DOI:10.12441/spyswjs.20250429001 [文章编号] 1673-1689(2026)06-0062-09

预制食品中金黄色葡萄球菌的分布、毒力及耐药性分析

刘龙婷[1] 郑 茵[1*] 李 淳[1] 欧仕益[1] 李 理[2]

(1. 广州工商学院食品药品学院,广东 佛山 528138; 2. 华南理工大学食品科学与工程学院,广东 广州 510640)

摘要:【目的】探究市售预制食品中金黄色葡萄球菌的污染分布、分离菌株的毒力基因携带情况及药敏性。**【方法】**依据GB 4789.10—2016,对佛山市某地区的市售预制食品进行金黄色葡萄球菌检测,采用聚合酶链式反应(polymerase chain reaction,PCR)检测分离菌株的毒力基因,使用纸片扩散法和PCR反应分析菌株的药敏性及耐药基因携带情况。**【结果】**预制食品样本中金黄色葡萄球菌平均检出率为13.1%,其中,预制肉类检出率最高(24.3%);85.7%的金黄色葡萄球菌阳性样本污染水平<1.0×10^3 CFU/g。阳性样本中共分离获得14株高血浆凝固酶活性的金黄色葡萄球菌代表菌株,分离菌株的*pvl*检出率(100.0%)最高,其次为*hla*(78.6%)、*sea*(71.4%)、*hlb*(28.6%)和*seb*(14.3%),78.5%的菌株同时携带3种以上毒力基因。菌株普遍对青霉素耐药(78.6%),3株菌株具有多重耐药性。耐药表型与耐药基因关联性良好,耐药基因*mecA*检出率(21.4%)最高。**【结论】**肉类预制食品中金黄色葡萄球菌检出率较高,多数菌株同时携带多种毒力基因,少数菌株具有多重耐药性,需加强对预制食品中金黄色葡萄球菌的风险监测。

关键词:预制食品;金黄色葡萄球菌;毒力基因;耐药性;耐药基因

Distribution, Virulence, and Antibiotic Resistance of *Staphylococcus aureus* in Prefabricated Foods

LIU Longting[1] *ZHENG Yin*[1*] *LI Chun*[1] *OU Shiyi*[1] *LI Li*[2]

(1. School of Food&Pharmaceutical Science and Technology, Guangzhou College of Technology and Business, Foshan 528138, China; 2. School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: [**Objective**] This study aimed to investigate the distribution of *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) in prefabricated foods and the virulence genes and antibiotic resistance of isolated strains. [**Method**] *S. aureus* in commercial prefabricated foods sampled from Foshan City was detected according to the national standard GB 4789.10—2016. The virulence genes were detected by polymerase chain reaction (PCR). The antibiotic resistance and antibiotic resistance genes of isolated strains were characterized by the disk diffusion method and PCR. [**Result**] The average detection rate of *S. aureus* in samples of prefabricated foods was 13.1%, with meat products possessing the highest positive rate (24.3%). A total of 85.7% of positive samples had *S. aureus* contamination levels less than 1.0×10^3 CFU/g. A total of 14 representative strains of *S. aureus* with high plasma coagulase activity were isolated from positive samples. Among the virulence genes, *pvl* had the highest detection rate (100.0%), followed by *hla* (78.6%), *sea* (71.4%), *hlb* (28.6%), and *seb* (14.3%), and 78.5% strains carried more than 3 virulence genes. Most strains were resistant to penicillin (78.6%), and 3 strains exhibited multi-drug

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(32502380);广东省重点建设学科科研能力提升项目(2024ZDJS089);广东省工程技术研究中心项目(2024GCZX011);佛山市自筹经费类科技创新项目(2420001004679);广州工商学院校级科研项目(KYYB202430)。

通信作者:郑茵(1992—),女,博士,讲师,主要从事食品微生物安全防控研究。E-mail:zhengyin2@gzgs.edu.cn

收稿日期:2025-04-29 **修回日期:**2025-06-19

resistance. The antibiotic resistance genes showed strong associations with the phenotypes, with *mecA* exhibited the highest detection rate of 21.4%. [**Conclusion**] *S. aureus* contamination in prefabricated foods presents mainly in meat products. Most of the isolated strains simultaneously carry multiple virulence genes, while a few strains exhibit multi-drug resistance. Therefore, it is of great importance for monitoring *S. aureus* in prefabricated foods.

Keywords: prefabricated food; *Staphylococcus aureus*; virulence gene; antibiotic resistance; antibiotic resistance gene

预制食品因方便快捷、营养丰富等特点深受消费者青睐，成为食品工业中迅速发展的新兴产业。然而，我国的预制食品生产环节存在机械化程度不足、规模小、工艺不成熟、品控参差不齐等问题，在加工过程中极易受到微生物污染[1]。同时，预制食品多可直接食用或经简单加工便可食用，在运输和贮藏过程中稍有不慎便会受到污染，存在潜在的微生物危害风险[2]。

金黄色葡萄球菌是我国常见的食源性致病菌之一，广泛存在于环境及人体和动物的开放腔道中，可引起肺炎、心内膜炎、骨髓炎、中毒性休克综合征等多种疾病[3]。金黄色葡萄球菌可通过调控表达各种毒力因子（如溶血素、杀白细胞毒素、肠毒素、血浆凝固酶等）引起机体感染、破坏宿主的防御系统。同时，金黄色葡萄球菌普遍具有抗生素耐药性，进一步增加了防控难度[4]。

目前针对预制食品中食源性致病菌的研究大多聚焦于沙门氏菌或单核细胞增生李斯特氏菌等[5]。金黄色葡萄球菌也是预制食品中常见的致病菌[6]。目前关于预制食品中金黄色葡萄球菌污染的研究较少，且多以即食肉类食品为主[6]；同时，对预制食品中金黄色葡萄球菌的毒力情况和耐药性方面的研究也较少[2]。作者从佛山市某地区采集了市售预制食品，分析了金黄色葡萄球菌的污染状况，通过分离鉴定筛选出金黄色葡萄球菌，并对分离菌株进行毒力基因及耐药性分析，旨在为预制食品的食源性致病菌的安全防控提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料与试剂

参照GB 4789.1—2016[7]进行样品的采集和处理。根据随机采样原则，从佛山市某地区的食品安全量化分级A级市场随机采集具有完整包装的预制食品样本共107个，包括肉类（预制猪杂、预制鸭血等）、米面类（罐装八宝粥、速冻馒头等）、蔬菜类（包装即热蔬菜等）、混合类（速冻叉烧包、预制火锅丸子等），分别按食品原有贮存温度（常温/4 ℃冷藏/−18 ℃冷冻）保存。

金黄色葡萄球菌标准菌株CMCC（B）26003：广东省微生物菌种保藏中心；胰蛋白胨大豆肉汤（TSB）、水解酪蛋白（MH）培养基：青岛海博生物技术有限公司；LB培养基：广东环凯微生物科技有限公司；基因组DNA小量抽提试剂盒、SYBR Green qPCR Mix、PCR Master Mix（2×）：上海碧云天生物技术有限公司；抗生素药敏纸片：常德比克曼生物科技有限公司；其他试剂：分析纯，天津市永大化学试剂有限公司。引物由北京六合华大基因科技有限公司合成。

1.1.2 仪器与设备

荧光定量PCR仪：FQD-96A型，杭州博日科技股份有限公司；高速台式离心机：TGL-16GB型，上海安亭科学仪器厂；核酸电泳仪：DYY-6C型，北京六一生物科技有限公司；立式压力蒸汽灭菌器：LS-50HD型，江阴滨江医疗设备有限公司；酶标仪：RT-6100型，深圳雷杜生命科学股份有限公司；生化培养箱：SPX-250B-Z型，上海博迅实业有限公司。

1.2 方法

1.2.1 金黄色葡萄球菌的计数、分离与生化鉴定

参考国家标准GB 4789.10—2016对样品进行金黄色葡萄球菌分离和计数[8]。从典型菌落中选取至少5个可疑菌落进行染色镜检、溶血试验和血浆凝固酶鉴定试验。

1.2.2 毒力基因分析

将鉴定为金黄色葡萄球菌的菌株接种到LB培养基中，在37 ℃下培养14~16 h，按试剂盒说明书提取基因组DNA。以基因组DNA为模板，采用

SYBRGreen荧光染料法筛查菌株的α-溶血素基因（*hla*）、β-溶血素基因（*hlb*）、杀白细胞素基因（*pvl*）、肠毒素基因（*sea*和*seb*）。使用表1中的引物进行片段扩增。

表1 毒力基因引物序列及片段长度

Table 1 Primer sequences and fragment lengths of virulence genes

毒力基因	引物	寡核苷酸序列（5′—3′）	片段长度/bp	引物来源
sea	sea-F	CTGTTCAGGAGTTGGATCTT	101	[9]
	sea-R	GATTAATCCCCTCTGAACCT		
seb	seb-F	CGCATCAAACTGACAAACGA	123	[10]
	seb-R	CCATCTTCAAATACCCGAACA		
hla	hla-F	TGCCATTTTCTTTATCATAAGTGACTA	92	[11]
	hla-R	TGATATTAATATTAAAACCGGTACTACAGA		
hlb	hlb-F	AATCAATTTTGCATCTATTTTGTTG	222	[12]
	hlb-R	CAAAACGGTCGATAACATATAAACG		
pvl	pvl-F	ATACAAAGCCAAATCCAAA	114	[13]
	pvl-R	GTGCATAATCTACAACGTTT		

qPCR反应体系为：DNA模板1 μL、3 μmol/L上游引物1 μL、下游引物1 μL、SYBR Green qPCR Mix 10 μL、超纯水6 μL；qPCR反应程序为：50 ℃酶处理5 min；95 ℃预变性2 min，1个循环；95 ℃变性15 s，60 ℃退火30 s，72 ℃延伸30 s，45个循环；熔解段条件为95 ℃处理15 s，60 ℃处理15 s，95 ℃处理15 s。根据毒力基因qPCR扩增结果，以循环阈（cycle threshold，CT）值30~35作为判断标准，CT值≤30判定为阳性；CT值≥35判定为阴性；30<CT值<35时，则通过1 g/dL琼脂糖凝胶电泳进一步验证。

1.2.3 药敏试验

采用Kirby-Bauer（KB）纸片扩散法测定分离菌株对7类（共10种）抗菌药物的敏感性，包括氨基糖苷类（庆大霉素）、喹诺酮类（环丙沙星、左氧氟沙星）、大环内酯类（红霉素）、*β*-内酰胺类（青霉素、头孢西丁、氨苄西林）、四环素类（四环素）、糖肽类（万古霉素）、氯霉素类（氯霉素）。用TSB培养基将活化14~16 h的菌悬液稀释至约1.5×10^8 CFU/mL，均匀涂布于MH培养基平板上，将药敏纸片置于MH培养基表面，37 ℃培养18~24 h，测量并记录抑菌圈直径，重复3次。依据美国临床和实验室标准协会（Clinical and Laboratory Standards Institute，CLSI）的药敏试验标准判定结果，结果分别表示为耐药（resistant，R）、中介（intermediate，I）和敏感（sensitive，S）[14]。

1.2.4 耐药基因检测

根据上述7类药物，扩增分离菌株中对应的7种耐药基因，分别为*mecA*（*β*-内酰胺类）、*tetk*（四环素类）、*vanA*（糖肽类）、*cat*（氯霉素类）、*aacA-aphD*（氨基糖苷类）、*glrA*（喹诺酮类）、*ermB*（大环内酯类）。四环素类耐药基因PCR扩增程序参照文献[15]，其他6类耐药基因PCR扩增程序参照文献[16]，引物序列见表2。PCR扩增结束后，采用1 g/dL琼脂糖凝胶电泳检测扩增产物。

2 结果与讨论

2.1 预制食品中金黄色葡萄球菌污染情况

本研究共采集了预制食品样本107个，共有14个样本中检出金黄色葡萄球菌，平均检出率为13.1%。其中，肉类检出率最高（24.3%，9/37），蔬菜类检出率最低（5.6%，1/18），见表3。肉类检出率较高的原因可能是其脂肪和蛋白质含量高，适合金黄色葡萄球菌生长繁殖。国内外也有关于金黄色葡萄球菌污染食品的研究：袁淑红等[5]在杭州市临安区的210个预制调理食品样本中检测出了金黄色葡萄球菌，检出率为9.45%，主要集中在畜类、禽类及速冻类食品；叶丽丹等[20]发现福建省南平市的调理肉制品中金黄色葡萄球菌检出率可达19.4%；Abbasi等[21]检测了伊朗沙赫尔库尔德市的440个肉类与肉制品样本，发现金黄色葡萄球菌污

表2　相关基因引物序列及片段长度

Table 2　Primer sequences and fragment lengths of the relevant genes

药物类型	毒力基因	引物	寡核苷酸序列（5′—3′）	片段长度/bp	引物来源
β-内酰胺类	*mecA*	mecA-F	TGGCTCAGGTACTGCTATCC	533	［17］
		mecA-R	CACCTTGTCCGTAACCTGAA		
四环素类	*tetK*	tetK-F	GTAGCGACAATAGGTAATAGT	360	［18］
		tetK-R	GTAGTGACAATAAACCTCCTA		
糖肽类	*vanA*	vanA-F	GTTAGTTGTTGGCGAGGTG	335	［19］
		vanA-R	TCAAGCGGTCAATCAGTT		
氯霉素类	*cat*	cat-F	AACCAGACCGTTCAGCTGGAT	550	［16］
		cat-R	CCTGCCACTCATCGCAGTAC		
氨基糖苷类	*aacA-aphD*	aacA-aphD-F	CCAAGAGCAATAAGGGCATA	220	［15］
		aacA-aphD-R	CACTATCATAACCACTACCG		
喹诺酮类	*glrA*	glrA-F	AGGGAAGTGTTTCAGTCT	457	［15］
		glrA-R	CCATTCTCAATAATACCG		
大环内酯类	*ermB*	ermB-F	GAAAAGGTACTCAACCAAATA	639	［15］
		ermB-R	AGTAACGGTACTTAAATTGTTTAC		

表3　预制食品中金黄色葡萄球菌污染水平

Table 3　Contamination levels of *S. aureus* in prefabricated foods

类别	采样数量/个	检出率/%	不同金黄色葡萄球菌污染水平的样品数量/个			金黄色葡萄球菌污染水平/（CFU/g）		
			≤1.0×10^2 CFU/g	>1.0×10^2 CFU/g，<1.0×10^3 CFU/g	≥1.0×10^3 CFU/g	最大值	最小值	平均值
肉类	37	24.3	5	3	1	1.2×10^3	6.3×10^1	2.0×10^2
米面类	25	8.0	1	1	0	2.5×10^2	5.0×10^1	1.5×10^2
蔬菜类	18	5.6	1	0	0	5.0×10^1	5.0×10^1	5.0×10^1
混合类	27	7.4	1	0	1	1.6×10^3	5.0×10^1	8.3×10^2

染率为13.9%。与其他研究相比，本研究中肉类污染率相对较高，可能与采样种类和采样时样品所处环境有关，较高的温度和湿度都会更利于金黄色葡萄球菌的生长繁殖[22]。

阳性样本金黄色葡萄球菌平均污染水平达2.7×10^2 CFU/g，85.7%的阳性样本污染水平<1.0×10^3 CFU/g，低于GB 29921—2021中金黄色葡萄球菌允许检出的最大限量值（1.0×10^3 CFU/g）[23]。研究表明，当金黄色葡萄球菌在食物中污染水平达到1.0×10^5 CFU/g时，可能产生足够的肠毒素引发食物中毒[24]。而本研究中107个样本的金黄色葡萄球菌污染水平均未超出1.0×10^5 CFU/g，因此，大部分样本处于相对安全的水平。

然而，仍有少数样本（2/14）的金黄色葡萄球菌污染水平超过安全限量值（1.0×10^3 CFU/g），分别在肉类（1.2×10^3 CFU/g）和混合类（1.6×10^3 CFU/g）样品中检出，存在安全隐患。其中混合类样本中存在畜禽肉（肉饼样品），与肉类检出率高具有一定关联。

2.2　金黄色葡萄球菌的分离及菌株筛选

从4类预制食品的阳性样本中共分离得到115株金黄色葡萄球菌疑似菌株。肉类中共分离得到60株，米面类中共分离得到24株，蔬菜类中共分离得到9株，混合类中共分离得到22株。根据菌株的血浆凝固酶活性强弱，从每个阳性样本中筛选出1株血浆凝固酶活性最强（凝固时间最短）的代表性菌株，共计获得14株高血浆凝固酶活性的金黄色葡萄球菌代表菌株，然后进行后续毒力基因、药敏性及耐药基因分析。

2.3 分离菌株的毒力基因携带情况

本研究中金黄色葡萄球菌分离菌株的毒力基因谱见表4。分离菌株的*pvl*检出率最高，为100.0%，其次是*hla*（78.6%）、*sea*（71.4%）、*hlb*（28.6%）和*seb*（14.3%）。其中，11株菌株同时携带3种及以上毒力基因，说明在该地区预制食品中检测出的金黄色葡萄球菌具有较高的潜在毒性。

表4 金黄色葡萄球菌分离菌株的毒力基因谱

Table 4 Virulence gene profile of isolated strains of *S. aureus*

来源	菌株编号	毒力基因检测结果				
		sea	*seb*	*hla*	*hlb*	*pvl*
标准菌株	CMCC（B）26003	+	+	+	+	+
肉类	C36-5	−	−	+	−	+
	S17-4	+	+	+	−	+
	S18-2	+	−	+	+	+
	S22-5	+	−	+	−	+
	S31-4	+	−	+	−	+
	S32-1	+	−	−	−	+
	S33-1	+	−	+	−	+
	S34-1	+	+	−	−	+
	S35-4	+	−	+	−	+
米面类	Y24-3	−	−	+	+	+
	Y30-1	−	−	+	+	+
蔬菜类	S29-1	+	−	+	−	+
混合类	Y7-1	+	−	−	+	+
	C9-3	−	−	+	−	+
检出率/%		71.4	14.3	78.6	28.6	100.0

注：“+”代表毒力基因检出；“−”代表毒力基因未检出。

金黄色葡萄球菌可通过产生多种毒素损伤机体[25]。杀白细胞素（由*pvl*编码）是对白细胞和细胞组织具有危害性的重要毒力因子；溶血素（由*hla*、*hlb*等编码）能够破坏宿主的红细胞和血小板，引发溶血；肠毒素（由*sea*、*seb*、*sec*等编码）通过刺激传入神经元或诱导肠嗜铬细胞释放神经递质，导致呕吐、腹泻等胃肠道炎症症状。肠毒素基因是金黄色葡萄球菌中常见的毒力基因，在多种食物来源菌株中的检出率都较高。郑联等[26]从即食食品中分离获得了金黄色葡萄球菌，72.41%都检出了肠毒素基因。白小宝等[27]生食蔬菜源金黄色葡萄球菌的肠毒素基因*sec*检出率（29.6%）最高，其次为*seb*（22.2%）。赵泽广[28]从生鲜畜禽肉中分离获得了金黄色葡萄球菌，*sea*检出率达58.1%，*pvl*检出率达36.8%。吴任之等[29]从市售凉菜中分离的金黄色葡萄球菌的*sea*检出率（50.00%）最高，*hla*（45.83%）次之，*pvl*检出率（25.00%）较低。与已有研究相似，本研究中的肠毒素基因*sea*检出率较高，不同毒力基因的检出率差异可能与食品类型、来源、检测基数及待检菌株数量有关。

2.4 分离菌株的药敏性及耐药基因携带情况

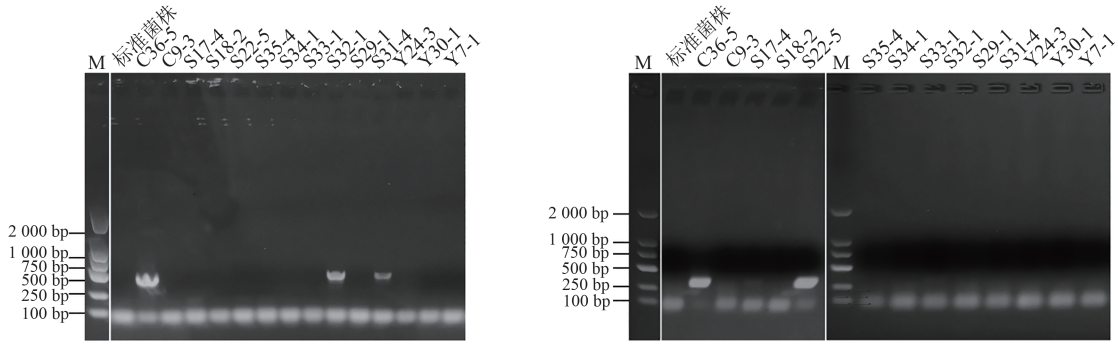
如表5所示，多数分离菌株对*β*-内酰胺类抗生素中的青霉素耐药，耐药率为78.6%，其次为头孢西丁（42.9%）和红霉素（35.7%），对其他抗生素的耐药率相对较低。分离菌株C36-5、S29-1、C9-3具有多重耐药性（对3类以上药物耐药），分离菌株的多重耐药率达21.4%（3/14）。如图1和表6所示，分离菌株中共检出2种耐药基因（*mecA*和*tetK*），检出率分别为21.4%、14.3%。耐药基因*vanA*、*cat*、*aacA-aphD*、*glrA*、*ermB*均未检出。

表5　金黄色葡萄球菌分离菌株的药敏性检测结果

Table 5　Antimicrobial sensitivity test results of isolated strains of *S. aureus*

来源	菌株编号	药敏性检测结果									
		青霉素	头孢西丁	氨苄西林	四环素	万古霉素	氯霉素	庆大霉素	左氧氟沙星	环丙沙星	红霉素
标准菌株	CMCC(B)26003	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I
肉类	C36-5	R	R	S	R	S	R	S	S	S	R
	S17-4	R	S	S	S	I	S	S	S	S	S
	S18-2	R	S	R	S	S	S	S	S	S	S
	S22-5	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S
	S31-4	R	S	S	S	S	S	S	S	S	I
	S32-1	R	R	I	S	S	S	S	S	S	R
	S33-1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	S34-1	R	S	S	S	S	S	S	S	S	R
	S35-4	R	R	S	S	I	S	S	S	S	R
米面类	Y24-3	R	S	S	S	S	S	S	S	S	I
	Y30-1	R	R	I	S	I	S	S	S	S	I
蔬菜类	S29-1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
混合类	Y7-1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I
	C9-3	R	R	S	S	R	S	S	R	I	I
	耐药率/%	78.6	42.9	14.3	21.4	14.3	14.3	7.1	14.3	7.1	35.7

注：“S”表示对药物敏感；“I”表示对药物中介；“R”表示对药物耐药。



(a) *mecA*　　(b) *tetK*

M—DNA marker。

图1　耐药基因*mecA*和*tetK*的琼脂糖凝胶电泳结果

Fig. 1　Agarose gel electrophoresis results of the antibiotic resistance genes *mecA* and *tetK*

分离菌株对*β*-内酰胺类药物中青霉素和头孢西丁的耐药性较强，与之对应的编码基因*mecA*的检出率也较高(21.4%)，关联性良好。食源性金黄色葡萄球菌对许多广泛使用的抗生素具有耐药性，如青霉素、四环素和红霉素等，其耐药性的发生可能与菌株来源、环境条件和生物被膜的形成有关[30-31]。赵泽广[28]从生鲜畜禽肉中分离获得的金黄色葡萄球菌普遍对青霉素耐药，其中*mecA*检出率达65.8%。白小宝等[27]从生食蔬菜中分离获得的金黄色葡萄球菌普遍对*β*-内酰胺类药物耐药，对应的*β*-内酰胺类耐药基因*blaZ*检出率(88.9%)最高，其次为*mecA*(37.0%)。与已有报道的结果类似，本研究中的分离菌株普遍对青霉素类药物具有耐药性，说明预制食品生产链中可能

表 6　金黄色葡萄球菌分离菌株的耐药基因检测结果

Table 6　Detection results of antibiotic resistance genes in isolated strains of *S. aureus*

来源	菌株编号	耐药基因检测结果						
		mecA	*tetK*	*vanA*	*cat*	*aacA-aphD*	*glrA*	*ermB*
标准菌	CMCC(B)26003	−	−	−	−	−	−	−
肉类	C36-5	+	+	−	−	−	−	−
	S17-4	−	−	−	−	−	−	−
	S18-2	−	−	−	−	−	−	−
	S22-5	−	+	−	−	−	−	−
	S31-4	+	−	−	−	−	−	−
	S32-1	+	−	−	−	−	−	−
	S33-1	−	−	−	−	−	−	−
	S34-1	−	−	−	−	−	−	−
	S35-4	−	−	−	−	−	−	−
米面类	Y24-3	−	−	−	−	−	−	−
	Y30-1	−	−	−	−	−	−	−
蔬菜类	S29-1	−	−	−	−	−	−	−
混合类	Y7-1	−	−	−	−	−	−	−
	C9-3	−	−	−	−	−	−	−
检出率/%		21.4	14.3	0	0	0	0	0

注：“+”代表耐药基因检出；“−”代表耐药基因未检出。

由于较多使用青霉素类药物，致使金黄色葡萄球菌对此类药物产生较高的耐药性[4]。同时，由耐药基因检测结果可知，菌株对氨基糖苷类、喹诺酮类和大环内酯类药物的耐药性与耐药基因携带情况并不完全对应，说明金黄色葡萄球菌对抗生素的耐药性可能受基因和环境等多方面因素调控。此外，标准菌 CMCC(B)26003、分离菌株 S17-4 和 S18-2 中同时检测出 4 种及以上毒力基因（见表 4），但未检出耐药基因（见表 6）。有研究表明，菌株的耐药性和其毒力存在相关性[32]，但具体作用机制还需进一步研究。

食源性致病菌耐药性的日益加剧会对人类健康产生威胁，对食品产业造成经济损失。随着预制食品的兴起，其受食源性耐药菌污染的风险更不容忽视。基于预制食品的加工特性和预包装形式，未来可采取联合噬菌体、细菌素等多种抗菌剂，并结合智能活性包装技术的精准防控策略[33-34]，以降低食源性耐药菌的污染风险。

3　结论

作者对佛山市某地区的预制食品中金黄色葡萄球菌的污染状况进行分析，发现肉类是预制食品中金黄色葡萄球菌污染的主要食品类型，多数分离菌株同时携带多种毒力基因，少量菌株存在多重耐药性。今后应加强对预制食品的检测与管控，合理选用抗生素，避免金黄色葡萄球菌耐药性进一步增加，保证预制食品这一新兴产业的安全发展。

参考文献

[1] 王纪川，任国峰，侯震，等. 预制菜企业微生物污染状况及影响因素分析[J]. 中国食品卫生杂志，2020，32(6)：664-669.
Wang J C，Ren G F，Hou Z，et al. Analysis of microbial contamination status and influencing factors in pre-cooked food enterprises[J]. Chinese Journal of Food Hygiene，2020，32(6)：664-669.(in Chinese)

[2] 邓婕，王秋水，左嘉，等. 预制调理食品中的常见微生物风险因子与防控措施[J]. 分析仪器，2024(3)：1-6.
Deng J，Wang Q S，Zuo J，et al. Common biosafety issues

and control measures in prepared foods[J]. Analytical Instrumentation,2024(3):1-6.(in Chinese)

[3] Chieffi D, Fanelli F, Fusco V. Antimicrobial and biocide resistance in *Staphylococcus aureus*: genomic features, decontamination strategies, and the role of *S. aureus* complex-related species, with a focus on ready-to-eat food and food-contact surfaces[J]. Frontiers in Food Science and Technology,2023,3:1165871.

[4] 欧阳喜光,邓强,仝钰洁,等. 我国金黄色葡萄球菌耐药性现状、产生机制及防治措施初探[J]. 中国奶牛,2021(11):27-31.
Ouyang X G, Deng Q, Tong Y J, et al. A preliminary study on the current situation, mechanism and control measures of *Staphylococcus aureus* drug resistance in China[J]. China Dairy Cattle,2021(11):27-31.(in Chinese)

[5] 袁淑红,刘青,芮鸿飞. 2019—2020年杭州市临安区预制调理食品5种致病菌的污染监测分析[J]. 食品安全导刊,2022(24):67-70.
Yuan S H, Liu Q, Rui H F. Contamination monitoring and analysis of 5 kinds of pathogenic bacteria in pre-prepared food in Lin'an[J]. China Food Safety Magazine, 2022(24):67-70.(in Chinese)

[6] 阚浩鹏,温红玲,胡豫杰. 我国市售食品中耐甲氧西林金黄色葡萄球菌污染情况研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2022,13(14):4463-4471.
Kan H P, Wen H L, Hu Y J. Research progress on the contamination of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in retail foods in China[J]. Journal of Food Safety & Quality,2022,13(14):4463-4471.(in Chinese)

[7] GB 4789.1—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验总则[S].

[8] 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[S].

[9] 唐吉思,布日额,吴金花,等. 荧光定量PCR检测牛乳中金黄色葡萄球菌肠毒素A基因方法的建立[J]. 中国预防兽医学报,2012,34(1):56-59.
Tang J S, Bu R E, Wu J H, et al. Real-time PCR detection of *Staphylococcus aureus* enterotoxins A in milk[J]. Chinese Journal of Preventive Veterinary Medicine, 2012, 34(1):56-59.(in Chinese)

[10] 魏歆,林芳明,雷生妍,等. 食源性金黄色葡萄球菌相关毒力基因的时序性表达规律研究[J]. 中国兽医杂志,2020,56(8):73-76.
Wei X, Lin F M, Lei S Y, et al. The temporal expression of *Staphylococcus aureus* in foodborne related virulence genes[J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2020, 56(8):73-76.(in Chinese)

[11] 窦宇红,梁鸿,何玥,等. qPCR快速检测金黄色葡萄球菌及MRSA方法的建立及评价[J]. 中国感染控制杂志,2018,17(9):764-769.
Dou Y H, Liang H, He Y, et al. Establishment and evaluation of a quantitative real-time PCR assay for rapid detection of *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*[J]. Chinese Journal of Infection Control,2018,17(9):764-769.(in Chinese)

[12] Dai Y Y, Chang W J, Zhao C C, et al. VraR binding to the promoter region of *agr* inhibits its function in vancomycin-intermediate *Staphylococcus aureus* (VISA) and heterogeneous VISA[J]. Antimicrobial Agents and Chemotherapy,2017,61(5):e02740-e02716.

[13] 王锦祥,林松华,陈冬金,等. 兔源强毒力金黄色葡萄球菌荧光定量PCR检测方法的建立[J]. 中国兽医学报,2023,43(2):297-302.
Wang J X, Lin S H, Chen D J, et al. Development of a real-time PCR assay for detection of hyper-virulent staphylo-*Coccus aureus* in rabbits[J]. Chinese Journal of Veterinary Science,2023,43(2):297-302.(in Chinese)

[14] CLSI M100: Performance standards for antimicrobial susceptibility testing[S].

[15] 吴博威. 奶牛乳腺炎源金黄色葡萄球菌的耐药基因和毒力基因检测分析[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020,18.

[16] 罗永乾. 动物源大肠杆菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌耐药表型与氯霉素类抗菌药物耐药基因型的研究[D]. 重庆:西南大学,2017,73.

[17] 杨雲清. 山东部分地区家兔呼吸道金黄色葡萄球菌的分离鉴定及耐药性分析[D]. 泰安:山东农业大学,2022,21.

[18] 陈泽世. 羊源金黄色葡萄球菌的耐药和分型检测及金黄色葡萄球菌*ndhF*缺失株耐药相关功能研究[D]. 海口:海南大学,2022,13.

[19] 胡雪飞. 临床分离金黄色葡萄球菌的耐药性分子流行病学分析[D]. 南昌:南昌大学,2022,20.

[20] 叶丽丹,胡凤清,饶晓红. 2016—2022年南平市肉与肉制品中食源性致病菌监测分析[J]. 疾病预防控制通报,2024,39(3):79-82.
Ye L D, Hu F Q, Rao X H. Monitoring and analysis of foodborne pathogens in meat and meat products in Nanping City from 2016 to 2022[J]. Endemic Diseases Bulletin (China),2024,39(3):79-82.(in Chinese)

[21] Abbasi K, Tajbakhsh E, Momtaz H. Antimicrobial resistance, virulence genes, and biofilm formation in *Staphylococcus aureus* strains isolated from meat and meat products[J]. Journal of Food Safety,2021,41(6):e12933.

[22] 刘保光,谢苗,董颖,等. 金黄色葡萄球菌研究现状[J]. 动物医学进展,2021,42(4):128-130.

Liu B G, Xie M, Dong Y, et al. Research status of *Staphylococcus aureus* [J]. Progress in Veterinary Medicine, 2021, 42(4): 128-130. (in Chinese)

[23] GB 29921—2021 食品安全国家标准 预包装食品中致病菌限量[S].

[24] 赵琴. 乌鲁木齐地区乳源金黄色葡萄球菌污染调查及生物膜形成特性检测[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022, 3.

[25] 杨雪娇, 王一涵, 项勋, 等. 奶山羊隐性乳房炎金黄色葡萄球菌的分离鉴定及毒力基因的检测[J]. 中国兽医科学, 2024, 54(5): 650-657.
Yang X J, Wang Y H, Xiang X, et al. Isolation and identification of *Staphylococcus aureus* for subclinical mastitis in dairy goats and detection of virulence genes [J]. Chinese Veterinary Science, 2024, 54(5): 650-657. (in Chinese)

[26] 郑联, 周倩, 向婧姝, 等. 贵州省市售即食食品中金黄色葡萄球菌毒力特征及其分子分型相关性研究[J]. 现代预防医学, 2024, 51(19): 3602-3608.
Zheng L, Zhou Q, Xiang J S, et al. Study on the virulence characteristics and molecular typing correlation of *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat foods sold in Guizhou Province [J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(19): 3602-3608. (in Chinese)

[27] 白小宝, 索佳, 曹晨阳, 等. 生食蔬菜源金黄色葡萄球菌毒素编码基因和药敏性分析[J]. 食品科学, 2023, 44(14): 94-99.
Bai X B, Suo J, Cao C Y, et al. Toxin-encoding genes and drug susceptibility of *Staphylococcus aureus* from vegetables consumed raw [J]. Food Science, 2023, 44(14): 94-99. (in Chinese)

[28] 赵泽广. 保定市生鲜畜禽肉金黄色葡萄球菌检测及耐药性分析[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2023, 19-27.

[29] 吴任之, 张翼, 王鑫, 等. 雅安市部分市售凉菜中金黄色葡萄球菌污染调查及分子分型[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(6): 1257-1262.
Wu R Z, Zhang Y, Wang X, et al. Investigation and molecular typing of *Staphylococcus aureus* in cold dishes sold in the market of Ya'an[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(6): 1257-1262. (in Chinese)

[30] 周臣清, 张娟, 綦艳, 等. 广东地区46株食源性金黄色葡萄球菌耐药性、生物被膜形成能力及*IcaAB*基因的特征分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(4): 180-185.
Zhou C Q, Zhang J, Qi Y, et al. Characteristion of antibiotic resistance, biofilm formation ability and *IcaAB* genes in 46 strains of foodborne *Staphylococcus aureus* in Guangdong Province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(4): 180-185. (in Chinese)

[31] 李孟寒, 李莹, 闫琳, 等. 中国食源性金黄色葡萄球菌耐药及肠毒素特征[J]. 中国公共卫生, 2019, 35(5): 574-578.
Li M H, Li Y, Yan L, et al. Antimicrobial resistance and enterotoxigenicity characteristics of foodborne *Staphylococcus aureus* isolates in China [J]. Chinese Journal of Public Health, 2019, 35(5): 574-578. (in Chinese)

[32] 孙月, 曹金山, 徐文琦, 等. 内蒙古地区犊牛源金黄色葡萄球菌的耐药性分析及毒力基因检测[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2024(9): 60-65.
Sun Y, Cao J S, Xu W Q, et al. Drug resistance analysis and virulence gene detection of calf-derived *Staphylococcus aureus* in Inner Mongolia Autonomous Region[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2024(9): 60-65. (in Chinese)

[33] 黄膺琰, 钟乐, 程峥, 等. 噬菌体与抗菌剂互作控制食源性细菌耐药性的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2025, 44(1): 24-31.
Huang Y Y, Zhong L, Cheng Z, et al. Advances in phage-antimicrobial interactions in the inhibition of foodborne drug resistant bacteria[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2025, 44(1): 24-31. (in Chinese)

[34] 杨洋洋, 徐云凤, 郭卫平, 等. 一株产细菌素乳酸菌的筛选鉴定及对金黄色葡萄球菌的抑菌作用[J]. 食品与机械, 2024, 40(11): 35-40.
Yang Y Y, Xu Y F, Guo W P, et al. Screening and identification of a bacteriocin-producing lactic acid bacterium and its antibacterial effect on *Staphylococcus aureus* [J]. Food & Machinery, 2024, 40(11): 35-40. (in Chinese)