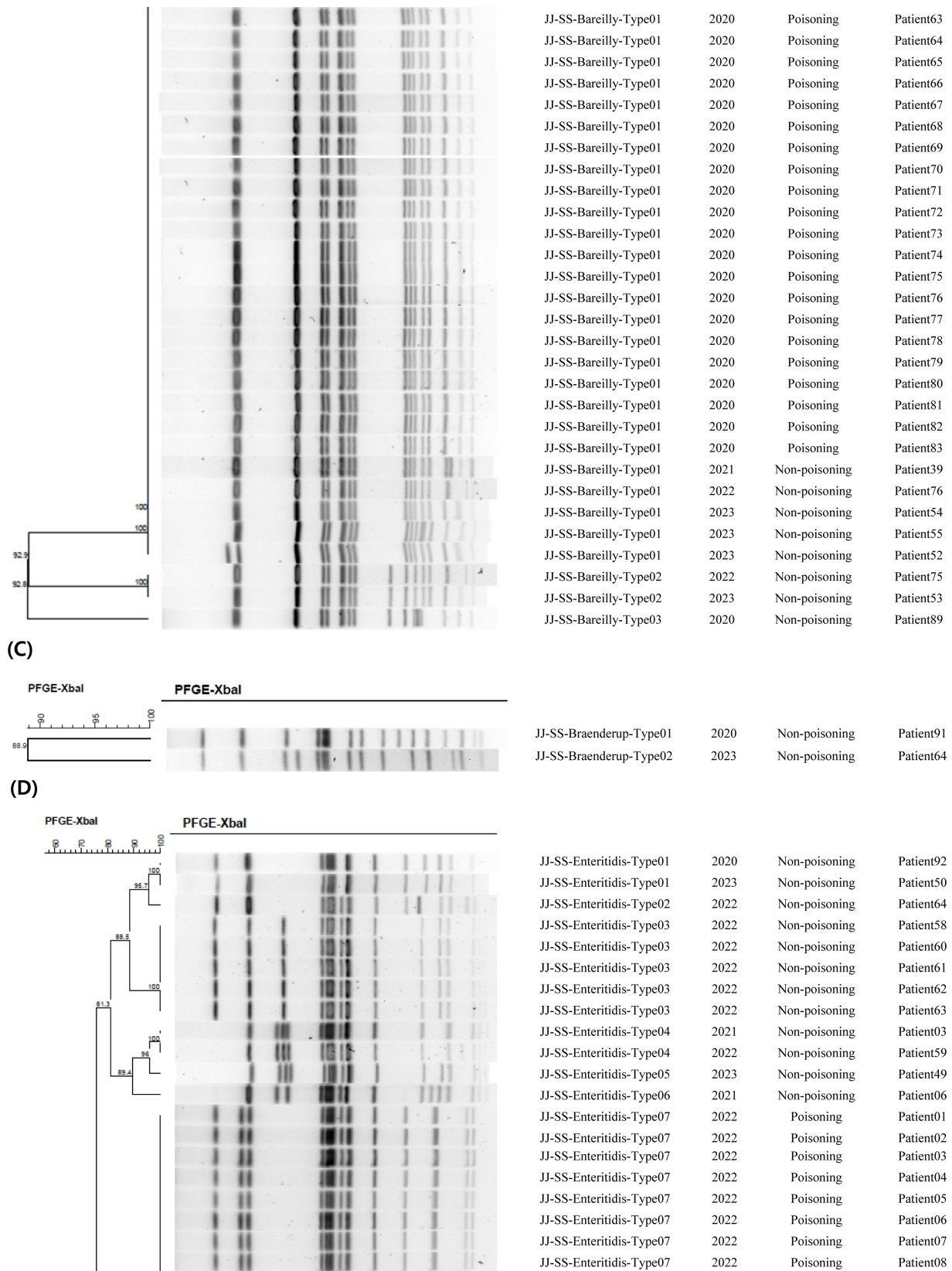


Fig. 4. (Continued) Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) analysis of *Salmonella* spp. isolates. (A) *S. Agona*; (B) *S. Bareilly*; (C) *S. Braenderup*; (D) *S. Enteritidis*; (E) *S. Infantis*; (F) *S. Livingstone*; (G) *S. Montevideo*; (H) *S. Narashino*; (I) *S. Panama*; (J) *S. Rissen*; (K) *S. Schwarzengrund*; (L) *S. Stanley*; (M) *S. Thompson*; (N) *S. Typhimurium*; (O) *S. I4,[5],12:i:-*; (P) *S. Weltevreden*.

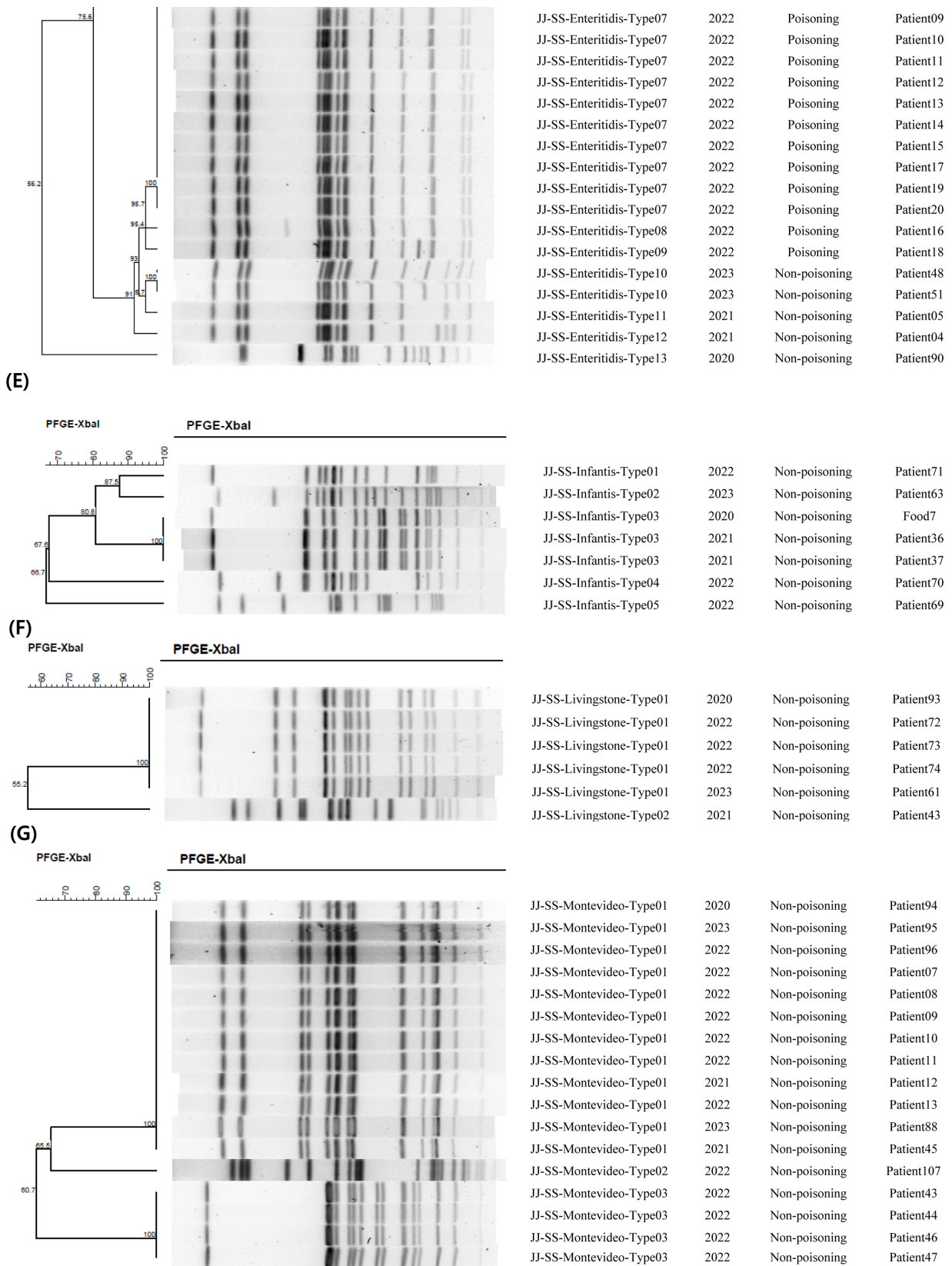


Fig. 4. (Continued) Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) analysis of *Salmonella* spp. isolates.

(A) *S. Agona*; (B) *S. Bareilly*; (C) *S. Braenderup*; (D) *S. Enteritidis*; (E) *S. Infantis*; (F) *S. Livingstone*; (G) *S. Montevideo*; (H) *S. Narashino*; (I) *S. Panama*; (J) *S. Rissen*; (K) *S. Schwarzengrund*; (L) *S. Stanley*; (M) *S. Thompson*; (N) *S. Typhimurium*; (O) *S. I4,[5],12:i:-*; (P) *S. Weltevreden*.

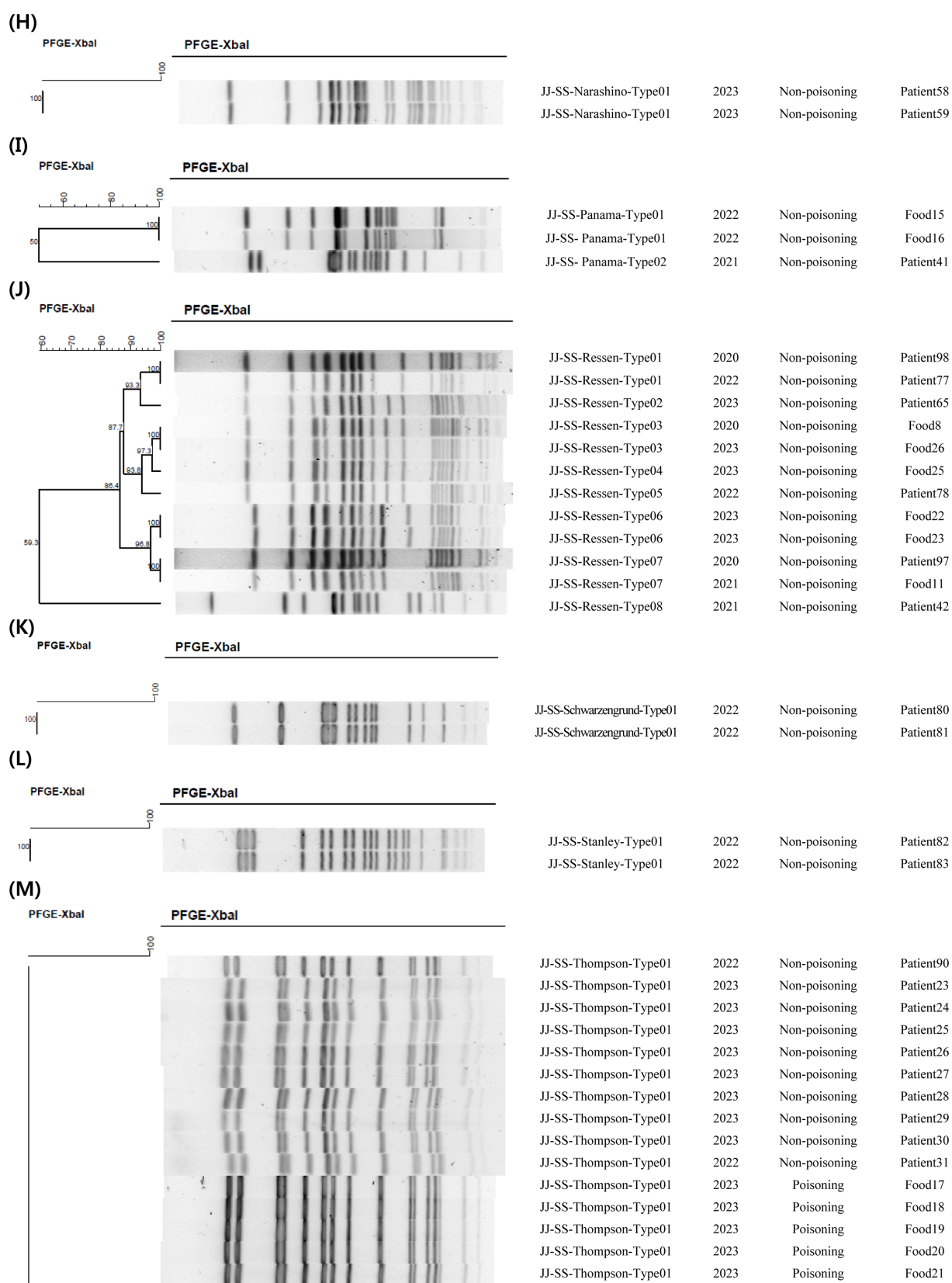


Fig. 4. (Continued) Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) analysis of *Salmonella* spp. isolates. (A) *S. Agona*; (B) *S. Bareilly*; (C) *S. Braenderup*; (D) *S. Enteritidis*; (E) *S. Infantis*; (F) *S. Livingstone*; (G) *S. Montevideo*; (H) *S. Narashino*; (I) *S. Panama*; (J) *S. Ressen*; (K) *S. Schwarzengrund*; (L) *S. Stanley*; (M) *S. Thompson*; (N) *S. Typhimurium*; (O) *S. 14,[5],12:-;*; (P) *S. Weltevreden*.

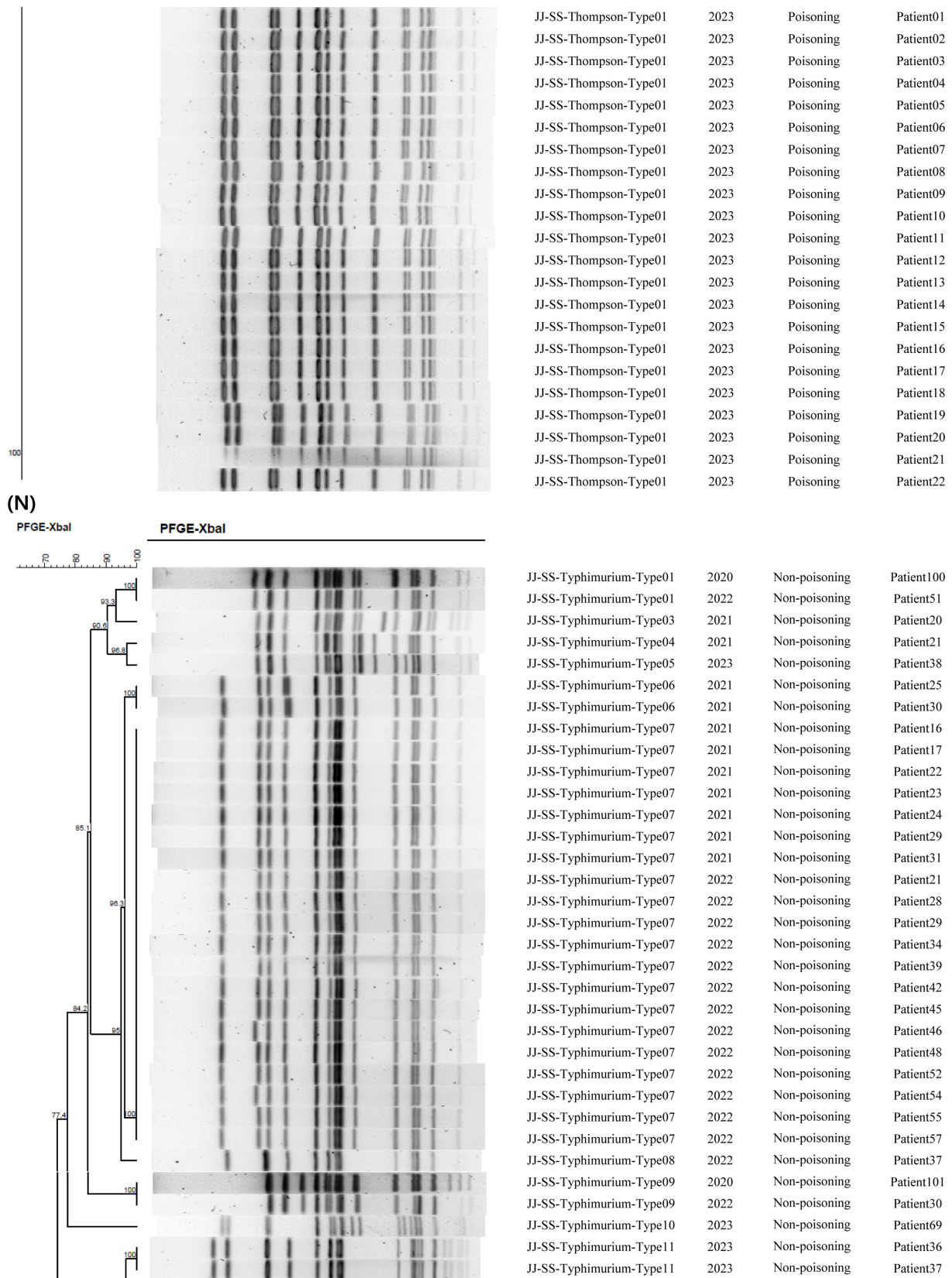


Fig. 4. (Continued) Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) analysis of *Salmonella* spp. isolates. (A) *S. Agona*; (B) *S. Bareilly*; (C) *S. Braenderup*; (D) *S. Enteritidis*; (E) *S. Infantis*; (F) *S. Livingstone*; (G) *S. Montevideo*; (H) *S. Narashino*; (I) *S. Panama*; (J) *S. Rissen*; (K) *S. Schwarzengrund*; (L) *S. Stanley*; (M) *S. Thompson*; (N) *S. Typhimurium*; (O) *S. I4,[5],12:i:-*; (P) *S. Weltevreden*.

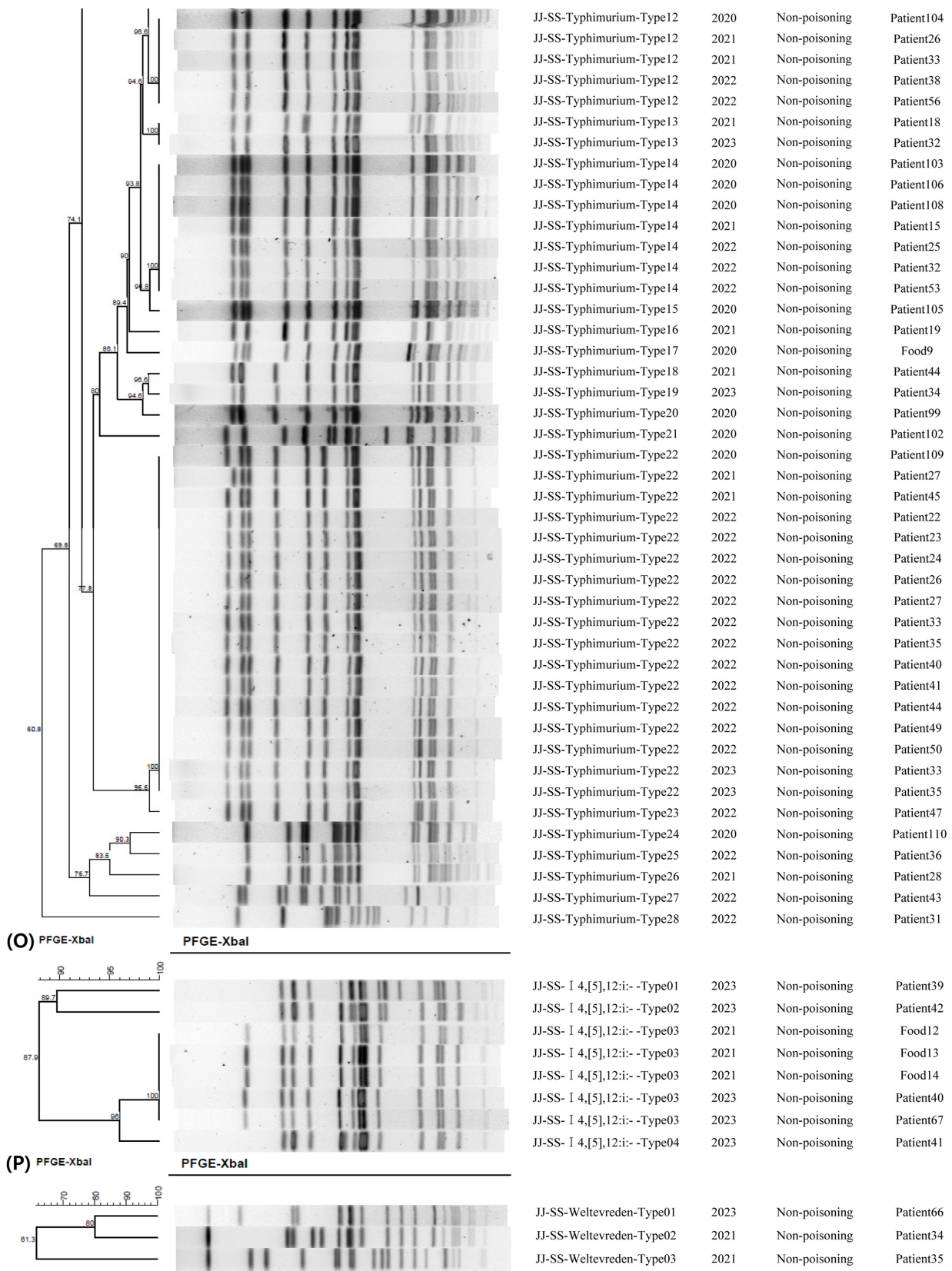


Fig. 4. (Continued) Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) analysis of *Salmonella* spp. isolates. (A) *S. Agona*; (B) *S. Bareilly*; (C) *S. Braenderup*; (D) *S. Enteritidis*; (E) *S. Infantis*; (F) *S. Livingstone*; (G) *S. Montevideo*; (H) *S. Narashino*; (I) *S. Panama*; (J) *S. Rissen*; (K) *S. Schwarzengrund*; (L) *S. Stanley*; (M) *S. Thompson*; (N) *S. Typhimurium*; (O) *S. I4,[5],12:i:-*; (P) *S. Weltevreden*.

식중독 원인 식품 및 오염원 추적에 도움을 줄 수 있었다.

식중독이 아닌 식품 및 환경검체와 인체검체에서 분리된 살모넬라균 중에 유전적 상관관계가 100%인 것은 3가지 유형으로 나타났다. *S. Infantis* 중에서 2020년 식품 1개와 2021년 환자 2명에게서 분리된 살모넬라균 3주의 유전적 상관관계가 100%이었고, *S. Rissen* 중에서 2021년 식품 1개와 2020년 환자 1명에게서 분리된 살모넬라균 2주의 유전자 상관관계가 100%이었으며, *S. 14,[5],12:i:-* 중에서 2021년 식품 3개와 2023년 환자 2명에게서 분리된 살모넬라균 5주의 유전적 상관관계는 100%이었다. 인체검체와 유전적 상관관계가 100%를 보인 식품 검체들은 전부 돼지에서 유래된 살모넬라균이었다. 현재까지 돼지에서 유래된 살모넬라균밖에 확보를 하지 못했으나, 매년 살모넬라균을 지속적으로 모니터링하여 돼지 이외의 다른 농수축산물에서 유래된 살모넬라균을 확보하는 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다. 또한, 확보된 균주들을 꾸준히 유전적 상관관계를 분석한다면 앞으로 살모넬라균과 관련된 역학조사에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interests.

Acknowledgement

본 연구는 제주특별자치도 보건환경연구원 연구사업의 지원으로 수행되었기에 감사드립니다.

국문요약

살모넬라균은 가장 대표적인 수인성·식품매개질환 중 하나이며 전 세계적으로 인간 위장염, 설사 질환의 가장 흔한 원인이 되는 병원체이다. 식품 및 환경 검체, 식중독 또는 설사 환자로부터 분리된 살모넬라균의 혈청형, vitek2를 이용한 항생제 내성검사, PFGE를 이용한 유전적 상관관계를 조사하였다. 2020년부터 2023년까지 제주도의 식품 또는 환경 검체에서 26주와 인체검체에서 313주로 총 339주가 분리되었다. 월별로 분리된 살모넬라균은 3월부터 서서히 증가하여 8월에 가장 많이 살모넬라균을 분리되었다. 환자로부터 분리된 살모넬라균은 성별에 따른 유의미한 차이가 없었다. 그러나 살모넬라균은 70세 이상의 사람들에게서 가장 많이 분리되었고, 10-19세 사이의 사람들에게서 가장 적게 분리되었다. 식품 및 환경 검체에서 분리된 살모넬라균은 8개 혈청형이 있었으며, 주요 혈청형은 *S. Bareilly* (26.9%), *S. Rissen* (23.1%), *S. Thompson* (19.3%) 순으로 확인되었다. 또한, 인체검체로부터 분리된 살모넬라균은 27개 혈청형이 있었으며, 주요 혈

청형은 *S. Bareilly* (31.0%), *S. Typhimurium* (24.6%), *S. Enteritidis* (11.5%) 순으로 확인되었다. 집단식중독의 원인이 되었던 살모넬라균 혈청형은 *S. Bareilly*, *S. Enteritidis*, *S. Thompson*이 있었다. 항생제 내성 검사 결과에서는 다양한 항생제에 대한 내성이 나타났으며, 일부 살모넬라균에서는 다제내성이 나타났다. 살모넬라균은 17개의 혈청형에 따라 다양한 유전적 상관관계를 보여주었다. 이러한 결과는 살모넬라균의 유행을 예측하고, 과학적 근거를 제공함으로써 역학조사의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Eunok Kang <https://orcid.org/0000-0003-3897-265X>
 Man Jae Cho <https://orcid.org/0000-0002-0166-4111>
 Chang Hui Yang <https://orcid.org/0009-0000-1546-6549>

References

- Kim, G.Y., Yang, G.M., Park, S.B., Kim, Y.H., Lee, K.J., Son, J.Y., Kim, H.J., Lee, S.R., Rapid detection kit for *Salmonella* Typhimurium. *J. Biosyst. Eng.*, **36**, 140-146 (2011).
- Kim, S.H., Park, E.H., Hwang, I.Y., Lee, H.M., Song, S.A., Lee, M.A., Lee, S.O., Kim, S.Y., Kim, J.J., Shin, J.H., Hong, S.G., Shin, K.S., Kim, S.J., Ryoo, N.H., Lee, W.H., Jang, S.J., Shin, J.H., Serotyping and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* isolated in Korea in 2015. *Ann. Clin. Microbiol.*, **22**, 55-60 (2019).
- Eng, S.K., Pusparajah, P., Ab Mutalib, N.S., Ser, H.L., Chan, K.G., Lee, L.H., *Salmonella*: a review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Front Life Sci.*, **8**, 284-293 (2015).
- Kim, S.H., Kim, S.H., Chun, S.G., Choi, E.S., *Salmonella* Surveillance Group, Lee, B.K., Prevalence of *Salmonella* serovars Isolated from domestic residents and overseas travelers in Korea, 2004-2005. *JBI*, **36**, 69-72 (2006).
- Seo, Y., Ha, Y.E., Sung, K.I., Kang, C.I., Peck, K.R., Song, J.H., Chung, D.R., A case of an infected pseudoaneurysm with complications due to a non-typhoidal *Salmonella* species. *Korean J. Med.*, **83**, 272-276 (2012).
- Kurtz, J.R., Goggins, J.A., McLachlan, J.B., *Salmonella* infection: Interplay between the bacteria and host immune system. *Immunol. Lett.*, **190**, 42-50 (2017).
- Woo, Y.K., Park, M.S., Woo, S.R., Kim, B.H., Kim, J.H., Phage types of *Salmonella enteritidis* isolated from animal and human in Korea. *Korean J. Vet. Res.*, **40**, 515-524 (2002).
- Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA),

- (2024, January 5). Infectious disease. Retrieved from <https://dportal.kdca.go.kr/pot/is/st/gstrnftn.do>
9. Cho, E.S., Lee, S.H., Bae, J.M., A *Salmonella*-related foodborne outbreak in a snack bar in Jeju Province: an epidemiological investigation. *J. Med. Life Sci.*, **18**, 25-30 (2021).
 10. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, January 5). Food poisoning statistics. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=3724&menu_grp=MENU_NEW02
 11. Moon, J.Y., Kim, W.K., Lee, K.H., Na, B.J., Go, J.C., Sim, K.S., Patil T.A., Hur, J., Characteristics of antimicrobial resistant *Salmonella* Typhimurium isolates from chicken and pigs. *KOJVS*, **39**, 51-57 (2016).
 12. Lee, H.W., Hong, C.H., Jung, B.Y., Characteristics of *Salmonella* spp isolated from poultry carcasses. *KOJVS*, **30**, 339-351 (2007).
 13. Chiu, C.H., Wu, T.L., Su, L.H., Chu, C., Chia, J.H., Kuo, A.J., Chien, M.S., Lin, T.Y., The emergence in Taiwan of fluoroquinolone resistance in *Salmonella enterica* serotype Choleraesuis. *N. Engl. J. Med.*, **346**, 413-419 (2002).
 14. Kim, S.R., Nam, H.M., Jang, G.C., Kim, A.R., Kang, M.S., Chae, M.H., Jung, S.C., Kang, D.J., Kim, J.K., Korean Veterinary Antimicrobial Resistance Monitoring Group, Lim, S.K., Antimicrobial resistance in *Salmonella* isolates from food animals and raw meats in Korea during 2010. *Kor. J. Vet. Publ. Hlth.*, **35**, 246-254 (2011).
 15. Hwang, K.W., Oh, B.Y., Kim, J.H., Kim, M.H., JeGal, S., Lee, E.J., Lee, E.J., Cho, M.K., Koh, J.M., Kim, Y.H., Antimicrobial resistance and multidrug resistance patterns of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis isolated from diarrhea patients, Incheon. *Korean J. Microbiol.*, **45**, 99-104 (2009).
 16. Sohn, J.H., Kim, M.S., Lee, Y.M., Do, J.C., Characteristics of antimicrobial resistant *Salmonella* Typhimurium isolates from pigs. *KOJVS*, **40**, 83-87 (2017).
 17. Yang, H.Y., Lee, S.M., Park, E.J., Kim, J.H., Lee, J.G., Analysis of antimicrobial resistance and PFGE patterns of *Salmonella* spp. isolated from chickens at slaughterhouse in Incheon area. *KOJVS*, **32**, 325-334 (2009).
 18. Cho, J.K., Kang, M.S., Kim, K.S., Serotypes, antimicrobial resistance of *Salmonella* spp. and plasmid profiles, phage types, PFGE of *S. Enteritidis* and *S. Typhimurium* isolated from ducks in Daegu-Gyeongbuk province. *KOJVS*, **34**, 217-226 (2011).
 19. Kim, S.G., Kim, Y.H., Eom, H.J., Jang, S.J., Jo, G.H., Lee, Y.S., Antimicrobial resistance and pulsed-field gel electrophoresis patterns of *Salmonella gallinarum* isolated from broiler. *KOJVS*, **29**, 297-308 (2006).
 20. Koh, E.H., Kim, S.J., Kim, E.C., Clinical characterization of group A Streptococcal bacteremia and restriction-fragment length polymorphism of emm gene and pulsed-field gel electrophoresis. *Korean J. Lab. Med.*, **24**, 119-125 (2004).
 21. Kim, S.H., Lee, S.W., Kim, S.H., Kim, J.Y., Lee, H.Y., Kang, Y.H., Park, M.S., Lee, B.K., National early warning system construction for timely surveillance of foodborne disease outbreaks-PulseNet Korea. *Infect. Chemother.*, **38**, 309-315 (2006).
 22. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, January 5). Food code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC>
 23. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, January 5). Detection method foodborne pathogens investigation. Retrieved from <https://www.kfia.or.kr/base/download/bbs.php?fno=9488&bid=%2A%0B%BD9%E6%BCJk&did=%2A%0B%BD%3A%E6%B4Ko>
 24. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA), 2017. Infection disease laboratory diagnosis: disease-specific protocol, Cheongju, Korea, pp. 30-32.
 25. Grimont, P.A.D., Weill, F.X., Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars, 9th ed, World Health Organization (WHO), Paris, France, pp. 1-166 (2007).
 26. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), Performance standards for antimicrobial susceptibility testing, 33rd ed, Wayne, PA, USA, pp. 30-52 (2018).
 27. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA), PFGE standard test method, Cheongju, Korea (2022).
 28. Thompson, C.P., Doak, A.N., Amirani, N., Schroeder, E.A., Wright, J., Kariyawasam, S., Lamendella, R., Shariat, N.W., High-resolution identification of multiple *Salmonella* serovars in a single sample by using CRISPR-SeroSeq. *Appl. Environ. Microbiol.*, **84**, e01859-18 (2018).
 29. Park, S.A., Lee, S.J., Kim, S.J., Yoo, P.J., Characterization and genetic investigation of *Salmonella* spp. isolated from diarrhea patients at 2008-2009 years in Busan. *The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment*, **20**, 26-36 (2010).
 30. Cho, S.H., Shin, H.H., Choi, Y.H., Park, M.S., Lee, B.K., Enteric bacteria isolated from acute diarrheal patients in the Republic of Korea between the year 2004 and 2006. *J. Microbiol.*, **46**, 325-330 (2008).
 31. Kwon, K.S., Hwang, I.G., Kwak, H.S., Kang, Y.S., Kim, M.G., Han, J.A., Lee, G.Y., Koh, Y.H., Cho, J.H., Lee, J.W., Kim, K.H., Lee, J.S., Choy, Y.J., Woo, G.J., Analysis and monitoring of antimicrobial resistant food borne bacteria. *Annual Report of NARMP*, **4**, 13-29 (2006).
 32. Park, S.G., Park, S.K., Jung, J.H., Jin, Y.H., Antibiotic susceptibility of *Salmonella* spp. isolated from diarrhoea patients in Seoul from 1996 to 2001. *J. Food Hyg. Saf.*, **17**, 61-70 (2002).