pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 39, No. 1, pp. 16~25 (2024)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2024.39.1.16

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

광주지역 유통 가금육에서 분리된 캠필로박터균의 유전적 특성 및 항생제 내성

이민규* · 정혜진 · 이세미 · 이향희 · 서은진 · 박정희 · 오그네 · 서시은 · 서정미 · 김애경
광주광역시 보건환경연구원

Antimicrobial Resistance and Genetic Characterization of Pathogenic *Campylobacter* spp. Isolated from Distribution Poultry in Gwangju Metropolitan City

Min Gyou Lee*, Hye Jin Jeong, Se mi Lee, Hyang Hee Lee, Eun Jin Seo, Jung Hee Park, Geu Ne Oh, Si Eun Seo, Jung Mi Seo, Ae Gyeong Kim
Health and Environment Research Institute of Gwangju, Gwangju, Korea

(Received December 7, 2023/Revised January 11, 2024/Accepted February 7, 2024)

ABSTRACT - This study investigated the prevalence of *Campylobacter* spp. In poultry meat and its association with foodborne illnesses in Gwangju, South Korea. It was found that out of the 307 samples of poultry meat examined, 111 (36.2%) were infected with *Campylobacter* spp. Among the isolated strains, 102 were identified as *Campylobacter jejuni* and 14 as *Campylobacter coli*. The detection rate of *Campylobacter* spp. was higher in duck meat (63.1%) than in chicken meat (26.0%). In 5 samples (1 chicken, 4 duck), both *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* were found together. The antimicrobial resistance test showed that 99 strains were resistant to more than one antimicrobial. The most common antimicrobial resistance was seen against ciprofloxacin (84.5%), followed by nalidixic acid (82.8%), tetracycline (44.0%), and gentamicin (2.6%). The isolated *Campylobacter* spp. were serotyped and the results showed the presence of HS2 (20 strains), HS15 (11 strains), HS19 (9 strains), and HS8 (8 strains). Considering the findings, it is recommended to maintain hygienic practices during the cooking process and to take necessary precautions to prevent the spread of pathogenic bacteria.

Key words: *Campylobacter* spp., Poulty, Antimicrobial resistance, Genetic characterization

캠필로박터균은 gram 음성, 미호기성, 나선형의 간균으로[1] 생육온도는 30-45°C이며 최적 생육온도는 42°C인 호열균이다. 실온(25-30°C)에서는 증식하지 않고 불안정하여 사멸되지만 냉장상태(4°C)나 동결상태(0°C 이하)에서는 장기간 생존한다[2]. 캠필로박터균 중 *Campylobacter jejuni* 와 *Campylobacter coli*는 급성 위장염을 유발하는 식중독 원인균[3]이며, 감염균량이 10^3/g 이하로 다른 식중독균과 달리 미량으로 발병이 가능하다[4]. 그리고 신경마비 증상을 보이는 급성염증다발성신경병인 Guillanin-barre syndrome을 일으킬 수도 있다[5,6].

*Correspondence to: Min Gyou Lee, Health & Environment Research Institute of Gwangju, Gwangju 61954, Korea
Tel: +82-062-613-6661, Fax: +82-062-613-5767
E-mail: foodstylish@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.

캠필로박터균은 매년 전 세계적으로 약 1억 6,600만 건의 설사질환을 일으키는 원인이고[7], 국내에서는 2019년부터 2021년까지 세균성 식중독 발생건수 275건 중 57건(20.9%)이 캠필로박터균에 의한 것으로 식중독 발생 건수 비율은 매년 15-24%의 높은 비율을 나타내고 있다. 또한 2019년부터 2021년까지 세균성 식중독 발생건당 환자수가 가장 많은 집단급식소의 원인균별 환자발생비율은 병원성대장균이 33.7%, 살모넬라 25.0%, 캠필로박터균 24.0%로 나타났다[8].

단체급식에서 사용하는 대표적인 육류로는 소고기, 돼지고기, 닭고기가 있다. 육류 100 g 당 돼지고기의 가격은 닭고기의 약 4배, 소고기는 약 28배로 단체급식에서는 단가의 이점으로 인해 닭고기를 많이 사용하고 있다[9-11]. 캠필로박터균은 닭, 오리 등 가금류에서 흔히 발견되는 균으로 식중독의 주요 원인이다[12]. 따라서 캠필로박터균에 의한 식중독 발생 및 환자의 증가가 예상된다.

가금류에서 캠필로박터균의 검출 및 항생제 내성에 대

한 연구는 대부분 2000년대 초반에 이루어진 연구자료로 최근 가금류의 캠필로박터균 검출률 확인이 필요하다. 또한 World Health Organization (WHO)에서 발표한 항생제 내성에 따른 새로운 항생제 개발 및 연구가 필요한 목록에 캠필로박터균의 fluoroquinolone계 항생제가 포함되어 있다[13]. 따라서 가금류에서 최근 캠필로박터균의 항생제 내성 확인 및 변화에 대한 조사와 캠필로박터균의 병원성 기전과 관련된 유전자 분석 및 특성에 대한 연구가 필요하다.

본 연구는 광주지역에서 유통되고 있는 가금류에서 캠필로박터균 검출 현황을 파악하고, 분리한 균주를 대상으로 fluoroquinolone계 항생제를 포함한 내성 확인 및 혈청형과 병원성 유전자를 유전적 특성으로 확인하여 식중독 발생 예방을 위한 기초자료로 활용하고자 연구를 수행하였다.

Materials and Methods

시료수집

2021년 1월부터 2021년 12월까지 총 24회에 걸쳐 광주광역시에서 유통되는 가금육 307건을 대형마트, 식자재마트 및 식육 전문점에서 구입하였다. 검사대상 가금육은 모두 국내산으로 닭고기, 오리고기의 지육 및 정육이었고, 구매 후 즉시 냉장상태로 운반하여 4시간 이내에 시험하였다.

캠필로박터균 증균 및 분리배양

캠필로박터균은 식중독 원인조사 시험법[14]과 식품공전[15]에 따라 시험하였다. 시료 25 g에 증균배지 preston broth (Oxoid, Basingstoke, UK) 225 mL를 가하여 stomacher (ES/Masticator, IUL S.A, Barcelona, Spain)를 이용하여 균질화하고, 미호기적 조건으로 42°C에서 18-24시간 배양하였다. 배양 후 EZ1 Virus Mini kit v2.0 (QIAGEN, Hilden, Germany)과 EZ1 Advanced (EZ1 Advanved XL, QIAGEN)를 이용하여 유전자를 추출하고, PowerChek™ 20 Pathogen Multiplex PCR kit (Kogenebiotech, Seoul, Korea)를 사용해서 Real-time PCR (7500 fast real time PCR system, Applied Biosystems; ABI, Marsiling, Singapore)을 수행하였다. PCR 반응 조건은 50°C에서 2분 후, 95°C 10분 반응시키고, 95°C 15초, 60°C 1분을 1 cycle로 40 cycle 반응시켰다. 시험결과 캠필로박터균 유전자가 확인된 시료의 배양액을 Campylobater blood-free selective agar (Oxoid)에 접종하여 미호기적 조건으로 42°C에서 18-24시간 배양 후 전형적인 집락을 선별하여 blood agar plate (KOMED, Seongnam, Korea)에 계대 후 미호기적 조건으로 42°C에서 18-24시간 배양하였다. 배양한 균은 VITEK 2 (VITEK 2 compact, Biomerieux, Durham, NC, USA)와 VITEK2 NH test kit (Biomerieux)를 이용하여 생화학 시험을 수행하여 동정하였다.

캠필로박터균 유전적 특성 분석

증류수 1 mL에 분리된 캠필로박터균을 적당량을 부유시켜 100°C에서 10분 처리한 후 13,000 rpm에서 3분간 원심분리한 상등액을 시험에 사용하였다. 캠필로박터균의 병원성 유전자 검출을 위한 primer를 제조하여, 합성한 10 pmol의 primer와 1 U *Taq* polymerase, 250 μM 각 dNTPs, 10 mM Tris-HCl, 30 mM KCl, 1.5 mM $MgCl_2$가 포함된 reaction buffer (AccuPower PCR Premix, Bioneer, Deajon, Korea)를 PCR 반응액으로 하였다. 각각의 PCR 반응 조건으로 PCR (Veriti, ABI)을 수행하였다(Table 1). 증폭된 유전자는 QIAxcel (QIAxcel advanced, QIAGEN)을 사용한 전기영동으로 캠필로박터균 유전자를 확인하였다.

항생제 내성 특성 조사

분리된 캠필로박터균은 액체배지 미량희석법으로 항생제가 농도별로 도포된 sensititre (Thermo Fisher Scientific, East Grinstead, UK) plate (CAMPY2)을 사용하여 항생제 내성을 조사하였다. 분리한 균주를 제조사의 매뉴얼에 따라 blood agar plate에서 미호기적 조건으로 42°C, 18-24시간 배양한 후 0.45% saline 3 mL에 부유시켜 MacFarland 0.5로 조정하였다. 조정한 액 100 μL과 laked horse blood (Thermo Fisher Scientific, Basingstoke, UK) 500 μL를

Table 1. *Campylobacter* spp. virulence genes and primer sequences used for PCR identification

Target gene (bp)	Primer (5'-3')	Reactions	Reference
cdtB(495)	GTTAAAATCCCCTGCTATCAACCA GTTGGCACTTGGAATTTGCAAGGC	94°C/1 min 30 cycles at 94°C/1 min, 42°C/2 min, 72°C/3 min, 72°C/5 min	Bang et al.[16]
cadF(400)	TTGAAGGTAATTTAGATATG CTAATACCTAAAGTTGAAAC	95°C/1 min, 35 cycles at 95°C/30 s, 45°C/1 min, 72°C/1 min, 72°C/5 min	Konkel et al.[17]
galE(497)	GAACCACAAACTCCCGTTG ACACTAGGATCACCCGCAC	95°C/4 min, 35 cycles at 95°C/10 s, 54°C/ 30 s, 72°C/40 s, 72°C/4 min	Nawaz et al.[18]
flaA(1728)	TGCTGGGTATACAAAGGTTGTG AATTTTGGATATGGGTGGGG	94°C/1 min, 30 cycles at 94°C/1 min, 45°C/1 min, 72°C/3 min, 72°C/5 min	Bang et al.[16]
wlaN(330)	GGATTTCGTATTAACACAAATGGTGC CTGTAGTAATCTTAAAACATTTTG	95°C/1 min, 35 cycles at 95°C/30 s, 60°C/1 min, 72°C/1 min, 72°C/5 min	Wassenaar et al.[19]

Mueller-Hinton Broth (Thermo Fisher Scientific, Denver, CO, USA) 11 mL에 주입하고 균질화하여 sensititre에 100 μL씩 분주하였다. 이것을 투명필름으로 sealing하여 미호기적 조건에서 42°C로 18-24시간 배양 후 항생제별 minimum inhibitory concentration (MIC)를 판정하였다. 조사한 항생제는 8종으로 azithromycin (AZI), ciprofloxacin (CIP), erythromycin (ERY), gentamicin (GEN), tetracycline (TET), florfenicol (FFN), nalidixic acid (NAL), clindamycin (CLI) 이었다. 실험결과는 Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs (MAFRA)[38]에 따라 판정하였다.

혈청형 확인

Multiplex PCR법은 기존의 항원 응집반응과 결과가 일치하고 시험 방법 및 시간이 보다 효율적이라고 판단하여 캠필로박터균의 유전형연구에 많이 사용되고 있는 primer를 제작하여 확인하였다[20](Table 2). PCR 반응액은 1 U *Taq* polymerase, 250 μM 각 dNTPs, 10 mM Tris-HCl, 30 mM KCl, 1.5 mM $MgCl_2$가 포함된 reaction buffer에 10 pmol

Table 2. Primers used to HS serotypes in *Campylobacter* spp. strain

Target (bp)	Forward sequence	Reverse sequence	Accession number
α-mix			
HS2(62)	CAGCATTGGAGGATTTACAATATAT	CATCCTAGCACAACTCACTTCA	AL111168
HS3(149)	GGTAAGGTTGATTCTGGGTTTAAT	AGATTAGGCCAAGCAATGATAA	HQ343268
HS4A/13/16/43/50/62/64/65(370)	TATATTTGGTTAGGGATCCA	CCTAACATATCATACACTACGGT	HQ343269
HS6/7(185)	CATACATTTGCTTTCAGATTCTTTAC	ACACGCCTATTGTTGTTGTTC	NC_009839
HS10(229)	TCTTATGCAGCACGCTGAT	CAAATTCAATCGACTAGCCACT	HQ343271
HS15/31/58(325)	ACAGGTAATAAAATGTGCGAGTTT	ATGCATCTGCAACATCATCC	HQ343272
HS41(279)	CTTACATATGCTGGTAGAGATGATATG	TGCAATCTCTAAAGCCCAAG	BX545857
HS53(251)	AGGCAAGCAGGAATTGTTT	TTAATTGCTCTTTGGCAATCTT	CP000025.1
HS19(450)	CGAGGATGAAAATGCCTCAA	GGCAACAAACAAACATATTCAGA	BX545860
HS63(522)	AAATTTGTTTTTCATATTTTTACGG	TTAGGTGCGGTTACCAAAGG	KT893438
HS33/35(819)	GTAGCGGATCAGCAGCATTA	CATCAAAATCATCTTTTAACACCAA	KT893436
β-mix			
HS1(610)	TTGGCGGTAAGTTTTTGAAGA	GCAAGAGAAACATCTCGCCTA	BX545859
HS4B/16/64(652)	GTGGACATGGAACTGGGACT	AAAACGTTTAAAGTCAGTGGAAA	AASY01000000
HS8/17(342)	TTCACGTGGAGGATTATTGG	TTGAACATTTCATGTGTATTCCCTA	HQ343270
HS23/36(161)	GCTTGGGAGATGAATTTACCTTTA	GCTTTATATCTATCCAGTCCATTATCA	BX545858
HS42(440)	ATGGTAAAACCGGCATTTCA	ATGCTTCAGTTCCACCCAAA	HQ343274
HS57(100)	GGGGTAAAATAGCCAATATTCCA	CCAACAAGCCATATTTGTTTTTC	KT893428
HS12(201)	GGAGGTAAAACGATATTCTCCTTAAA	TGAAGATTTTGAATGGATGTGTG	KT868848
HS27(280)	GAATAAATATTGCTTCCATACTTTCAA	GCAAAATGAGAATCTCCACCA	KT893437
HS21(801)	TGGATGGGATATTGATGACAA	CCCTGGAAGAGTATGGGACA	KT868849
HS5/31(857)	GGCAAAGAGCTTTATTTTGTTGA	GCCGTAGCAACATCAAATACA	KT868847
γ-mix			
HS44(148)	AGAAGATGCACTAGGCTCTAG	GCTATCTAATTCCATCCCTG	JF496678
HS5/32/45/60(128)	TCCACTTGGGATGAAAAGGA	ACCGCATACTTTGAGCCTGT	KT893432
HS29(185)	CCCATATTTAAACAATGGAGTGA	TCATACTTTGAAAAACATTATCTGGA	KT868846
HS22(216)	TCATGGAGCTGGAACAACAG	GCTGGAACTTCTTTTGCAATC	KT893439
HS9(278)	AAAACTATTAGCTTGATTTTACCTTGG	GCGAAAGACGGATTGTTCAT	KT868844
HS37(541)	TGGATGAAGGGGACTTATGG	TGGTTTGAAGAGCATCAGCA	KT893431
HS18(653)	CAGCTATAAATCATGGGTATTGGA	GTAATCAATACATTTTTCCTTGCTT	KT932997
lpxA(331)	ACAACTTGGTGACGATGTTGTA	CAATCATGDGCDATATGASAATAHGCCAT	Klena et al.[21]

Table 2. (Continued) Primers used to HS serotypes in *Campylobacter* spp. strain

Target (bp)	Forward sequence	Reverse sequence	Accession number
δ-mix			
HS32/58(85)	TCCGGAAAAATTTTATTTAGATTCTC	AACAATACCAGGATACCAATCTTCA	KT893427
HS52(170)	AAAACACGCTATTAATCATGGTGAC	ATGTAGGCCAAGTTATACAACCTTTT	KT893429
HS60(241)	GAAATCATTTTTATGATATTGTGGTT	TCACAGTCACAATAAATAGCCAAA	KT893426
HS55(341)	GAGATGGTGGTGGTCATCAA	ACGTTGCAACCAATCCTTTG	KT893433
HS32(420)	GCATACCAGATGGCTTTGG	AATGCAGCGTGCTTCTTATTT	KT893435
HS11(540)	GAATTGGACATAACCACGGAAT	ATGCAAAGTGCACATATTCTCC	KT868845
HS40(636)	CAACCCTTGGATGACAATAGAGA	ACCGTCAATATCATCAGGATTTA	KT893434
HS38(741)	GCCGCAGGAGATAATGAAGA	TTTGCCTTTTAGATCTTGAGGA	KT893430

의 primer와 순수 분리된 단일 colony를 100°C에서 15분 열처리하고 13,000 rpm에서 3분 원심분리한 상등액을 template로 하여 최종 반응액을 20 μL로 하였다. PCR 반응 조건은 94°C에서 5분 pre-denaturation 후 94°C 60초, 52°C 60초, 72°C 60초를 1 cycle로 하여 30 cycle 반응하였고 최종 extension은 72°C에서 10분 반응시켰다. 증폭된 DNA는 QIAxcel을 이용하여 전기영동 후 확인하였다.

Result and Discussion

캠필로박터균 분리 현황 및 유전적 특성

광주광역시에서 유통되고 있는 가금육 307건 중 111건(36.2%)에서 캠필로박터균이 검출되었고, 이중 *Campylobacter jejuni*가 102균주, *Campylobacter coli*가 14균주로 총 116균주를 분리하였다. 닭고기는 223건 중 58(26.0%)건에서 오리고기는 84건 중 53건(63.1%)에서 캠필로박터균이 검출되어 닭고기 보다 오리고기가 더 높은 검출률을 보였다. 닭고기에서는 *Campylobacter jejuni* 54균주, *Campylobacter coli* 5균주, 오리고기에서는 *Campylobacter jejuni* 48균주, *Campylobacter coli* 9균주를 분리하였다(Table 3). 이전 연구인 Park 등[22]의 검출률(닭고기 20.5%, 오리고기 25.7%) 보다는 높은 검출율을 보였고, Wei 등[23]의 검출률(닭고기 58.8%, 오리고기 96.2%) 보다는 낮은 검출률을 나타내었다. Kim 등[24]의 오리고기 검출률(62.3%)은 본연구와 비슷하였고, 닭고기의 검출률(50.4%)은 본 조사보다 높았다. 이는 캠필로박터균은 가금육의 사육환경, 도축과정 및 도축장의 위생상태, 계절적 요인 등에 따라서 검출률에 차이가 있기 때문이다[25]. 이전 연구와 검출률에서의 차이는 있었으나 오리고기가 닭고기 보다 검출률이 높게 나타난 것은 동일하였다. 이는 유통과정 중 가금육의 피부가 캠필로박터균이 생존하기 유리한 환경이며[26], 닭고기의 피부보다 오리고기가 더 두껍고 모낭의 깊이가 깊기 때문에 더 높은 검출률을 나타낸 것으로 사료된다[27].

Kim 등[28]의 과거 유통·판매 되는 닭고기에 대한 캠필로박터균 검출률에 대한 연구를 정리한 자료에서 23.1-98.0%의 검출률을 보여 대부분의 연구가 본 연구보다 높은 검출률을 보였다. 이는 사육과정에서 위생적인 환경이 캠필로박터균의 관리에 중요하다는 Pearson 등[29]의 연구와 가공과정에서 내장에 존재하는 캠필로박터균이 도체의 표면으로 교차오염이 된다는 여러 연구들[30-32]을 고려하면 과거에 비해 사육환경 및 가공 공정에서의 위생관리가 개선되었다고 판단된다.

분리된 균주에서 캠필로박터균의 특성 및 병원성 유전자를 확인한 결과 Table 4와 같았다. *Campylobacter jejuni*의 특성을 확인하는 유전자인 *hipO*와 *Campylobacter coli*의 특성 유전자인 *glyA*가 각 각의 분리된 균주 102균주와 14균주에서 확인 되었다. 질병을 일으키는 숙주 세포 결합과 관련된 *cadF* 유전자[33]는 112균주(*Campylobacter jejuni* 98균주, *Campylobacter coli* 14균주)에서 각각 확인되었고, 장염을 일으키기 위한 세균의 장 침투능력과 연관된 편모 유전자 *flaA*[34]는 87균주(*Campylobacter jejuni* 75균주, *Campylobacter coli* 12균주)에서 확인되었다. 그리고 세포 사멸의 원인이 되는

Table 3. Prevalence of *Campylobacter* spp. in poultry meat

	No. of samples	No. of contaminanted samples (%)	*C. jejuni*	*C. coli*	*C. jejuni* and *C. coli*
Total	307	111(36.2)	97	9	5
Chicken	223	58(26.0)	53	4	1
Duck	84	53(63.1)	44	5	4

Table 4. Prevalence of virulence genes in *Campylobacter* spp. in poultry meat

Virulence Gene	No.(%) of Strains	
	C. jejuni	*C. coli*
cdtB	72(70.6)	10(71.4)
cadF	98(96.1)	14(100.0)
galE	99(97.1)	13(92.9)
flaA	75(73.5)	12(85.7)
wlaN	20(19.6)	N.D[1)]

[1)]N.D : Not Detected.

cytolethal distending toxin (CDT) 유전자 *cdtB*[16)]는 82균주 (*Campylobacter jejuni* 72균주, *Campylobacter coli* 10균주)에서 확인 되었다. 또한 길랑바레증후군과 관련되어 있는 Lipo-oligo-saccharide (LOD)를 생합성하는 *galE*와 *wlaN*[35)] 유전자는 각각 112균주(*Campylobacter jejuni* 99균주, *Campylobacter coli* 13균주)와 20균주(*Campylobacter jejuni* 20균주)에서 확인되었다. 식품의약품안전처 자료의 *cadF* (100%), *galE* (100%) 확인율과 같은 결과를 나타내었고, *cdtB* (100%), *flaA* (100%), *wlaN* (30%) 확인율은 본 연구결과가 더 낮았다[36)]. 국외의 연구자료인 Yuli 등[37)]의 확인율(cdtB 80.0%, cadF 77.9%, flaA 78.6%, wlaN 10.7%)과는 비슷하거나 높게 나타났다. 장관감염증 관련 유전자 확인만으로는 식중독 발생 시 임상 증상을 일으킨다고는 확신 할 수 없다. 따라서 식중독 발생 시 임상증상이 나타난 환자에서 분리한 균과 가금육에서 분리한 균의 pulse-field gel electroporesis (PFGE), multilocus sequence typing (MLST) 그리고 전장유전체분석(whole-genome sequencing) 등에 대한 조사로 관련성을 찾는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

항생제 내성 특성

가금육에서 분리된 캠필로박터균 116균주의 항생제 내성 시험결과는 Table 5에 나타내었다. 116균주 중 99균주(85.3%)가 8종의 항생제 중 한 개 이상의 항생제에 내성을 가지고 있고, 17균주(14.7%)는 8종의 항생제 모두에 감수성을 나타내었다. 항생제별 내성을 확인한 결과, ciprofloxacin과 nalidixic acid에 내성을 나타내는 균주가 각각 98균주(84.5%), 96균주(82.8%)로 가장 많았고, tetracycline, gentamicin에 내성이 있는 균주는 각각 51균주(44.0%), 3(2.6%)균주이었다. azithromycin, clindamycin, erythromycin 그리고 florfenicol에 내성을 나타내는 균주는 없었다. Fluoroquinolone계(ciprofloxacin)와 Quinolone계(nalidixic acid) 항생제가 높은 내성을 나타내었다. 이는 높은 항생제 사용량과 관련 있는 것으로 사료 된다[38,39)]. 가금류는 사육밀도가 높아 스트레스 및 질병 발생이 높다. 따라서 예방과 치료를 위해 항생제를 사용하고 있고, 보통 음수투여가 용이하여 한 번에 모든 계체에 투여하기 때문에 사용량이 많다[40)]. 특히 enrofloxacin은 gram 음성균, gram 양성균 그리고 혐기성 병원균에 대해서도 감수성이 있고, 경

Table 5. Antimicrobial resistance of *Campylobacter* spp. strains isolated from poultry meat

Antimicrobials agent		No. of resistant strains (%)		
		C. jejuni	*C. coli*	Total
Azithromycin (AZI)	Chicken	N.D[1)]	N.D	N.D
	Duck	N.D	N.D	N.D
Ciprofloxacin (CIP)	Chicken	46(85.2)	5(100.0)	51(86.4)
	Duck	38(79.2)	9(100.0)	47(82.5)
Clindamycin (CLI)	Chicken	N.D	N.D	N.D
	Duck	N.D	N.D	N.D
Erythromycin (ERY)	Chicken	N.D	N.D	N.D
	Duck	N.D	N.D	N.D
Florfenicol (FFN)	Chicken	N.D	N.D	N.D
	Duck	N.D	N.D	N.D
Gentamicin (GEN)	Chicken	N.D	N.D	N.D
	Duck	N.D	3(33.3)	3(5.3)
Nalidixic Acid (NAL)	Chicken	45(83.3)	5(100.0)	50(84.7)
	Duck	37(77.1)	9(100.0)	46(80.7)
Tetracycline (TET)	Chicken	19(35.2)	4(80.0)	23(39.0)
	Duck	22(45.8)	6((66.6)	28(49.1)

[1)]N.D : Not Detected.

Table 6. Antimicrobial resistance patterns of pathogenic *Campylobacter* spp. strains isolated from poultry meat

No. of antimicorobials	Resistance patterns	No. of strains (%)	
		Chicken	Duck
0	-	8(13.6)	9(15.8)
1	CIP	N.D	1(1.8)
1	TET	1(1.7)	1(1.8)
2	CIP-NAL	27(45.8)	19(33.3)
3	CIP-NAL-TET	23(39.0)	24(42.1)
4	CIP-GEN-NAL-TET	N.D[1)]	3(5.3)

[1)]N.D : Not Detected.

구를 통해서도 잘 흡수되어 집단 폐사를 막기 위해 많이 사용하고 있다. 따라서 enrofloxacin의 주요 대사산물인 ciprofloxacin이 본 연구에서 높은 내성율을 나타낸 것으로 사료된다[41].

96균주(82.7%)가 2제 이상의 항생제에서 내성을 가진 다제 내성균이었다. 항생제 내성을 가진 균주 중 3 가지 항생제에 내성을 가진 균주가 47균주(40.5%)로 가장 많았고, 2제 내성균은 46균주(39.7%)이었다. 단일 내성, 4제 내성을 나타낸 균주는 각각 3균주씩 확인 되었다(Table 6). 2021년 국가항생제 사용 및 내성 모니터링 보고에 따르면 가금육에서 분리된 캠필로박터균 중 18.2%가 항생제 8종에 모두 감수성을 나타내었고, 2제 내성, 3제 내성을 나타내는 균주도 각각 31.8%로 이번 연구와 비슷하였다[38]. 그러나, azithromycin, clindamycin에 대한 내성을 가진 균이 18.2%, 9.1%로 각각 조사되었던 것에 비해 본 연구에서는 두 항생제에 내성을 나타낸 균주는 없었다. Kim 등[24]이 2016부터 2017년까지 국내의 유통매장에서 수거한 가금육과 Wei 등[23]이 전라도지역에서 2013년 수거한 유통 가금류에서 분리한 캠필로박터균의 항생제내성을 조사한 결과 ciprofloxacin과 nalidixic acid에 내성을 가진 균주의 비율은 본 연구와 비슷하게 나타났지만, tetracycline의 내성 비율은 본조사의 결과와 차이가 있었다. 또한, 이전 연구에서는 캠필로박터균의 tetracycline 내성 비율이 오리와 닭에서 차이를 보였으나, 본 연구에서는 49.1%(오리), 40.7%(닭)으로 큰 차이를 보이지 않았다. Kim 등[42]이 1996년 전라북도에서 유통중인 가금육에서 분리한 캠필로박터균의 항생제 내성 조사(ciprofloxacin 70%, nalidixic acid 22%, tetracycline 59%, erythromycin 12%)와 Yang 등[43]이 2009-2010년 경남지역에서 가금육의 분변에서 분리한 캠필로박터균의 항생제 내성 조사(ciprofloxacin 50%, nalidixic acid 38%, tetracycline 38%, erythromycin 0%) 그리고 동일한 시기에 Fakhr 등[44]의 2010년 미국에서 유통되고 있는 가금육에서 분리한 캠필로박터균의 항생제 내성 조사 결과(ciprofloxacin 34%, nalidixic acid 24%, tetracycline 57%, erythromycin 7%)는 본 연구와 차이가 있었다. 이는 항생제의 사용현황 및 사육 방식에 따라 항생제 내성에 영향을 끼칠 수 있기 때문으로 생각된다.

WHO에서 발표한 항생제 내성에 따른 새로운 항생제 개발 및 연구가 필요하다고 한 fluoroquinolone계 항생제인 ciprofloxacin 내성에 대한 결과 매우 높은 내성율(84.5%)을 나타냈다. fluoroquinolone계 항생제는 캠필로박터균을 원인으로 하는 장염의 치료에 일반적으로 사용되고 있다[27]. 하지만 캠필로박터균의 fluoroquinolone계 항생제에 대한 내성이 지속적으로 증가하고 있어,[45-48] 이와 관련하여 항생제 사용의 관리와 신규 항생제 개발이 필요하다. 또한, 항생제 내성이 있는 균주는 내성이 없는 균주보다 인체의 상피세포 침입성과 독소 활성이 강하기 때문에 항생제 사용을 줄이기 위한 지속적인 관리와 조사가 요구된다[49].

혈청형 확인

분리된 캠필로박터균의 혈청형을 확인한 결과를 Table 7에 나타내었다. 캠필로박터균 116균주에 대해서 혈청형 47종(HS1, HS2, HS3, HS4A, HS4B, HS5, HS6, HS7, HS8, HS9, HS10, HS11, HS12, HS13, HS15, HS16, HS17, HS18, HS19, HS21, HS22, HS23, HS27, HS29, HS31, HS32, HS33, HS35, HS36, HS37, HS40, HS41, HS42, HS43, HS44, HS45, HS50, HS52, HS53, HS55, HS57, HS58, HS60, HS62, HS63, HS64, HS65)을 확인한 결과 70균주에서 혈청형이 확인되었으며, 46균주는 혈청형이 확인되지 않았다. 확인된 혈청형은 HS2형 20균주, HS15형 11균주, HS19형 9균주, HS8형 8균주, HS42형 5균주, HS6형 4균주, HS53형과 HS4A형이 각각 3균주, HS5형, HS18형은 각각 2균주, HS12형, HS27형 그리고 HS37형은 각각 1균주씩 확인되었다. 이는 본연구에서 HS2형이 전체 70균중에서 28.5%로 가장 높게 확인되어 Nielsen 등[50]의 닭에서 분리된 *Campylbacter jejuni*의 혈청형을 조사한 결과 HS2형이 27%의 높은 비율로 확인 된 것과 유사한 결과를 나타내었다. 또한 경기도에서 발생한 식중독 중 캠필로박터균를 원인으로 하는 식중독 사고의 환자 및 조리종사자에서 분리한 균주의 혈청형을 확인한 Kim 등[51]

Table 7. Distribution of serotypes among *Campylobacter* spp. strains isolated from poultry meat

HS Serotype	No. of strains (%)	
	Chicken	Duck
HS2	11(18.6)	9(15.8)
HS15	7(11.9)	4(7.0)
HS19	6(10.2)	3(5.3)
HS8	2(3.4)	6(10.5)
HS42	1(1.7)	4(7.0)
HS6	1(1.7)	3(5.3)
HS4A	2(3.4)	1(1.8)
HS53	2(3.4)	1(1.8)
HS5	2(3.4)	N.D[1)]
HS18	2(3.4)	N.D
HS12	1(1.7)	N.D
HS27	1(1.7)	N.D
HS37	1(1.7)	N.D
Non-typable	20(33.9)	26

[1)]N.D : Not Detected.

의 연구에서도 15건의 식중독중 7건에서 HS2형으로 확인되어 매우 높은 비율을 차지하고 있었으며, Pike 등[52)]의 연구에서도 세계적으로 높은 비율을 차지하는 *Campylobacter jejuni*의 혈청형은 HS4C형, HS2형, HS1/44형이었고, 이중 아시아에서는 HS2형이 11.5%로 가장 높은 비율로 조사되었다. 하지만 HS2형 이외의 높은 비율로 조사된 HS4C형, HS1/44형는 본 연구에서는 매우 낮았다. Takahashi 등[53)]이 연구한 일본에서 길랑바레증후군 환자들에서 분리한 캠필로박터균의 혈청형은 주로 HS19형이었으며, 이번 조사에서도 HS19형이 9균주 확인되어 분리된균주의 7.8%를 차지하였고, 혈청형이 확인된 균주의 12.9%를 나타내었다. HS19형으로 확인된 균주 9건은 모두 구매처, 구매 시기가 다르고, 오리와 닭고기의 비율 및 정육과 지육의 비율에 유의적 차이는 없었다. 반면, 판매처가 동일한 가금육 6건 중 5건에서 HS2형으로 확인되었으며, 1건은 HS8형이었다. 동일한 혈청형으로 확인된 5건은 모두 정육이고, 혈청형이 다른 1건은 지육이었다. 이는 판매처에서 가공(정육)하는 과정에 오염원 및 교차오염이 있었을 것으로 사료된다.

질병관리청 자료에 따르면 급성설사질환자에서 분리율이 높은 균은 대장균, 살모넬라, 캠필로박터균이며, 이 중 캠필로박터균의 분리율만이 유의미하게 증가하고 있고, 연령대는 집단급식을 실시하는 10대에서 30대까지 가장 높은 비율을 차지하고 있었다[54)]. 따라서 캠필로박터균 감염증의 주요 원인인 가금류 조리시 조리기구 및 식재료 세척 시 교차오염이 발생하지 않도록 주의하며, 충분히 가열하는 조리법을 활용하는 등의 식중독예방을 위한 노력이 필요하다.

국문요약

본 연구는 광주광역시에 유통·판매되고 있는 가금육을 대상으로 식중독 발생 가능성 높은 캠필로박터균의 검출 여부와 분리된 균주의 항생제 내성 및 유전적 특성을 조사하였다. 전체 307건의 가금육(닭 223건, 오리84건) 중 111건에서 캠필로박터균이 검출(36.2%)되었고 116균주(*Campylobacter jejuni* 102균주, *Campylobacter coli* 14균주)를 분리하였다. 가금류별 캠필로박터균 검출률은 닭고기 26.0%, 오리고기 63.1% 이었고, 5건(닭 1건, 오리 4건)의 시료에서 *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*가 동시에 검출되었다. 분리된 균주의 항생제 내성 시험 결과 99균주(85.3%)는 1가지 이상의 항생제에 대하여 내성을 보였다. 그 중 ciprofloxacin, nalidixic acid에 내성을 보이는 균주가 각각 98균주(84.5%), 96균주(82.8%)로 가장 많았고, 그 외에 tetracycline (44.0%), gentamicin (2.6%)에 내성을 나타냈다. 분리된 균주의 혈청형 확인 결과, HS2형 20균주, HS15형 11균주, HS19형 9균주, HS8형 8균주 등이 확인 되었고, HS42형, HS6형, HS53형, HS4A형, HS5형, HS18형, HS12형, HS27형 그리고 HS37형이 확인 되었다. 따라서 조리 가공 시 교차오염이 발생하지 않도록 조리기구 등에 대한 위생적 관리와 충분한 가열 조리 등의 식중독 예방을 위한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

본 연구는 광주광역시보건환경연구원 연구사업 및 식품의약품안전처 식중독균추적관리사업의 지원으로 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Min Gyou Lee https://orcid.org/0000-0002-4138-4261
Hye Jin Jeong https://orcid.org/0000-0002-0070-0731
Se mi Lee https://orcid.org/0009-0003-5637-8301
Hyang Hee Lee https://orcid.org/0000-0002-4791-7989
Eun Jin Seo https://orcid.org/0009-0000-9917-9159
Jung Hee Park https://orcid.org/0009-0003-9146-6446
Si Eun Seo https://orcid.org/0000-0001-9690-2698
Geu Ne Oh https://orcid.org/0009-0009-2954-5884
Jung Mi Seo https://orcid.org/0000-0002-6890-8061
Ae Gyeong Kim https://orcid.org/0000-0002-2569-7751

References

1. Moran, A.P., Upton, M.E., Factors affecting production of coccoid forms by *Campylobacter jejuni* on solid media during incubation. *J. Appl. Bacteriol*., **62**, 527-537 (1987).
2. Park, H.K., Sim, C.H., Sim, W.M., Seo, H.C., 2004. Foodmicrobiology, Munundang, Seoul, Korea, pp. 52-61.
3. Duffy, G., Lynch, O.A., Cagney, C., Tracking emerging zoonotic pathogens from farm to fork. *Meat Sci*., **78**, 34-42 (2008).
4. Bryan, F.L., Doyle, M.P., Health risks and consequences of *Salmonella* and *Campylobacter jejuni* in raw poultry. *J. Food Prot.*, **58**, 326-344 (1995).
5. Altekruse, S.F., Stern, N.J., Fields, P.I., Swerdlow, D.L., *Campylobacter jejuni* an emerging foodborne pathogen. *Emerg. Infect. Dis.*, **5**, 28-35 (1999).
6. Fujimoto, S., Yuki, N., Itoh, T., Amako, K., Specific serotype of Campylobacter jejuni associated with Guillain-Barré syndrome. *J. Infect. Dis*., **165**, 183 (1992).
7. Kirk, M.D., Pires, S.M., Black, R.E., Caipo, M., Crump, J.A., Devleesschauwer, B., Döpfer, D., Fazil, A., Fischer-Walker, C.L., Hald, T., Hall, A.J., Keddy, K.H., Lake, R.J., Lanata, C.F., Torgerson, P.R., Havelaar, A.H., Angulo, F.J., World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of 22 foodborne bacterial, protozoal, and viral diseases, 2010: a data synthesis., *PLoS. Med.*, **12**, 1-21 (2015).
8. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023. October, 16). Food poisoning statistics. retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=3724&menu_grp=MENU_NEW02&menu_no=3724&menu_grp=MENU_NEW02
9. Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation (KAPE), (2023, October, 17). Annual price of animal products. retrieved from https://www.ekapepia.com/priceComparison /poducerPrice/retail/periodPriceYear.do
10. Korea Rural Economic Institute (KREI), 2020. Consumer behavior for meat consumption and tasks to respond to its changes, Naju, Korea, pp. 32-33.
11. Korea Instirute for Health and Social Affairs (KIHASA), 2010. Improving national diet by promoting the nutrition management of institutional foodservice, Seoul, Korea, pp.31-36.
12. Mullner, P., Spencer, S.E., Wilson, D.J., Jones, G., Noble, A.D., Midwinter, A.C., Collins-Emerson, J.M., Carter, P., Hathaway, S., French, N.P., Assigning the source of human campylobacteriosis in New Zealand: a comparative genetic and epidemiological approach. *Infect Genet. Evol.,* **9**, 1311-1319 (2009).
13. World Health Organization (WHO), 2017. Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotics, Geneva, Switzerland, pp. 5.
14. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. Detection method for foodborne pathogens investigation (2021), Osong, Korea, pp. 3-11, 94-100.
15. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. Korea food code (2020), Osong, Korea, pp. 532-533.
16. Bang, D.D., Borck, B., Nielsen, E.M., Scheutz, F., Pedersen, K., Madsen, M., Detection of seven virulence and toxin genes of *Campylobacter jejuni* isolates from Danish turkeys by PCR and cytolethal distending toxin production of the isolates. *J. Food Prot.*, **67**, 2171-2177 (2004).
17. Konkel, M.E., Gray, S.A., Kim, B.J., Garvis, S.G., Yoon, J., Identification of the enteropathogens *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* based on the cadF virulence gene and its product. *J. Clin. Microbiol*., **37**, 510-517 (1999).
18. Nawaz, M.S., Wang, R.F., Khan, S.A., Khan, A.A., Detection of galE gene by polymerase chain reaction in campylobacters associated with Guillain-Barre syndrome. *Mol. Cell Probes.*, **17**, 313-317 (2003).
19. Wassenaar, T.M., Wagenaar, J.A., Rigter, A., Fearnley, C., Newell, D.G., Duim, B., Homonucleotide stretches in chromosomal DNA of *Campylobacter jejuni* display high frequency polymorphism as detected by direct PCR analysis. *FEMS. Microbiol. Lett.,* **212**, 77-85 (2002).
20. Poly, F., Serichantalergs, O., Kuroiwa, J., Pootong, P., Mason, C., Guerry, P., Parker, C.T., Updated *Campylobacter jejuni* capsule PCR multiplex typing system and its application to clinical isolates from south and southeast asia. *PLoS. One.,* **10**, 1-17 (2015).
21. Klena, J.D., Parker, C.T., Knibb, K., Ibbitt, J.C., Devane, P.M., Horn, S.T., Miller, W.G., Konkel, M.E., Differentiation of *Campylobacter coli, Campylobacter jejuni, Campylobacter lari,* and *Campylobacter upsaliensis* by a multiplex PCR developed from the nucleotide sequence of the lipid A gene lpxA. *J. Clin. Microbiol.*, **42**, 5549-5557 (2004).
22. Park, J.H., Kim, Y.J., Kim, J.H., Song, S.W., Heo, E.J., Kim, H.J., Ku, B.K., Lee, S.W., Lee, J.Y., Moon, J.S., Wee, S.H., Prevalence of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* isolated from domestic and imported meats in Korea, 2005-2009. *J. Prev. Vet. Med.*, **34**, 181-187 (2010).
23. Wei, B., Cha, S.Y., Yoon, R.H., Kang, M., Roh, J.H., Seo, H.S., Lee, J.A., Jang, H.K., Prevalence and antimicrobial resistance of *Campylobacter spp*. isolated from retail chicken and duck meat in South Korea. *Food Control,* **62**, 63-68 (2016).
24. Kim, J.S., Park, H.E., Kim, J.H., Kim, J.H., Jung, J.I., Cho, S.B., Ryu, S.R., Jeon, B.H., Comparative analysis of aerotolerance, antibiotic resistance, and virulence gene prevalence in *Campylobacter jejuni* isolates from retail raw chicken and duck meat in South Korea. *Microorganisms*, **7**, 1-13 (2019).
25. Chon, J.W., Lee, S.K., Yoon, Y., Yoon, K.S., Kwak, H.S., Joo, I.S., Seo, K.H., Quantitative prevalence and characterization of Campylobacter from chicken and duck carcasses from poultry slaughterhouses in South Korea. *Poult. Sci.,* **97**, 2909-2916 (2018).
26. Lee, A., Smith, S.C., Coloe, P.J., Survival and growth of *Campylobacter jejuni* after artificial inoculation onto chicken skin as a function of temperature and packaging con-

ditions. *J. Food Prot*., **61**, 1609-1614 (1998).
27. Wei, B., Characteristics of Campylobacter species isolated from domestic ducks in korea. PhD thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea (2014).
28. Kim, S.H., Park, S.H., Park, Y.S., Kim, C.M., Campylobacter infection and its prevention. *Food Sci. Ind.*, **31**, 56-67 (1998).
29. Pearson, A.D., Greenwood, M., Healing, T.D., Rollins, D., Shahamat, M., Donaldson, J., Colwell, R.R., Colonization of broiler chickens by waterborne *Campylobacter jejuni. Appl. Environ. Microbiol*., **59**, 987-996 (1993).
30. Wempe, J.M., Genigeorgis, C.A., Farver, T.B., Yusufu, H.I., Prevalence of *Campylobacter jejuni* in two California chicken processing plants. *Appl. Environ. Microbiol.*, **45**, 355-359 (1983).
31. Genigeorgis, C., Hassuneh, M., Collins, P., *Campylobacter jejuni* infection on poultry farms and its effect on poultry meat contamination during slaughtering. *J. Food Prot.*, **49**, 895-903 (1986).
32. Jones, F.T., Axtell, R.C., Rives, D.V., Scheideler, S.E., Tarver, F.R.Jr., Walker, R.L., Wineland, M.J., A survey of *Campylobacter jejuni* contamination in modern broiler production and processing systems. *J. Food Prot.*, **54**, 259-262 (1991).
33. Konkel, M.E., Garvis, S.G., Tipton, S.L., Anderson, D.E.Jr., Cieplak, W.Jr., Identification and molecular cloning of a gene encoding a fibronectin-binding protein (CadF) from *Campylobacter jejuni*. *Mol. Microbiol.*, **24**, 953-963 (1997).
34. Wassenaar, T.M., Bleumink-Pluym, N.M., van der Zeijst, B.A., Inactivation of *Campylobacter jejuni* flagellin genes by homologous recombination demonstrates that flaA but not flaB is required for invasion. *EMBO. J.*, **10**, 2055-2061 (1991).
35. Linton, D., Gilbert, M., Hitchen, P.G., Dell, A., Morris, H.R., Wakarchuk, W.W., Gregson, N.A., Wren, B.W., Phase variation of a beta-1,3 galactosyltransferase involved in generation of the ganglioside GM1-like lipo-oligosaccharide of *Campylobacter jejuni*. *Mol. Microbiol.*, **37**, 501-514 (2000).
36. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2020. Korean culture collection for foodborne pathogens newsletter, Osong, Korea, pp. 4-7.
37. Sierra-Arguello, Y.M., Perdoncini, G., Rodrigues, L.B., Ruschel Dos Santos, L., Apellanis Borges, K., Quedi Furian, T., Pippi Salle, C.T., de Souza Moraes, H.L., Pereira Gomes, M.J., Pinheiro do Nascimento, V., Identification of pathogenic genes in *Campylobacter jejuni* isolated from broiler carcasses and broiler slaughterhouses. *Sci. Rep.* **11**, 4588 (2021).
38. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), 2022. National antibiotic use and resistance monitoring, Sejong, Korea. pp. 13-17, 129.
39. Animal and Plant Quarantine Agency (APQA), 2020. Poultry antibiotic prescribing guidelines, Kimcheon, Korea, pp. 31.
40. Asai, T., Kojima, A., Harada, K., Ishihara, K., Takahashi, T., Tamura, Y., Correlation between the usage volume of veterinary therapeutic antimicrobials and resistance in *Escherichia coli* isolated from the feces of food-producing animals in Japan. *Jpn. J. Infect. Dis.*, **58**, 369-372 (2005).
41. Animal and Plant Quarantine Agency (APQA), 2017. The evaluation of human health impact of fluoroquinolone resistant bacteria attributed to the consumption of chicken through the antimicrobial resistance risk analysis, Kimcheon, Korea, pp. 3-12.
42. Kim, S.M., Chong, S.J., Prevalence and in vitro antimicrobial activity against *Campylobacter jejuni* / *coli* from chickens. *Korean J. Clin. Lab. Sci.,* **28**, 20-28 (1996).
43. Yang, J.W., Kim, S.H., Lee, W.W., Kim, Y.H., Prevalence of virulence-associated genes and antimicrobial resistance of *Campylobacter jejuni* from ducks in Gyeongnam province, Korea. *Korean J. Vet. Serv.*, **37**, 85-96 (2014).
44. Noormohamed, A., Fakhr, M.K., Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Campylobacter spp.* in Oklahoma conventional and organic retail poultry. *Open Microbiol. J.*, **8**, 130-137 (2014).
45. Sproston, E.L., Wimalarathna, H,M,L., Sheppard, S.K., Trends in fluoroquinolone resistance in Campylobacter. *Microb. Genom.*, **4**, 1-8 (2018).
46. Skjøt-Rasmussen, L., Ethelberg, S., Emborg, H.D., Agersø, Y., Larsen, L.S., Nordentoft, S., Olsen, S.S., Ejlertsen, T., Holt, H., Nielsen, E.M., Hammerum, A.M., Trends in occurrence of antimicrobial resistance in *Campylobacter jejuni* isolates from broiler chickens, broiler chicken meat, and human domestically acquired cases and travel associated cases in Denmark. *Int*. *J. Food Microbiol*., **131**, 277-279 (2009).
47. Engberg, J., Aarestrup, F.M., Taylor, D.E., Gerner-Smidt, P., Nachamkin, I., Quinolone and macrolide resistance in *Campylobacter jejuni* and *C. coli*: resistance mechanisms and trends in human isolates. *Emerg. Infect. Dis.,* **7**, 24-34 (2001).
48. Nachamkin, I., Ung, H., Li, M., Increasing fluoroquinolone resistance in *Campylobacter jejuni*, Pennsylvania, USA, 1982-2001. *Emerg. Infect. Dis*., **8**, 1501-1503 (2002).
49. Zeitouni, S., Guyard-Nicodème, M., Kempf, I., Comparison of adhesion, invasion, motility, and toxin production of *Campylobacter* strains and their resistant mutants. *Microb. Drug Resist.*, **19**, 130-137 (2013).
50. Nielsen, E.M., Engberg, J., Madsen, M., Distribution of serotypes of *Campylobacter jejuni* and *C. coli* from Danish patients, poultry, cattle and swine. *FEMS. Immunol. Med. Microbiol.,* **19**, 47-56 (1997).
51. Kim, W.H., Choi, O.K., Jeong, J.A., Park, S.H., Lee, Y.E., Park, G.H., Yoon, M.H., Genetic analysis of *Campylobacter jejuni* isolates from diarrhea patients in Gyeonggi-do. *Korean J. Microbiol.,* **54**, 31-37 (2018).
52. Pike, B.L., Guerry, P., Poly, F., Global distribution of *Campylobacter jejuni* penner serotypes: a systematic review. *PLoS. One*, **8**, 1-8 (2013).
53. Takahashi, M., Koga, M., Yokoyama, K., Yuki, N., Epidemi-

ology of *Campylobacter jejuni* isolated from patients with Guillain-Barré and Fisher syndromes in Japan. *J. Clin. Microbiol.,* **43**, 335-339 (2005).
54. Jung, S.M., Kim, N.O., Na, H.Y., Hong, S.H., Chung G.T., Prevalence of *Campylobacter* causing acute diarrhea in Korea, 2012-2015. *Public Health Wkly. Rep.*, **9**, 526-530 (2016).