DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20251027003
引用格式: 刘览, 张晶, 李海麟, 等. 2023—2024 年广州市零售生鸡肉中沙门氏菌污染状况及耐药性分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(8): 230–236.
LIU L, ZHANG J, LI HL, *et al*. Analysis of contamination status and antimicrobial resistance of *Salmonella* in retail raw chicken in Guangzhou from 2023—2024 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(8): 230–236. (in Chinese with English abstract).

2023—2024 年广州市零售生鸡肉中沙门氏菌污染状况及耐药性分析

刘 览[#], 张 晶[#], 李海麟, 曾锦衡, 李 燕, 张维蔚[*], 吴新伟
[广州市疾病预防控制中心(广州市卫生监督所), 广州医科大学公共卫生研究院, 广州 510440]

摘 要: 目的 了解广州市零售生鸡肉中沙门氏菌污染现状、血清型分布及其耐药特征。**方法** 2023—2024 年采集广州市零售生鸡肉样品进行沙门氏菌分离鉴定, 并开展血清学分型和 9 类 21 种抗菌药物耐药检测。**结果** 280 份生鸡肉样品中, 沙门氏菌总检出率 29.29% (82/280); 分离出沙门氏菌 85 株。储存温度与采样环节对沙门氏菌检出率影响均具统计学意义: 常温生鲜鸡肉检出率最高(34.56%, 47/136), 冷鲜鸡肉次之(29.47%, 28/95), 冷冻鸡肉最低(14.29%, 7/49) (χ^2=7.151, P=0.028); 采样环节中农贸市场检出率最高(38.39%, 43/112), 超市和网店均为 23.21% (26/112、13/56) (χ^2=7.476, P=0.024)。广州市生鸡肉中优势血清型为阿贡纳沙门氏菌、科瓦利斯沙门氏菌和印地安纳沙门氏菌。耐药菌株检出率为 92.94% (79/85); 耐药程度最高的药物为四环素(78.82%), 其次为氨苄西林(67.06%)、氯霉素及氟苯尼考(均为 64.71%); 对头孢他啶/阿维巴坦完全敏感。多重耐药菌株占 70.59%, 最多对 8 类抗菌药物耐药。**结论** 广州市生鸡肉中沙门氏菌检出率较高, 呈现多种血清型, 沙门氏菌耐药情况严峻, 需加强生肉监测及抗菌药物使用管理。

关键词: 沙门氏菌; 生鸡肉; 血清分型; 耐药性

Analysis of contamination status and antimicrobial resistance of *Salmonella* in retail raw chicken in Guangzhou from 2023—2024

LIU Lan[#], ZHANG Jing[#], LI Hai-Lin, ZENG Jin-Heng, LI Yan, ZHANG Wei-Wei[1*], WU Xin-Wei
[*Guangzhou Center for Disease Control and Prevention* (*Guangzhou Health Supervision Institute*), *Institute of Public Health*, *Guangzhou Medical University*, *Guangzhou* 510440, *China*]

ABSTRACT: Objective To investigate the contamination status, serotype distribution and antimicrobial resistance characteristics of *Salmonella* in retail raw chicken in Guangzhou. **Methods** From 2023 to 2024, raw chicken samples were collected from retail markets in Guangzhou for *Salmonella* isolation and identification. Serotyping and

收稿日期: 2025-10-27
基金项目: 广州市科技计划项目(2024A03J0413, 2024A03J0421); 广州市医学重点学科建设项目(2025-2027-12)
#刘览和张晶为共同第一作者

第一作者: 刘览(1988—), 女, 硕士, 副主任医师, 主要研究方向为食品微生物风险监测与评估。E-mail: 254520189@qq.com
张晶(1980—), 女, 硕士, 副主任技师, 主要研究方向为病原微生物学。E-mail: zhangjing9468@sina.cn
***通信作者:** 张维蔚(1980—), 女, 硕士, 主任医师, 主要研究方向为食品安全风险监测评估。E-mail: 249726849@qq.com

antimicrobial susceptibility testing against 21 agents from 9 classes were performed. **Results**　Among 280 raw chicken samples, the overall detection rate of *Salmonella* was 29.29% (82/280) and 85 strains of *Salmonella* were isolated. Storage temperature and sampling site significantly affected the detection rate. The rate was highest in ambient fresh chicken (34.56%, 47/136), followed by chilled chicken (29.47%, 28/95), and lowest in frozen chicken (14.29%, 7/49) (χ^2=7.151, P=0.028). Among sampling sites, the detection rate was highest in wet markets (38.39%, 43/112), compared to supermarkets and online stores (both 23.21%: 26/112 and 13/56, respectively) (χ^2=7.476, P=0.024). The predominant serotypes were *Salmonella agona*, *Salmonella corvallis* and *Salmonella indiana*. The detection rate of drug-resistant strains was 92.94% (79/85), with highest resistance to tetracycline (78.82%), followed by ampicillin (67.06%), and chloramphenicol and florfenicol (both 64.71%). All isolates remained susceptible to ceftazidime/avibactam. Multidrug-resistant strains accounted for 70.59%, with some resistant to up to 8 antimicrobial classes. **Conclusion**　*Salmonella* is detected at a relatively high rate in raw chicken in Guangzhou, exhibiting diverse serotypes and severe antimicrobial resistance, underscoring the need for enhanced meat safety surveillance and antimicrobial stewardship.

KEY WORDS: *Salmonella*; raw chicken; serotyping; antimicrobial resistance

0　引　言

沙门氏菌是一种重要的人兽共患病原菌, 也是全球范围内最常见的食源性致病菌之一, 对公共卫生和禽类养殖业构成持续威胁[1–2]。人类感染后通常表现为胃肠炎, 但亦可引发严重侵袭性疾病, 其最主要的传播途径是摄入受污染的动物源性食品, 其中鸡肉及其产品是公认的关键载体[3–4]。该菌属血清型众多, 不同血清型在宿主偏好、致病潜力、耐药谱及地域流行分布等方面存在显著差异[5], 这为监测与防控带来了复杂与挑战。近年来, 随着畜牧业集约化发展, 抗菌药物的长期与不合理使用加剧了细菌耐药性的蔓延, 使其成为全球十大公共卫生威胁之一[6]。沙门氏菌作为全球耐药性监测的重点病原体, 其耐药谱在不同地区、不同宿主及食品链条中持续演变[7]。我国作为肉鸡生产与消费大国[8], 虽已对零售畜禽肉中沙门氏菌开展较多监测, 但结果因样本来源、时期、方法而异[9–10]。广州地区居民禽肉消费量大, 饮食文化中对“鲜鸡”的偏好可能导致独特的暴露风险, 而针对本地零售生鸡肉中沙门氏菌的系统性监测数据较少, 其对常见抗菌药物的耐药现状亦不明确。综上, 本研究于 2023—2024 年对广州市零售生鸡肉中沙门氏菌污染状况进行监测, 并开展血清学分型和耐药性监测, 旨在为生鸡肉沙门氏菌风险评估和指导养殖环节合理用药提供关键数据支撑。

1　材料与方法

1.1　材　料

1.1.1　食品样品来源

2023—2024 年在广州市海珠、荔湾、天河、白云、花都、南沙、增城、从化区共 8 个区开展生鸡肉沙门氏菌污染状况及耐药性监测, 基于随机采样原则, 共采集生鸡肉样品 280 份。采样时间为每年 6 月、9 月, 采样环节覆盖农贸市场、生鲜超市、常规超市和网店。样品采集后于 0~4 ℃冷藏保存运输, 4 h 内送至实验室进行检测。

1.1.2　仪器与试剂

VITEK 2 Compact 全自动微生物鉴定及药敏分析系统(法国梅里埃公司); ProFlex™聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)系统(美国赛默飞世尔科技公司)。

Lightning 1000 全自动微孔板菌液接种与药敏判读系统及革兰氏阴性需氧菌药敏检测板(上海星佰生物技术有限公司); 沙门氏菌显色培养基(上海科玛嘉微生物技术有限公司); 沙门氏菌生化鉴定试剂盒(广东环凯生物科技有限公司); 沙门氏菌诊断血清(丹麦 SSI 公司); 引物(广州昊天生物科技有限公司); 药敏质控菌株大肠埃希菌 ATCC 25922(中国食品药品检定研究院)。

1.2　方　法

1.2.1　菌株分离及鉴定

沙门氏菌的分离与鉴定依据 GB 4789.4—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验》及后续更新版(GB 4789.4—2024《食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验》)开展。操作包括增菌、分离培养、生化初筛及血清学鉴定; 所有初筛阳性菌株均使用 VITEK 2 Compact 生化鉴定系统进行生化确证后, 均由广州市疾病预防控制中心(广州市卫生监督所)复核。每批次实验均设无菌空白对照。

1.2.2　药敏试验

根据 2023 年、2024 年《国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册》, 采用推荐的微量肉汤稀释法进行药敏试验, 以大肠埃希菌 ATCC 25922 作为质控菌株, 定量测定供试抗菌药物对沙门氏菌的最低抑菌浓度(minimum inhibitory concentration, MIC)。选取常见的 9 类 21 种抗菌

药物进行试验: (1)四环素类: 四环素(tetracycline, TET)、替加环素(tigecycline, TIG); (2)青霉素类: 氨苄西林(ampicillin, AMP); (3)苯丙醇类: 氯霉素(chloramphenicol, CHL)、氟苯尼考(florfenicol, FFC); (4)头孢类: 头孢唑林(cefazolin, CFZ)、头孢噻肟(cefotaxime, CTX)、头孢呋辛(cefuroxime, CXM)、头孢噻呋(ceftiofur, EFT)、头孢吡肟(cefepime, CPM)、头孢他啶(ceftazidime, CAZ)、头孢西丁(cefoxitin, CFX); (5) β-内酰胺类: 氨苄西林/舒巴坦(ampicillin-sulbactam, AMS)、头孢他啶/阿维巴坦(ceftazidime-avibactam, CZA); (6)叶酸途径抑制剂: 复方磺胺(trimethoprim-sulfamethoxazole, SXT); (7)喹诺酮类: 环丙沙星(ciprofloxacin, CIP); (8)乳菌肽脂肽类: 多粘菌素 B (polymyxin B, PB)、多粘菌素 E (colistin, CT); (9)碳青霉烯类: 亚胺培南(imipenem, IMP)、美罗培南(meropenem, MEM)、厄他培南(ertapenem, ETP)。沙门氏菌药敏试验参照美国临床和实验室标准化委员会(Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI)制定的药物敏感性试验指南 M100-32 进行折点判读, 判定结果分为敏感(susceptible, S)、中介(intermediate, I)和耐药(resistant, R) 3 种情况。

1.3 数据处理

统计软件采用 SPSSAU 25.0, 使用卡方检验进行生鸡肉中沙门氏菌检出率组间比较, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。图表采用 WPS Office (12.1.0.24034)制作。

2 结果与分析

2.1 沙门氏菌检出情况

280 份零售生鸡肉样品中, 沙门氏菌总检出率为 29.29% (82/280)。鸡肉与乌鸡肉、整鸡与分割鸡、不同包装类型及不同季节的检出率对比差异均无统计学意义(表 1)。储存温度与采样环节对沙门氏菌检出率影响均具统计学意义: 常温生鲜鸡肉检出率最高(34.56%, 47/136), 冷鲜鸡肉次之(29.47%, 28/95), 冷冻鸡肉最低(14.29%, 7/49) (χ^2=7.151, P=0.028); 采样环节中农贸市场检出率最高(38.39%, 43/112), 超市和网店均为 23.21% (26/112、13/56) (χ^2=7.476, P=0.024)。

2.2 血清型分布

本研究共分离出沙门氏菌 85 株, 鉴定出血清型 20 种(图 1)。广州市零售生鸡肉中优势血清型为阿贡纳沙门氏菌(14.12%, 12/85)、科瓦利斯沙门氏菌(10.59%, 9/85)和印地安纳沙门氏菌(9.41%, 8/85)。从生鸡肉储存温度来看, 沙门氏菌分离率以常温生鲜鸡肉最高(55.29%, 47/85), 其次为冷鲜鸡肉(36.47%, 31/85), 冷冻鸡肉最低(8.24%, 7/85)。

2.3 耐药性分析

2.3.1 总体耐药性

沙门氏菌耐药菌株检出率为 92.94% (79/85)。耐药程度最高的药物为 TET (78.82%), 其次为 AMP (67.06%)、CHL 及 FFC(均为 64.71%)。对 CT、PB 及 CIP, 菌株的中介耐药率均超过 50%。值得注意的是, 所有菌株对 TIG、CFX 及碳青霉烯类药物(IMP、MEM、ETP)保持高度敏感, 耐药率仅介于 1.18%~8.24%; 对 CZA 则完全敏感, 敏感率达 100.00%(表 2)。

2.3.2 多重耐药

本次监测 21 种抗菌药物涵盖 9 大类。在 85 株沙门氏

表 1 2023—2024 年广州市生鸡肉中沙门氏菌检出情况

Table 1 Detection of *Salmonella* in raw chicken in Guanghzou from 2023 to 2024

变量	分组	样品数/份	检出数/份	检出率/%	χ^2	P
样品类型	鸡肉	140	42	30.00	0.069	0.793
	乌鸡肉	140	40	28.57		
是否整鸡	是	178	59	33.15	3.516	0.061
	否	102	23	22.55		
储存温度	常温生鲜	136	47	34.56	7.151	0.028
	冷鲜	95	28	29.47		
	冷冻	49	7	14.29		
包装类型	预包装	60	12	20.00	1.961	0.375
	简易包装	45	13	28.89		
	散装	175	57	32.57		
采样季节	夏季	140	46	32.86	1.725	0.189
	秋季	140	36	25.71		
采样环节	农贸市场	112	43	38.39	7.476	0.024
	超市	112	26	23.21		
	网店	56	13	23.21		
合计		280	82	29.29		

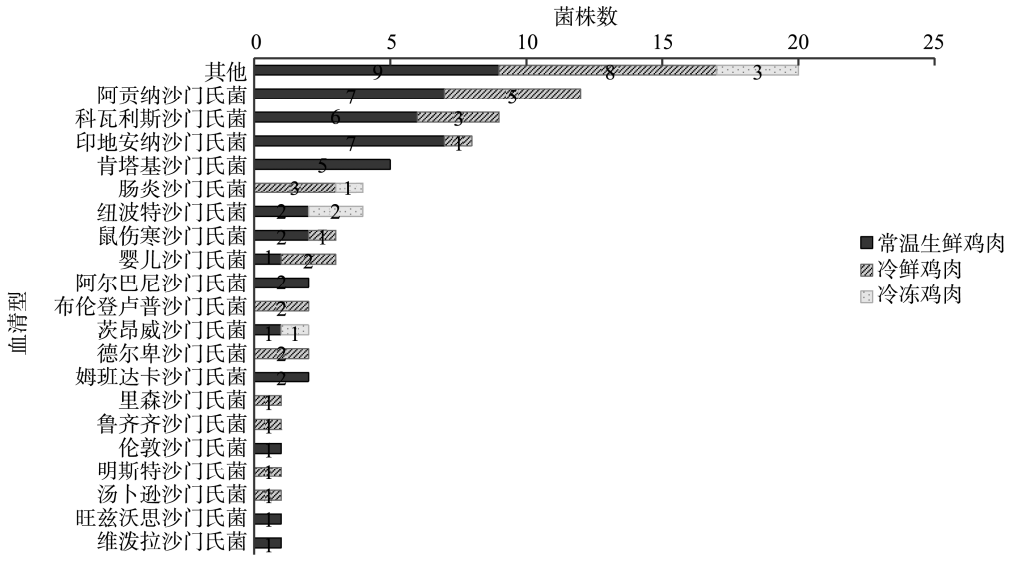


图 1　广州市生鸡肉中沙门氏菌血清型分布

Fig.1　Serotypes distribution of *Salmonella* isolated from raw chicken in Guangzhou

表 2　85 株沙门氏菌对 9 类 21 种抗菌药物的耐药性分析

Table 2　Antimicrobial resistance analysis of 85 strains *Salmonella* to 21 kinds of antimicrobial agents across 9 classes

抗菌药物类别	抗菌药物	MIC 范围/(μg/mL)	MIC_{50}/(μg/mL)	MIC_{90}/(μg/mL)	耐药率/%	中介率/%	敏感率/%
四环素类	TET	≤1~>32	>32	>32	78.82 (67)	0.00 (0)	21.18 (18)
	TIG	≤0.25~>8.00	0.5	1	1.18 (1)	3.53 (3)	95.29 (81)
青霉素类	AMP	≤1~>64	>64	>64	67.06 (57)	0.00 (0)	32.94 (28)
苯丙醇类	CHL	≤2~>64	>64	>64	64.71 (55)	0.00 (0)	35.29 (30)
	FFC	≤2~>32	>32	>32	64.71 (55)	3.53 (3)	31.76 (27)
头孢类	CFZ	1~>32	4	>32	45.88 (39)	22.35 (19)	31.76 (27)
	CTX	≤0.25~>16.00	≤0.25	>16	37.65 (32)	0.00 (0)	62.35 (53)
	CXM	1~>32	8	>32	37.65 (32)	2.35 (2)	60.00 (51)
	EFT	≤1~>16	≤1	>16	35.29 (30)	0.00 (0)	64.71 (55)
	CPM	≤1~>64	≤1	32	20.00 (17)	15.29 (13)	64.71 (55)
	CAZ	≤0.5~>32.0	1	16	14.12 (12)	14.12 (12)	71.76 (61)
	CFX	≤1~>64	4	16	4.71 (4)	7.06 (6)	88.24 (75)
β-内酰胺类	AMS*	≤1.0/0.5~>64/32	16/8	64/32	45.88 (39)	17.65 (15)	36.47 (31)
	CZA#	≤0.25/4.00~8/4	≤0.25/4.00	1/4	0.00 (0)	-	100.00 (85)
叶酸途径抑制剂	SXT	≤0.25/4.75 ~>8/152	1/19	>8/152	43.53 (37)	-	56.47 (48)
喹诺酮类	CIP	≤0.016~>32.000	0.25	>32	27.06 (23)	52.94 (45)	20.00 (17)
乳菌肽脂肽类	PB	≤0.12~>4.00	2	4	23.53 (20)	76.47 (65)	-
	CT	≤0.12~>8.00	2	4	15.29 (13)	84.71 (72)	-
碳青霉烯类	IMP	≤0.25~8.00	≤0.25	2	8.24 (7)	7.06 (6)	84.71 (72)
	MEM	≤0.125~>4.000	≤0.125	0.25	5.88 (5)	0.00 (0)	94.12 (80)
	ETP	≤0.25~2.00	≤0.25	≤0.25	2.35 (2)	2.35 (2)	95.29 (81)

注: * MIC 值表示为 AMS 的最低抑菌浓度, 测定时两者的固定比例为 2:1; # CZA 的 MIC 值报告为头孢他啶最低抑菌浓度, 其中阿维巴坦质量浓度固定为 4 μg/mL; -表示 CLSI 中无该药物的折点标准。耐药率、中介率和敏感率括号内数字为株数。

菌中，共 60 株(70.59%)表现出多重耐药(即对 3 类及以上抗菌药物耐药)，具体分布见表 3。耐药菌株主要集中于耐 3~8 类药物，其中以耐 7 类药物者最多(15 株)，其次为耐 4 类、6 类药物(各 12 株)和耐 5 类药物(11 株)。本次检出耐药类别数最高为 8 类，共 3 株，其中 2 株为纽波特沙门氏菌，1 株为其他血清型。

表 3 生鸡肉中沙门氏菌耐药类别

Table 3 Antimicrobial resistance categories of *Salmonella* in raw chicken

耐药类数	耐药类型	菌株数	占比/%
0	无	6	7.06
1	四环素类	8	9.41
1	氯霉素类	2	2.35
1	乳菌肽脂肽类	2	2.35
1	叶酸途径抑制剂	1	1.18
2	乳菌肽脂肽类-四环素类	2	2.35
2	青霉素类-四环素类	1	1.18
2	乳菌肽脂肽类-氯霉素类	1	1.18
2	四环素类-氯霉素类	1	1.18
2	碳青霉烯类-氯霉素类	1	1.18
3	青霉素类-四环素类-氯霉素类	2	2.35
3	青霉素类-*β*-内酰胺类-四环素类	1	1.18
3	四环素类-喹诺酮类-叶酸途径抑制剂	1	1.18
3	四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	1	1.18
3	碳青霉烯类-四环素类-氯霉素类	1	1.18
3	头孢类-乳菌肽脂肽类-喹诺酮类	1	1.18
4	青霉素类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	4	4.71
4	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-乳菌肽脂肽类	3	3.53
4	青霉素类-头孢类-四环素类-氯霉素类	2	2.35
4	青霉素类-*β*-内酰胺类-四环素类-氯霉素类	1	1.18
4	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-四环素类	1	1.18
4	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-叶酸途径抑制剂	1	1.18
5	青霉素类-*β*-内酰胺类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	3	3.53
5	青霉素类-头孢类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	3	3.53
5	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-四环素类-喹诺酮类	1	1.18
5	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-四环素类-氯霉素类	1	1.18
5	青霉素类-四环素类-喹诺酮类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	1	1.18
5	青霉素类-头孢类-乳菌肽脂肽类-四环素类-氯霉素类	1	1.18
5	青霉素类-头孢类-四环素类-喹诺酮类-氯霉素类	1	1.18
6	青霉素类-*β*-内酰胺类-碳青霉烯类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	3	3.53
6	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-四环素类-喹诺酮类-氯霉素类	3	3.53
6	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	2	2.35
6	青霉素类-头孢类-乳菌肽脂肽类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	2	2.35
6	青霉素类-*β*-内酰胺类-乳菌肽脂肽类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	1	1.18
6	青霉素类-头孢类-乳菌肽脂肽类-四环素类-喹诺酮类-氯霉素类	1	1.18
7	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-四环素类-喹诺酮类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	8	9.41
7	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-乳菌肽脂肽类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	3	3.53
7	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-乳菌肽脂肽类-四环素类-喹诺酮类-氯霉素类	2	2.35
7	青霉素类-*β*-内酰胺类-乳菌肽脂肽类-四环素类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	1	1.18
7	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-碳青霉烯类-乳菌肽脂肽类-四环素类-喹诺酮类	1	1.18
8	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-乳菌肽脂肽类-四环素类-喹诺酮类-氯霉素类-叶酸途径抑制剂	2	2.35
8	青霉素类-*β*-内酰胺类-头孢类-碳青霉烯类-乳菌肽脂肽类-四环素类-喹诺酮类-氯霉素类	1	1.18

3　讨论与结论

本研究显示, 广州市零售生鸡肉中沙门氏菌检出率为 29.29%, 高于云南(14.29%)[11]、吉林(17.92%)[12]、陕西(21.33%)[13]及济南(22.31%)[14], 但低于衡阳(50.88%)[15]、河北(53.33%)[16]和上海(59.38%)[17]。广州地区检出率较高, 可能与本地高温高湿气候、市民偏好“鲜鸡”消费所致冷链环节不足, 以及传统农贸市场零售环境中交叉污染风险较高有关。本研究进一步证实, 常温储存的生鲜鸡肉污染率最高, 且农贸市场样本的污染率显著高于超市和网店, 直接提示储存温度、销售时长及终端环境卫生是影响最终污染水平的关键可控因素。

在血清型分布上, 本地区优势血清型为阿贡纳沙门氏菌、科瓦利斯沙门氏菌和印地安纳沙门氏菌。此结果与广东[18]既往研究(以鼠伤寒沙门氏菌、阿贡纳沙门氏菌为主)及其他地区如北京[19](肠炎沙门氏菌、印第安纳沙门氏菌、汤卜逊沙门氏菌)、上海[20](以科瓦利斯沙门氏菌为主)等报道存在交叉但各有侧重, 反映出沙门氏菌血清型分布的多样性和地域差异, 提示不同地区的污染源、养殖环境及传播链条可能有所差异。

抗微生物药物耐药性已成为全球公共卫生的重大挑战[21], 食物链是耐药菌从动植物传播到人体的重要途径[22]。本研究显示, 广州市零售生鸡肉中沙门氏菌耐药菌株的检出率高达 92.94%、多重耐药率 70.59%、最多可耐受 8 类抗菌药物, 与全国禽源沙门氏菌普遍呈现多重耐药的趋势一致[23]。进一步分析揭示, 本地菌株的耐药谱呈现明显的“三层结构”: 底层为对 TET、AMP、CHL、FFC 等传统抗菌药物的普遍高水平耐药; 中层为对 CT、PB 及 CIP 的高比例中介敏感性; 顶层为对新型复合制剂 CZA 的完全敏感。这一结构揭示了本地沙门氏菌耐药性的演化轨迹与现状[24]。

养殖业长期广泛使用传统抗菌药物, 形成了强选择性压力, 直接导致携带 *tet*、*bla TEM*、*bla SHV* 等耐药基因的菌株被富集, 从而引发高耐药现象[25–26]。而 CHL 及其兽用替代品 FFC 的高交叉耐药, 进一步印证了药物使用模式对耐药性发展的持续驱动。此外, 高达 70.59%的多重耐药率提示, 这些针对传统药物的耐药基因, 很可能与介导对磺胺类、氨基糖苷类等药物耐药的基因共同位于质粒、整合子等可移动遗传元件上, 通过水平基因转移“打包”传播, 极大加速了多重耐药克隆的扩散[27–29]。更具前瞻性风险预警意义的是, 对 CT、PB 及 CIP 的高中介率并非简单的敏感性下降, 而是表明菌株已广泛获得质粒介导的喹诺酮类耐药基因或染色体介导的多粘菌素适应性突变[30]。该状态是向完全耐药进化的关键过渡阶段, 提示本地菌群已具备向完全耐药演化的遗传潜力, 大幅增加了在未来抗菌药物压力下迅速进化出高水平耐药克隆的风险。基于此, 本研究菌株对 CZA 的普遍敏感是一个积极但需审慎看待的信号。它表明本研究分离的沙门氏菌种群尚未普遍产生活性碳青霉烯酶或某些罕见的耐抑制剂酶。同时, 尽管 AMP 耐药率高, 但主要可能由普通 β-内酰胺酶(如 TEM-1)介导, 而非主要由超广谱 β-内酰胺酶(extended spectrum β-lactamase, ESBLs)介导。上述结果表明, 尽管本研究中鸡肉源沙门氏菌对碳青霉烯类药物 CZA 保持敏感, 但其普遍存在的多重耐药背景提示, 一旦获得碳青霉烯酶基因, 这些菌株很可能迅速演变为对“最后防线”药物耐药的难治性菌株[27,31]。因此, 建议严格禁止 CZA 等药物在养殖业中的使用, 并持续监测菌株对该类药物中介率的变化, 建立耐药性升级的早期预警系统。

综上, 本研究首次系统揭示了广州市零售生鸡肉中沙门氏菌的污染与耐药现状: 污染水平较高, 且呈现普遍耐药与严峻的多重耐药态势。结果从“同一健康”视角揭示了食物链中沙门氏菌耐药性演化的路径与潜在风险。为积极应对, 亟待建立覆盖“养殖、屠宰、运输、零售”全链条的耐药性综合监测网络, 推动跨部门数据共享与联合干预, 系统实施抗菌药物减量化与零售终端卫生规范化, 以从源头上阻断耐药菌及耐药基因的传播, 保障食品安全与公共卫生安全。

参考文献

[1] 张璐. 鸡源沙门氏菌血清型、耐药性及分子流行病学研究[D]. 北京: 中国兽医药品监察所, 2021.
ZHANG L. Study on serotypes, antimicrobial resistance and molecular epidemiology of *Salmonella* spp. from chicken [D]. Beijing: China Institute of Veterinary Drug Control, 2021.

[2] LI W, PIRES SM, LIU Z, *et al*. Surveillance of foodborne disease outbreaks in China, 2003—2017 [J]. Food Control, 2020, 118: 107359.

[3] AKIL L, AHMAD HA. Quantitative risk assessment model of human salmonellosis resulting from consumption of broiler chicken [J]. Diseases, 2019, 7(1): 19.

[4] KANAAN M. Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* enterica serovars *Enteritidis* and *Typhimurium* isolated from retail chicken meat in Wasit markets, Iraq [J]. Veterinary World, 2023, 16(3): 455–463.

[5] NOENCHAT P, DIREKSIN K, SORNPLANG P. The phenotypic and genotypic antimicrobial resistance patterns of *Salmonella* isolated from chickens and meat at poultry slaughterhouses in Japan and Thailand [J]. Veterinary World, 2023, 16(7): 1527–1533.

[6] WU S, HULME JP. Recent advances in the detection of antibiotic and multi-drug resistant *Salmonella*: An update [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(7): 3499.

[7] World Health Organization. Global antibiotic resistance surveillance report 2025 [R]. Geneva: WHO, 2025.

[8] 张怡, 王雪彤, 辛翔飞, 等. 2024 年全球肉鸡生产、贸易及产业经济发展研究[J]. 中国畜牧杂志, 2025, 61(3): 371–377.
ZHANG Y, WANG XT, XIN XF, *et al*. Global broiler production, trade, and industrial-economic development in 2024 [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2025, 61(3): 371–377.

[9] SUN T, LIU Y, QIN X, *et al*. The prevalence and epidemiology of

Salmonella in retail raw poultry meat in China: A systematic review and meta-analysis [J]. Foods, 2021, 10(11): 2757.

[10] SHEN W, CHEN H, GENG J, *et al*. Prevalence, serovar distribution, and antibiotic resistance of *Salmonella* spp. isolated from pork in China: A systematic review and meta-analysis [J]. International Journal of Food Microbiology, 2022, 361: 109473.

[11] 高斌, 任凌洁, 冯励, 等. 云南部分地区畜禽肉中沙门氏菌的污染状况及其耐药性[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2024, 39(4): 63–69.
GAO B, REN LJ, FENG L, *et al*. Contamination status and drug resistance of *Salmonella* in livestock and poultry meat in some areas of Yunnan Province [J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2024, 39(4): 63–69.

[12] 张瑞斐. 2021—2022 年吉林省监测食品中沙门氏菌的污染现状及耐药性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2024.
ZHANG RF. Analysis of the contamination status and drug resistance of *Salmonella* in food in Jilin Province from 2021 to 2022 [D]. Changchun: Jilin University, 2024.

[13] SHENG H, SUO J, DAI J, *et al*. Prevalence, antibiotic susceptibility and genomic analysis of *Salmonella* from retail meats in Shaanxi, China [J]. International Journal of Food Microbiology, 2023, 403: 110305.

[14] 刘畅. 济南零售鸡肉中沙门菌流行病学特征与耐药现状研究[D]. 济南: 山东大学, 2023.
LIU C. The study on epidemiological characteristics and antimicrobial resistance of *Salmonella* from retail chickens in Ji'nan [D]. Ji'nan: Shandong University, 2023.

[15] 曹赛红, 颜淑妩, 周奇文, 等. 2020—2022 年衡阳市肉类食品中沙门菌的耐药性与分子分型研究[J]. 公共卫生与预防医学, 2024, 35(4): 74–78.
CAO SH, YAN SW, ZHOU QW, *et al.* Research on the drug resistance and molecular typing of *Salmonella* in meat products in Hengyang City from 2020 to 2022 [J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2024, 35(4): 74–78.

[16] WANG Z, ZHANG J, LIU S, *et al*. Prevalence, antimicrobial resistance, and genotype diversity of *Salmonella* isolates recovered from retail meat in Hebei Province, China [J]. International Journal of Food Microbiology, 2022, 364: 109515.

[17] 陈培超, 黄强, 孙攀, 等. 2021 年上海市嘉定区生禽肉中沙门菌污染状况及病原学特征分析[J]. 上海预防医学, 2023, 35(6): 542–548.
CHEN PC, HUANG Q, SUN P, *et al*. Analysis of *Salmonella* contamination and pathogenic characteristics in raw poultry meats in Jiading District, Shanghai in 2021 [J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2023, 35(6): 542–548.

[18] 阎彦霏, 苏秀敏, 杨秋萍, 等. 广东、广西、福建省和上海市零售鸡肉源沙门氏菌的血清型和基因型[J]. 中国食品学报, 2022, 22(6): 276–288.
YAN YF, SU XM, YANG QP, *et al*. Serotypes and genotypes of *Salmonella* isolated from retail chicken in Guangdong, Guangxi, Fujian Provinces and Shanghai municipality [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2022, 22(6): 276–288.

[19] 胡豫杰, 文艺, 马彦宁, 等. 北京市批发市场鸡肉中沙门菌血清型和耐药特征研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2024, 36(1): 1–7.
HU YJ, WEN Y, MA YN, *et al*. Serotype distribution and antimicrobial resistance characteristics of *Salmonella* in chicken meat collected from wholesale markets in Beijing City [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2024, 36(1): 1–7.

[20] 余文, 安琳, 任秀, 等. 2021—2022 年上海市区零售鸡肉和猪肉馅中沙门氏菌血清型和耐药特征研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(9): 172–177.
YU W, AN L, REN X, *et al*. Study on serotypes and drug resistance characteristics of *Salmonella* in retail chicken and pig meat fillings in Shanghai in 2021—2022 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(9): 172–177.

[21] BOLKENOV B, LEE KY, ATWILLl ER, *et al*. Phenotypic and genotypic characterization of antimicrobial resistance of non-typhoidal *Salmonella* from retail meat in California [J]. International Journal of Food Microbiology, 2024, 421: 110785.

[22] DE SSM, LIM K, DO MD, *et al*. Antimicrobial resistance in the globalized food chain: A one health perspective applied to the poultry industry [J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2022, 53(1): 465–486.

[23] 罗丹丹, 鲁志平, 文永平, 等. 2012—2024 年我国部分地区禽源沙门氏菌耐药情况研究进展[J]. 中国动物传染病学报, 2025, 33(2): 178–193.
LUO DD, LU ZP, WEN YP, *et al*. Analysis the antimicrobial resistance of avian-origin *Salmonella* in some regions of China from 2012 to 2024 [J]. Chinese Journal of Animal Infectious Diseases, 2025, 33(2): 178–193.

[24] ANDERSSON DI, HUGHES D. Antibiotic resistance and its cost: Is it possible to reverse resistance? [J]. Nature Reviews Microbiology, 2010, 8(4): 260–271.

[25] 石奔, 赵薇, 孙景昱, 等. 全基因组测序分析 45 株沙门氏菌分子分型、耐药性与毒力携带情况[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(20): 79–88.
SHI B, ZHAO W, SUN JY, *et al*. Analysis of molecular subtyping, drug sensitivity and virulence factors of 45 strains of *Salmonella* by whole genome sequencing [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(20): 79–88.

[26] REN X, YANG D, YANG Z, *et al*. Prevalence and antimicrobial susceptibility of foodborne pathogens from raw livestock meat in China, 2021 [J]. Microorganisms, 2024, 12(11): 2157.

[27] 王贤文, 赵丽媛, 张瑞雪, 等. 沙门氏菌血清分型及耐药机制研究进展[J]. 山东农业科学, 2024, 56(1): 174–180.
WANG XW, ZHAO LY, ZHANG RX, *et al*. Research progress on serotyping and antimicrobial resistance mechanism of *Salmonella* [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2024, 56(1): 174–180.

[28] 郑利亚, 刘力瑗, 曲春波, 等. 沙门氏菌耐药与毒力杂合质粒的分子特征与转移风险研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(13): 150–158.
ZHENG LY, LIU LY, QU CB, *et al*. Research progress on molecular characteristics and transfer risks of hybrid resistance and virulence plasmids in *Salmonella* [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(13): 150–158.

[29] YANG C, CHEN K, YE L, *et al*. Prevalence and molecular characterization of cefotaxime-resistant *Salmonella* strains recovered from retail meat samples in Shenzhen, China, during 2014—2017 [J]. Microbiology Spectrum, 2023, 11(5): e488622.

[30] HASSAN JW, XU T, OSMAN M, *et al*. Introduction of the transmissible mobile colistin resistance genes *mcr-3* and *mcr-9* to the USA via imported seafood [J]. mSphere, 2025, 10(7): e25325.

[31] PARTRIDGE SR, KWONG SM, FIRTH N, *et al*. Mobile genetic elements associated with antimicrobial resistance [J]. Clinical Microbiology Reviews, 2018, 31(4): 1110–1128.

(责任编辑: 安香玉 韩晓红)