

食源性疾病

河南省 2016—2020 年食品污染科瓦利斯沙门氏菌及食源性疾病的溯源状况

章松¹,张聪恪²,张濛²

(1. 南阳市疾病预防控制中心,河南 南阳 473003;2. 河南省疾病预防控制中心,河南 郑州 450016)

摘要:目的 研究河南省 2016—2020 年食品污染科瓦利斯沙门氏菌及食源性疾病的溯源状况。方法 2016—2020 年河南省食品中分离出 22 株科瓦利斯沙门氏菌,从腹泻患者粪便中检出 5 株科瓦利斯沙门氏菌。参照国家食品安全风险监测手册进行血清分型、药敏试验和脉冲场凝胶电泳(PFGE)分子分型,PFGE 和药敏数据使用 BioNumerics 7.6 软件包进行聚类分析。结果 22 株科瓦利斯沙门氏菌均来自生鲜禽肉食品。从耐药结果来看,食品来源的菌株多重耐药现象不是十分严重,而腹泻患者来源的菌株耐药谱比较复杂,有敏感株存在,也有 2 株对 13 种抗生素耐药的超级耐药菌出现;从 PFGE 分子分型结果来看,同一时期同一区域的食物株之间有相似度很高的现象出现,提示了污染食品在夏季某一区域有聚集的可能。从腹泻患者株和食品株的比对溯源来看,没有食品直接引起的疾病发生,可能是经过一定的传播途径后才致病的。结论 食品安全风险监测数据可以给市场监督提供有效的线索,耐药监测和分子分型技术的普及和应用推动了食源性疾病的溯源和精准化预防,更大限度地实现了疾病预防和保护健康的目标。

关键词:科瓦利斯沙门氏菌;食源性疾病;溯源;分子分型

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2022)03-0601-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.03.033

Traceability status of food pollution and foodborne diseases caused by *Salmonella covalis* (*S. covalis*) in He'nan Province from 2016 to 2020

ZHANG Song¹, ZHANG Congke², ZHANG Meng²

(1. Nanyang Center for Disease Control and Prevention, He'nan Nanyang 473003, China;

2. He'nan Center for Disease Control and Prevention, He'nan Zhengzhou 450016, China)

Abstract: Objective To study the traceability status of food pollution and foodborne diseases caused *Salmonella covalis* (*S. covalis*) in He'nan province from 2016 to 2020. **Methods** 22 strains of *S. covalis* from foods and 5 strains from diarrhea patients were isolated from 2016 to 2020 in He'nan Province. Serotyping, drug susceptibility test and PFGE molecular typing were carried out according to the National Food Safety Risk Monitoring Manual. PFGE and susceptibility data were clustered using BioNumerics 7.6 software package. **Results** 22 strains of foodborne *S. covalis* were all from fresh meat. According to results of drug susceptibility test, the multiple drug resistance of foodborne strains was not very serious, while the drug resistance spectrum of strains from diarrhea patients was complex, some were sensitive strains and two strains of them were super resistant bacteria with 13 multiple drug resistance. According to the results of PFGE molecular typing, there were high similarities among food strains in the same region in the same period, suggesting the probability of aggregation of contaminated food in a certain area in summer. According to the comparison and tracing of diarrhea patient strains and food strains, there was no disease directly caused by food, and the disease was caused probably after transmission. **Conclusion** Food safety risk monitoring data can provide effective clues for market supervision, the popularization and application of drug resistance monitoring and molecular typing technology has promoted the traceability and precise prevention of foodborne diseases, and greatly achieved the goals of disease prevention and health protection.

收稿日期:2022-02-15

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC1601501)

作者简介:章松 男 主管技师 研究方向为微生物检验 E-mail:15236008155@126.com

通信作者:张濛 女 主任技师 研究方向为微生物检验 E-mail:15838186273@126.com

Key words: *Salmonella. covalis*; foodborne diseases; tracing; molecular typing

沙门氏菌是一群寄生在人类和动物肠道中的革兰氏阴性杆菌,分类学上属于肠杆菌科沙门氏菌属,在食品中分布广泛^[1-3]。沙门氏菌是重要的食源性致病菌,也是细菌性食源性疾病暴发的主要病原菌之一,国内外报道屡见不鲜^[4-6]。河南省沙门氏菌引起的食源性疾病的优势型别是肠炎沙门氏菌和鼠伤寒沙门氏菌^[1],科瓦利斯沙门氏菌是不常见菌型,相关报道并不多见,李映霞等^[7]于2006年从健康人群体检中分离出一株科瓦利斯沙门氏菌,黄焕宜等^[8]于2006年从血液中分离出一株科瓦利斯沙门氏菌,刘杰等^[9]于2012年从肉鸡养殖和屠宰加工环节的胴体中分离到该菌型。2016年河南省食品安全风险监测从市售的生禽肉中分离出19株科瓦利斯沙门氏菌,廖兴广等^[10]进行了耐药和溯源的研究,禽类食品污染中科瓦利斯沙门氏菌成为优势菌型,这个监测结果引起了我们的重视。

为避免不常见血清型科瓦利斯沙门氏菌可能带来的食源性疾病的发生,河南省食源性疾病主动监测体系和食品安全风险监测体系从2016年开始监测科瓦利斯沙门氏菌在食品中的污染状况和科瓦利斯沙门氏菌引起的腹泻病人的患病状况,了解该血清型的分子流行病学特征,进行精准溯源,进一步防范和预警可能产生的新发疾病。

1 材料与方法

1.1 食品株来源

2016—2020年河南省食品安全风险监测在全省全面布点,实现河南省174个县(市、区)100%覆盖,每年市售环节采集4000份左右20个大类的食品进行食源性致病菌的检测,2016—2020年共分离出22株科瓦利斯沙门氏菌,均来源于禽肉。

腹泻患者株来源:河南省食源性疾病主动监测哨点医院共有18家,依据国家食品安全风险评估中心对哨点医院的硬件和技术要求结合地理区域和就诊数量的分布选定,每年进行3000份左右就诊腹泻患者的病原监测,2016—2020年共检测出5株科瓦利斯沙门氏菌。

1.2 主要仪器与试剂

VITEK 2 Compact全自动细菌鉴定分析系统及配套GN卡均购自法国梅里埃生物公司,脉冲场凝胶电泳(Pulsed field gel electrophoresis, PFGE)电泳仪及成像系统购自美国伯乐公司,CLIMACELL222恒温恒湿培养箱购自德国3M公司,Sensititre AIM™和VIZON全自动药敏加样和监测系统购自 Thermo

公司。

沙门氏菌增菌、分离和显色培养基均购自环凯生物技术有限责任公司,沙门氏菌分型血清购自丹麦SSI血清研究院,蛋白酶K购自英国罗氏公司,限制性内切酶*Xba*I购自大连宝生生物公司。

1.3 检验方法

按照国家食品安全风险评估中心颁布的食源性疾病监测工作手册^[11]中的方法进行腹泻患者沙门氏菌的检测、分型、药物敏感性试验和PFGE分子分型。参照国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册^[12]进行食品中沙门氏菌的采样、分离和鉴定,沙门氏菌血清分型采用玻片凝集法。药物敏感性试验采用微量肉汤稀释(Minimum inhibition concentration, MIC)法,抗生素种类由国家食品安全风险评估中心统一选定。按照手册规定的沙门氏菌PFGE标准操作程序对27株科瓦利斯沙门氏菌进行胶块制备,20 mg/mL的蛋白酶K裂解细菌,限制性内切酶*Xba*I 37℃酶切2 h,脉冲电泳的起始转换时间=2.16 s,终止转换时间=63.80 s,电压6 V,运行18~19 h, Gelred染色,超纯水脱色,在凝胶成像系统下拍摄成像。

1.4 数据处理与分析

按照国家TratNet^[13]使用手册,使用BioNumerics 7.6软件包处理PFGE和药敏试验数据,Dice系数中设置优化度和容许度均为1.5%,采用UPGMA方法进行聚类分析,相似度100%认定为同一PFGE分子型别。

2 结果

2.1 科瓦利斯沙门氏菌的检测结果

2016—2020年河南省食品安全风险监测分离出22株科瓦利斯沙门氏菌(8,20: z₄, z₂₃: -),2016—2020年河南省食源性疾病主动监测共检测出5株科瓦利斯沙门氏菌。具体信息见表1和表2。

2.2 科瓦利斯沙门氏菌的耐药谱

药物敏感试验采用微量肉汤稀释法,根据临床与实验室标准化协会推荐的抗生素选择原则选择了14种抗生素,2020年国家风险评估中心将14种抗生素中的红霉素调整为复方新诺明,故2020年的红霉素数据为N/A(不适用)。从药敏试验结果(图1和表3)来看,对红霉素、四环素、环丙沙星和萘啶酸的耐药率比较高,分别达到100%、96.3%、70.4%(中介率33.3%)和40.7%。敏感率高的抗生素有亚胺培南、庆大霉素、头孢噻肟、头孢他啶、

表 1 2016—2020 年禽肉科瓦利斯(8,20: z₄,z₂₃;-)沙门氏菌信息汇总
Table 1 List of all foodborne *S.corvallis* (8,20: z₄,z₂₃;-) from 2016 to 2020

编号	采样日期	样品名称	采样地区	编号	采样日期	样品名称	采样地区
SMKF2016004	2016.07.04	鲜鸡肉	河南开封	SMLY2016067	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳
SMKF2016010	2016.07.04	鲜鸡肉	河南开封	SMLY2016068	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳
SMKF2016012	2016.07.18	鲜鸡肉	河南开封	SMLY2016071	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳
SMKF2016014	2016.07.18	鲜鸡肉	河南开封	SMLY2016072	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳
SMKF2016019	2016.07.18	鲜鸡肉	河南开封	SMLY2016074	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳
SMKF2016020	2016.07.18	鲜鸡肉	河南开封	SMLY2016076	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳
SMKF2020092	2020.08.17	鸡肉	河南开封	SMLY2016078	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳
SMKF2020093	2020.08.17	鸭肉	河南开封	SMZK2016093	2016.07.12	鲜鸡肉	河南周口
SMKF2020115	2020.11.03	鲜鸡肉	河南开封	SMZK2016094	2016.07.13	鲜鸡肉	河南周口
SMLY2016065	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳	SMZK2016098	2016.07.14	鸭肉	河南周口
SMLY2016066	2016.08.01	鲜鸡肉	河南洛阳	SMZK2016163	2016.07.15	鲜鸡肉	河南周口

表 2 2016—2020 年腹泻患者来源科瓦利斯沙门氏菌(8,20: z₄,z₂₃;-)信息汇总

Table 2 List of all *S.corvallis* from diarrhea patients (8,20: z₄,z₂₃;-) from 2016 to 2020

编号	样品来源	采样日期	采样地点
HA09001-2017-00038	粪便	2017.5.16	濮阳市妇幼保健院
HA01002-2018-00205	粪便	2018.8.25	郑州市儿童医院
HA03003-2019-00186	粪便	2019.8.27	洛阳市中心医院
HA01062-2020-00075	粪便	2020.5.14	郑州大学第一附属医院
HA13001-2020-00082	粪便	2020.8.12	南阳市第一人民医院

阿奇霉素、氨苄西林和氨苄西林/舒巴坦,敏感率分别为 100%、96.3%、92.6%、92.6%、92.6%、85.2% 和 85.2%。

表 3 27 株科瓦利斯沙门氏菌对 15 种抗生素敏感试验结果

Table 3 Results of susceptibility of 27 *S.corvallis* to 15 antibiotics

抗生素	敏感性/%			抗生素	敏感性/%		
	敏感	中介	耐药		敏感	中介	耐药
环丙沙星(CIP)	3.7	33.3	70.4	氯霉素(CHL)	81.5	0.0	18.5
萘啶酸(NAL)	59.3	0.0	40.7	庆大霉素(GEN)	96.3	0.0	3.7
四环素(TET)	3.7	0.0	96.3	头孢噻肟(CTX)	92.6	0.0	7.4
头孢西丁(CFX)	81.5	11.1	7.4	氨苄西林(AMP)	85.2	0.0	14.8
氨苄西林/舒巴坦(AMS)	85.2	3.7	11.1	头孢他啶(CAZ)	92.6	0.0	7.4
头孢唑啉(CFZ)	81.5	11.1	7.4	亚胺培南(IPM)	100.0	0.0	0.0
阿奇霉素(AZM)	92.6	0.0	7.4	红霉素(ERY)	0.0	0.0	100.0
复方新罗明(SXT)	80.0	0.0	20.0				

2.3 科瓦利斯沙门氏菌 PFGE 分子分型试验结果

对食品和腹泻患者来源的 27 株科瓦利斯沙门氏菌进行了 PFGE 分子分型和聚类分析见图 1。2016 年洛阳市的 4 株食品株 SMLY2016065、SMLY2016066、SMLY2016067 和 SMLY2016068,洛阳市的 5 株食品株 SMLY2016071、SMLY2016072、SMLY2016074、SMLY2016076 和 SMLY2016078,周口市 2 株食品株 SMZK2016093 和 SMZK2016098,开封市的 2 株食品株 SMKF2016019 和 SMKF2016020,分别具有相同的 PFGE 带型,带型相似度为 100%。

开封市食品株 SMKF2016004 和 SMKF2016010 的 PFGE 带型相似度为 92.3%;洛阳市 SMLY2016065 等 4 株食品株和 SMLY2016071 等 5 株食品株的

食品来源的 22 株菌中有 1 株对 6 种抗生素耐药,耐药谱为 CHL+NAL+TET+AMP+AMS+SXT,有 8 株对 4 种抗生素耐药,耐药谱为 CIP+NAL+TET+ERY,8 株对 3 种抗生素耐药,耐药谱为 CIP+TET+ERY。腹泻患者来源的菌株中 2020 年的南阳株和郑州株只对一种抗生素耐药,属于敏感株;2018 年的郑州株对 6 种抗生素耐药,耐药谱为 CIP+CHL+TET+AMP+ERY+SXT;2017 年的濮阳株和 2019 年的洛阳株都是对 13 种抗生素耐药的超级耐药株,耐药谱为 CIP+CHL+NAL+TET+CTX+CFX+AMP+AMS+CAZ+CFZ+AZM+ERY+SXT,唯一敏感的抗生素是亚胺培南。

PFGE 带型相似度为 93.0%;周口市 SMZK2016094、SMZK2016093 等 2 株和 SMZK2016163 食品株 PFGE 带型相似度为 93.9%~96.8%。

2020 年郑州市的腹泻患者株 HA01062-2020-00075 与开封市的食品株 SMKF2020093 的 PFGE 带型有 90.5% 的相似度,南阳市的腹泻患者株 HA13001-2020-00082 与开封市的食品株 SMKF2020092 的 PFGE 带型有 88.9% 的相似度。其他三株腹泻患者株没有溯源到 PFGE 带型相似度高的同时期的食品株和腹泻患者株。

3 讨论

科瓦利斯沙门氏菌在食品安全风险监测和食

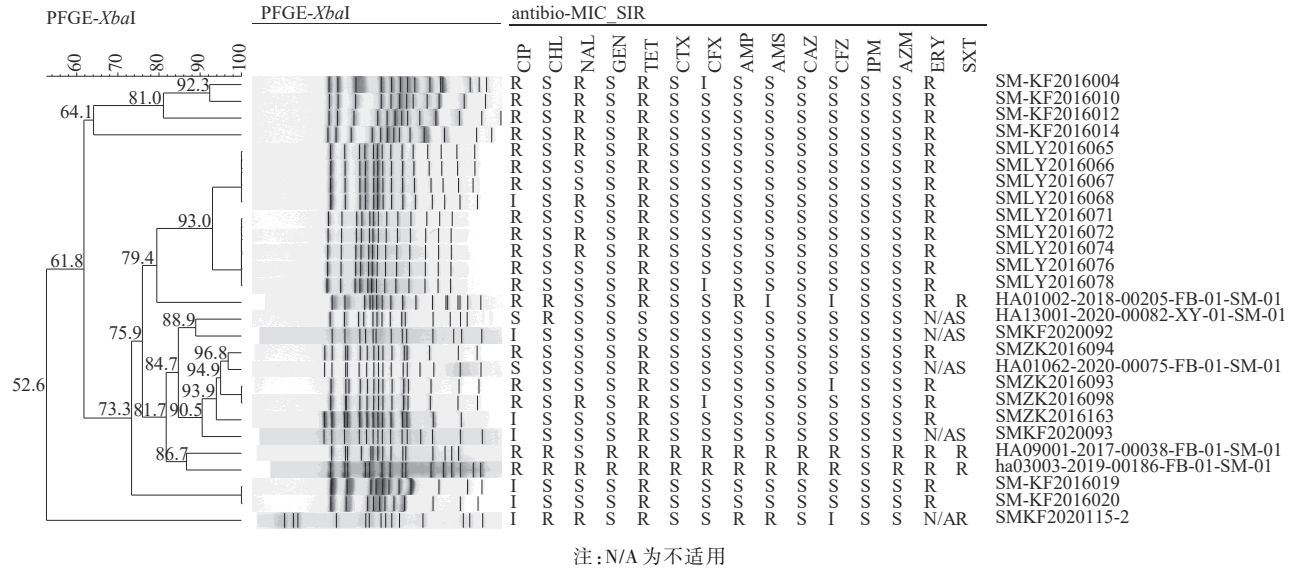


图1 27株科瓦利斯沙门氏菌的药敏试验和PFGE聚类分析图

Figure 1 Cluster analysis charts of drug susceptibility test and PFGE of 27 *S. corvallis*

源性疾病主动监测中都是不常见的菌型,在2016年之前的河南省食品安全风险监测中一直没有检出过该血清型,食源性疾病监测中也很少见,国外文献报道过科瓦利斯沙门氏菌在生禽肉的检出情况^[14-15]。2016年夏季在河南省食品安全风险的常规监测中发现了市售环节的生禽肉中出现该菌型,并呈现地区聚集性,疾控中心及时提示有关部门在炎热季节要加强市售环节生禽肉的卫生监管,提醒消费者加工禽类食品要煮熟煮透,避免科瓦利斯沙门氏菌这个不常见血清型的传播。

2016—2020年科瓦利斯沙门氏菌药物敏感试验显示,食品来源的22株菌中有1株对6种抗生素耐药,有8株对4种抗生素耐药,8株对3种抗生素耐药,耐药普遍存在,但多重耐药现象不是十分严重。腹泻患者来源的科瓦利斯沙门氏菌2018年的郑州株对6种抗生素耐药,2017年的濮阳株和2019年的洛阳株都是对13种抗生素耐药的超级耐药株,只有亚胺培南这个碳青霉烯类的抗生素可用,亚胺培南是目前临床治疗革兰氏阴性菌多重感染的终极用药,超级耐药菌就在我们身边,它给人类的生命健康安全带来了极大的威胁。腹泻患者分离株和食品中分离株的耐药谱并不一致,这提示从腹泻患者分离出的超级耐药菌主要是滥用抗生素和医院内部的感染和传播,加强抗生素使用的管理和医院感染的监测和管理仍是卫生工作的重中之重。

PFGE分子分型技术是分子生物学分型的金标准,是通过病原菌识别聚集性事件、可疑食品溯源和追踪疾病传播的有效技术^[16-17]。本次研究通过PFGE分子分型分析了27株不同来源的科瓦利斯

沙门氏菌分离株,其中洛阳市 SMLY2016065 等 4 株食品来源株和 SMLY2016071 等 5 株食品来源株分别具有相同的 PFGE 带型,而且二者之间 PFGE 带型的相似度也高达 93.0%,这些菌株均来自于同一时间段(2016年8月份)同一采样市区不同的采样点,开封市的 SMKF2016004 和 SMKF201601 之间和周口市的 SMZK2016094 等 4 株食品株之间的 PFGE 带型相似度也高达 92.3%~96.8%,存在类似情况,提示了在高温炎热的夏季沙门氏菌污染的食品在某一区域有聚集和传播的可能,是食源性疾散发暴发的隐患,市场监管措施的加强和良好的卫生习惯在夏季更为重要。从腹泻患者来源株和食品来源株的比对溯源来看,2020年郑州的腹泻患者株 HA01062-2020-00075 与开封的食品株 SMKF2020093 的 PFGE 带型有 90.5% 的相似度,南阳的腹泻患者株 HA13001-2020-00082 与开封的食品株 SMKF2020092 的 PFGE 带型有 88.9% 的相似度,提示这两个腹泻患者与开封的生禽肉食品可能有相关性。其他三株腹泻患者株没有溯源到 PFGE 带型相似度高同时期的食品来源株和腹泻患者来源株。综上所述,耐药监测和分子分型技术的普及和应用推动了食源性疾病的溯源和精准化预防,更大限度地实现了疾病预防和保护健康的目标。

参考文献

[1] 张濛,李艳芬,戚浩彧,等. 2015~2016年河南省食源性沙门氏菌监测情况分析[J]. 中国人兽共患病学报, 2017, 33(8): 748-752.
ZHANG M, LI X F, QI H Y, et al. Surveillance situation of *Salmonella* in foodborne diseases in Henan, China 2015-2016. [J]. Chinese Journal of Zoonoses, 2017, 33(8): 748-752.

- [2] 陈玉贞, 邵坤, 关冰, 等. 2003~2008年山东省流通领域食品沙门氏菌污染状况调查[J]. 中国公共卫生管理, 2010, 26(2): 163-165.
CHEN Y Z, SHAO K, GUAN B, et al. Investigation on pollution situation of foodborne *Salmonella* in Shandong Province circulation from 2003 to 2008 [J]. Chinese Public Health Management, 2010, 26(2): 163-165.
- [3] 吕素玲, 韦程媛, 姚雪婷, 等. 2010年广西食品中沙门氏菌污染状况和血清型分布及耐药谱的研究[J]. 应用预防医学, 2012, 18(3): 137-141, 170.
LV S L, WEI C Y, YAO X T, et al. Study on contaminative status and serotype distribution and drug resistant spectrum of *Salmonella* in food in Guangxi, 2010 [J]. Applied Preventive Medicine, 2012, 18(3): 137-141, 170.
- [4] 王立东, 张思林, 熊帮照, 等. 美国沙门氏菌事件对我国果蔬微生物性食品安全的启示[J]. 农业质量标准, 2008(6): 38-40.
WANG L D, ZHANG S L, XIONG B Z, et al. Enlightenment of the *Salmonella* outbreak in the United States to the microbial food safety of fruits and vegetables in China [J]. Agricultural Quality Standards, 2008(6): 38-40.
- [5] C D C. Foodborne Diseases Active Surveillance Network (FoodNet): FoodNet 2015 Annual Foodborne Illness Surveillance Report [R]. Atlanta, Georgia; U S Department of Health and Human Services, CDC, 2017.
- [6] 夏玛丽, 王复元, 孟炜, 等. 一起肠炎沙门氏菌引起食物中毒的调查[J]. 中国公共卫生管理, 2008, 24(4): 443-444.
XIA M L, WANG F Y, MENG W, et al. A food poisoning investigation caused by *Salmonella* enteritidis [J]. Chinese Public Health Management, 2008, 24(4): 443-444
- [7] 李映霞, 余晓娜, 孙凤琪, 等. 国内首次从健康人群体检中检出一株科瓦利斯沙门氏菌[J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(6): 1567.
LI Y X, YU X N, SUN F Q, et al. A *Salmonella* *corvallis* was Detected for the First Time from Physical Examination for Healthy People in China [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2010, 20(6): 1567.
- [8] 黄焕宜, 许小婵, 唐金龙. 血液中分离出罕见的科瓦利斯沙门氏菌[J]. 中华检验医学杂志, 2007, 30(8): 862.
HUANG H Y, XU X C, TANG J L, et al. Isolation of Rare *Salmonella* *corvallis* from Blood [J]. Chinese Journal of Laboratory Medicine, 2007, 30(8): 862.
- [9] 刘杰, 杨如璞, 黄淑华, 等. 河南省首次发现的科瓦利斯沙门氏菌的鉴定与探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2013, 23(2): 278-280.
LIU J, YANG R P, HUANG S H, et al. Identification and Discussion of *Salmonella* *corvallis* first discovered in Henan Province [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2013, 23(2): 278-280.
- [10] 廖兴广, 炊慧霞, 吴玲玲, 等. 2016年河南省生禽肉中少见血清型科瓦利斯沙门氏菌药物敏感性和分子分型研究[J]. 现代预防医学, 2017, 44(16): 3044-3047.
LIAO X G, CHUI H X, WU L L, et al. Characteristics of drug resistance and molecular typing for rare serotype *Salmonella* *corvallis* isolated from raw poultry in Henan in 2016 [J]. Modern Preventive Medicine, 2017, 44(16): 3044-3047.
- [11] 国家食品安全风险评估中心. 2019年食源性疾病监测工作手册[Z]. 国家食品安全风险评估中心, 2019.
China National Center for Food Safety Risk Assessment. Work Manual on Foodborne Disease Surveillance in 2019 [Z]. China National Center for Food Safety Risk Assessment, 2019.
- [12] 国家食品安全风险评估中心. 2019年国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册[Z]. 国家食品安全风险评估中心, 2019.
China National Center for Food Safety Risk Assessment. National Work Manual on Harmful Factors in Food Contaminants and Risk Monitoring in 2019 [Z]. China National Center for Food Safety Risk Assessment, 2019.
- [13] 国家食品安全风险评估中心. 国家食源性疾病分子溯源网络使用手册[Z]. 国家食品安全风险评估中心, 2019.
China National Center for Food Safety Risk Assessment. National Work Manual on Foodborne Disease Molecular Traceability Network in 2019 [Z]. China National Center for Food Safety Risk Assessment, 2019.
- [14] 山田亨, 河野喜美子, 八木利乔, 等. 宫崎县家禽、食用肉、食用鸡处理场的污水、鸡肉和河水中科瓦利斯沙门氏菌的污染实地调查[J]. 日本食品微生物学会杂志, 2003, 20(3): 105-110.
SHAN T H, HE Y X M Z, BA M L Q, et al. Field investigation of *Salmonella* *corvallis* contamination in edible meat, sewage of chicken processing plant, chicken and river water in Gongqi County [J]. Journal of Japanese Institute of Food Microbiology, 2003, 20(3): 105-110.
- [15] VINUEZA-BURGOSC, CEVALLOSM, RON-GARRIDOL, et al. Prevalence and diversity of *Salmonella* serotypes in Ecuadorian broilers at slaughter age [J]. PLoS One, 2016, 11(7): e0159567.
- [16] GAUL S B, WEDEL S, ERDMAN M M, et al. Use of pulsed-field gel electrophoresis of conserved *Xba*I fragments for identification of swine *Salmonella* serotypes [J]. Journal of Clinical Microbiology, 2007, 45(2): 472-476.
- [17] LIU X, LIU Q, XIAO K, et al. Attenuated *Salmonella* *typhimurium* delivery of a novel DNA vaccine induces immune responses and provides protection against duck enteritis virus [J]. Veterinary Microbiology, 2016, 186: 189-198.