

## 研究报告

北京市某区2021年5—9月生鲜蔬菜中蜡样芽胞杆菌检出情况和  
耐药特征分析全菲<sup>1,2</sup>,付诗琪<sup>3</sup>,康颖<sup>1,2</sup>,闫爱霞<sup>1,2</sup>,王园园<sup>1,2</sup>,李首飞<sup>1,2</sup>,朱玥<sup>1,2</sup>,李颖<sup>1,2</sup>(1. 北京市顺义区疾病预防控制中心,北京 101300;2. 北京市顺义区疾病预防控制中心微生物感染性疾病  
检测工作站,北京 101300;3. 华北理工大学,河北唐山 063210)

**摘要:**目的 对生鲜蔬菜中蜡样芽胞杆菌的分布和耐药特征进行分析。方法 采集北京市顺义区2021年5—9月生鲜蔬菜样本120份,对样本进行蜡样芽胞杆菌平板计数检测、增菌培养及增菌液呕吐毒素基因(*ces*)、蜡样芽胞杆菌16S rDNA基因实时荧光PCR检测,对分离株进行14种抗生素敏感性检测。结果 生鲜蔬菜中蜡样芽胞杆菌检出率为84.17%(101/120)。根茎类和叶菜类生鲜蔬菜蜡样芽胞杆菌检出率差异有统计学意义( $\chi^2=14.181, P_{校正}=0.000$ );超市、农贸市场和农户菜地3类采集地点蜡样芽胞杆菌检出率差异有统计学意义( $\chi^2=11.050, P=0.004$ ),基于样本增菌液的*ces*检出率差异有统计学意义( $P_{Fisher}=0.001$ )。12件*ces*<sup>+</sup>的生鲜蔬菜增菌液检测蜡样芽胞杆菌16S rDNA基因和*ces*基因Ct均值分别为19.96和31.80,但均未能分离到*ces*<sup>+</sup>蜡样芽胞杆菌菌落。蜡样芽胞杆菌分离株对氨苄西林、青霉素、复方磺胺耐药率分别为100%、99.01%、61.39%;分布5种耐药谱,优势耐药谱为氨苄西林+青霉素+复方磺胺(59.41%);耐3类及3类以上抗生素多重耐药率为0.99%(1/101)。结论 蜡样芽胞杆菌以及呕吐毒素基因在本地生鲜蔬菜中广泛分布,分离株依然处于较低的多重耐药水平。单份生鲜蔬菜样本中*ces*<sup>+</sup>菌株在污染的全部蜡样芽胞杆菌中“低丰度”构成。

**关键词:**蜡样芽胞杆菌;生鲜蔬菜;呕吐毒素;耐药性;食源性致病菌;顺义区

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2024)01-0015-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2024.01.003

**Contamination and drug resistance characteristics of *Bacillus cereus* isolated from raw vegetable from May to September 2021 in a district in Beijing**QUAN Fei<sup>1,2</sup>, FU Shiqi<sup>3</sup>, KANG Ying<sup>1,2</sup>, YAN Aixia<sup>1,2</sup>, WANG Yuanyuan<sup>1,2</sup>,  
LI Shoufei<sup>1,2</sup>, ZHU Yue<sup>1,2</sup>, LI Ying<sup>1,2</sup>

(1. Shunyi District Center for Disease Control and Prevention, Beijing 101300, China; 2. Workstation for Microbial Infectious Disease Shunyi District Center for Disease Control and Prevention, Beijing 101300, China; 3. North China University of Science and Technology, Hebei Tangshan 063210, China)

**Abstract: Objective** To analyze the contamination and drug resistance characteristics of *Bacillus cereus* isolated from raw vegetable. **Methods** One hundred and twenty raw vegetable samples were collected in this study in Beijing City, Shunyi District from May to September in 2021. Plate counting, bacterial culture, real-time PCR for the *ces* vomiting toxin gene and the 16S rDNA gene of *B. cereus* were performed. Drug resistance to 14 antibiotics in *B. cereus* strains were determined. **Results** The positive ratios of *B. cereus* in raw vegetable samples was 84.17% (101/120). Significant differences were observed in the positive ratio of *B. cereus* between rhizome and leaf vegetables ( $\chi^2=14.181, P=0.000$  correction), in the positive ratio of *B. cereus* ( $\chi^2=11.050, P=0.004$ ) in supermarkets, agricultural markets, and farmland, and also in the positive ratio of *ces* on enriched samples ( $P=0.001$  Fisher). Average Ct values of 16S rDNA and *ces* by real-time PCR in 12 *ces*<sup>+</sup> enriched samples were 19.96 and 31.80, respectively; however, *ces*<sup>+</sup> *B. cereus* was not isolated. The drug resistance ratios of *B. cereus* isolates to AMP, PEN, and SXT were 100%, 99.01%, and 61.39%, respectively. Five patterns of drug resistance distribution were observed and the dominant pattern was AMP+PEN+SXT (59.41%); the multidrug

收稿日期:2022-05-04

作者简介:全菲 女 副主任技师 研究方向为消毒、有害生物防治及病原微生物检验 E-mail:63574688@qq.com

付诗琪 女 在读研究生 研究方向为卫生检验 E-mail:fushiqi17\_f@163.com

全菲和付诗琪为并列第一作者

通信作者:李颖 男 副主任技师 研究方向为病原微生物检验 E-mail:liyng19830805@126.com

resistance ratio (resistant to three or more classes of antibiotics) was 0.99% (1/101). **Conclusion** *B. cereus* and the *ces* gene were widely distributed in local raw vegetable samples with a low level of multiple drug resistance in the isolates. *ces*<sup>+</sup> *B. cereus* was present in low proportions in the *B. cereus* flora in a single sample of raw vegetable.

**Key words:** *Bacillus cereus*; raw vegetable; vomiting toxin; drug resistance; foodborne pathogenic; Shunyi District

蜡样芽胞杆菌(*Bacillus cereus*)在我国是导致食物中毒的常见病原菌<sup>[1]</sup>,该菌常污染淀粉类制品和乳制品引发食物中毒<sup>[2]</sup>,是常见的食源性条件致病菌,该菌导致暴发事件中多次出现死亡病例<sup>[3]</sup>,对人类健康影响较大。蜡样芽胞杆菌导致食物中毒分呕吐型和腹泻型,也存在两种类型的混合型。其中呕吐型中毒事件居多,占比超过70%<sup>[4]</sup>。蜡样芽胞杆菌产生的呕吐毒素(非核糖体产生的离子型环状十二肽)是该类型中毒的致病因子<sup>[4]</sup>,呕吐毒素由位于蜡样芽胞杆菌大质粒上的呕吐毒素合成酶(*ces*)基因簇合成,*ces*基因是呕吐型蜡样芽胞杆菌食物中毒事件相关样本的重要检测靶基因<sup>[5]</sup>。肠毒素Nhe、溶血素BL和细胞毒素K被证明与腹泻型蜡样芽胞杆菌食物中毒事件有关<sup>[6]</sup>。

蜡样芽胞杆菌相关食品风险监测常以米面制品作为重点监测对象,常以食品中蜡样芽胞杆菌的平板计数定量值作为重要的监测指标。2018年北京市顺义区曾报道一起蜡样芽胞杆菌导致食物中毒事件的可疑食品为“麻辣烫”<sup>[7]</sup>;亦有研究显示“芽菜”“生菜”中广泛分布蜡样芽胞杆菌<sup>[8-9]</sup>。蜡样芽胞杆菌及其致病因子(呕吐毒素)是否在生鲜蔬菜中广泛分布,甚至存在以生鲜蔬菜为“载体”,将该菌及其致病因子引入厨房环境,继而造成更广泛的污染,目前还缺少相关研究。国内食品、病例来源蜡样芽胞杆菌耐药状况数据也较为匮乏。为获得更多食品污染蜡样芽胞杆菌风险研究基础数据,本研究以生鲜蔬菜作为监测对象,以蜡样芽胞杆菌定性、定量检测,样本增菌液中*ces*基因检测,以及分离菌株的耐药表型检测为指标进行分析,为蜡样芽胞杆菌的食品风险研究提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 样品采集

本次研究共采集生鲜蔬菜样本120份,来源于超市、农贸市场和农户菜地,采集时间分布在2021年5~9月,采集生鲜蔬菜种类包括根茎类蔬菜(马铃薯、红薯、山药等)和叶菜类(油麦菜、芹菜、菠菜等)。样本采集后2h内4℃无菌环境下运送至顺义疾控中心实验室进行蜡样芽胞杆菌平板计数检测、增菌培养及增菌液中蜡样芽胞杆菌16S rDNA

基因和呕吐毒素*ces*基因实时荧光PCR检测。

#### 1.1.2 仪器与试剂

甘露醇卵黄多黏菌素培养基(Mannitol egg yolk polymyxin agar base, MYP)、胰酪大豆蛋白琼脂培养基(Tryptose soya agar, TSA)和胰酪大豆多黏菌素肉汤(北京陆桥生物技术有限责任公司),需氧芽胞杆菌生化鉴定卡和全自动细菌鉴定仪Vitek 2 Compact(法国生物梅里埃公司),蜡样芽胞杆菌双通道荧光PCR试剂盒(北京卓诚惠生生物科技股份有限公司),革兰阳性菌药敏检测卡(上海星佰生物技术有限公司),实时荧光PCR仪(美国伯乐公司 Bio-Rad CFX96)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 蜡样芽胞杆菌MYP平板计数

叶菜类生鲜蔬菜样本取根部位置25g,根茎类蔬菜样本取表皮25g,分别加入225mL 0.85%生理盐水拍击均质,并将均质液进行10倍梯度稀释,各稀释度分别取0.3mL、0.3mL、0.4mL稀释液涂布于MYP 30℃培养24h,菌落鉴定和计数均参照GB 4789.14—2014《食品安全国家标准 食品微生物学检验 蜡样芽胞杆菌检验》。

#### 1.2.2 增菌液和分离菌株蜡样芽胞杆菌16S rDNA基因和呕吐毒素*ces*基因实时荧光PCR检测

叶菜类生鲜蔬菜样本取根部位置25g,根茎类蔬菜样本取表皮25g,加入225mL胰酪大豆多黏菌素肉汤,30℃增菌24h后取1mL增菌液,8000 r/min离心5min,去上清,将沉淀用200μL细菌DNA提取液重悬,100℃加热10min,8000 r/min离心5min,上清即为扩增模板。

增菌液*ces*<sup>+</sup>的样本分离获得蜡样芽胞杆菌菌株进行16S rDNA和*ces*基因实时荧光PCR检测,用1μL接种环取菌落1环溶解于200μL细菌DNA提取液,100℃加热10min,8000 r/min离心5min,上清即为扩增模板。

以上获得模板均按照蜡样芽胞杆菌双通道荧光PCR试剂盒说明书进行体系配置和扩增,Ct值≤38且有典型S形扩增曲线判定为对应基因扩增结果阳性。

#### 1.2.3 抗生素敏感性检测

将蜡样芽胞杆菌分离菌株进行14种抗生素敏感性检测,抗生素名称包括氨苄西林(Ampicillin,

AMP)、青霉素(Penicillin, PEN)、苯唑西林(Oxacillin, OXA)、红霉素(Erythromycin, ERY)、克林霉素(Clindamycin, CLI)、环丙沙星(Ciprofloxacin, CIP)、达托霉素(Daptomycin, DAP)、复方磺胺(Sulfamethoxazole-trimethoprim, SXT)、万古霉素(Vancomycin, VAN)、四环素(Tetracycline, TET)、氯霉素(Chloramphenicol, CHL)、庆大霉素(Gentamicin, GEN)、头孢西丁(Cefoxitin, CFX)、亚胺培南(Imipenem, IPM),按照革兰阳性菌药敏检测卡说明书进行肉汤稀释法操作并获得菌株对各抗生药的最小抑菌浓度(Minimal inhibitory concentration, MIC),耐药(R)、中介(I)、敏感(S)判定参照美国临床和实验室标准协会(CLSI-M100 第 26 版)标准。根据检测菌株耐药结果计算耐药率、多重耐药率,构建耐药谱,并做不同组别耐药率比较分析。

#### 1.2.4 统计学分析

使用 Excel 2010 收集检测样本信息及检测结果,使用 SPSS 20.0 进行统计学分析。率(%)的比较使用  $\chi^2$  检验,2 组平板计数定量值平均值( $\log_{10}$  CFU/g)比较使用  $t$  检验,3 组平板计数定量值平均值秩均值比较使用 Kruskal-Wallis  $H$  检验法,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 蜡样芽胞杆菌检出分布

本研究中共采集生鲜蔬菜样本 120 件,蜡样芽胞杆菌检出率为 84.17%(101/120);120 件样本 MYP 平板计数定量值中位数值为 1 800 CFU/g,均值为 26 000 CFU/g。

按照生鲜蔬菜种类分为根茎类和叶菜类,叶菜类生鲜蔬菜蜡样芽胞杆菌检出率大于根茎类,差异有统计学意义( $\chi^2=14.181, P_{校正}=0.000$ );叶菜类生鲜蔬菜蜡样芽胞杆菌 MYP 平板计数值均值( $\log_{10}$  CFU/g)大于根茎类,差异有统计学意义( $T=-4.620, P=0.000$ )。将蜡样芽胞杆菌食物中毒按照高发(7~9 月)和低发(5~6 月)分为 2 个时间段,2 个时间段蜡样芽胞杆菌检出率差异无统计学意义( $\chi^2=3.127, P=0.077$ );5~6 月时间段蜡样芽胞杆菌 MYP 平板计数值均值( $\log_{10}$  CFU/g)大于 7~9 月时间段,差异有统计学意义( $T=2.713, P=0.008$ )。按照样本采集地点分为超市、农贸市场和农户菜地,农户菜地采集生鲜蔬菜蜡样芽胞杆菌检出率大于农贸市场和超市,差异有统计学意义( $\chi^2=11.050, P=0.004$ ),农户菜地采集生鲜蔬菜 MYP 平板计数值秩均值大于超市和农贸市场,差异有统计学意义( $\chi^2=18.336, P=0.000$ )。见表 1。

### 2.2 增菌液中 *ces* 基因检出分布

120 件生鲜蔬菜的增菌液中, *ces* 基因检出率为 10.00%(12/120)。根茎类和叶菜类 *ces* 基因检出率差异无统计学意义( $\chi^2=1.237, P_{校正}=0.266$ ),蜡样芽胞杆菌食物中毒高发(7~9 月)和低发(5~6 月)2 个时间段 *ces* 基因检出率差异无统计学意义( $\chi^2=2.604, P=0.107$ ),农户菜地采集生鲜蔬菜 *ces* 基因检出率大于农贸市场和超市,差异有统计学意义( $P_{Fisher}=0.001$ )。见表 1。

12 件 *ces*<sup>+</sup> 的生鲜蔬菜增菌液检测蜡样芽胞杆菌 *16S* rDNA 基因和 *ces* 基因的 Ct 值见表 2。*16S* rDNA

表 1 2021 年 5—9 月北京市顺义区生鲜蔬菜中蜡样芽胞杆菌和增菌液中 *ces* 基因检出分布

Table 1 Distribution of *B. cereus* culture in raw vegetable, and *ces* genes detection result based on enriched samples in Beijing City, Shunyi District from May to September in 2021

	蜡样芽胞杆菌分离培养阳性率(%、P/T)	增菌液中蜡样芽胞杆菌呕吐毒素基因 <i>ces</i> 阳性率(%、P/T)	蜡样芽胞杆菌 MYP 平板计数值平均值(CFU/g)	蜡样芽胞杆菌 MYP 平板计数值平均值( $\log_{10}$ CFU/g)
	生鲜蔬菜种类			
根茎类	61.29(19/31)	3.23(1/31)	5 000	1.877
叶菜类	92.13(82/89)	12.36(11/89)	33 000	3.402
	$\chi^2=14.181$	$\chi^2=1.237$	—	$T=-4.620$
	$P=0.000$ (校正)	$P_{校正}=0.266$	—	$P=0.000$
采集时间段 <sup>a</sup>				
5~6 月	92.50(37/40)	17.50(7/40)	37 000	3.543
7~9 月	80.00(64/80)	6.25(5/80)	20 000	2.740
	$\chi^2=3.127$	$\chi^2=2.604$	—	$T=2.713$
	$P=0.077$	$P_{校正}=0.107$	—	$P=0.008$
采集地点				
超市	73.81(31/42)	0.00(0/42)	29 000	53.14 <sup>b</sup>
农贸市场	80.00(32/40)	7.50(3/40)	14 000	49.43 <sup>b</sup>
农户菜地	100.00(38/38)	23.68(9/38)	34 000	80.29 <sup>b</sup>
	$\chi^2=11.050$	—	—	$\chi^2=18.336$
	$P=0.004$	$P_{Fisher}=0.001$	—	$P=0.000$

注:<sup>a</sup>:将本地区蜡样芽胞杆菌食物中毒事件按照高发(7~9 月)和低发(5~6 月)分成两个时间段;<sup>b</sup>:秩均值(无单位)

表2 2021年5—9月北京市顺义区生鲜蔬菜中 *ces*<sup>+</sup> 样本分布情况Table 2 Distribution of *ces*<sup>+</sup> samples in raw vegetable in Beijing City, Shunyi District from May to September in 2021

编号	名称	种类	采集时间	采集地点	增菌后 <i>16S rDNA</i> 基因检测 Ct 值	增菌后 <i>ces</i> 基因检测 Ct 值
005	紫油菜	叶菜类	2021年5月	农户菜地	20.48	27.98
010	生菜	叶菜类	2021年5月	农户菜地	21.25	33.16
011	油麦菜	叶菜类	2021年5月	农户菜地	22.03	27.79
012	韭菜	叶菜类	2021年5月	农户菜地	26.58	30.69
020	薄荷	叶菜类	2021年5月	农户菜地	19.68	28.84
021	莴笋	叶菜类	2021年5月	农户菜地	21.06	35.36
038	小葱	叶菜类	2021年6月	农贸市场	19.58	35.00
073	山药	根茎类	2021年8月	农贸市场	24.16	29.57
086	生菜	叶菜类	2021年8月	农户菜地	18.11	34.04
103	芹菜	叶菜类	2021年9月	农贸市场	15.98	29.27
109	紫苏	叶菜类	2021年9月	农户菜地	14.62	35.05
116	菠菜	叶菜类	2021年9月	农户菜地	15.96	34.82

基因 Ct 值均值为 19.96, *ces* 基因 Ct 值均值为 31.80; 2 个基因 Ct 值均值差为 11.84。12 件 *ces*<sup>+</sup> 的生鲜蔬菜均进行了蜡样芽胞杆菌分离培养, 但分离菌株均为 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>-</sup>。

### 2.3 蜡样芽胞杆菌耐药检测结果

本研究共分离到蜡样芽胞杆菌 101 株并进行 14 种抗生素耐药性检测, 耐药率由高至低依次为: AMP (100%, 101/101)、PEN (99.01%, 100/101)、SXT (61.39%, 62/101)、CLI (3.96%, 4/101) 和 TET (0.99%, 1/101); 中介率由高至低依次为: CLI (40.59%, 41/101)、ERY (28.71%, 29/101) 和 TET (1.98%, 2/101); 除以上耐药率和中介率分布外, 蜡样芽胞杆菌对 OXA、ERY、CIP、DAP、VAN、CHL、GEN、CFX 和 IPM 均表现为敏感。101 株菌分布 5 种耐药谱, 耐药谱构成比由高至低依次为 AMP-PEN-SXT (59.41%, 60/101)、AMP-PEN (34.65%, 35/101)、AMP-PEN-CLI (3.96%, 4/101)、AMP-PEN-SXT-TET (0.99%, 1/101)、AMP-SXT (0.99%, 1/101)。耐 3 类及 3 类以上抗生素多重耐药率为 0.99% (1/101)。

### 3 讨论

本研究中, 北京市顺义区的生鲜蔬菜中蜡样芽胞杆菌检出率高达 84.17%, 蜡样芽胞杆菌计数定量值的中位数值和均值分别达到 1 800 CFU/g 和 26 000 CFU/g, 呕吐毒素 *ces* 基因检出率为 10.00%, 可见蜡样芽胞杆菌和 *ces* 基因在生鲜蔬菜中广泛分布。说明生鲜蔬菜也是导致蜡样芽胞杆菌食物中毒的风险食品, 既往文献也有叶菜类食品导致蜡样芽胞杆菌食物中毒相关报道<sup>[7]</sup>。赵新等<sup>[9]</sup>的研究中, 水培生菜中蜡样芽胞杆菌定量值最高达到 10<sup>3</sup> CFU/g, 检出率接近 50%, 与本研究结果类似。生鲜蔬菜广泛携带蜡样芽胞杆菌, 易发生因其在厨房中储存不

当造成蜡样芽胞杆菌污染熟米面制品, 并使细菌在高温高湿季节大量繁殖或产毒, 继而造成食物中毒。由此提示食堂和家庭厨房应关注生鲜蔬菜的妥善保存, 降低蜡样芽胞杆菌的污染风险。

不同种类蔬菜中, 叶菜类生鲜蔬菜蜡样芽胞杆菌检出率和平板计数定量值均大于根茎类生鲜蔬菜, 差异均有统计学意义。不同蔬菜采集地点中, 采集自农户菜地的生鲜蔬菜蜡样芽胞杆菌检出率、*ces* 基因检出率和平板计数定量值秩均值均高于农贸市场和超市采集生鲜蔬菜, 差异均有统计学意义。因蜡样芽胞杆菌可分布于土壤中<sup>[10-11]</sup>, 因此这一检出差异有可能因蔬菜携带泥土量随销售过程逐步降低造成。尤其是采集自超市的蔬菜的 *ces* 基因检出率为零, 这可能因蔬菜在进入超市时已经过一定程度的清洁操作。因此蔬菜在进入厨房前进行切除根部、去除泥土等操作可降低该菌污染风险。叶菜类生鲜蔬菜蜡样芽胞杆菌检出率及 *ces* 基因检出率均显著高于根茎类蔬菜, 这是否与叶菜类生鲜蔬菜更适宜该菌生长定殖相关有待深入研究, 本研究结果提示叶菜类生鲜蔬菜具有更高的蜡样芽胞杆菌和呕吐毒素污染风险。

本项研究中共获得 12 件 *ces*<sup>+</sup> 的样本增菌液, 但以上增菌液中分离到的蜡样芽胞杆菌菌株均为 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>-</sup>。通过 12 件增菌液荧光 PCR 检测可以看出, 呕吐毒素 *ces* 基因 Ct 值和蜡样芽胞杆菌特征基因 *16S rDNA* 的 Ct 值差值最小为 4.11 (韭菜样本), 最大为 20.43 (紫苏样本), 这可能因为在 *ces*<sup>+</sup> 的生鲜蔬菜单份样本中, *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>-</sup> 克隆在该件样本所携带的全部蜡样芽胞杆菌中“低丰度”构成, 即 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>-</sup> 在菌群中所占比例更高。但 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>+</sup> 和 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>-</sup> 蜡样芽胞杆菌在培养皿中菌落特征一致, 实验人员很难在培养平板上将“低丰度”的 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>+</sup> 菌株挑出。呕吐毒素是导致呕吐

型蜡样芽胞杆菌食物中毒重要的致病因子,文献报道在呕吐型蜡样芽胞杆菌食物中毒中,如果可疑食品中携带 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>+</sup>蜡样芽胞杆菌,即使食品中蜡样芽胞杆菌定量值没有达到 10<sup>5</sup> CFU/g(蜡样芽胞杆菌导致食物中毒事件判定的界限值),也可导致呕吐型蜡样芽胞杆菌食物中毒发生<sup>[12]</sup>。本研究结果提示生鲜蔬菜中具有较高导致呕吐型蜡样芽胞杆菌风险。但 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>+</sup>菌落在单件生蔬菜样本所携带全部蜡样芽胞杆菌菌群中“低丰度”构成,优势构成的 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>+</sup>蜡样芽胞杆菌会成为检测中的干扰因素,造成 *16S rDNA*<sup>+</sup>/*ces*<sup>+</sup>菌落的漏检。基于样本分离菌落进行 *ces* 基因检测的方案存在一定局限性,因此基于样本增菌液 *ces* 基因检测在蜡样芽胞杆菌相关食品风险监测和食物中毒暴发事件应对中值得推广。

本研究中蜡样芽胞杆菌呈现 5 种耐药谱,优势耐药谱为 AMP+PEN+SXT 联合耐药。郭佳等<sup>[13]</sup>对乳源蜡样芽胞杆菌耐药性研究中菌株对 CHL、GEN 全部敏感,对 TET、ERY、CLI 出现较低耐药率或中介率分布,与本研究结果类似;但对 SXT 耐药率仅为 9.84%,与本研究对 SXT 耐药率达到 61.39% 存在较大差异。张红芝等<sup>[14]</sup>在上海地区蜡样芽胞杆菌食品分离株研究中菌株对 PEN 和 AMP 的耐药率较高分别为 100% 和 97.0%,与本研究结果类似,但对 SXT 耐药率为 44.8%,与本研究结果存在一定差异。可见不同地区、不同来源的蜡样芽胞杆菌的耐药特征分布存在差异。本研究中蜡样芽胞杆菌依然处于较低的多重耐药水平,耐药谱未呈现多样分布特征,与相关文献报道类似<sup>[15]</sup>。

综上所述,蜡样芽胞杆菌以及 *ces* 基因在本地生鲜蔬菜中广泛分布,分离株依然处于较低的多重耐药水平。单份生鲜蔬菜样本中 *ces*<sup>+</sup>菌株在污染的全部蜡样芽胞杆菌中可能只占较低比例,应不断优化 *ces*<sup>+</sup>菌株分离培养方法。

## 参考文献

- [1] 李红秋,郭云昌,宋壮志,等. 2019 年中国大陆食源性疾病暴发监测资料分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(6): 650-656.
- LI H Q, GUO Y C, SONG Z Z, et al. Analysis of foodborne disease outbreaks in China in 2019[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2021, 33(6): 650-656.
- [2] 崔霞,王莉莉,刘平,等. 蜡样芽胞杆菌呕吐毒素引发的米面制品食物中毒快速确证方法研究[J]. 卫生研究, 2023, 52(4): 573-578.
- CUI X, WANG L L, LIU P, et al. Rapid confirmation method of food poisoning caused by *Bacillus cereus* cereulide in rice and flour products [J]. Journal of Hygiene Research, 2023, 52(4): 573-578.
- [3] DIERICK K, VAN COILLIE E, SWIECICKA I, et al. Fatal family outbreak of *Bacillus cereus*-associated food poisoning[J]. Journal of Clinical Microbiology, 2005, 43(8): 4277-4279.
- [4] 周帼萍,袁志明. 蜡状芽胞杆菌(*Bacillus cereus*)污染及其对食品安全的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(3): 357-361.
- ZHOU G P, YUAN Z M. Review on *Bacillus cereus* contamination effects on food safety[J]. Food Science, 2007, 28(3): 357-361.
- [5] EHLING-SCHULZ M, SVENSSON B, GUINEBRETIERE M H, et al. Emetic toxin formation of *Bacillus cereus* is restricted to a single evolutionary lineage of closely related strains[J]. Microbiology (Reading, England), 2005, 151(Pt 1): 183-197.
- [6] BÖHM M E, HUPTAS C, KREY V M, et al. Massive horizontal gene transfer, strictly vertical inheritance and ancient duplications differentially shape the evolution of *Bacillus cereus* enterotoxin operons *hbl*, *cytK* and *nhe*[J]. BMC Evolutionary Biology, 2015, 15(1): 246.
- [7] 甄国新,范佳欣,袁凯丽,等. 一起 G1型诺如病毒混合感染多克隆蜡样芽胞杆菌致急性胃肠炎暴发事件实验室分析[J]. 疾病监测, 2021, 36(8): 845-850.
- ZHEN G X, FAN J X, YUAN K L, et al. Laboratory study for one gastroenteritis outbreak caused by norovirus GI and *Bacillus cereus*[J]. Disease Surveillance, 2021, 36(8): 845-850.
- [8] 魏超,李曦,郭灵安,等. 芽苗菜中蜡样芽胞杆菌的污染研究[J]. 农产品质量与安全, 2021(2): 36-41.
- WEI C, LI X, GUO L A, et al. Study on contamination of *Bacillus cereus* in sprouts[J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2021(2): 36-41.
- [9] 赵新,兰青阔,陈锐,等. 生菜中蜡样芽胞杆菌污染水平风险分析[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(20): 203-210.
- ZHAO X, LAN Q K, CHEN R, et al. Analysis of contamination level of *Bacillus cereus* in fresh lettuce [J]. Food Research and Development, 2018, 39(20): 203-210.
- [10] 林岚,徐旭东. 蜡样芽胞杆菌毒素 Cereulide 的研究进展[J]. 微生物前沿, 2018, 7(4): 141-148.
- LIN L, XU X. The research advances in the toxin cereulide produced by *Bacillus cereus* [J]. Advances in Microbiology, 2018, 7(4): 141-148.
- [11] STENFORS ARNESEN L P, FAGERLUND A, GRANUM P E. From soil to gut: *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins [J]. FEMS Microbiology Reviews, 2008, 32(4): 579-606.
- [12] GLASSET B, HERBIN S, GUILLIER L, et al. *Bacillus cereus*-induced food-borne outbreaks in France, 2007 to 2014: Epidemiology and genetic characterisation [J]. Euro Surveillance: Bulletin European Sur Les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin, 2016, 21(48): 30413.
- [13] 郭佳,王婷,周继福,等. 乳源蜡样芽胞杆菌耐药性、毒力因子检测及分子特征研究[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(11): 131-138.
- GUO J, WANG P, ZHOU J F, et al. Study on drug resistance and molecular typing of *Bacillus cereus* from dairy products [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2021, 23(11): 131-138.
- [14] 张红芝,刘雪薇,顾其芳,等. 基于全基因组测序的蜡样芽胞杆菌食品分离株分子特征及耐药性研究[J]. 中国食品卫

生杂志, 2021, 33(5): 529-535.

ZHANG H Z, LIU X W, GU Q F, et al. Molecular characteristics and antibiotic resistance of *Bacillus cereus* from foods using whole genome sequencing [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2021, 33(5): 529-535.

[15] 周倩, 周黎, 田鹏, 等. 贵州省食源性蜡样芽胞杆菌毒力基因及耐药研究[J]. 现代预防医学, 2019, 46(11): 2019-2023. ZHOU Q, ZHOU L, TIAN P, et al. Virulent gene profiles and antimicrobial resistance of foodborne *Bacillus cereus*, Guizhou [J]. Modern Preventive Medicine, 2019, 46(11): 2019-2023.

## 《中国食品卫生杂志》2024年征稿征订启事

《中国食品卫生杂志》创刊于1989年,由中华人民共和国国家卫生健康委员会主管,中华预防医学会、中国卫生信息与健康医疗大数据学会共同主办,刊号:ISSN 1004-8456/CN 11-3156/R,邮发代号:82-450,月刊,国内公开发行。本刊是2008、2011、2017、2020版中文核心期刊,中国科学引文数据库核心刊(C刊),中国科技核心期刊,中国精品科技期刊。中国知网(CNKI)全文收录。2020年版影响因子1.553,在预防医学领域影响力指数排名第8(8/86)。曾连续多年获得中华预防医学会优秀期刊一等奖。

**刊登范围:**食品卫生领域的科研方法及成果,检验检测技术(包括化学分析技术、微生物检验技术、毒理学方法),有毒有害物质的监测、评估、标准的研究,监督管理措施及方法,应用营养等。

**主要栏目:**专家述评、论著、研究报告、实验技术与方法、监督管理、调查研究、食品安全标准及监督管理、风险监测、风险评估、应用营养、食源性疾病、综述及国际标准动态。

**刊发周期:**审稿通过后一般在2个月左右刊出。对具有创新性的优秀论文开通绿色通道,加急审稿、优先发表。

### 欢迎投稿 欢迎订阅

投稿网址: <http://www.zgspws.com>

订 阅:2024年《中国食品卫生杂志》。每期定价40元,全年480元。

订阅方式可以通过以下:

- 1、杂志官方网站订阅(详情见官网 [www.zgspws.com](http://www.zgspws.com)、可咨询购买过刊)。
- 2、通过邮局订阅,邮发代号82-450。
- 3、通过杂志淘宝店,微信公众号线上购买(详情请扫描以下二维码关注)。

地 址:北京市朝阳区广渠路37号院2号楼802室

《中国食品卫生杂志》编辑部

电 话:010-52165596 邮政编码:100021 E-mail: [spws462@163.com](mailto:spws462@163.com)



杂志公众号



杂志淘宝店



杂志微店