

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240820005

混合培养法在检测食品中沙门氏菌中的应用评价

林 钊*

(福建省产品质量检验研究院, 福州 350002)

摘要: **目的** 通过对标准菌株以及人工污染样品的检测, 评价混合培养法在检测食品中沙门氏菌的应用。**方法** 本研究采用混合培养法对3株不同血清型的沙门氏菌和30株非沙门氏菌进行检测, 分析该方法的灵敏度和特异性; 同时制备人工污染的样品(包括肉制品、乳制品、巧克力)进行检测, 评价混合培养法和 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》方法的一致性。**结果** 混合培养法对3株沙门氏菌的检出限为1 CFU/25 g, 而30株非沙门氏菌检测结果均为未检出, 说明该方法具有良好的特异性; 用混合培养法和 GB 4789.4—2016 分别对人工污染样品进行检测, 对3类加标样品的检测灵敏度为: 100%、100%、100%, 总体灵敏度为100%; 检测特异性为: 93.2%、97.8%、93.2%, 总体特异性为94.7%; 检测假阴性率为: 0、0、0, 总体假阴性率为0; 假阳性率为: 6.8%、2.2%、6.8%, 总体假阳性率为: 5.3%; 相对准确度为: 97%、99%、97%, 总体相对准确度为97.7%; 混合培养法与 GB 4789.4—2016 方法阳性比例显著性差异为: 1.33、0、1.33, 总体显著性差异为0.89。**结论** 根据 SN/T 3266—2012《食品微生物检验方法确认技术规范》的判定规则, 混合培养法和 GB 4789.4—2016 在统计学意义上无显著性差异。该方法具有提高实验效率、降低检测成本的优势, 能够快速检测食品中沙门氏菌, 在食品中致病性微生物的检测中具有较好的推广性。

关键词: 沙门氏菌; 混合培养法; 快速检测; 评价

Evaluation of the application of mixed culture method in the detection of *Salmonella* spp. in foods

LIN Zhao*

(Fujian Inspection and Research Institute for Product Quality, Fuzhou 350002, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the application of mixed culture method in detecting *Salmonella* in food by detecting standard strains and artificially contaminated samples. **Methods** In this study, the mixed culture method was used to detect 3 *Salmonella* strains with different serotypes and 30 non-*Salmonella* strains to analyze the sensitivity and specificity of the method. At the same time, artificially contaminated samples (including meat products, dairy products, and chocolate) were prepared for detection to evaluate the consistency between the mixed culture method and the GB 4789.4—2016 *National food safety standard-Food microbiological examination-Salmonella examination method*. **Results** The limit of detection of the mixed culture method for 3 strains of *Salmonella* was 1 CFU/25 g, while the detection results of 30 non-*Salmonella* strains were all not detected, indicating that this method had good specificity. The artificially contaminated samples were detected by the mixed culture

基金项目: 福建省产品质量检验研究院科研项目(KY202120A)

Fund: Supported by the Scientific Research Project of Fujian Inspection and Research Institute for Product Quality (KY202120A)

*通信作者: 林钊, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品检测方面研究。E-mail: 358790483@qq.com

*Corresponding author: LIN Zhao, Master, Engineer, Fujian Inspection and Research Institute for Product Quality, Fuzhou 350002, China. E-mail: 358790483@qq.com

method and the GB 4789.4—2016 method respectively. The detection sensitivities of 3 types of spiked samples were: 100%, 100%, 100%, and the overall sensitivity was 100%; the detection specificities were: 93.2%, 97.8%, 93.2%, and the overall specificity was 94.7%; the detection false negative rates were: 0, 0, 0, and the overall false negative rate was 0; the false positive rates were: 6.8%, 2.2%, 6.8%, and the overall false positive rate was 5.3%; the relative accuracies were: 97%, 99%, 97%, and the overall relative accuracy was 97.7%; the significant differences in positive proportions between the mixed culture method and the GB 4789.4—2016 method were: 1.33, 0, 1.33, and the overall significant difference was 0.89. **Conclusion** According to the judgment rules of SN/T 3266—2012 *Technical specifications for confirmation of food microbiological inspection methods*, there is no significant difference between the mixed culture method and the GB 4789.4—2016 method in statistical significance. This method has the advantages of improving experimental efficiency and reducing detection costs. It can quickly detect *Salmonella* spp. in food and has good applicability in the detection of pathogenic microorganisms in food.

KEY WORDS: *Salmonella* spp.; mixed culture method; rapid detection; evaluation

0 引言

沙门氏菌(*Salmonella* spp.)隶属于革兰氏阴性肠杆菌,由邦戈沙门氏菌和肠道沙门氏菌组成,有 2600 多种血清型,我国已有 292 个血清型检测报告^[1-2]。沙门氏菌广泛存在于肉、蛋、奶等动物性食品中,其中鸡蛋、蛋制品和鸡肉是其传播的主要食品载体^[3]。据疾病预防控制中心估计,每年大约有 5300 万人由于食用污染沙门氏菌的新鲜鸡蛋而感染沙门氏菌病^[4],公共卫生受到了严重的威胁。近几年,在鸡蛋中检出的沙门氏菌的血清型种类逐渐增加,但鼠伤寒沙门氏菌、肠炎沙门氏菌仍然是检测频率最高、占主导地位的血清型^[5-7]。此外,食源性致病菌耐药性在抗生素大量使用的今天,已经成为全球关注的焦点问题^[8-12]。

根据世界卫生组织报告,沙门氏菌是全球腹泻病的主要病因之一,江西省 2011—2020 年报告学校食源性疾病暴发事件 72 起,涉及暴露人数 19858 人,累计发病人数 882 人,住院 297 人,死亡 1 人。陈丽敏等^[13]通过分析原因得出结论为致病微生物及毒素是学校食源性疾病暴发的主要致病因素。根据中国食源性疾病报道的相关文献,中国 10 年累计因食源性疾病患病达 26 万人。由微生物引起的食源性疾病占 3 成以上,是食源性疾病的最主要致病原,沙门氏菌又是主要的致病菌,这些食源性疾病主要在餐饮服务场所发生^[14-16]。沙门氏菌在 GB 29921—2021《食品安全国家标准 预包装食品中致病菌限量》中规定的 13 大类食品类别以及 GB 31607—2021《食品安全国家标准 散装即食食品中致病菌限量》中规定的 3 大类食品类别为必检项目。沙门氏菌限量要求为 $n=5, c=0, m=0$ (5 个微生物样本中均不得检出沙门氏菌)。为了满足以上要求,现有的检测技术均为缓冲蛋白胨水(buffered peptone water, BPW)前增菌、四硫磺酸钠煌绿(tetrathionate broth base, TTB)增菌液、亚硒酸盐胱氨酸(selenium cysteine, SC)增菌液再增菌、亚硫酸铋(bismuth sulfite, BS)琼脂、木糖赖氨酸脱氧胆盐(xylose lysine desoxycholate, XLD)琼脂(或沙门氏菌显色培养基)选择性分

离、鉴定操作烦琐,耗费大量的人力、物力、财力^[17]。沙门氏菌传统检测方法可靠性强,准确性好,被认为是行业内沙门氏菌检测的金标准^[18]。但是存在检测耗时长,操作复杂,检测结果需要肉眼观察等问题^[19]。目前快速检测食源性致病菌的方法主要有免疫学检测技术^[20-23]、分子生物学技术^[24-29]和生物传感器检测技术^[30-32]等,但是此类方法所需的仪器设备要求高、检测人员技术门槛高并不利于大范围的食源性致病菌检测。

本研究采用混合培养法检测食品中沙门氏菌,通过与 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》对比检测加标样品,并利用相关分析手段,阐明混合培养法的特异性和灵敏度,以期实现食品中沙门氏菌的快速检测。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

1.1.1 材料与试剂

营养肉汤(nutrient broth, NB)、BPW、平板计数琼脂(plate count agar, PCA)、XLD 琼脂、TTB 增菌液、SC 增菌液(北京陆桥技术有限责任公司); BS 琼脂(广东环凯微生物科技有限公司); 沙门氏菌显色平板(上海欣中生物工程有限公司)。

1.1.2 仪器和设备

LRH-250 生化培养箱(上海一恒科学仪器有限公司); DK-S22 恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司); BCD-278KACB 冰箱(海尔集团); HV-50 自动高压灭菌器(压力)(日本 HIRAYAMA 公司); JJ1000 电子天平(江苏省常熟市双杰测试仪器厂); CVK-UB2 超低温冰箱(日本 SANYO 公司); SG403CE 生物安全柜(美国 BAKER 公司); VITEK2 全自动微生物鉴定/药敏系统(法国 bioMérieux 公司)。

1.1.3 菌种

本研究所采用的标准菌株为实验室保存的 3 株沙门氏菌及 30 株非沙门氏菌(表 1、2)。

表 1 沙门氏菌菌株信息
Table 1 Information of *Salmonella* strain

序号	菌种名称	菌株编号
1	鼠伤寒沙门氏菌	CGMCC1.1174
2	伤寒沙门氏菌	CMCC(B)50071
3	甲型副伤寒沙门氏菌	CMCC(B)50093

1.2 实验方法

1.2.1 菌悬液制备

挑取上述标准菌株培养的单菌落分别接种于 100 mL NB 培养基中, 放入恒温培养箱中 36 °C 培养 24 h 后, 在 4 °C 冰箱保存备用。

1.2.2 混合培养法的建立

混合培养法是指在不减少样品的采样量以及后续增菌液接种量的前提下, 在 BPW 前增菌完成后从 5 个独立样本中各取样 1 mL 共计 5 mL 前增菌液混合接种于 1 管 TTB、SC 增菌液(每管各 10 mL)中进行后续的分、鉴定, 并将前增菌液 BPW 放置于 4 °C 冰箱保存, 若检测结果为阳性, 则把 5 份放置于 4 °C 冰箱的前增菌液放置 36 °C 培养 1 h(回温), 再按照 GB 4789.4—2016 操作, 结果则按照 GB 4789.4—2016 检测的结果报告。

1.2.3 反应灵敏度的测定

将经过鉴定的沙门氏菌新鲜培养物制成菌悬液, 将菌悬液进行 10 倍系列稀释, 每个浓度分别移取 1 mL 加入到 5 份 225 mL 含有样品的 BPW 增菌液中, 按照 GB 4789.4—2016 以及混合培养法进行实验, 检测结果报告为阳性的最低细菌浓度确定为该方法的检出限。

1.2.4 特异性实验

将经过鉴定的非沙门氏菌新鲜培养物制成 0.5 MCF 菌悬液(10^8 CFU/mL), 按照混合培养法进行检验, 并用沙门氏菌阳性菌株进行对照, 考察混合培养法的特异性。

1.2.5 方法的性能指标检验

取混有人工污染鼠伤寒沙门氏菌 CGMCC 1.1174(污染水平为 0、 10^{-1} 、 10^0 、 10^1 CFU/25 g)的肉制品($n=100$)、乳制品($n=100$)和巧克力($n=100$)样品各 25 g 加入到 225 mL BPW 中, 分别按照 GB 4789.4—2016 和混合培养法进行检验。

1.3 数据处理

为了比较 GB 4789.4—2016 和混合培养法的差异, 3 种基质样品 4 个人工污染水平进行 25 次独立重复实验, 并参考 SN/T 3266—2012《食品微生物检验方法确认技术规范》中的原则, 利用 Excel 计算混合培养法(待确认方法)与 GB 4789.4—2016(基准方法)的灵敏度($p+$)[公式(1)]、特异性($p-$)[公式(2)]、假阴性率($pf-$)[公式(3)]、假阳性率($pf+$)[公式(4)]、相对准确度(relative accuracy, RA)[公式(5)]、显著性差异(χ^2)[公式(6)], 并对两种方法进行一致性评价。

$$p+ = \frac{PA}{N+} \times 100\% \quad (1)$$

$$p- = \frac{NA}{N-} \times 100\% \quad (2)$$

$$pf- = 100\% - p+ \quad (3)$$

$$pf+ = 100\% - p- \quad (4)$$

$$RA/\% = \frac{PA + NA}{\text{样品总数}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\chi^2 = \frac{(|PD - ND| - 1)^2}{PD +} \quad (6)$$

表 2 非沙门氏菌菌株信息
Table 2 Information of non-*Salmonella* strains

序号	菌种名称	菌株编号	序号	菌种名称	菌株编号
1	金黄色葡萄球菌	ATCC 25923	16	苏云金芽孢杆菌	ATCC10792
2	金黄色葡萄球菌	CGMCC 1.0089	17	蕈状芽孢杆菌	CICC21473
3	单核增生李斯特菌	CMCC 54002	18	蕈状芽孢杆菌	ATCC13124
4	蜡样芽孢杆菌	ATCC14579	19	嗜热链球菌	ATCC 19258
5	宋内志贺氏菌	ATCC 25931	20	铅黄肠球菌	ATCC700327
6	福氏志贺氏菌	ATCC 9199	21	枯草芽孢杆菌	ATCC 6633
7	副溶血性弧菌	ATCC 17802	22	普通变形杆菌	ATCC 13315
8	铜绿假单胞菌	CGMCC1.2464	23	鼠李糖乳杆菌	ATCC7469
9	大肠埃希氏菌	ATCC 9199	24	奇异变形杆菌	ATCC 33583
10	大肠埃希氏菌	CGMCC 1.3373	25	地衣芽孢杆菌	CICC10084
11	斯氏李斯特氏菌	ATCC 35967	26	莱氏曼氏乳杆菌	ATCC7830
12	伊氏李斯特氏菌	ATCC 19119	27	植物乳杆菌	ATCC8014
13	英诺克李斯特氏菌	ATCC 33090	28	酿酒酵母	ATCC9080
14	荧光假单胞菌	CICC21620	29	创伤弧菌	ATCC27562
15	产气荚膜梭菌	ATCC 13124	30	溶藻弧菌	ATCC33787

式中 PA: 两方法均为阳性数; NA: 两方法均为阴性数; ND: GB 4789.4—2016 法阳性, 混合培养法阴性数; PD: GB 4789.4—2016 法阴性, 混合培养法阳性数; p+: 灵敏度; p-: 特异性; pf-: 假阴性率; pf+: 假阳性率; χ^2 : 显著性差异; N+: GB 4789.4—2016 法阳性数; N-: GB 4789.4—2016 法阴性数。

2 结果与分析

2.1 方法灵敏度的评价结果分析

当添加沙门氏菌的浓度在 1 CFU/25 g 及以上时, 混合培养法对所有添加有标准菌株的检测结果均为检出沙门氏菌。可得出混合培养法对 3 株沙门氏菌的检出限为 1 CFU/25 g, 由此可说明该方法具有良好的灵敏度。

2.2 方法特异性评价结果分析

采用混合培养法对 30 株非沙门氏菌进行检测, 得到的结果为除阳性对照样品外所有样品均为未检出。由此可说明该方法具有很好的特异性。

2.3 方法性能指标评价结果分析

取肉制品、乳制品、巧克力 3 类食品各 100 份作为样品基质, 每类食品分成 20 份, 每份 5 个样品, 每一个污染水平检测 5 份即 25 个样品, 进行混合培养法和国标法沙门氏菌人工污染样品的检测, 结果见表 3。

混合培养法对 3 类食品基质中沙门氏菌加标样品的灵敏度(p+)、特异性(p-)、假阴性率(pf-)、假阳性率(pf+)、相对准确度(RA)、显著性差异(χ^2)结果如表 4 所示。对 3 类加标样品检测的总体灵敏度为 100%; 3 类加标样品检测的总体特异性为 94.7%; 3 类加标样品检测的总体假阴性率为 0; 3 类加标样品检测的总体假阳性率为 5.3%; 3 类加标样品检测的总体相对准确度为 97.7%; 3 类加标样品的检测总体显著性差异为 0.89。根据 SN/T 3266—2012 中 4.2.1 的判定规则, 总体灵敏度 100%>98%、总体特异性为 94.7%>90.4%、总体假阴性率为 0<2%、总体假阳性率为 5.3%<9.6%、总体相对准确度为 97.7%>94%、检出限为 1 CFU/25 g<3 CFU/25 g, 故得出结论: 混合培养法和 GB 4789.4—2016 法在统计学意义上无显著性差异。

表 3 混合培养法和国标法对沙门氏菌人工污染食品的样品检测结果

Table 3 Sample testing results of artificially contaminated food with *Salmonella* using mixed culture method and national standard method

样品类型	染菌水平/(CFU/25 g)	阳性结果混合培养法/国标法	GB 4789.4—2016 法阴性/混合培养法阳性	GB 4789.4—2016 法阳性/混合培养法阴性
肉制品(n=100)	阴性对照 0	0/0	-	-
	10 ¹	25/25	-	-
	10 ⁰	24/23	32#	-
	10 ⁻¹	10/8	7#、12#	-
乳制品(n=100)	阴性对照 0	0/0	-	-
	10 ¹	25/25	-	-
	10 ⁰	20/20	-	-
	10 ⁻¹	11/10	6#	-
巧克力(n=100)	阴性对照 0	0/0	-	-
	10 ¹	25/25	-	-
	10 ⁰	22/21	28#	-
	10 ⁻¹	12/10	4#、11#	-

注: -表示无此样品。

表 4 混合培养法的灵敏度(p+)、特异性(p-)、假阴性率(pf-)、假阳性率(pf+)、相对准确度(RA)、显著性差异(χ^2)结果

Table 4 Results of sensitivity (p+), specificity (p-), false negative rate (pf-), false positive rate (pf+), relative accuracy (RA), and significant difference (χ^2) for the mixed culture method

样品类型	PA	NA	ND	PD	p+	p-	pf-	pf+	RA	χ^2	N+	N-
肉制品(n=100)	56	41	0	3	100%	93.2%	0	6.8%	97%	1.33	56	44
乳制品(n=100)	55	44	0	1	100%	97.8%	0	2.2%	99%	0	55	45
巧克力(n=100)	56	41	0	3	100%	93.2%	0	6.8%	97%	1.33	56	44

混合培养法是一种基于 GB 4789.4—2016 法的检测方法, 本研究结果显示混合培养法针对 3 株不同血清型的沙门氏菌的检出限均为 1 CFU/25 g, 对 30 株高浓度(10^8 CFU/mL)非沙门氏菌的检测结果均为未检出, 初步阐明该方法具有灵敏性和特异性。

本研究选择 3 个较低染菌浓度 10^{-1} 、 10^0 、 10^1 CFU/25 g 的加标方法对 3 类食品各 100 份肉制品、乳制品、巧克力进行检测, 评价混合培养法和 GB 4789.4—2016 法方法的一致性。实验结果表明, 混合培养法与 GB 4789.4—2016 法相比, 混合培养法对不同浓度的加标样品具有较好的准确度(总体准确度为 97.7%), 总体显著性差异为 $0.89 < 3.84$, 说明两种方法的阳性确证比率在 5% 的置信区间内没有统计学差异。在 10^0 CFU/25 g 以及 10^{-1} CFU/25 g 的样品中混合培养法比 GB 4789.4—2016 法多检出 7 份样品, 可能是由于混合培养法前增菌液置于 4 °C 冰箱后放置 36 °C 培养 1 h 导致样品中标准菌株的浓度高于 GB 4789.4—2016 法中加标菌株的浓度, 这也体现了混合培养法比国标法更为灵敏。

3 结 论

本研究采用混合培养法对食品中沙门氏菌进行检验, 该方法对沙门氏菌具有良好的灵敏度、特异性, 其假阴性率、假阳性率都较低、具有良好的相对准确度和显著性差异。该方法具有提高实验效率、降低检测成本的优势, 能够快速检测食品中沙门氏菌, 在食品中致病性微生物的定性检测中具有较好的推广性。本研究采用 3 株不同血清型沙门氏菌进行探究, 所涉及的目标菌的覆盖面较为狭窄, 未来进一步的研究可增加更多种不同血清型目标菌进行验证, 以促进食品检测行业的发展。

参考文献

- [1] 张文成, 朱丽臻, 李富强, 等. 沙门氏菌血清型研究进展[J]. 齐鲁工业大学学报, 2019, 33(5): 10–14.
ZHANG WC, ZHU LZ, LI FQ, et al. Progress in serotype of *Salmonella* [J]. J Qilu Univ Technol, 2019, 33(5): 10–14.
- [2] 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 antimicrobial resistance mechanism of *Salmonella* [J]. Shandong Agric Sci, 2024, 56(1): 174–180.
- [3] 李嘉铭, 董庆利, 杨昌颖, 等. 肠炎沙门氏菌在蛋清中的存活机制及其生物防控研究进展[J]. 食品科学, 2023, 44(23): 261–269.
LI JM, DONG QL, YANG CY, et al. Research progress on survival mechanism and control measures of *Salmonella enterica* serovar enteritidis egg white [J]. Food Sci, 2023, 44(23): 261–269.
- [4] 赵志晶, 刘秀梅. 中国带壳鸡蛋中沙门氏菌定量危险性评估的初步研究——I. 危害识别与暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2004(3): 201–206.
ZHAO ZJ, LIU XM. The modeling of quantitative risk assessment on

- Salmonella* in shell eggs in China Part I: Hazard identification and exposure assessment [J]. Chin J Food Hygi, 2004(3): 201–206.
- [5] 屠鸿薇, 池岚, 陈洪升, 等. 2015—2019 年广东省市售鸡蛋中沙门氏菌的半定量风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(9): 2969–2973.
TU HW, CHI L, CHEN HS, et al. Semi-quantitative risk assessment of *Salmonella* in sold eggs in Guangdong Province during 2015—2019 [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(9): 2969–2973.
 - [6] 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. Analysis of *Salmonella* infection and drug resistance in children with foodborne diseases in Wuhan area from 2017 to 2022 [J]. Chin J Zoon, 2024, 40(8): 750–757.
 - [7] 郑东宇, 马恺, 周翌婧, 等. 2014—2018 年江苏省人源喹诺酮耐药 1,4,[5],12:i:- 沙门氏菌的基因组学初步分析[J]. 中国人兽共患病学报, 2024, 40(8): 739–744.
ZHENG DY, MA K, ZHOU YJ, et al. Preliminary genomic analysis of human-derived quinolone-resistant *Salmonella* 1,4,[5],12:i:- in Jiangsu Province from 2014 to 2018 [J]. Chin J Zoon, 2024, 40(8): 739–744.
 - [8] 赵勇, 李欢, 张昭寰, 等. 食源性致病菌耐药机制研究进展[J]. 生物加工过程, 2018, 16(2): 1–10.
ZHAO Y, LI H, ZHANG ZH, et al. Progress in studying antimicrobial resistance of foodborne pathogenic bacteria [J]. Chin J Bioproc Eng, 2018, 16(2): 1–10.
 - [9] 牛洪梅, 朱华剑, 许莉, 等. 苯扎氯铵适应对食源性致病菌杀菌剂耐受性影响的研究进展[J]. 食品科学, 2023, 44(11): 329–337.
NIU HM, ZHU HJ, XU L, et al. Research progress on the effect of benzalkonium chloride adaptation on the biocide tolerance of foodborne pathogens [J]. Food Sci, 2023, 44(11): 329–337.
 - [10] 王春旭, 王彦文, 黄辉, 等. 2019—2020 年桂林市食源性沙门菌耐药分析及 PFGE 分型研究[J]. 右江医学, 2023, 51(10): 919–929.
WANG CX, WANG YW, HUANG H, et al. Analysis of drug resistance and PFGE molecular type of foodborne *Salmonella* in Guilin from 2019 to 2020 [J]. Chin Youjiang Med, 2023, 51(10): 919–929.
 - [11] 章乐怡, 楼辉煌, 林谦阁, 等. 2021 年—2022 年温州市食源性致病菌耐药特征及分子分型研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33(19): 2335–2339.
ZHANG LY, LOU HH, LIN QG, et al. Drug resistance and molecular typing of foodborne pathogens in Wenzhou City from 2021 to 2022 [J]. Chin J Health Lab Technol, 2023, 33(19): 2335–2339.
 - [12] 周秀娟, 索玉娟, 黄怡文, 等. 生物膜状态对食源性致病菌耐药与毒力的影响研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(16): 104–111.
ZHOU XJ, SUO YJ, HUANG YW, et al. Research progress on the influence of biofilm status on antibiotic resistance and virulence of foodborne pathogens [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(16): 104–111.
 - [13] 陈丽敏, 刘成伟, 梁新民, 等. 江西省 2011—2020 年学校食源性疾病暴发事件分析[J]. 现代预防医学, 2023, 50(3): 551–555.
CHEN LM, LIU CW, LIANG XM, et al. Analysis of school foodborne disease outbreaks in Jiangxi Province from 2011 to 2020 [J]. Mod Prev Med, 2023, 50(3): 551–555.
 - [14] 夏琳琳, 邱爽, 王若彤, 等. 2011—2020 年中国食源性疾病暴发的时空趋势[J]. 卫生研究, 2023, 52(2): 226–231.
XIA LL, QIU S, WANG RT, et al. Foodborne disease outbreaks in China from 2011 to 2020 [J]. J Hyg Res, 2023, 52(2): 226–231.
 - [15] 付萍, 王连森, 陈江, 等. 2015 年中国大陆食源性疾病暴发事件监测资料分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2019, 31(1): 64–70.
FU P, WANG LS, CHEN J, et al. Analysis of foodborne disease outbreaks

- in China mainland in 2015 [J]. *Chin J Food Hyg*, 2019, 31(1): 64–70.
- [16] 马恺, 周翌婧, 郑东宇, 等. 2015—2020 年江苏省食源性疾病主动监测沙门氏菌情况分析[J]. *公共卫生与预防医学*, 2022, 33(6): 33–37.
MA K, ZHOU YJ, ZHENG DY, *et al.* Analysis of *Salmonella* in active surveillance of foodborne diseases in Jiangsu Province in 2015–2020 [J]. *J Pub Health Prev Med*, 2022, 33(6): 33–37.
- [17] 顾雨焱, 王锦, 陈帅, 等. 食品中两种沙门氏菌检测方法的比较[J]. *粮食储藏*, 2022, 51(2): 35–40.
GU YX, WANG J, CHEN SH, *et al.* Comparison of two detection methods for *Salmonella* in food [J]. *Grain Storage*, 2022, 51(2): 35–40.
- [18] 温珍玉, 张红霞, 李美霞, 等. 沙门氏菌的检测与分离鉴定技术研究进展[J]. *广东畜牧兽医科技*, 2022, 47(4): 66–70.
WEN ZHY, ZHANG HX, LI MX, *et al.* Research progress in detection, isolation and identification of *Salmonella* [J]. *Guangdong J Anim Veter Sci*, 2022, 47(4): 66–70.
- [19] 李丹. 沙门氏菌检测技术研究进展[J]. *山东畜牧兽医*, 2022, 43(12): 90–92, 7.
LI D. Research progress on detection technologies of *Salmonella* [J]. *Shandong J Anim Sci Vet Med*, 2022, 43(12): 90–92, 7.
- [20] 王颖. 免疫检测技术在食品质量安全检测中的应用分析[J]. *科技资讯*, 2018, 16(12): 135–136.
WANG Y. Application analysis of immunoassay technology in food quality and safety detection [J]. *Sci Technol Inform*, 2018, 16(12): 135–136.
- [21] 王俊, 李军, 刘跃生, 等. 肠炎沙门氏菌 FliC 单克隆抗体阻断 ELISA 检测方法的建立及初步应用[J]. *中国预防兽医学报*, 2022, 44(4): 388–395.
WANG J, LI J, LIU YS, *et al.* Establishment and preliminary application of a FliC specific monoclonal antibody-based blocking ELISA for the detection of *Salmonella* Enteritidis antibody [J]. *Chin J Prev Vet Med*, 2022, 44(4): 388–395.
- [22] 孙路, 程如楠, 宋想胜, 等. 碳量子点应用于鼠伤寒沙门菌检测的初步研究[J]. *畜牧与兽医*, 2022, 54(2): 102–106.
SUN L, CHEN RN, SONG XS, *et al.* Preliminary study on the application of carbon quantum dots in the detection of *Salmonella* typhimurium [J]. *Anim Husb Vet Med*, 2022, 54(2): 102–106.
- [23] 苏佩冰, 陈亚波, 梁梅娟. 全自动免疫荧光分析仪与常规培养法对食品中沙门氏菌检测效果的比较[J]. *现代食品*, 2018(21): 100–102.
SU PB, CHEN YB, LIANG MJ. Comparison of the detection effects of *Salmonella* in food by automatic immunofluorescence analyzer and conventional culture method [J]. *Mod Food*, 2018(21): 100–102.
- [24] 杨丹妮, 刘旻虹, 张晓金, 等. PCR-膜芯片技术快速筛查非预包装即食食品中食源性致病菌[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(2): 560–568.
YANG DN, LIU MH, ZHANG XJ, *et al.* Rapid screening of food-borne pathogens in non-prepackaged ready-to-eat foods by PCR-membrane chip technology [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(2): 560–568.
- [25] 刘东海, 王慧真, 姜婷婷, 等. 4 种鸡源致病性沙门氏菌多重 PCR 检测方法的建立及应用[J]. *动物医学进展*, 2022, 43(9): 1–6.
LIU DH, WANG HZ, JIANG TT, *et al.* Development and application of a multiplex PCR for simultaneous detection of four *Salmonella* species [J]. *Prog Vet Med*, 2022, 43(9): 1–6.
- [26] 黄名英, 傅安静, 王远微. 防污染 PCR 检测食源性沙门菌方法的建立[J]. *中国兽医杂志*, 2021, 57(12): 37–43.
HUANG MY, FU ANJ, WANG YW. Establishment of a contaminant-preventing PCR for detection of foodborne *Salmonella* [J]. *Chin J Vet Med*, 2021, 57(12): 37–43.
- [27] 李师莹, 魏晓锋, 尹会方, 等. 沙门菌多重 PCR 检测方法的建立及其应用[J]. *中国家禽*, 2022, 44(1): 102–107.
LI SY, WEI XF, YI HF, *et al.* Establishment and application of multiplex PCR detection method for *Salmonella* [J]. *China Poult*, 2022, 44(1): 102–107.
- [28] 方正伟, 周秀娟, 史贤明. 多重液滴数字 PCR 技术检测即食生菜中的沙门氏菌及其血清型[C]. 中国食品科学技术学会. 中国食品科学技术学会第十八届年会摘要集. 上海交通大学农业与生物学院, 2022: 2.
FANG ZW, ZHOU XJ, SHI XM. Development of multiple droplet digital PCR for the detection of *Salmonella* and its serotypes on ready-to-eat lettuce [C]. Chinese Institute of Food Science and Technology. Abstracts of the 18th Annual Meeting of Chinese Institute of Food Science and Technology. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, 2022: 2.
- [29] 王一萍, 段林洁, 曾杰生, 等. 基于双重数字 PCR 检测副溶血弧菌和鼠伤寒沙门氏菌[J]. *现代食品*, 2021(15): 176–181, 185.
WANG YP, DUAN LJ, ZENG JS, *et al.* Detection of *Vibrio parahaemolyticus* and *Salmonella* typhimurium by duplex droplet digital PCR [J]. *Mod Food*, 2021(15): 176–181, 185.
- [30] 董永贞, 陈瑞, 吴紫荆, 等. 铂壳金核纳米酶介导的磁弛豫免疫传感器快速检测食源性沙门氏菌[J]. *食品科学*, 2023, 44(4): 337–343.
DONG YZ, CHEN R, WU ZJ, *et al.* Gold Core@Platinum shell-nanozyme-mediated magnetic relaxation immunosensor for the rapid detection of foodborne *Salmonella* [J]. *Food Sci*, 2023, 44(4): 337–343.
- [31] 张倩雯, 陶晴, 赵婷婷, 等. 基于核酸适配体的比色传感策略用于牛奶中沙门氏菌的快速检测[J]. *食品科学*, 2022, 43(18): 292–298.
ZHANG QW, TAO Q, ZHAO TT, *et al.* Rapid visual detection of *Salmonella* typhimurium using a colorimetric aptamer sensor based on gold nanoparticles [J]. *Food Sci*, 2022, 43(18): 292–298.
- [32] 丁超, 赵一睿, 郝洪顺, 等. 基于纳米金/硫化物复合材料的光电化学适配体传感器检测沙门氏菌[C]. 中国食品科学技术学会. 中国食品科学技术学会第十八届年会摘要集. 大连工业大学食品交叉科学研究院; 大连工业大学纺织与材料工程学院; 大连工业大学食品学院, 2022.
DING CH, ZHAO YR, HAO HS, *et al.* Detection of *Salmonella* by constructing photoelectrochemical aptamer sensor based on nano gold/sulfide composite material [C]. Chinese Institute of Food Science and Technology. Abstracts of the 18th Annual Meeting of Chinese Institute of Food Science and Technology. Institute of Food Interdisciplinary Sciences, Dalian Polytechnic University; School of Textile and Material Engineering, Dalian Polytechnic University; School of Food Science, Dalian Polytechnic University, 2022.

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)

作者简介



林 钊, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品检测方面研究。

E-mail: 358790483@qq.com