

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240918002

生菜中重要致病微生物污染与耐药性分析

宋学敏^{1,2}, 蔡丹丹¹, 于喜喜¹, 张璇¹, 朱伟光^{1*}

(1. 宿迁市疾病预防控制中心, 宿迁 223800; 2. 南京医科大学公共卫生学院, 南京 211166)

摘要: **目的** 分析生菜中重要致病微生物污染情况及菌株的耐药性。**方法** 在宿迁市种植、流通、餐饮等环节采集 312 份生菜, 进行致病微生物检测和鉴定, 并对分离到的菌株进行药敏测定。**结果** 生菜中共检出了致病微生物 38 株; 流通环节的检出率最高(21.64%), 检出差异有统计学意义($\chi^2=16.960$, $P<0.001$); 24 株大肠埃希氏菌中, 有 13 株对至少一类抗菌药物耐药, 主要为氨苄西林(50.00%)和萘啶酸(50.00%), 多重耐药率为 50.00% (12/24); 6 株沙门氏菌对抗菌药物均产生不同程度的耐药, 主要是四环素(100.00%)和米诺环素(100.00%), 4 株存在多重耐药。**结论** 生菜中致病微生物检出率较高, 检出的沙门氏菌和大肠埃希氏菌存在一定程度的多重耐药情况, 应该持续开展监测。

关键词: 生菜; 致病菌检测; 抗生素耐药性; 食源性微生物污染

Analysis of contamination and resistance of important pathogenic microorganisms in lettuce

SONG Xue-Min^{1,2}, CAI Dan-Dan¹, YU Xi-Xi¹, ZHANG Xuan¹, ZHU Wei-Guang^{1*}

(1. Suqian Center for Disease Control and Prevention, Suqian 223800, China;
2. School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the contamination of important pathogenic microorganisms and their resistance in lettuce. **Methods** The 312 lettuce samples were collected from planting, circulation, and catering in Suqian City. Pathogenic microorganisms were detected and identified, and the drug susceptibility of isolated strains was determined. **Results** A total of 38 diarrheagenic *Escherichia coli* strains of pathogenic bacteria were detected in lettuce. The detection rate of circulation was the highest (21.64%), and the difference was statistically significant ($\chi^2=16.960$, $P<0.001$). Among 24 strains of *Escherichia coli*, 13 strains were resistant to at least one class of antimicrobial agents, mainly ampicillin (50.00%) and nalidixic acid (50.00%), and the multiple resistance rate was 50.00% (12/24). Six strains of *Salmonella* differed in their drug susceptibility to antibiotics, mainly tetracycline (100.00%) and minocycline (100.00%), and 4 strains had multiple resistance. **Conclusion** The detection rate of pathogenic microorganisms in lettuce is high, and the *Salmonella* and diarrheagenic *Escherichia coli* detected have multidrug-resistant to a certain extent, which should be continuously monitored.

KEY WORDS: lettuce; pathogen detection; antibiotic resistance; foodborne microbial contamination

基金项目: 宿迁市科技局市级科技计划项目(Z2021067)、2023—2025 年度江苏省食品安全风险监测微生物重点实验室任务项目

Fund: Supported by the Municipal Science and Technology Program of Suqian Science and Technology Bureau (Z2021067), and the Task of Microbiology Vital Laboratory of Food Safety Risk Monitoring in Jiangsu Province in 2023—2025

*通信作者: 朱伟光, 主任技师, 主要研究方向为食品安全风险监测及事件处置。E-mail: sqzwg@sina.com

*Corresponding author: ZHU Wei-Guang, Chief Technician, Suqian Center for Disease Control and Prevention, No.8 Renmin Avenue, Sucheng District, Suqian 223800, China. E-mail: sqzwg@sina.com

0 引言

生菜是一种营养丰富的蔬菜, 含有大量胡萝卜素、抗氧化物、维生素和膳食纤维等。生菜口感清脆, 以生食闻名, 在蔬菜沙拉、中式凉拌菜中常见。生菜生食为主、几乎不经过加热处理的特点, 给人们带来了一定的食品安全风险, 尤其是致病微生物污染的风险。

国内外的多项研究^[1-7]结果表明生菜等生食果蔬被沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏菌、单核细胞增生李斯特氏菌和诺如病毒等污染。2006 年美国暴发多起与食用新鲜菠菜有关的大肠杆菌 O157:H7 感染事件^[8]; 2011 年美国多州暴发大肠埃希氏菌引起的长叶生菜事件^[9]; 瞿洋等^[10]对生菜定量风险评估结果表明, 我国因生食生菜导致金黄色葡萄球菌中毒的概率为 2.72×10^{-4} , 每年引发的病例高达 70 余万人。同时, 随着抗菌药物的广泛使用, 细菌耐药率逐渐增高, 且研究发现耐药基因可通过食物链传播^[11-12]。生菜在生长过程中, 可能受到土壤、灌溉水、营养液或肥料中微生物的污染, 使得表面可能存在耐药菌污染, 当人类食用时, 其携带的微生物或微生物耐药基因可能进入人体, 影响健康。

因此, 2022—2024 年在宿迁市范围内种植基地、流通与餐饮环节采集生菜, 开展微生物检测, 并对检出的致病微生物分离株开展临床常用抗生素敏感性测定, 了解生菜中致病微生物污染和耐药情况, 为后续工作积累数据, 以期为食品安全风险评估和预警平台提供基础资料, 具有很高的应用价值。

1 材料与方法

1.1 样品来源

2022—2024 年, 在宿迁市各县(区)无菌采集生菜样品 312 份, 环节覆盖种植、超市、农贸市场以及餐饮, 8 h 内送实验室进行单核增生李斯特氏菌、沙门氏菌、大肠埃希氏菌、金黄色葡萄球菌和诺如病毒检测。

1.2 主要设备与试剂

VITEK 2 Compact 30 全自动细菌鉴定及药敏分析仪、VITEK MS 微生物质谱仪(法国生物梅里埃公司); Quantstudio 7 荧光定量聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)仪(美国应用生物系统公司); SSNP-3000A 全自动核酸提取仪(江苏硕世生物科技股份有限公司)。

金黄色葡萄球菌显色培养基、亚硫酸铋琼脂、沙门氏菌显色培养基、三糖铁琼脂培养基、革兰氏阴性菌鉴定卡、5 种致泻大肠埃希氏菌核酸多重实时荧光定量 PCR 检测试剂盒(广州环凯微生物科技有限公司); 质控菌株为大肠埃希菌 ATCC25922、沙门氏菌 ATCC29213、革兰氏阴性菌药敏板[赛默飞世尔科技(中国)有限公司], 所有试剂均在

有效期内使用。

1.3 微生物检测项目与方法

单核增生李斯特氏菌、沙门氏菌、大肠埃希氏菌、金黄色葡萄球菌的分离鉴定分别按照 GB 4789.30—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 单核细胞增生李斯特氏菌检验》、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》、GB 4789.6—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠埃希氏菌检验》、GB 4789.10—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》规定的检验方法进行, 诺如病毒的检验按照 GB 4789.42—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 诺如病毒检验》进行。

1.4 药敏测试

对于鉴定为沙门氏菌和大肠埃希氏菌的分离菌株, 采用微量肉汤稀释法分别进行 12 类 23 种、12 类 28 种抗菌药物的敏感性测定, 12 类 28 种抗菌药物中头孢噻肟/克拉维酸(T/C)及头孢他啶/克拉维酸(F/C)药敏表现用于检测是否为产超广谱 β -内酰胺酶大肠埃希氏菌(*Escherichia coli* producing β -lactamase, ESBLs)。质控菌株为沙门氏菌 ATCC29213、大肠埃希菌 ATCC25922, 依据美国临床实验室标准化委员会(Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI)文件标准进行菌株耐药结果判定, 对 3 类及以上抗菌药物同时耐药的菌株记为多重耐药菌。

1.5 数据处理

使用 Microsoft Excel 2013、SPSS 26.0 软件进行数据统计处理, 计数资料采用频数和率进行统计描述, 组间检出率比较使用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 被确定为有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 生菜中致病微生物污染总体情况

2022—2024 年, 共监测 312 份生菜及其制品, 检出致病微生物 38 株, 总检出率为 12.18% (38/312), 其中 2 份样品同时检出 2 种致病微生物。大肠埃希氏菌、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌的检出率分别为 7.69%、2.56%和 1.92%, 单核增生李斯特氏菌和诺如病毒均未检出(表 1)。

2.2 不同采样环节生菜致病微生物污染情况

如表 1 所示, 不同采样环节均有检出, 流通环节的检出率最高(21.64%), 其次是餐饮环节(6.67%), 种植环节检出率最低(3.88%), 检出差异有统计学意义($\chi^2=16.960$, $P < 0.001$)。

流通环节中, 超市检出率为 22.81%, 农贸市场检出率为 20.78%, 差异无统计学意义($\chi^2=0.435$, $P=0.509$); 餐饮环节中, 快餐店检出率为 9.30%, 餐馆检出率为 3.13%, 差异无统计学意义($\chi^2=0.351$, $P=0.553$)。

表 1 不同采样环节致病微生物污染情况
Table 1 Pathogenic microorganism contamination in different sampling stages

采样环节	大肠埃希氏菌/%	金黄色葡萄球菌/%	沙门氏菌/%	合计
种植	3.88 (4/103)	0	0	3.88 (4/103)
流通	超市	14.04 (8/57)	3.51 (2/57)	22.81 (13/57)
	农贸市场	12.99 (10/77)	5.19 (4/77)	20.78 (16/77)
餐饮	餐馆	0	0	3.13 (1/32)
	快餐店	4.65 (2/43)	0	9.30 (4/43)
χ^2	10.184 ^a	4.601 ^a	6.241 ^a	16.960
<i>P</i>	0.006	0.086	0.021	<0.001
合计	7.69 (24/312)	2.56 (8/312)	1.92 (6/312)	12.18 (38/312)

注: a 表示使用精确概率法; 参照原国家食品药品监督管理总局对餐饮业分为餐馆、快餐店、小吃店、饮品店、食堂等 5 大类^[13]。

大肠埃希氏菌在各环节均有检出, 主要是超市和农贸市场, 不同环节检出差异有统计学意义($\chi^2=10.184$, $P<0.05$); 金黄色葡萄球菌除种植环节未检出, 其余环节均有检出, 不同环节检出差异无统计学意义($\chi^2=4.601$, $P=0.086$); 沙门氏菌仅在流通环节的超市和农贸市场检出, 不同环节检出差异有统计学意义($\chi^2=6.241$, $P=0.021$)。

2.3 沙门氏菌和大肠埃希氏菌菌株分离情况

采用血清学鉴定方法, 对检出的 6 份沙门氏菌进行血清分离鉴定, 血清型分别为肠炎沙门氏菌、鼠伤寒沙门氏菌和肯塔基沙门氏菌(各 2 株)。使用荧光定量 PCR 确认检出的 24 株大肠埃希氏菌, 血清型全部为肠集聚性大肠杆菌(enteroagglomerative *Escherichia coli*, EAEC)。

2.4 药物敏感性实验结果

2.4.1 大肠埃希氏菌

24 株大肠埃希氏菌进行抗菌药物的敏感性测定结果显示(表 2), 除了对多粘菌素 B、厄他培南、亚胺培南、替加环素、阿米卡星、链霉素和头孢他啶/阿维巴坦全部敏感外, 对其余 19 种抗菌药物均产生不同程度的耐药。耐药率最高的是氨苄西林(50.00%)和萘啶酸(50.00%), 其次是氯霉素(37.50%)和头孢呋辛(37.50%), 其余药物耐药率在

8.33%~33.33%之间。

在 24 株大肠埃希氏菌中, 12 株存在多重耐药, 多重耐药率为 50.00%, 个别菌株耐药严重, 耐药抗生素类别达 10 类, 说明生菜中大肠埃希氏菌存在一定程度的多重耐药现象。从不同环节分析看, 农贸市场生菜样品中耐药情况较严重(表 3)。

对 24 株大肠埃希氏菌进行了是否产超广谱 β -内酰胺酶的药敏实验, 结果显示产超广谱 β -内酰胺酶的菌株为 6 株, 占 25.00% (6/24)。6 株产超广谱 β -内酰胺酶菌株均为多重耐药性菌株, 多重耐药率达 100.00%, 对氨苄西林、氯霉素、环丙沙星、萘啶酸、头孢他啶、头孢噻肟和头孢呋辛耐药率达 100.00%, 远高于非产超广谱 β -内酰胺酶的多重耐药率(33.33%)。

2.4.2 沙门氏菌

6 株沙门氏菌抗菌药物的敏感性测定结果显示(表 4), 除了对头孢他啶/阿维巴坦、厄他培南、亚胺培南和替加环素全部敏感外, 对其余 19 种抗菌药物均产生不同程度的耐药。耐药率最高的是四环素(100.00%)和米诺环素(100.00%), 其余药物耐药率在 16.67%~66.67%之间。

在 6 株沙门氏菌中, 4 株存在多重耐药, 耐受 9 类抗生素, 生菜样品来自超市和农贸市场(表 5)。

表 2 24 株大肠埃希氏菌药物敏感性测试结果
Table 2 Drug susceptibility test results of 24 strains of *Escherichia coli*

抗生素类别	抗生素名称	敏感率/%	耐药率/%
青霉素类	氨苄西林	50.00 (12/24)	50.00 (12/24)
苯丙醇类	氯霉素	62.50 (15/24)	37.50 (9/24)
苯丙醇类	氨基曲南	87.50 (21/24)	12.50 (3/24)
叶酸途径抑制剂	复方新诺明	83.33 (20/24)	16.67 (4/24)
氯霉素类	氟苯尼考	91.67 (22/24)	8.33 (2/24)
喹诺酮类和氟喹诺酮类	环丙沙星	66.67 (16/24)	33.33 (8/24)
	萘啶酸	50.00 (12/24)	50.00 (12/24)
	粘菌素	83.33 (20/24)	16.67 (4/24)
乳菌肽脂肽类	多粘菌素 B	100.00	0

表 2(续)

抗生素类别	抗生素名称	敏感率/%	耐药率/%
碳青霉烯类	厄他培南	100.00	0
	亚胺培南	100.00	0
	替加环素	100.00	0
四环素类	四环素	70.83 (17/24)	29.17 (7/24)
	米诺环素	79.17 (19/24)	20.83 (5/24)
	庆大霉素	83.33 (20/24)	16.67 (4/24)
氨基糖苷类	阿米卡星	100.00	0
	链霉素	100.00	0
β -内酰胺/ β -内酰胺抑制剂复合物	氨苄西林/舒巴坦	75.0 (18/24)	25.00 (6/24)
	头孢他啶/阿维巴坦	100.00	0
	头孢他啶	66.67 (16/24)	33.33 (8/24)
头孢类	头孢噻肟	66.67 (16/24)	33.33 (8/24)
	头孢西丁	83.33 (20/24)	16.67 (4/24)
	头孢吡肟	66.67 (16/24)	33.33 (8/24)
	头孢呋辛	62.50 (15/24)	37.50 (9/24)
	头孢唑啉	75.00 (18/24)	25.00 (6/24)
	头孢噻唑	91.67 (22/24)	8.33 (2/24)

表 3 不同采样环节大肠埃希氏菌耐药情况
Table 3 Drug resistance of *Escherichia coli* in different sampling stages

耐受抗生素类 别数目	种植(<i>n</i> =6)		超市(<i>n</i> =6)		农贸市场(<i>n</i> =10)		餐饮(<i>n</i> =2)		合计(<i>n</i> =24)	
	菌株数/株	占比/%	菌株数/株	占比/%	菌株数/株	占比/%	菌株数/株	占比/%	菌株数/株	占比/%
0	3	50.00	4	66.67	3	30.00	1	50.00	11	45.83
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	1	16.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	4.17
3	0	0.00	2	33.33	4	40.00	0	0.00	6	25.00
4	0	0.00	0	0.00	1	10.00	0	0.00	1	4.17
5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	50.00	1	4.17
6	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
7	1	16.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	4.17
8	1	16.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	4.17
9	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10	0	0.00	0	0.00	2	20.00	0	0.00	2	8.33
≥3	2	33.33	2	33.33	7	70.11	1	50.00	12	50.00

表 4 6 株沙门氏菌药物敏感性测试结果
Table 4 Drug susceptibility test results of 6 strains of *Salmonella*

抗生素类别	抗生素名称	敏感率/%	耐药率/%
喹诺酮类	环丙沙星	33.33 (2/6)	66.67 (4/6)
青霉素类	氨苄西林	33.33 (2/6)	66.67 (4/6)
大环内酯类	阿奇霉素	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
单环内酰胺类	氨基南	33.33 (2/6)	66.67 (4/6)
苯丙醇类	氯霉素	33.33 (2/6)	66.67 (4/6)
氯霉素类	氟苯尼考	33.33 (2/6)	66.67 (4/6)
叶酸途径抑制剂	复方新诺明	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
β -内酰胺/ β -内酰胺抑制剂复合物	氨苄西林/舒巴坦	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
	头孢他啶/阿维巴坦	100.00	0

表 4(续)

抗生素类别	抗生素名称	敏感率/%	耐药率/%
乳菌肽脂肽类	多粘菌素 E	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
	多粘菌素 B	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
碳青霉烯类	厄他培南	100.00	0
	亚胺培南	100.00	0
	替加环素	100.00	0
四环素类	四环素	0	100.00
	米诺环素	0	100.00
	头孢他啶	33.33 (2/6)	66.67 (4/6)
头孢类	头孢噻肟	33.33 (2/6)	66.67 (4/6)
	头孢西丁	83.33 (5/6)	16.67 (1/6)
	头孢吡肟	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
	头孢呋辛	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
	头孢唑啉	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
	头孢噻吩	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)
	头孢唑林	66.67 (4/6)	33.33 (2/6)

表 5 不同采样环节沙门氏菌耐药情况
Table 5 Drug resistance of *Salmonella* at different sampling stages

耐受抗生素类别数目	超市(n=2)		农贸市场(n=4)		合计(n=6)	
	菌株数/株	占比/%	菌株数/株	占比/%	菌株数/株	占比/%
1	1	50.00	1	25.00	2	33.33
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6	0	0.00	0	0.00	0	0.00
7	0	0.00	0	0.00	0	0.00
8	0	0.00	0	0.00	0	0.00
9	1	50.00	3	75.00	4	66.67
≥3	1	50.00	3	75.00	4	66.67

3 讨论与结论

本研究对 2022—2024 年宿迁市范围内种植、流通和餐饮环节的生菜中几种常见致病微生物开展监测，检出致病菌种类为大肠埃希氏菌、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌，总体检出率为 12.18%，低于浙江省^[14]的研究，高于上海市^[15]和郑州市^[16]的研究，表示生菜存在致病微生物污染情况，生食生菜对健康会造成一定的安全风险，但各地居民饮食习惯和流通环节环境卫生管理存在差异。

大肠埃希氏菌是常见的食源性致病菌，本次监测发现大肠埃希氏菌检出率较高，血清型均为 EAEC，每个环节均有检出，其中流通环节检出率最高；金黄色葡萄球菌在流通和餐饮环节有检出；沙门氏菌的检出率虽然较低，但血清型分别为肠炎沙门氏菌、鼠伤寒沙门氏菌和肯塔基沙门氏菌，均为常见致病血清型^[17]，检出样品来自流通环节，污染状况需引起关注。本次监测检出的致病微生物可

能源自土壤、粪便的污染，也可能来自售卖和储存、加工制作的环境。生菜目前作为轻食类食品、汉堡包、中式凉拌菜的常见搭配，食用前不经过加热，存在风险隐患，建议储存时保持适当的温度，使用前做好清洗，加工制作时保持良好的食品卫生操作规范，有效预防食源性致病微生物的污染，减少食源性疾病的发生。

大肠埃希氏菌对氨苄西林和萘啶酸耐药率最高，均为 50.00%，其次是氯霉素和头孢呋辛，均为 37.50%，与江苏省研究一致^[18]，但与扬州市^[4]研究耐药率排序不同，多重耐药率为 50.00%，高于广州市的研究^[19]。本次监测 24 株大肠埃希氏菌中有 6 株为产 ESBLs 菌株，检出率 25.00%，高于北京市^[20]、低于宁夏市^[21]的检出。6 株均为多重耐药菌株，远高于非产超广谱 β -内酰胺酶的多重耐药率，对氨苄西林、氯霉素、环丙沙星、萘啶酸、头孢他啶、头孢噻肟和头孢呋辛耐药率达 100.00%。随着研究的进展，产 ESBLs 大肠埃希氏菌不仅在人和动物中广泛存在，在蔬菜中也有

检出^[22-23]。ESBLs 通过水解灭活青霉素类、头孢菌素和单环酰胺类抗生素导致 ESBLs 对 β -内酰胺酶类抗生素耐药。生菜中大肠埃希氏菌耐药率较畜禽类产品低, 但生菜的使用特点, 使得耐药菌容易通过食物进入人体, 对人体健康造成影响。

6 株沙门氏菌对四环素和米诺环素耐药率最高, 为 100.00%, 与中国细菌耐药监测等报告^[24-25]一致, 2 株对多粘菌素耐药, 4 株多重耐药。多粘菌素是治疗革兰阴性菌多重耐药的最后一道防线, 研究发现沙门氏菌对多粘菌素的耐药性在增加^[26]。本监测中 6 株沙门氏菌对亚胺培南、厄他培南敏感, 这与多地研究结果^[27-29]类似。

本研究通过对 2022—2024 年宿迁市市场上的生菜中常见致病微生物及药物敏感性监测分析, 结果说明生菜中存在致病微生物污染和一定程度的耐药现象, 其中流通环节生菜样品中耐药情况较严重。抗生素在不同行业的广泛使用, 使常见致病菌的耐药率逐渐升高。耐药基因会通过质粒进行整合转移^[30], 通过食物链进入人体, 对人体健康构成威胁。以往的监测多针对肉类食品, 随着素食主义的兴起, 蔬菜水果的消费量逐渐增加, 建议加强蔬菜水果中耐药菌的污染特征研究。

本研究存在一定的局限性, 没有进行耐药基因检测, 有待在今后的工作中进一步完善。

参考文献

- [1] MELO J, QUINTAS C. Minimally processed fruits as vehicles for foodborne pathogens [J]. AIMS Microbiol, 2023, 9(1): 1–19.
- [2] 白瑶, 马金晶, 黄敏毅, 等. 北京五城区零售鲜切果蔬中重要食源性致病菌污染与耐药性研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(6): 692–697.
BAI Y, MA JJ, HUANG MY, *et al.* Study on contamination and resistance of important foodborne pathogens in retail fresh-cut fruits and vegetables in five districts of Beijing [J]. Chin J Food Hyg, 2021, 33(6): 692–697.
- [3] WU S, HUANG J, WU Q, *et al.* Prevalence and characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from retail vegetables in China [J]. Front Microbiol, 2018, 9: 1263.
- [4] 马沁春, 王燕, 李伟, 等. 扬州部分地区生食蔬菜中大肠埃希菌耐药性分析[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2021, 42(5): 13–18.
MA QC, WANG Y, LI W, *et al.* Analysis of *Escherichia coli* drug resistance in raw food vegetables in some areas of Yangzhou [J]. J Yangzhou Univ (Agric Life Sci Ed), 2021, 42(5): 13–18.
- [5] AZIMIRAD M, NADALIAN B, ALAVIFARD H, *et al.* Microbiological survey and occurrence of bacterial foodborne pathogens in raw and ready-to-eat green leafy vegetables marketed in Tehran, Iran [J]. Int J Hyg Environ Health, 2021, 237: 113824.
- [6] NGUYEN T K, BUI H T, TRUONG T A, *et al.* Retail fresh vegetables as a potential source of *Salmonella* infection in the Mekong Delta, Vietnam [J]. Int J Food Microbiol, 2021, 341: 109049.
- [7] POSSAS A, POSADA-IZQUIERDO GD, ZURERA G, *et al.* Evaluating the fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on cucumbers [J]. Food Microbiol, 2021, 99: 103830.
- [8] BRANDL MT, COX CE, TEPLITSKI M. *Salmonella* interactions with plants and their associated microbiota [J]. Phytopathology, 2013, 103(4): 316–325.
- [9] SHARAPOV UM, WENDEL A M, DAVIS J P, *et al.* Multistate outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with consumption of fresh spinach: United States, 2006 [J]. J Food Prot, 2016, 79(12): 2024–2030.
- [10] 瞿洋, 何昭颖, 周昌艳, 等. 生菜生产到消费全程金黄色葡萄球菌的定量风险评估[J]. 食品科学, 2022, 43(10): 295–301.
QU Y, HE ZY, ZHOU CY, *et al.* Quantitative risk assessment of *Staphylococcus aureus* from lettuce production to consumption [J]. Food Sci, 2022, 43(10): 295–301.
- [11] 钱璟, 吴哲元, 郭晓奎, 等. 耐药微生物和抗生素耐药基因与全健康[J]. 微生物学通报, 2022, 49(10): 4412–4424.
QIAN J, WU ZY, GUO XK, *et al.* Resistant microorganisms and antibiotic resistance genes in whole health [J]. Microbiol China, 2022, 49(10): 4412–4424.
- [12] DURSO LM, MILLER DN, WIENHOLD BJ. Distribution and quantification of antibiotic resistant genes and bacteria across agricultural and non-agricultural metagenomes [J]. PLoS One, 2012, 7(11): e48325.
- [13] 俞华, 何宗武, 李洪涛. 基于认证的餐饮服务分类研究[J]. 质量与认证, 2019(5): 52–53.
YU H, HE ZW, LI HT. A study of food service classification based on certification [J]. Chin Qual Certifi, 2019(5): 52–53.
- [14] 肖兴宁, 王珍, 蔡铮, 等. 浙江省即食生鲜果蔬病原微生物污染调查分析[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(3): 528–530.
XIAO XN, WANG Z, CAI Z, *et al.* Investigation and analysis of pathogen microorganism contamination of ready-to-eat fresh fruits and vegetables in Zhejiang Province [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2020, 61(3): 528–530.
- [15] 秦晓杰, 李嘉铭, 孙天妹, 等. 2021 年上海市部分即食果蔬食源性致病菌的监测[J]. 上海预防医学, 2023, 35(1): 42–46.
QIN XJ, LI JM, SUN TM, *et al.* Surveillance of foodborne pathogens in some ready-to-eat fruits and vegetables in Shanghai in 2021 [J]. Shanghai J Prev Med, 2023, 35(1): 42–46.
- [16] 张可可, 赵光华, 郝学飞, 等. 2015 年郑州市即食生鲜果蔬病原微生物调查与风险分析[J]. 河南预防医学杂志, 2017, 28(5): 325–328.
ZAHNG KK, ZHAO GH, HAO XF, *et al.* Pathogenic microorganisms and risk analysis of ready-to-eat fresh fruits and vegetables in Zhengzhou in 2015 [J]. Mod Dis Control Prev, 2017, 28(5): 325–328.
- [17] 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 drug resistance mechanism of *Salmonella* [J]. Shandong Agric Sci, 2024, 56(1): 174–180.
- [18] 秦思, 沈赞, 马恺, 等. 2018—2019 年江苏省食源性疾病中致泻大肠埃希氏菌流行特征及耐药性分析[J]. 现代预防医学, 2020, 47(21): 3884–3888.
QIN S, SHEN X, MA K, *et al.* Epidemiological characteristics and drug resistance analysis of diarrheal *Escherichia coli* in food-borne diseases in Jiangsu Province from 2018 to 2019 [J]. Mod Prev Med, 2020, 47(21): 3884–3888.
- [19] 周臣清, 张娟, 黄宝莹, 等. 广州市蔬菜类凉拌菜中微生物污染状况调查及大肠埃希氏菌耐药现象研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021,

- 12(6): 2485–2490.
- ZHOU CQ, ZHANG J, HUANG BY, *et al.* Investigation on microbial contamination and drug resistance of *Escherichia coli* in vegetable salad in Guangzhou [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(6): 2485–2490.
- [20] 张新, 田祎, 吕冰, 等. 北京地区 2014 年—2020 年感染性腹泻中致泻性大肠埃希菌流行特征及产超广谱 β -内酰胺酶耐药表型监测分析[J]. *中国卫生检验杂志*, 2021, 31(22): 2768–2772.
- ZAHNG X, TIAN W, LV B, *et al.* Epidemiological characteristics of diarrheic *Escherichia coli* in infectious diarrhea in Beijing from 2014 to 2020 and the phenotype of resistance to ultra-broad spectrum β -lactamase production [J]. *Chin J Hea Lab*, 2021, 31(22): 2768–2772.
- [21] 蒋德安, 王芳, 马玲飞, 等. 产 ESBLs 大肠埃希菌和肺炎克雷伯菌耐药性及基因型分析[J]. *宁夏医科大学学报*, 2017, 39(8): 903–907.
- JIANG DAN, WANG F, MA LF, *et al.* Drug resistance and genotype analysis of ESBLs-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* [J]. *J Ningxia Med Univ*, 2017, 39(8): 903–907.
- [22] PARKER E, ALBERS A, MOLLENKOPF D, *et al.* AmpC- and extended-spectrum β -lactamase-producing enterobacteriaceae detected in fresh produce in Central Ohio [J]. *J Food Prot*, 2021, 84(5): 920–925.
- [23] RICHTER L, PLESSIS EM, DUVENAGE S, *et al.* Occurrence, identification, and antimicrobial resistance profiles of extended-spectrum and AmpC β -lactamase-producing enterobacteriaceae from fresh vegetables retailed in Gauteng Province, South Africa [J]. *Foodborne Pathog Dis*, 2019, 16(6): 421–427.
- [24] 李耘, 郑波, 吕媛, 等. 中国细菌耐药监测(CARST)研究 2019-2020 革兰氏阴性菌监测报告[J]. *中国临床药理学杂志*, 2022, 38(5): 432–452.
- LI Y, ZHENG B, LV Y, *et al.* Bacterial resistance surveillance (CARST) study in China 2019-2020 gram-negative bacteria surveillance report [J]. *Chin J Clin Pharmacol*, 2022, 38(5): 432–452.
- [25] 孙景昱, 赵薇, 孙绩岩, 等. 2022 年吉林省食品中沙门氏菌耐药性及分子特征分析[J]. *中国人兽共患病学报*, 2024, 40(2): 104–110.
- SUN JY, ZHAO W, SUN JY, *et al.* Drug resistance and molecular characteristics of *Salmonella* in food in Jilin Province in 2022 [J]. *Chin J Zoonoses*, 2024, 40(2): 104–110.
- [26] 芦晓萍. 沙门氏菌分离株对多粘菌素 B 的耐药特征及耐药机制研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2023.
- LU XP. Characteristics and mechanism of resistance of *Salmonella* isolates to polymyxin B [D]. Wuhan: Wuhan University of Light Industry, 2023.
- [27] 谢洁, 袁敏, 王雅静, 等. 江苏省无锡市门诊腹泻患者鼠伤寒沙门菌分子分型和耐药特征研究[J]. *疾病监测*, 2023, 38(1): 23–28.
- XIE J, YAUN M, WANG YJ, *et al.* Molecular typing and drug resistance of *Salmonella typhimurium* in outpatients with diarrhea in Wuxi City, Jiangsu Province [J]. *Dis Surveill*, 2023, 38(1): 23–28.
- [28] 聂丽, 邓颖, 罗万军, 等. 2017—2022 年武汉地区儿童食源性疾病监测中沙门氏菌感染情况和耐药性分析[J]. *中国人兽共患病学报*, 2024, 40(8): 750–757.
- NIE L, DENG Y, LUO WJ, *et al.* Surveillance of food-borne diseases in children and analysis of *Salmonella* infection and drug resistance in Wuhan from 2017 to 2022 [J]. *Chin J Zoon*, 2024, 40(8): 750–757.
- [29] 于淼, 耿英芝, 张铭琰, 等. 2017—2021 年辽宁省市售食品中沙门菌的血清型、分子分型及耐药性分析[J]. *中国人兽共患病学报*, 2023, 39(10): 966–971.
- YU M, GENG YZ, ZHANG MY, *et al.* Serotype, molecular typing and drug resistance analysis of *Salmonella* in food in Liaoning Province from 2017 to 2021 [J]. *Chin J Zoonoses*, 2023, 39(10): 966–971.
- [30] KRÜGER GI, PARDO-ESTÉ C, ZEPEDA P, *et al.* Mobile genetic elements drive the multidrug resistance and spread of *Salmonella* serotypes along a poultry meat production line [J]. *Front Microbiol*, 2023, 14: 1072793.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

作者简介



宋学敏, 主管医师, 主要研究方向为食品安全与营养监测。

E-mail: 1547960977@qq.com



朱伟光, 主任技师, 主要研究方向为食品安全风险监测及事件处置。

E-mail: sqzwwg@sina.com