

# 武汉地区食源性沙门氏菌耐药特征分析

何名扬<sup>1,2</sup>, 朱必婷<sup>1,2</sup>, 王鸣秋<sup>1,2\*</sup>, 刘艳<sup>1,2</sup>, 李诗瑶<sup>1,2</sup>, 罗彤<sup>1,2</sup>, 付文雯<sup>1,2</sup>,  
邵翠翠<sup>1,2</sup>, 马弋<sup>1,2</sup>

(1. 湖北省食品质量安全监督检验研究院, 武汉 430075; 2. 湖北省食品质量安全监测工程技术中心, 武汉 430075)

**摘要:** **目的** 分析武汉市售肉类中分离的82株沙门氏菌的药物敏感性及其耐药基因。**方法** 根据美国临床和实验室标准协会(Clinical & Laboratory Standards Institute, CLSI)相应标准获得沙门氏菌耐药实验种类和浓度, 定制药敏板, 采用最低抑菌浓度法(minimum inhibitory concentration, MIC)进行药敏实验, 并通过PCR方法检测耐药基因的携带情况。**结果** 药物敏感性试验结果显示, 82株沙门氏菌对四环素耐药率最高, 有66株菌株对四环素耐药, 耐药率高达79.52%, 对复方磺胺和氨苄西林的耐药率较高, 耐药率分别为49.40%和48.19%; 对头孢类药物的耐药率较低, 对亚胺培南未表现出耐药性。耐药基因检测结果显示, 82株沙门氏菌中四环素耐药基因 *tetA* 的检出率最高, 且有54株沙门氏菌携带多重耐药基因, 头孢类药物耐药基因 *blaCTX* 检出率较低, 仅为3.66%。**结论** 武汉市食源性沙门氏菌耐药情况较为严重, 部分常见抗生素耐药性较高, 对临床用药治疗和食源性病菌预防造成巨大的影响。

**关键词:** 沙门氏菌; 耐药性; 耐药基因

## Analysis of drug resistance characteristics of food-borne *Salmonella* in Wuhan area

HE Ming-Yang<sup>1,2</sup>, ZHU Bi-Ting<sup>1,2</sup>, WANG Ming-Qiu<sup>1,2\*</sup>, LIU Yan<sup>1,2</sup>, LI Shi-Yao<sup>1,2</sup>, LUO Tong<sup>1,2</sup>, FU Wen-Wen<sup>1,2</sup>, SHAO Cui-Cui<sup>1,2</sup>, MA Yi<sup>1,2</sup>

(1. Hubei Provincial Institute for Food Supervision and Test, Wuhan 430075, China;  
2. Hubei Provincial Engineering Research Center for Food Test, Wuhan 430075, China)

**ABSTRACT: Objective** To analyze the drug susceptibility and drug resistance genes of 82 strains of *Salmonella* isolated from meat sold in Wuhan. **Methods** According to the corresponding standards of the Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI), the type and concentration of *Salmonella* resistance test were obtained, the drug susceptibility plate was customized, the drug susceptibility experiments was performed by minimum inhibitory concentration (MIC) method, and the carrying status of drug-resistant genes was detected by PCR. **Results** The results of the drug susceptibility test showed that 82 strains of *Salmonella* had the highest resistance rate to tetracycline, 66 strains were resistant to tetracycline, the resistance rate was as high as 79.52%, and the resistance rate to compound sulfa and ampicillin was higher, and the resistance rates were 49.40% and 48.19%, respectively. The resistance rate to cephalosporins was low, and none strain of *Salmonella* was no resistance to imipenem. The results

基金项目: 湖北省食品质量安全监督检验研究院自主立项科研项目(ZZLX2017007)、湖北省科技计划重点项目(2020BCA091)

Fund: Supported by the Independent Research Project of Hubei Provincial Institute for Food Supervision and Test (ZZLX2017007), Key Research and Development Project of Hubei Province(2020BCA091)

\*通信作者: 王鸣秋, 高级工程师, 主要研究方向为食品微生物检测。E-mail: 264629283@qq.com

\*Corresponding author: WANG Ming-Qiu, Senior Engineer, Hubei Provincial Institute for Food Supervision and Test, Yaojian 2nd Road, Gaoxin Avenue, Donghu High-tech Zone, Wuhan City, Hubei 430075, China. E-mail: 264629283@qq.com

of drug resistance gene detection showed that the tetracycline resistance gene *tetA* had the highest detection rate among 82 *Salmonella* strains, and 54 *Salmonella* strains carried multiple drug resistance genes. The detection rate of the cephalosporin drug resistance gene *blaCTX* was low, only 3.66%. **Conclusion** The drug resistance of food-borne *Salmonella* in Wuhan is relatively serious, and some common antibiotics are highly resistant, which has a huge impact on clinical medication and prevention of food-borne bacteria.

**KEY WORDS:** *Salmonella*; drug resistance; drug resistance gene

## 0 引言

沙门氏菌属于革兰氏阴性肠杆菌, 是常见的人畜共患病原菌之一<sup>[1-2]</sup>。沙门氏菌存在多种血清型, 部分血清型可通过细菌代谢产生的内毒素引起食物中毒<sup>[3]</sup>, 常见的沙门氏菌有鼠伤寒沙门氏菌、肠炎沙门氏菌、猪霍乱沙门氏菌<sup>[1]</sup>。沙门氏菌分布广泛, 猪肉、禽肉、牛肉、蛋、奶等食品均易受到沙门氏菌的污染, 在我国, 有 7 成以上的细菌性食物中毒都是由沙门氏菌污染引起的<sup>[4-5]</sup>。例如, 2020 年浙江省舟山市一幼儿园发生集体鼠伤寒沙门氏菌食物中毒事件, 导致 27 人中毒<sup>[6]</sup>。目前, 对沙门氏菌的预防和抗感染治疗主要还是通过应用抗生素, 抗生素可以通过影响细菌内蛋白质的生成、破坏细菌细胞壁的形成、改变细菌细胞膜通透性以及抑制核酸的复制转录等方式来干扰细菌的正常生长, 从而达到抑菌作用<sup>[7]</sup>。但目前抗生素的大量使用以及滥用促使了细菌耐药性的产生, 并出现了多重耐药菌株, 使得耐药性的问题变得越来越严重<sup>[8-11]</sup>, 这给食品安全和临床治疗带来了巨大的隐患, 严重威胁着人类的健康。

本研究对武汉市售肉类食品中分离得到的 82 株鼠伤寒沙门氏菌进行药物敏感性和耐药基因检测实验, 分析这些沙门氏菌的污染和耐药情况, 其中耐药基因的检测分析包括常见的不同类抗生素相关耐药基因, 有利于深入了解武汉市食源性沙门氏菌的多重耐药性及相关耐药基因的表达情况, 并通过猪肉及鸡肉中沙门氏菌耐药性的分析比较耐药型沙门氏菌的分布特点, 以期为临床合理用药和食品安全防控提供有效的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

#### 1.1.1 实验菌株

本研究共收集武汉市鼠伤寒沙门氏菌共 82 株, 由湖北省食品安全质量监督检验研究院微生物实验室保存提供。菌株分离自武汉市各大商超及农贸市场采集的鸡肉及猪肉样品, 其中分离自鸡肉样品的菌株共 43 株, 分离自猪肉样品的菌株共 39 株(菌株信息见表 1)。标准菌株沙门氏菌 ATCC 14028 为 PCR 鉴定用阳性对照菌株。标准菌株大肠埃希氏菌 ATCC 25922 为质控菌株。

#### 1.1.2 实验试剂

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); TaKaRa Taq PCR Mix PCR 扩增预混试剂、TaKaRa MiniBEST Universal Genomic DNA Extraction Kit 基因组 DNA 提取试剂、DL2,000 DNA Marker DNA 电泳标记(宝日医生物技术有限公司)。

表 1 菌株信息  
Table 1 Strain Information

采样对象	采样地点	菌株数量	采样时间
整鸡	农贸市场	26	2018.6~2018.7
整鸡	超市	17	2018.6~2018.7
猪肉馅	超市	2	2018.6~2018.7
猪肉馅	超市	12	2018.6~2018.7
猪肉馅	农贸市场	25	2018.6~2018.7

#### 1.1.3 仪器设备

HerathermIGS400 生化培养箱、LEGEND MICRO21 通风型微量台式离心机(美国赛默飞世尔科技有限公司); C1000 touch TM PCR 仪、CFX96 Deep Well 实时荧光定量 PCR 仪(美国 BIO-RED Laboratories 公司); QIAxcel Advanced 全自动核酸分析仪、QIAxpert 核酸蛋白浓度测定仪(德国 QIAGEN 公司); OSE-H 恒温金属浴[天根生化科技(北京)有限公司]。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 药物敏感性实验

(1)菌落复苏及培养: 将 82 株沙门氏菌菌株的存储菌株接种于营养肉汤中, 36 °C 培养 24~48 h; 将复苏后的菌悬液划线接种于营养琼脂平板上, 36 °C 培养 24~48 h。

(2)菌落制备: 挑取菌落置 3 mL 灭菌生理盐水中, 用 0.5 麦氏比浊管进行比浊, 调制菌液浓度为  $1.5 \times 10^8$  CFU/mL 左右。

(3)稀释: 取上述菌液 60  $\mu$ L, 滴入无菌加样槽中, 加营养肉汤培养液 1 支(12 mL), 混匀。

(4)加样培养: 用微量移液器, 吸取 100  $\mu$ L 稀释后的菌液, 加入微量药敏板, 阴性对照孔加无菌营养肉汤培养液, 将加样后的微量药敏板至于 35 °C 培养 18~20 h。

(5)结果判读: 自培养箱中取出药敏板, 利用微生物鉴定药敏分析系统读取结果及分析报告。

### 1.2.2 耐药基因 PCR 检测

用 Takara 公司生产的试剂盒提取上述菌株的总 DNA, 作为耐药基因 PCR 检测模板。参考文献设计合成耐药基因 PCR 引物, 如表 2 用于扩增  $\beta$  内酰胺类、喹诺酮类、氨基糖苷类、大环内酯类、四环素类、磺胺类等 10 种耐药基因<sup>[3,9,12]</sup>。PCR 反应体系(25  $\mu$ L): 1.1 $\times$ PCR premix 22  $\mu$ L, 上下游引物(10  $\mu$ mol/mL)各 1.0  $\mu$ L, 模板 DNA 1.0  $\mu$ L。PCR 扩增条件为: 95 $^{\circ}$ C 5min; 95  $^{\circ}$ C 30 s, 55~56  $^{\circ}$ C 30 s, 72  $^{\circ}$ C 30 s, 35 个循环, 72  $^{\circ}$ C 10 min。PCR 结束后, 将 PCR 样品与 DNA maker 一同置于全自动核酸分析仪中跑胶分析, 记录实验结果。ATCC14028 作为 PCR 质控菌株, 无菌水作为 DNA 模板为阴性对照。

## 2 结果与分析

### 2.1 药物敏感性分析

#### 2.1.1 82 株沙门氏菌的药物敏感性

选择 14 种常见抗菌药物对 82 株鼠伤寒沙门氏菌进行

药物敏感性实验, 药物敏感类型分为耐药型(R)、敏感型(S)、中介型(M)3 类, 82 株沙门氏菌对 14 种抗菌药物表现出了不同的耐药性。其中对四环素的耐药率最高, 为 79.52%, 其次为复方磺胺和氨苄西林, 分别为 49.40%和 48.19%; 而对头孢他啶、头孢西丁和头孢噻肟的耐药率较低, 分别为 1.2%、1.2%和 4.82%; 82 株沙门氏菌全部对亚胺培南敏感, 耐药率为 0。详见表 3。

#### 2.1.2 鸡肉和猪肉中分离沙门氏菌的药物敏感性

用于药敏实验的沙门氏菌株中, 有 43 株来自于鸡肉样品, 39 株来自于猪肉样品, 43 株鸡肉样品分离得到的沙门氏菌株对 14 种抗菌药物的耐药性同 82 株全部沙门氏菌的耐药性表现大体相同, 对四环素、复方磺胺、氨苄西林都表现出较高的耐药率(69.77%、46.51%、48.84%), 对头孢他啶、头孢西丁和头孢噻肟的耐药率较低(2.33%、2.33%、9.30%)。同样发现 39 株猪肉样品中分离得到沙门氏菌对四环素也表现出极高的耐药率, 耐药率高达 89.74%; 但值得注意的是, 39 株猪肉样品对头孢类药物的十分敏感, 39 株沙门氏菌全部对头孢他啶、头孢西丁和头孢噻肟表现出敏感性, 对头孢唑林也仅有 6 株具有耐药性。详见表 4、表 5。

表 2 耐药基因 PCR 引物序列<sup>[3,10]</sup>  
Table 2 PCR primer sequence of drug resistance gene

基因	引物序列(5'→3')	产物大小/bp
<i>blaTEM</i>	FP: ATAAAATTCTTGAAGACGAAA	1000
	RP: GACAGTTACCAATGCTTAATC	
<i>blaCTX</i>	FP: GTGGTGGATGCCAGCATCC	500
	RP:GGTCGAGCCGGTCTTGTTGAA	
<i>qnrB</i>	FP: GATCGTGAAAGCCAGAAAGG	469
	RP: ACGATGCCTGGTAGTTGTCC	
<i>qnrS</i>	FP: ACGACATTCGTCAACTGCAA	417
	RP: TAAATTGGCACCCCTGTAGGC	
<i>aadA1</i>	FP: TCATTCCGTGGCGTTATC	343
	RP: TCGGCAGCGACATCCTT	
<i>ermA</i>	FP: TCTAAAAGCATGTAAAAGAAA	533
	RP: CGATACTTTTTGTAGTCCTTC	
<i>ereA</i>	FP: GCCGGTGCTCATGAACTTGAG	420
	RP: CGACTCTATTCGATCAGAGGC	
<i>mefA</i>	FP: AGTATCATTAACTACTAGTGC	345
	RP: TTCTTCTGGTACTAAAAGTGG	
<i>tetA</i>	FP: GCTACATCCTGCTTGCCCTC	210
	RP: CATAGATCGCCGTGAAGAGG	
<i>sull</i>	FP: GCTCTTAGACGCCCTGTCCG	161
	RP: TGCAGTCCGCCTCAGCAATAT	

表 3 82 株沙门氏菌药敏实验结果  
Table 3 Results of drug sensitivity test of 82 *Salmonella* strains

抗生素	耐药型(R)		敏感型(S)		中介型(I)	
	菌株数	百分比/%	菌株数	百分比/%	菌株数	百分比/%
氨苄西林	40	48.19	43	51.81	0	0.00
头孢他啶	1	1.20	81	97.59	1	1.20
舒巴坦	20	24.10	45	54.22	18	21.69
亚胺培南	0	0.00	83	100.00	0	0.00
四环素	66	79.52	17	20.48	0	0.00
萘啶酸	12	14.46	71	85.54	0	0.00
头孢西丁	1	1.20	81	97.59	1	1.20
氯霉素	35	42.17	48	57.83	0	0.00
头孢噻肟	4	4.82	79	95.18	0	0.00
头孢唑林	20	24.10	46	55.42	17	20.48
庆大霉素	15	18.07	67	80.72	1	1.20
复方磺胺	41	49.40	42	50.60	0	0.00
阿奇霉素	10	12.05	73	87.95	0	0.00
环丙沙星	9	10.84	31	37.35	43	51.81

表 4 鸡肉中沙门氏菌药敏实验结果  
Table 4 Results of drug sensitivity test of *Salmonella* in chicken

抗生素	耐药型(R)		敏感型(S)		中介型(I)	
	菌株数	百分比/%	菌株数	百分比/%	菌株数	百分比/%
氨苄西林	21	48.84	22	51.16	0	0.00
头孢他啶	1	2.33	41	95.35	1	2.33
舒巴坦	17	39.53	23	53.49	3	6.98
亚胺培南	0	0.00	43	100.00	0	0.00
四环素	30	69.77	13	30.23	0	0.00
萘啶酸	7	16.28	36	83.72	0	0.00
头孢西丁	1	2.33	41	95.35	1	2.33
氯霉素	13	30.23	30	69.77	0	0.00
头孢噻肟	4	9.30	39	90.70	0	0.00
头孢唑林	14	32.56	21	48.84	8	18.60
庆大霉素	4	9.30	39	90.70	0	0.00
复方磺胺	20	46.51	23	53.49	0	0.00
阿奇霉素	3	6.98	40	93.02	0	0.00
环丙沙星	6	13.95	11	25.58	26	60.47

表 5 猪肉中沙门氏菌药敏实验结果  
Table 5 Results of drug sensitivity test of *Salmonella* in pork

抗生素	耐药型(R)		敏感型(S)		中介型(I)	
	菌株数	百分比/%	菌株数	百分比/%	菌株数	百分比/%
氨苄西林	19	48.72	20	51.28	0	0.00
头孢他啶	0	0.00	39	100.00	0	0.00
舒巴坦	3	7.69	21	53.85	15	38.46
亚胺培南	0	0.00	39	100.00	0	0.00
四环素	35	89.74	4	10.26	0	0.00
萘啶酸	5	12.82	34	87.18	0	0.00
头孢西丁	0	0.00	39	100.00	0	0.00
氯霉素	22	56.41	17	43.59	0	0.00
头孢噻肟	0	0.00	39	100.00	0	0.00
头孢唑林	6	15.38	24	61.54	9	23.08
庆大霉素	11	28.21	27	69.23	1	2.56
复方磺胺	21	53.85	18	46.15	0	0.00
阿奇霉素	7	17.95	32	82.05	0	0.00
环丙沙星	3	7.69	19	48.72	17	43.59

### 2.1.3 82 株沙门氏菌的多重耐药性

82 株沙门氏菌中具有多重耐药性的菌株有 54 株 (65.85%)。其中对 8~10 种抗菌药物耐药的菌株有 6 株 (7.32%); 对 4~7 种抗菌药物耐药的菌株有 29 株 (35.37%); 对 2~3 种抗菌药物耐药的菌株有 19 株 (23.17%); 对 1 种抗菌药物耐药的菌株有 17 株 (20.73%); 而不具备耐药性的菌株达到 11 株 (13.41%), 详见图 1。

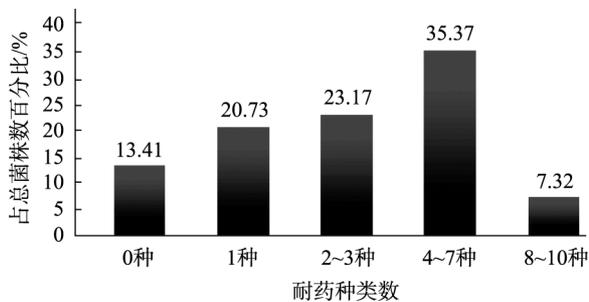


图 1 沙门氏菌多重耐药性结果  
Fig.1 Multi-drug resistance of *Salmonella*

### 2.2 耐药基因检测结果

对 82 株沙门氏菌的基因组 DNA 进行耐药基因 PCR 扩增, 所选 10 种耐药基因分别为  $\beta$  内酰胺类、喹诺酮类、氨基糖苷类、大环内酯类、四环素类、磺胺类 6 大类抗菌药物相应耐药基因。与抗菌表型结果一致, 耐药基因 PCR 扩增结果显示, 携带四环素类耐药基因的菌株数高达 65 株 (79.27%), 为携带率最高的抗菌药物耐药基因。携带大环内酯类耐药基因的菌株含量最少, 仅有 1 株菌株携带 *ereA* 基因, 82 株菌株对大环内酯类药物阿奇霉素的耐药率也仅有 12.05%。*blaCTX* 基因与  $\beta$ -内酰胺类抗菌药物中的头孢菌素的耐药性相关, 耐药基因 PCR 检测结果显示其携带率仅为 3.66%, 与耐药表型中头孢类药物的低耐药性相一致。其他各类耐药基因的携带率见表 6。

对非耐药株和具有 7 种以上抗生素耐药性的多重耐药株的耐药基因和耐药表型进行比较分析 (详见表 7), 发现具有多重耐药性的菌株也携带多种耐药基因。而不具备任何耐药性的菌株其携带的耐药基因至多只有 1 个, 其中编号 17、21、43、46、69、73、86 这 7 株非耐药株的耐药谱和耐药基因携带均为 0, 表现出高度的一致性。

表 6 耐药基因 PCR 检测结果  
Table 6 Resistance gene PCR test results

抗生素类型	基因名称	阳性菌株数	耐药基因携带率/%
β 内酰胺类	<i>blaTEM</i>	15	18.29
	<i>blaCTX</i>	3	3.66
喹诺酮类	<i>qnrB</i>	9	10.98
	<i>qnrS</i>	39	47.56
氨基糖苷类	<i>aadA1</i>	31	37.80
	<i>ermA</i>	0	0.00
大环内酯类	<i>ereA</i>	1	1.22
	<i>mefA</i>	0	0.00
四环素类	<i>tetA</i>	65	79.27
磺胺类	<i>sulI</i>	26	31.71

表 7 耐药基因及耐药谱对比结果  
Table 7 Comparison results of drug resistance genes and drug resistance spectrum

菌株编号	菌株来源	携带耐药基因	耐药谱
HBQT008	鸡肉	<i>blaCTX</i> , <i>tetA</i> , <i>sulI</i>	AMP-CAZ-TET-NAL-CHL-CTX-CFZ-SXT-AZM-CIP
HBQT039	鸡肉	<i>blaTEM</i> , <i>blaCTX</i> , <i>qnrS</i> , <i>aadA1</i> , <i>tetA</i>	AMP-AMS-TET-CHL-CTX-CFZ-GEN-SXT
HBQT075	鸡肉	<i>qnrS</i> , <i>aadA1</i> , <i>tetA</i> , <i>sulI</i>	AMP-AMS-TET-NAL-CHL-GEN-SXT-CIP
HBQT082	鸡肉	<i>blaTEM</i> , <i>qnrS</i> , <i>aadA1</i> , <i>tetA</i>	AMP-AMS-TET-NAL-CHL-CFZ-GEN-SXT-AZM-CIP
HBQT092	鸡肉	<i>blaTEM</i> , <i>qnrS</i> , <i>aadA1</i> , <i>tetA</i> , <i>sulI</i>	AMP-AMS-TET-CFX-CHL-CTX-CFZ-SXT-AZM-CIP
HBQT096	猪肉	<i>qnrB</i> , <i>aadA1</i> , <i>tetA</i> , <i>sulI</i>	AMP-AMS-TET-CHL-CFZ-GEN-SXT-AZM-
HBQT002	鸡肉	<i>qnrS</i>	
HBQT004	鸡肉	<i>qnrS</i> , <i>aadA1</i>	
HBQT017	猪肉		
HBQT021	鸡肉		
HBQT029	猪肉	<i>ereA</i>	
HBQT043	鸡肉		
HBQT046	鸡肉		
HBQT048	鸡肉	<i>qnrS</i>	
HBQT069	鸡肉		
HBQT073	鸡肉		
HBQT086	猪肉		

### 3 结 论

抗生素在食品、临床和农业上的广泛使用,使得沙门氏菌的耐药率逐年上升,携带耐药基因的细菌可通过耐药质粒进行传播扩散,进而可产生多重耐药菌株,进一步加重了食品和公共卫生安全问题<sup>[13-15]</sup>。沙门氏菌耐药性与耐药基因、血清型、生长环境等因素相关,不同地区的沙门

氏菌的耐药表现也不尽相同<sup>[1,14,16]</sup>。本研究对武汉地区 82 株沙门氏菌的耐药性和耐药基因携带情况进行了比对,发现在进行检测的 82 株沙门氏菌中,有多达 71 株菌表现出耐药性,且这些耐药菌株具有不同的耐药情况,对多种抗生素均有耐药性表现;但是,部分携带耐药基因的沙门氏菌,在药敏实验中却未表现出对抗生素的耐药性。上述结果表明耐药性沙门氏菌在武汉地区肉类食品中占比较高,

耐药性表现较为复杂, 具有潜在的食品安全风险。

食源性沙门氏菌的多重耐药株已被大量研究报告<sup>[17-20]</sup>。李小芳<sup>[3]</sup>分析了湖北省市售生鲜动物源食品中沙门氏菌耐药性, 发现在分离得到的 66 株沙门氏菌中, 有 69.7% 的菌株对 2 种以上的抗生素具有耐药性。2019 年神农架地区食源性沙门氏菌耐药性研究分析表明, 该地区食源性沙门氏菌中有 72.2% 的菌株至少对 3 中抗生素耐药<sup>[11]</sup>。本研究中的 82 株鼠伤寒沙门氏菌同样有高达 65.85% ( $n=54$ ) 的菌株具有多重耐药性, 且具有多重耐药性的菌株一般含有多种耐药基因。通过对 82 株沙门氏菌的抗生素耐药性分析, 发现 82 株沙门氏菌中不存在亚胺培南耐药株。但是, 本研究中的沙门氏菌表现出较高的四环素耐药性, 四环素的耐药率高达 79.52% ( $n=66$ ), 四环素耐药基因 *tetA* 携带菌株数为 65, 与相关研究结果一致<sup>[3]</sup>。这种较为严重的沙门氏菌耐药率提示在临床治疗和食品安全上需要谨慎使用四环素。然而, 不同于四环素高耐药率, 本研究中的 82 株沙门氏菌对头孢类药物表现出较低的耐药率, 对头孢类药物较为敏感, 相关耐药基因 *blaCTX* 的携带率也仅为 3.66%。

本研究中食源性沙门氏菌耐药性和耐药基因的结果提示, 武汉地区沙门氏菌普遍存在耐药性现象, 且沙门氏菌的耐药模式存在一定的多样性。筛查监控武汉市内沙门氏菌耐药性, 可为本地区病源预防和食品安全管理提供有效的数据支持, 避免不合理应用抗生素, 加重细菌耐药程度, 在临床抗细菌感染和食源性细菌预防上具有一定的指导意义。

## 参考文献

- [1] 孙娜, 陈强, 程悦宁, 等. 鼠伤寒沙门氏菌的耐药性分析[J]. 特产研究, 2019, 41(2): 21-24.  
SUN N, CHEN Q, CHENG YN, *et al.* Drug sensitivity analysis of *Salmonella* from foxes [J]. Special Wild Econ Anim Plant Res, 2019, 41(2): 21-24.
- [2] THRELFALL. Antimicrobial drug resistance in *Salmonella*: Problems and perspectives in food-and water-borne infections [J]. FEMS Microbiol Rev, 2002, 26(2): 141-148.
- [3] 李小芳. 湖北省市售生鲜动物源食品中沙门氏菌的分离鉴定及耐药基因分析[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2018.  
LI XF. Identification and typing of *Salmonella* contamination and analysis of resistance genes in fresh animal source foods marketed in Hubei province [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2018.
- [4] 王俊红, 王艳明. 沙门氏菌的致病性和耐药性研究进展[J]. 畜牧市场, 2008, (4): 43-44, 46.  
WANG JH, WANG YM. Research progress on the pathogenicity and drug resistance of *Salmonella* [J]. Livestock Market, 2008, (4): 43-44, 46.
- [5] 杨保伟. 食源性沙门氏菌特性及耐药机制研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.  
YANG BW. Characterization and mechanism of antimicrobial resistance of food borne *Salmonella* [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2010.
- [6] 陈艳, 郭其欢, 李科峰. 一起幼儿园鼠伤寒沙门菌食物中毒事件的调查报告[J]. 中国卫生检验杂志, 2020, 30(4): 499-501.  
CHEN Y, WU QH, LI KF. Investigation report of a kindergarten *Salmonella typhimurium* food poisoning incident [J]. Chin J Health Inspect, 2020, 30(4): 499-501.
- [7] 汤雨晴, 叶倩, 郑维义. 抗生素类药物的研究现状和进展[J]. 国外医药(抗生素分册), 2019, 40(4): 295-301.  
TANG YQ, YE Q, ZHENG WY. Research status and progress of antibiotics [J]. Foreign Med (Antibiot Sect), 2019, 40(4): 295-301.
- [8] 郑林, 祝令伟, 郭学军, 等. 沙门氏菌主要流行血清型耐药性的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(6): 8-12.  
ZHENG L, ZHU LW, GUO XJ, *et al.* Research progress on drug resistance of main epidemic serotypes of *Salmonella* [J]. Jiangsu Agric Sci, 2020, 48(6): 8-12.
- [9] 刘书宏. 鲜肉源沙门氏菌优势血清型的基因分型与喹诺酮类耐药性及其基因的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2018.  
LIU SH. Genotyping of fresh meat original *salmonella* of predominant serotypes and the study of quinolones' resistance and their genes [D]. Nanning: Guangxi University, 2018.
- [10] 刘英玉, 郑晓风, 李睿鹏, 等. 牛羊源沙门氏菌在某定点屠宰场和农贸市场的污染分布与耐药性调查[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(2): 326-332.  
LIU YY, ZHENG XF, LI RP, *et al.* Investigation on the pollution distribution and drug resistance of *Salmonella* from cattle and sheep in a designated slaughterhouse and farmer's market [J]. Xinjiang Agric Sci, 2020, 57(2): 326-332.
- [11] SHIPPY, BEARSON, HOLMAN, *et al.* Porcine response to a multidrug-resistant *Salmonella enterica* serovar I 4, [5], 12: i - outbreak isolate [J]. Foodborne Pathog Dis, 2018, 15(5): 253-261.
- [12] 王金艳. 上海市鼠伤寒沙门氏菌的耐药性及耐药基因研究[D]. 北京: 中国人民解放军军事医学科学院, 2017.  
WANG JY. The analysis on antimicrobial resistance and resistance genes of *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* in Shanghai, China [D]. Beijing: Academy of Military Medical Sciences, 2017.
- [13] 胡雷风, 段合波, 吴清, 等. 神农架林区食源性沙门氏菌血清型、耐药性和毒力特征分析[J]. 武汉轻工大学学报, 2019, 38(6): 1-7.  
HU LF, DUAN HB, WU Q, *et al.* Serotyping antibiotic susceptibility and virulence characteristics of food-borne *Salmonella* in Shennongjia forestry district [J]. J Wuhan Polytech Univ, 2019, 38(6): 1-7.
- [14] PENG, SALAHEEN, BUCHANAN, *et al.* Alterations of *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* antibiotic resistance under environmental pressure [Z].
- [15] 刘会杰, 王燕, 马宏财, 等. 拉萨市鸡沙门氏菌耐药质粒研究[J]. 现代畜牧兽医, 2019, (2): 5-8.  
LIU HJ, WANG Y, MA HC, *et al.* Study on resistant plasmids of *Salmonella gallisepticum* in Lhasa [J]. Mod Anim Husband Vet Med, 2019, (2): 5-8.
- [16] VELASQUEZ CG, MACKLIN KS, KUMAR S, *et al.* Prevalence and antimicrobial resistance patterns of *Salmonella* isolated from poultry farms in southeastern United States [J]. Poult Sci, 2018, 97(6): 2144-2152.
- [17] 张新, 曲梅, 刘桂荣, 等. 北京市 153 株沙门菌多重耐药性及流行病学特征分析[J]. 中国热带医学, 2012, 12(3): 309-311.

ZHANG X, QU M, LIU GR, *et al.* Epidemiological characteristics and multidrug resistance of 153 *Salmonella* strains isolated in Beijing [J]. Chin Trop Med, 2012, 12(3): 309-311.

[18] HAI D, YIN X, LU Z, *et al.* Occurrence, drug resistance, and virulence genes of *Salmonella* isolated from chicken and eggs [J]. Food Control, 2020, 113: 107109.

[19] MKA, POPOWSKA M. Antimicrobial resistance of *Salmonella* spp. isolated from food [J]. Rocznik Państwowy Higieny, 2016, 67(4): 343-358.

[20] NIU JL, PENG JJ, MING YY, *et al.* Identification of drug resistance genes and drug resistance analysis of *Salmonella* in the duck farm environment of Zhanjiang, China [J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2020, 27(20): 24999-25008.

(责任编辑: 韩晓红)

### 作者简介



何名扬, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为食品微生物学检测。  
E-mail: hmylovecnblue@163.com



王鸣秋, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品微生物学检测。  
E-mail: 264629283@qq.com



## “食品蛋白质结构与功能性质”专题征稿函

蛋白质是食品的重要组成成分, 不仅具有极高的营养价值, 而且具有多种重要的功能特性。加工过程中, 不同蛋白质的结构、功能特性会发生变化, 进而影响食品品质。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品蛋白质结构与功能性质”专题, 由河南工业大学粮油食品学院刘昆仑教授担任专题主编。专题围绕但不限于动植物源食品蛋白质的组成、结构与性质, 蛋白质结构修饰技术, 生物活性蛋白与活性肽, 蛋白质的功能性质(如表面性质、水化性质、凝胶性质等), 蛋白质在食品加工中的可利用性, 食品加工过程中蛋白质的变化等方面, 或您认为有意义的相关领域开展论述和研究。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, 本刊主编吴永宁研究员、专题主编刘昆仑教授及编辑部全体成员特别邀请您为本专题撰写稿件。研究论文、综述、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。

本专题计划于 2021 年 4 月出版, 请您于 2021 年 2 月 28 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

希望您通过各种途径宣传此专题, 并积极为本专题推荐稿件和约稿对象。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)(注明食品蛋白质结构与功能性质专题)

E-mail: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)(注明食品蛋白质结构与功能性质专题)

《食品安全质量检测学报》编辑部