

# 我国包装饮用水中铜绿假单胞菌检验方法标准 问题分析及其质量控制探讨

章志超<sup>1</sup>, 吴鑫<sup>1\*</sup>, 于帆<sup>2</sup>, 朱应飞<sup>1</sup>, 刘德<sup>1</sup>, 马天贵<sup>2</sup>

(1. 江西省食品检验检测研究院, 南昌 330001; 2. 江西润田实业股份有限公司, 南昌 330096)

**摘要:** 铜绿假单胞菌是包装饮用水中污染风险较大的一种条件致病菌。科学规范的检验方法标准能够为包装饮用水中铜绿假单胞菌的监测提供良好的技术保障。GB 8538—2016《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水检验方法》是我国包装饮用水中铜绿假单胞菌检测主要依据的食品安全标准。本文对 GB 8538—2016 的条款 57(铜绿假单胞菌)存在的问题进行了分析, 对方法涉及的培养基、试剂以及滤膜进行质量控制的必要性和质量控制方法进行了阐述, 以为完善包装饮用水中铜绿假单胞菌的检验工作提供参考。

**关键词:** 包装饮用水; 铜绿假单胞菌; GB 8538—2016; 问题分析; 质量控制

## Analysis on the problems and quality control of standard for test method of *Pseudomonas aeruginosa* in packaged drinking water in China

ZHANG Zhi-Chao<sup>1</sup>, WU Xin<sup>1\*</sup>, YU Fan<sup>2</sup>, ZHU Ying-Fei<sup>1</sup>, LIU De<sup>1</sup>, MA Tian-Gui<sup>2</sup>

(1. Jiangxi Food Inspection Testing Institute, Nanchang 330001, China;  
2. Jiangxi Runtian Industrial Co., Ltd, Nanchang 330096, China)

**ABSTRACT:** *Pseudomonas aeruginosa* is a kind of opportunistic pathogen with high contamination risk in packaged drinking water. Scientific and standardized standard test method can provide good technical support to monitor *Pseudomonas aeruginosa* in packaged drinking water. GB 8538—2016 National food safety standard-Methods for testing natural mineral water for drinking is the main basis of food safety standard for the detection of *Pseudomonas aeruginosa* in packaged drinking water in China. This paper analyzed the problems on the item 57 (*Pseudomonas aeruginosa*) of GB 8538—2016, and expounded the necessity and quality control methods of the media, reagents and filtration membrane involved in the method, so as to provide reference for improving the inspection of *Pseudomonas aeruginosa* in packaged drinking water.

**KEY WORDS:** packaged drinking water; *Pseudomonas aeruginosa*; GB 8538—2016; problem analysis; quality control

**基金项目:** 江西省市场监督管理局科技计划项目(GSJK202002)、国家市场监督管理总局科技项目(2020MK057)、食品安全国家标准修订项目(spaq-2018-063)

**Fund:** Supported by the Science and Technology Project of Jiangxi Province Administration for Market Regulation (GSJK202002), Science and Technology Project of State Administration for Market Regulation (2020MK057), and National Food Safety Standard Revision Project (spaq-2018-063)

\*通信作者: 吴鑫, 硕士, 副主任技师, 主要研究方向为食品卫生检验。E-mail: jxyjwx@163.com

\*Corresponding author: WU Xin, Master, Associate Chief Technician, Jiangxi Food Inspection Testing Institute Nanchang 330001, China. E-mail: jxyjwx@163.com

## 0 引言

随着人民生活水平的提高和对自身健康的日益关注,加工生产的包装饮用水在水源、卫生和健康方面具有越来越突出的优势<sup>[1-2]</sup>。目前,包装饮用水已成为饮料行业的最大品类<sup>[3]</sup>,其质量安全涉及到千家万户,关系着社会公共安全。然而,世界卫生组织制定的饮用水水质标准已明确指出,与饮用水有关的安全问题大多来自微生物<sup>[4]</sup>。微生物污染仍然是影响包装饮用水质量的最主要问题,也是长期困扰生产企业质量控制技术的难题<sup>[5-7]</sup>。分析我国近年来对各类食品监督抽检结果数据,包装饮用水占了饮料样品中微生物不合格报道的绝大多数(90.78%),且主要集中为桶装饮用水中铜绿假单胞菌的超标问题<sup>[6, 8-10]</sup>。

铜绿假单胞菌对生长条件要求低,对不良环境耐受性强,广泛分布于自然界中,是一种重要的水源性条件致病菌<sup>[11]</sup>。自 2015 年 5 月以来,我国食品安全标准 GB 19298—2014《食品安全国家标准 包装饮用水》已将该菌作为各类包装饮用水质量检测指标之一。GB 8538—2016《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水检验方法》则是我国包装饮用水中铜绿假单胞菌检测唯一可参考的食品安全国家标准,是企业对产品质量控和政府实施抽检任务的重要检验依据。然而,该标准中铜绿假单胞菌检验方法无论是语言文字规范性、严谨性,还是技术参数科学性均存在较多问题,且缺乏科学明确的质量控制原则和配套方法,难以发挥其正常的技术指导功能。

目前,国内外研究学者更多关注铜绿假单胞菌的风险监控、菌株生物学特性及新型检测方法开发等方面的研究<sup>[9-10, 12-14]</sup>,较少对该菌检验方法标准及其质量控制方法的规范性进行研究。本文较全面地从标准的语言文字、方法技术参数以及关键质量控制方法等方面存在的问题进行分析,并提出相应的解决对策。对指导企业和政府部门对该类产品的精准监控、完善工艺流程等具有十分重要的现实意义。

## 1 包装饮用水中铜绿假单胞菌检验方法标准问题分析

### 1.1 语言、文字问题

GB 8538—2016《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水检验方法》中条款 57(铜绿假单胞菌)的行文内容方面存在着诸如部分内容语句不严谨、条理性欠缺,前后文相关内容不一致,部分操作步骤细节表述不清等问题。一些学者对该标准中存在的问题进行研究时,更多侧重

于方法技术内容或限量要求等,对语言文字问题总结的并不全面细致<sup>[5, 15-17]</sup>。现将该方法标准中涉及的语言文字问题及修改建议总结如表 1 所示。

### 1.2 技术参数问题分析

#### 1.2.1 100 级的洁净工作台进行过滤操作必要性问题

GB 8538—2016 中要求检测铜绿假单胞菌时应在 100 级的洁净工作台进行。GB 50457—2008《医药工业洁净厂房设计规范》规定空气洁净度 100 级对空气悬浮粒子、微生物含量以及气流流型等要求严格。然而,在检验过程中人员、样品和设备存在于整个操作中,尤其在检测一些大体积包装饮用水时不可避免地对环境存在一定干扰,100 级的洁净环境较难保证。食品微生物检验应强调无菌操作,并做好过程质量控制,因此过于具体严格的环境洁净度要求对检验本身意义不大,反而增加了实验室的维护难度和成本。此外,国内外的水质检测标准中尚无类似规定。国内现行有效的、主要的洁净厂房设计规范和生物安全实验室建筑技术规范(GB 50073—2013《洁净厂房设计规范》、GB 50457—2019《医药工业洁净厂房设计规范》、GB 50346—2011《生物安全实验室建筑技术规范》)等基本取消了 100 级洁净度的说法。因此建议删除方法标准中的相关要求。

#### 1.2.2 水样稀释液、稀释水平和稀释方法的选取问题

一些桶装饮用水中铜绿假单胞菌污染程度高,且该菌过分生长容易出现菌落融合现象<sup>[8-9]</sup>,因此,在铜绿假单胞菌定量检验方法中,对水样稀释液检验显得尤为重要。然而,GB 8538—2016 中并没有稀释液、稀释水平和稀释方法的具体规定。这可能导致不同人员或机构在检测铜绿假单胞菌时结果偏差较大,对高污染样品的影响则更为明显。李静<sup>[16]</sup>建议按照 GB 4789.2 的方法进行稀释和计数,但铜绿假单胞菌检测采用的是膜过滤方法,检验原理存在较大差异,因此稀释方法和计数的适宜范围等不能简单参照。

参照国内外标准,例如 ISO 8199: 2018<sup>[18]</sup>和 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定》等,无菌生理盐水和无菌磷酸盐缓冲液是应用于一般微生物检测的主要稀释液。铜绿假单胞菌均为能够需氧培养的普通微生物,故建议将铜绿假单胞菌检测的水样稀释液明确、统一为“无菌生理盐水”或“无菌磷酸盐缓冲液”。稀释方法则明确为微生物检测常用的梯度稀释方法。稀释水平选取则取决于水样的实际污染水平和滤膜过滤后菌落计数的适宜范围,例如 ISO 8199: 2018 中规定直径 47~50 mm 膜过滤计数菌落的适宜范围为 10~80 CFU<sup>[18]</sup>,因此可参照上述标准并经实验验证后,确定最终适合我国铜绿假单胞菌检测的相关技术参数。

表 1 GB 8538—2016 的条款 57(铜绿假单胞菌)中语言文字问题及修改建议

Table 1 Language problems and amendment suggestions on the item 57 (*Pseudomonas aeruginosa*) of GB 8538—2016

| 项目        | 标准文本序号                  | 文本问题  | 修改建议  |
|-----------|-------------------------|---|---|
|           |                         | 培养时间缺少波动范围  | “48 h”修改为“48 h±2 h”                                       |
|           | 57.1                    | 方法提要中对 3 种可疑菌落情况表述不清晰   | 根据可疑菌落的不同颜色、是否产荧光以及所需进行的确证性试验逐条描述                         |
|           |                         | “溴化十六烷基三甲铵选择性培养基”与后文表述的铜绿假单胞菌计数培养基的名称不一致                        | 铜绿假单胞菌计数培养基的名称统一修改为“CN 琼脂”                                |
|           | 57.2                    | “无菌玻璃器具”指代不明, 显微镜在检验方法中未使用到                                     | 修改为“无菌滤器”, 删除“57.2.5”显微镜相关内容                              |
|           | 57.3                    | 操作步骤中使用的盐酸溶液、三氯甲烷没有列举。<br>“57.3.2”~“57.3.7”中培养基或试剂在附录 A 中对应序号错误 | 增加相关试剂的描述<br>参照附录 A, 逐一更正                                 |
|           | 57.4                    | 检测程序图中培养时间、可疑菌落纯化、绿脓菌素试验等内容与操作步骤不一致或缺失                          | 修改流程图, 增加可疑菌落纯化、绿脓菌素试验等内容                                 |
| 57 铜绿假单胞菌 | 57.5.1                  | 膜过滤、水样稀释等操作细节不明确  | 明确“稀释液”指代的具体溶液; 明确滤膜截留细菌面向上培养                             |
|           | 57.5.3                  | 标题为“结果观察”, 但部分内容提到确证性试验, 且与表 31 内容部分重复                          | 确证性试验内容应简化, 且应调整到“57.5.4 确证性试验”部分描述                       |
|           | 表 31                    | 菌落形态描述不严谨, 存在歧义; 缺少绿脓菌素试验的描述                                    | 调整至“57.5.4 确证性试验”部分描述; 菌落形态描述增加是否产荧光描述, 减少歧义; 增加绿脓菌素试验的描述 |
|           | 57.5.4.1                | 要求挑取所有可疑菌纯化, 当滤膜上可疑菌落较多时操作难度大, 且意义不大                            | 参考国外标准, 选择确定数量的代表性可疑菌落进行纯化                                |
|           | 57.5.4.5                | 行文中“58.5.5.1”错误   | 修改为“57.5.4.1”   |
|           | 57.5.5                  | 计数内容放在确证性试验后, 不符合行文逻辑; 提到的编号错误                                  | 调整行文位置, 可与“57.5.3”合并描述                                    |
|           | 57.6                    | 结果与报告内容语言描述不统一, 未考虑绿脓菌素确证实验                                     | 调整计算公式, 使与操作步骤内容统一  |
|           | 57.7                    | 阴性对照菌缺少英文名称   | 补充相应的英文名称   |
| 附录 A      | A.9、A.10、A.11、A.12、A.13 | 培养基部分成分名称书写不规范, 只给出化学分子式; 培养基 pH 值缺少波动范围, 制法表述不统一               | 统一书写规范, 培养基 pH 值参照相关文献增加波动范围                              |

### 1.2.3 绿脓菌素试验和乙酰胺肉汤产氨试验中关键技术参数不明确问题

GB 8538—2016 的条款 57(铜绿假单胞菌)中的确证性试验是检测铜绿假单胞菌的关键技术内容。然而, “57.5.4.4 绿脓菌素试验”中存在“静置片刻”等模糊表述。同时, 不同来源的铜绿假单胞菌产绿脓菌素能力存在较大差异<sup>[19]</sup>, 因此标准文本中提到的“充分振荡”方式可能不是较优的绿脓菌素提取方式。该标准方法中涉及绿脓菌素提取方式、提取后静置时间等参数应当优化, 例如将培养基捣碎对绿脓菌素的检测效果可能更佳<sup>[20]</sup>。

产氨试验主要利用了铜绿假单胞菌产脱酰胺酶的特点, 使乙酰胺经脱酰胺作用释放氨, 氨在碱性条件下与钠氏试剂作用, 从而生成砖红色的络合物<sup>[11]</sup>。由于空气或实验用水中少量氨的影响, 用于阴性对照或空白对照的乙酰胺肉汤中滴加钠氏试剂一段时间后也可能变成砖红色<sup>[21]</sup>。

GB 8538—2016 中铜绿假单胞菌检验方法没有规定钠氏试剂滴加后的观察时间点, 因此容易导致结果误判。国内外相关标准亦无上述内容的规定。因此有必要对该部分内容进行实验验证, 确证钠氏试剂滴加后观察的最优时间点。

### 1.2.4 检验方法导致的其他假阳性问题

经 CN 琼脂培养基培养后呈产荧光、非蓝色菌落按照 GB 8538—2016 中确证性方法检测时, 能发现假阳性问题。实际检测过程中, 一些阴性菌, 例如洋葱假单胞菌、恶臭假单胞菌、荧光假单胞菌和杀鲑气单胞菌等的野生分离株经 CN 琼脂培养基培养后呈产荧光、非蓝色菌落, 且乙酰胺产氨试验阳性的情况时有报道<sup>[22-23]</sup>。这类微生物若依据 GB 8538—2016 中铜绿假单胞菌检验方法检测, 则结果为阳性。张帆等<sup>[23]</sup>以 VTEK2 微生物鉴定系统为参照, 对 27 株已知菌株依据 GB 8538—2016 中铜绿假单胞菌检验方法检测后, 发现假阳性率高达 29.6%, 且假阳性菌均呈现

上述菌落形态和生化特征。因此对于产荧光,非蓝色菌落的确证,还要补充相关生化鉴定试验,尽可能降低假阳性检验结果风险。

对于在CN琼脂上产荧光,非蓝色菌落特征的微生物确证,国内外较多的铜绿假单胞菌检测方法标准(如GB/T 14926.17—2001《实验动物 绿脓杆菌检测方法》、SN/T 2099—2008《进出口食品中绿脓杆菌检测方法》),除了乙酰胺产氨实验外,还需要考虑硝酸盐还原产气和42℃生长情况<sup>[24]</sup>。一些研究认为若能同时进行镜检、氧化酶试验以及绿脓菌素试验也能减少GB 8538—2016中铜绿假单胞菌检验方法导致的结果误判问题<sup>[23]</sup>。这些思路对该方法标准修订均能提供较好的参考。

## 2 包装饮用水中铜绿假单胞菌检验方法标准质量控制方法探讨

除了对人员、环境和设施设备等常规技术要求外,培养基、试剂和关键耗材是微生物检验室质量控制的基础,直接影响检验方法结果的准确性<sup>[25]</sup>。与我国食品微生物学检验方法GB 4789系列食品安全国家标准相比,GB 8538—2016则缺乏对培养基和试剂、以及该方法涉及的关键耗材——微孔滤膜的质量控制要求,影响了方法的正确使用。

### 2.1 培养基和试剂质控分析

我国食品微生物检验总则GB 4789.1—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 总则》要求定期对检验过程进行质控。GB 8538—2016的条款57.7(其他)中虽然提到了检验及计数过程中应以铜绿假单胞菌标准菌株作为阳性对照菌,以荧光假单胞菌作为阴性对照菌,但是方法涉及的培养基和生化反应较多,单一的阴性和阳性菌并不能对整个过程的质控。该内容的表述存在矛盾之处,且达不到较好的过程控制效果。标准GB 4789.28—2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验 培养基和试剂的质量要求》虽然规定了培养基和试剂质量要求,但并不包含铜绿假单胞菌的相关内容。SN/T 1538.2—2016《培养基制备指南 第2部分:培养基性能测试实用指南》参考了欧洲药典中使用的质控菌株和培养基测试方法,虽然列举了常用培养基质量要求,但亦无包装饮用水中铜绿假单胞菌检验培养基和试剂质量控制可参考的内容。与GB 8538—2016相比,国外相关方法标准中,如ISO 16206:2006、ISO 22717:2015和ISO 16206-2:2018等,在关键计数培养基和生化鉴定方法上也不尽相同<sup>[26-28]</sup>。因此,有必要筛选合适的标准菌株用于铜绿假单胞菌检验各步骤的阴性和阳性对照,单独建立与GB 8538—2016中铜绿假单胞菌检验方法配套的培养基和试剂的质量要求。参照GB 4789.28—2013等标准中的方法,对CN琼脂、金氏B培养基、乙酰胺肉汤和绿脓菌素测定用培养基等关键培养基和试剂的生长

率、选择性或生化特性等指标进行规范。

### 2.2 微孔滤膜质控分析

GB 8538—2016中铜绿假单胞菌检验方法采用的是膜过滤方法。滤膜属于该方法的关键耗材,影响目标菌的检测效率。我国其他食品安全国家标准尚无类似原理的方法。一些出口饮料中微生物检验虽然涉及膜过滤法,但检验项目不涉及铜绿假单胞菌,且也没有规定滤膜的质控要求(如SN/T 1607—2017《出口饮料中菌落总数、大肠菌群、粪大肠菌群、大肠杆菌计数方法 疏水栅格滤膜法》)。现行的滤膜相关行业标准,HY/T 039—1995《微孔滤膜孔性能测定方法》和HY/T 053—2001《微孔滤膜》以及国际标准如ISO 7704:1985等,不仅已年代久远,而且存在应用局限性,与特定微生物检验方法配套的质量需求更是难以满足<sup>[29]</sup>。实际研究中对滤膜材质、滤膜截留率的比较常见于报道<sup>[30-31]</sup>,但对滤膜在微生物应用方面缺乏一个统一的质量要求和评价规范。因此,为了保证包装饮用水中铜绿假单胞菌检测结果的准确性,滤膜的材质、灭菌方法、滤膜对铜绿假单胞菌的回收率和过滤分布均匀度等方面均需重点考虑,并建立相应滤膜的质量规范。

## 3 结束语

从检验项目和方法原理来看,铜绿假单胞菌的检测方法标准在我国食品安全国家标准体系中具有独立性和特殊性。同时,我国包装饮用水中该菌污染严重,导致产品不合格率居高不下。因此,对相关检验方法标准及其关键质控技术研究具有迫切需求和重要意义。随着时代的发展,对铜绿假单胞菌检测方法标准的研究,除了立足现有传统方法进行完善之外,探索新型检测手段,例如全自动微生物生化鉴定系统、分子生物学和免疫学方法等作为补充检验方法标准也应成为重要的关注点。这有助于不同方法之间的相互验证,确保结果的准确性和产品质量的提升。

### 参考文献

- [1] 廖振宇,曹东丽,张华,等.我国包装饮用水行业发展现状及存在的问题[J].食品安全质量检测学报,2017,8(3):737-741.  
LIAO ZY, CAO DL, ZHANG H, et al. Development status and problems of packaging drinking water industry in China [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(3): 737-741.
- [2] 元伊玲,朱培武,金露燕.我国包装饮用水标准现状分析及建议[J].大众标准化,2013,(10):54-59.  
YUAN YL, ZHU PW, JIN LY. Analysis and suggestions on the status of Chinese packaged drinking water standards [J]. Publ Stand, 2013, (10): 54-59.
- [3] 石丹,李洲.我国饮料产业发展现状与趋势[J].食品与发酵科技,2020,56(4):69-74.  
SHI D, LI Z. Development status and trend of beverage industry in China [J]. Food Ferment Technol, 2020, 56(4): 69-74.

- [4] 陈玲, 杨小鹏, 陆永成, 等. 包装饮用水生产工艺中微生物风险分析[J]. 现代食品科技, 2018, 34(9): 277-282.  
CHEN L, YANG XJ, LU YC, *et al.* Microbial risk analysis in the production process of packaged drinking water [J]. Mod Food Sci Technol, 2018, 34(9): 277-282.
- [5] 朱文斌, 周浩, 李俊霞, 等. 国内外包装饮用水标准中微生物指标比较和铜绿假单胞菌指标建议[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(19): 5034-5039.  
ZHU WB, ZHOU H, LI JX, *et al.* Comparison of microbiological indexes in domestic and foreign standards for packaged drinking water and suggestions on *Pseudomonas aeruginosa* indexes [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(19): 5034-5039.
- [6] 唐晓阳. 我国 2008~2017 年饮料中微生物指标抽检不合格信息分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(3): 608-613.  
TANG XY. Analysis on unqualified information of microbiological indexes in beverages from 2008 to 2017 in China [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(3): 608-613.
- [7] 吴清平. 食品微生物安全风险数据库在包装饮用水行业的应用[J]. 饮料工业, 2015, 18(2): 74-77.  
WU QP. Application of food microbiological safety risk database in packaging and drinking water industry [J]. Bever Ind, 2015, 18 (2): 74-77.
- [8] 刘思超, 徐励琴, 罗泽燕, 等. 223 份桶装天然矿泉水和包装饮用水中铜绿假单胞菌的检测结果分析[J]. 预防医学情报杂志, 2016, 32(10): 1071-1075.  
LIU SC, XU LQ, LUO ZY, *et al.* Analysis of detection results of *Pseudomonas aeruginosa* in 223 bottled natural mineral water and packaged drinking water [J]. J Prev Med Infor, 2016, 32(10): 1071-1075.
- [9] 郇娟, 董华夏, 张珣, 等. 桶装饮用水中铜绿假单胞菌的污染调查及分型[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(11): 170-174.  
LI J, DONG HX, ZHANG Y, *et al.* Contamination investigation and typing of *Pseudomonas aeruginosa* in barreled drinking water [J]. Food Res Dev, 2019, 40(11): 170-174.
- [10] 杨俊业, 黄玲玲. 2018 年广东省市售 275 份包装饮用水及天然矿泉水铜绿假单胞菌污染情况分析 & 检测[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(7): 1853-1856.  
YANG JY, HUANG LL. Analysis and detection of *Pseudomonas aeruginosa* contamination in 275 packaged drinking water and natural mineral water sold in Guangdong Province in 2018 [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(7): 1853-1856.
- [11] 闻玉梅. 现代医学微生物学[M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1999.  
WEN YM. Modern medical microbiology [M]. Shanghai: Shanghai Medical University Press, 1999.
- [12] SUÁREZ P, GUTIÉRREZ AV, SALAZAR V, *et al.* Virulence properties and antimicrobial resistance of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from cave waters at Roraima Tepui, Guayana Highlands [J]. Lett Appl Microbiol, 2020, 70(5): 372-379.
- [13] 廖一群, 刘德东, 席徐翔, 等. 黏液型铜绿假单胞菌的临床分布和耐药特点分析[J]. 检验医学与临床, 2020, 17(22): 3320-3322.  
LIAO YQ, LIU DD, XI XX, *et al.* Analysis of clinical distribution and drug resistance of mucinous *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Lab Med Clin, 2020, 17(22): 3320-3322.
- [14] 王金凤, 项佳林, 孙晓霞, 等. 铜绿假单胞菌实时荧光重组酶介导链替换核酸扩增方法建立及应用[J]. 中国食品卫生杂志, 2020, 32(5): 524-529.  
WANG JF, XIANG JL, SUN XX, *et al.* Establishment and application of real-time fluorescent recombinase mediated strand replacement nucleic acid amplification of *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Chin J Food Hyg, 2020, 32(5): 524-529.
- [15] 温少文, 林晨, 蔡大川, 等. 饮用水检测标准的综述[J]. 广州化工, 2015, 43(7): 5-10.  
WEN SW, LIN C, CAI DC, *et al.* Review of detection standards for drinking water [J]. Guangzhou Chem Ind, 2015, 43(7): 5-10.
- [16] 李静. 包装饮用水中铜绿假单胞菌检验方法相关问题的探讨[J]. 食品工程, 2019, (4): 5-7.  
LI J. Discussion on the test method of *Pseudomonas aeruginosa* in packaged drinking water [J]. Food Eng, 2019, (4): 5-7.
- [17] 张淑红, 吴清平, 徐晓可, 等. 桶装水中铜绿假单胞菌检测方法的比较[J]. 现代食品科技, 2011, 27(11): 1403-1405, 1335.  
ZHANG SH, WU QP, XU XK, *et al.* Comparison of detection methods for *Pseudomonas aeruginosa* in barreled water [J]. Mod Food Sci Technol, 2011, 27(11): 1403-1405, 1335.
- [18] ISO 8199: 2018 Water quality-Water quality-General requirements and guidance for microbiological examinations by culture [S].
- [19] 王志刚, 朱晓旋, 杨晓夏, 等. 不同品牌 CN 琼脂上铜绿假单胞菌色素表达的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(21): 5699-5703.  
WAN ZG, ZHU XIX, YANG XX, *et al.* Study on pigment expression of *Pseudomonas aeruginosa* on different brands of CN agar [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9 (21): 5699-5703.
- [20] 许金榜. 《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水检验方法》(GB 8538—2016)中微生物学部分存在的问题与改进建议[J]. 饮料工业, 2020, 23(3): 38-41.  
XU JB. Problems and improvement suggestions in microbiological part of *National food safety standard-Methods for testing natural mineral water for drinking* (GB 8538—2016) [J]. Bever Ind, 2020, 23(3): 38-41.
- [21] 余明星, 郑红艳, 汪光. 纳氏试剂比色法测定水体中氨氮常见问题与解决办法[J]. 干旱环境监测, 2005, 19(2): 121-123, 126.  
YU MX, ZhENG HY, WANG G. Common problems and solutions on determination of ammonia nitrogen in water by Nessler reagent colorimetry [J]. Dry Environ Monit, 2005, 19(2): 121-123, 126.
- [22] JOAN L, BETZ, PATRICIA H, *et al.* Growth of *Pseudomonas* species on phenylacetamide [J]. J General Microbiol, 1973, 75(1): 167-177.
- [23] 张帆, 李树垚, 张子豪, 等. 铜绿假单胞菌检测方法的比较与优化[J]. 生物技术通报, 2018, 34(3): 67-74.  
ZHANG F, LI SY, ZHANG ZH, *et al.* Comparison and optimization of detection methods for *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Biotechnol Bull, 2018, 34(3): 67-74.
- [24] ISO 16266—2: 2018 Water quality-Detection and enumeration of *Pseudomonas aeruginosa* [S].
- [25] 马群飞. GB 4789. 28—2013《食品安全国家标准 食品微生物学检验培养基和试剂的质量要求》应用现状[J]. 中国卫生标准管理, 2019, 10(16): 1-3.  
MA QF. Application status of *National food safety standard-Food microbiological examination-Quality requirements of culture media and reagents* (GB 4789. 28—2013) [J]. China Health Standard Manag, 2019, 10(16): 1-3.
- [26] ISO16206: 2006 Water quality-Detection and enumeration of

(责任编辑: 韩晓红)

*Pseudomonas aeruginosa* [S].

- [27] ISO 16266-2: 2018 Water quality-Detection and enumeration of *Pseudomonas aeruginosa* [S].
- [28] ISO 22717: 2015 Cosmetics-Microbiology-Detection of *Pseudomonas aeruginosa* [S].
- [29] ISO 7704: 1985 Water quality-Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses [S].
- [30] AASHIQUEM, ROY A, KOSURU RY, *et al.* Membrane depolarization sensitizes *Pseudomonas aeruginosa* against tannic acid [J]. *Curr Microbiol*, 2021, 78(2): 713-717.
- [31] 曾志明, 沈中锋, 潘波, 等. 不同消毒预处理对包装饮用水薄膜过滤检测结果的影响[J]. *饮料工业*, 2020, 23(2): 32-35.  
ZENG ZM, SHEN ZF, PAN B, *et al.* Effect of different disinfection pretreatment on membrane filtration test results of packaged drinking water [J]. *Bever Ind*, 2020, 23(2): 32-35.

### 作者简介



章志超, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。  
E-mail: zhgio2008@126.com



吴鑫, 硕士, 副主任技师, 主要研究方向为食品卫生检验。  
E-mail: jxyjwx@163.com