

# 生活饮用水中粪肠球菌检验方法验证结果分析

孙景昱, 赵薇\*, 王艳秋, 杨修军, 刘思洁, 张立夫, 石奔, 李可维, 齐鹏  
(吉林省疾病预防控制中心 (吉林省公共卫生研究院), 长春 130062)

**摘要:** **目的** 验证最近似值测定法、滤膜法检测生活饮用水中粪肠球菌的适用性。**方法** 参照 SN/T 1933.1-2007《食品和水中的肠球菌检验方法 第 1 部分: 平板计数法和最近似值测定法》、SN/T 1933.2-2007《食品和水中的肠球菌检验方法 第 2 部分: 滤膜法》方法检测样品中粪肠球菌浓度, 对比不同培养基的检测效果。**结果** 最近似值测定法所用的肠球菌肉汤与叠氮化钠葡萄糖肉汤在结果计数上无明显差异  $P=0.331(P>0.05)$ , 但肠球菌肉汤 24 h 就会产生明显变化, 而叠氮化钠葡萄糖肉汤 48 h 才产生混浊; 滤膜法中肠球菌琼脂和 Pfizer 琼脂不宜于计数, KF 琼脂菌落生长缓慢, mEI 琼脂与 CATC 琼脂表现优异, 在结果计数上 5 种培养基无明显差异  $P=0.957(P>0.05)$ 。2 种方法的检测结果均在接受范围之内。**结论** 2 种方法均适用于生活饮用水(井水、末梢水)中粪肠球菌的检测, MPN 法更推荐选择肠球菌肉汤培养, 滤膜法推荐使用 CATC 琼脂或 mEI 培养基作为选择性培养基。

**关键词:** 生活饮用水; 粪肠球菌; 滤膜法; 最近似值法

## Analysis of verification results by detection for *Enterococci* in drinking water

SUN Jing-Yu, ZHAO Wei\*, WANG Yan-Qiu, YANG Xiu-Jun, LIU Si-Jie, ZHANG Li-Fu,  
SHI Ben, LI Kei-Wei, QI Peng

(Jilin Provincial Center for Disease Control and Prevention (Jilin Public Health Research Institute),  
Changchun 130062, China)

**ABSTRACT: Objective** To verify the applicability of the maximum probable number method and filter membrane detection method in the detection of *Enterococcus faecalis* in drinking water. **Methods** According to the method of SN/T 1933.1-2007 *Detection of Enterococci in food and water. Part 1: Method for plate count and maximum probable number method*, SN/T 1933.2-2007 *Detection of Enterococci in food and water—Part 2: Method for membrane filtration*, the concentration of *Enterococcus faecalis* in the sample was detected, and the detection effect of different media was compared. **Results** There was no significant difference in colony count between *Enterococcus* broth and sodium azide glucose broth used in the recent likelihood determination method  $P=0.331$  ( $P>0.05$ ), but *Enterococcus* broth had a significant change in 24 h, while sodium azide glucose broth did not produce turbidity until 48 h. *Enterococcus* agar and Pfizer agar were not suitable for colony count in the filter method, colonies grew slowly on KF agar, but mEI agar and CATC agar performed well. There was no significant difference

基金项目: 吉林省科技发展计划项目重点科技研发项目(20180201053SF)

Fund: Supported by the Jilin Province Science and Technology Development Plan Project Key Technology Research and Development Project (20180201053SF)

\*通讯作者: 赵薇, 博士, 副主任技师, 主要研究方向为微生物检验及流行病学。E-mail: weizhao81226@126.com

\*Corresponding author: ZHAO Wei, Ph.D, Deputy Chief Technician, Jilin Provincial Center for Disease Control and Prevention (Jilin Provincial Institute of Public Health), Changchun 130062, China. E-mail: weizhao81226@126.com

between the 5 media in the result of colony count  $P=0.957$  ( $P>0.05$ ). The test results of both methods were within the acceptable range. **Conclusion** Both methods are suitable for detecting the *Enterococcus faecalis* in drinking water (well water and peripheral water), *Enterococcus* broth culture is recommended for maximum probable number method, and CATC agar or mEI medium are chosen as the selective medium in the filter method.

**KEY WORDS:** drinking water; *Enterococcus faecalis*; filter membrane method; maximum probable number method

## 1 引言

粪肠球菌又称粪链球菌,为革兰氏阳性球菌,是肠球菌属中最常见的菌种。既往认为粪肠球菌是对人类和动物肠道无害的共栖性细菌<sup>[1]</sup>,近年来,全国多起食物中毒事件皆是由粪肠球菌污染引起的<sup>[2-4]</sup>。它是重要院内感染致病菌,感染率仅次于葡萄球菌,可引起尿路感染、腹腔和盆腔的伤口感染以及院内菌血症等。肠球菌通常从食品、植物、水和土壤中分离,是粪便污染的重要指示菌<sup>[5]</sup>。与大肠杆菌相比,粪肠球菌对冷冻、高酸和中等热处理的抵抗力更强,因此,将粪肠球菌作为卫生质量的污染指标更具有卫生学意义<sup>[6]</sup>。不安全饮用水是发展中国家 80%疾病和 30%死亡的起因<sup>[7]</sup>,欧洲早在 1985 年就已设立了水质中肠球菌检验的标准方法<sup>[8]</sup>。随着科技的进步,检验标准方法也在不断完善<sup>[9]</sup>。我国至今还局限于将大肠菌群作为评价水环境病原微生物污染的唯一指标<sup>[10,11]</sup>,尚无生活饮用水中肠球菌的国家标准检验方法和限量标准。现行检验肠球菌的方法是出入境检验检疫行业标准 SN/T 1933.1-2007《食品和水中肠球菌检验方法 第 1 部分:平板计数法和最近似值测定法》<sup>[12]</sup>、SN/T 1933.2-2007《食品和水中肠球菌检验方法 第 2 部分:滤膜法》<sup>[13]</sup>。

为了更好地规范生活饮用水中肠球菌的检验工作,完善我国水质检验的国家标准体系,本研究对滤膜法检验生活饮用水中粪肠球菌使用的培养基进行补充,分析最近似值(maximum probable number, MPN)测定法中的增菌肉汤的优缺点。该方法适用于生活饮用水中(末梢水、井水)粪肠球菌的检测,且操作具有普遍性,可适用于基层检验单位,同时对促进国家检验标准的制定具有重要意义。

## 2 材料与方法

### 2.1 试剂、菌株及仪器设备

叠氮化钠葡萄糖肉汤培养基、KF 链球菌琼脂培养基基础、肠球菌肉汤培养基、肠球菌琼脂培养基、BEA 培养基、CATC 培养基基础、Pfizer 培养基、mEI 培养基基础、脑心浸液肉汤培养基、脑心浸液琼脂培养基(北京陆桥有限公司);肠球菌标准菌株 ATCC 29212、大肠埃希氏菌标准菌株 ATCC 25922(广东环凯生物有限公司);0.45  $\mu\text{m}$  孔径滤膜(美国默克密理博公司)。

SLI-700 恒温培养箱(EYELA 东京理化公司);JY1002 电子天平(上海恒平公司);生物显微镜(日本 OLYMPUS 公司);2~8  $^{\circ}\text{C}$  医用冰箱(澳柯玛股份有限公司);水中微生物过滤器,配真空泵(中国 Milliflex plus 公司)。

### 2.2 方法

#### 2.2.1 MPN 测定法

##### (1) 2 种选择性增菌肉汤比较实验

使用血平板复苏标准菌株粪肠球菌 ATCC 29212,用无菌生理盐水制备成 0.5 麦氏浊度标准菌悬液,并用无菌生理盐水将标准菌悬液稀释成  $10^{-1}$ 、 $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$  稀释液。选择  $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$  3 个浓度(高、中、低)分别对 3 份生活饮用水(末梢水、井水)标本进行人工染菌(200 mL 水样中加入 200  $\mu\text{L}$  菌液)。将加标样品用无菌生理盐水 10 倍稀释到合适稀释度,制备成高、中、低 3 种浓度的染菌样品。

检测方法参照 SN/T 1933.1-2007《食品和水中肠球菌检验方法 第 1 部分:平板计数法和最近似值测定法》<sup>[12]</sup>(以下简称 SN/T 1933.1-2007)8.2.2、8.2.3 部分。叠氮化钠葡萄糖肉汤 36  $^{\circ}\text{C}$  培养 48 h。肠球菌肉汤培养温度为 35  $^{\circ}\text{C}$  培养 24 h。对叠氮化钠葡萄糖肉汤出现浑浊或肠球菌肉汤有颜色变化的肉汤管,参照 SN/T 1933.1-2007 中 8.1.5 部分进行确证实验。根据阳性管数,查找 MPN 表,计算肠球菌 MPN 值(MPN/100 mL)。

##### (2) 实际样品加标测定

根据 2.2.1(1)的标准菌液稀释方法,对 20 份生活饮用水(末梢水)进行人工染菌(低浓度)加标试验,按照 1、0.1、0.01、0.001 mL 接种量进行检测,同时对未加标的样本按照 10、1、0.1 mL 接种量进行检测,结果作为本底值。对出现浑浊或有颜色变化的肉汤管,进行确证实验,计算肠球菌 MPN 值(MPN/100 mL)。

#### 2.2.2 滤膜法

##### (1) 5 种选择性培养基比较实验

复苏标准菌株粪肠球菌 ATCC 29212,用无菌生理盐水制备成 0.5 麦氏浊度标准菌悬液,用无菌生理盐水将标准菌悬液稀释成  $10^{-1}$ ~ $10^{-8}$  稀释液。选择  $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ 、 $10^{-8}$  进行菌落计数,每个浓度各吸取 1 mL 加入到无菌平板中,每个浓度做 2 个平行。平板中分别倒入冷却到 45  $^{\circ}\text{C}$  左右的 5 种选择性培养基:KF 链球菌琼脂、肠球菌琼脂、CATC 琼脂、Pfizer 琼脂、mEI 琼脂充分混匀。KF 平板 36  $^{\circ}\text{C}$ ,

培养 48 h; 肠球菌琼脂平板 35 °C, 培养 24 h; CATC 平板 35 °C, 培养 48 h; Pfizer 平板 36 °C, 培养 24 h; mEI 平板 41 °C, 培养 24 h。每种培养基同时做一个空白对照。培养结束后, 计数滤膜上生长典型菌落的数量。重复以上实验 5 次。若滤膜上出现典型菌落, 参照 SN/T 1933.2-2007 《食品和水中的肠球菌检验方法 第 2 部分: 滤膜法》(以下简称 SN/T 1933.2-2007)中 9.6 部分进行确证实验。计算 5 种选择性培养基滤膜上生长的肠球菌数量(CFU/100 mL)。

(2)实际样品加标测定

根据 2.2.1(1)方法, 对采集的 20 份生活饮用水(末梢水)进行人工染菌(低浓度)加标。滤器灭菌后, 按照 SN/T 1933.2-2007 中 9.2、9.3 进行检测。同时检测未加标样品作为本底对照。将完成样本过滤的滤膜分别紧贴在 2.2.2(1)

筛选出的培养基表面上进行培养。若滤膜上出现典型菌落, 参照 SN/T 1933.2-2007 中 9.6 部分进行确证实验, 并计算滤膜上生长的肠球菌数量(CFU/100 mL)。

3 结果与分析

3.1 2 种选择性增菌肉汤比较结果

将加标后的肠球菌肉汤和叠氮化钠葡萄糖肉汤检测结果取平均值后, 进行样本配对 *T* 检验,  $t=1.000, P=0.331(P>0.05)$ , 2 种增菌肉汤在结果计数上无显著性差别, 本底数据均<3.00 (MPN/100 mL), 低于检出限。确证实验中, 阳性管接种在肠球菌培养上的菌落呈棕黑色, 符合 SN/T 1933.2-2007 中 8.4.2 部分对典型菌落的描述。具体结果见表 1。

表 1 2 种选择性增菌肉汤检测粪肠球菌结果比较  
Table 1 Comparison of detection results of *Enterococcus faecalis* between 2 kinds of selective enrichment broth

名称	肠球菌肉汤(MPN/100 mL)			叠氮化钠葡萄糖肉汤(MPN/100 mL)		
	高浓度	中浓度	低浓度	高浓度	中浓度	低浓度
末梢水 1	4.60×10 <sup>4</sup>	4.30×10 <sup>3</sup>	3.60×10 <sup>2</sup>	4.60×10 <sup>4</sup>	4.30×10 <sup>3</sup>	3.60×10 <sup>2</sup>
末梢水 2	1.10×10 <sup>5</sup>	9.30×10 <sup>3</sup>	9.10×10 <sup>2</sup>	1.10×10 <sup>5</sup>	9.30×10 <sup>3</sup>	9.10×10 <sup>2</sup>
末梢水 3	4.60×10 <sup>4</sup>	7.50×10 <sup>3</sup>	7.30×10 <sup>2</sup>	4.60×10 <sup>4</sup>	7.50×10 <sup>3</sup>	7.30×10 <sup>2</sup>
井水 1	1.10×10 <sup>5</sup>	1.50×10 <sup>4</sup>	2.00×10 <sup>3</sup>	1.10×10 <sup>5</sup>	1.50×10 <sup>4</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>
井水 2	2.40×10 <sup>5</sup>	2.40×10 <sup>4</sup>	2.30×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>5</sup>	2.40×10 <sup>4</sup>	2.30×10 <sup>3</sup>
井水 3	1.10×10 <sup>5</sup>	1.50×10 <sup>4</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>	1.10×10 <sup>5</sup>	1.50×10 <sup>4</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>

3.2 MPN 法实际样本加标实验检测结果

20 份生活饮用水(末梢水)检测粪肠球菌结果: 叠氮化钠葡萄糖肉汤平均值为 1.95×10<sup>3</sup> (MPN/100 mL), 肠球菌肉汤平均值为 2.34×10<sup>3</sup> (MPN/100 mL), 对样本进行配对 *T* 检验, 得  $t=0.296, P=0.770 (P>0.05)$ , 2 种增菌液在计数结果上没有显著性差别, 本底数据均<3.00 (MPN/100 mL), 低于检出限。确证实验中, 肠球菌培养基上的菌落符合 SN/T 1933.2-2007 中 8.4.2 部分对典型菌落的描述。具体结果见表 2。

表 2 20 份实际样品加标后 MPN 法检测结果  
Table 2 Results of MPN method for 20 actual samples with standard strains added

样品名称	叠氮化钠葡萄糖肉汤 (MPN/100 mL)	肠球菌肉汤 (MPN/100 mL)
末梢水 4	2.40×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>3</sup>
末梢水 5	2.10×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>3</sup>
末梢水 6	2.40×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>3</sup>
末梢水 7	2.40×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>3</sup>
末梢水 8	1.50×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>3</sup>
末梢水 9	2.10×10 <sup>3</sup>	2.10×10 <sup>3</sup>
末梢水 10	2.40×10 <sup>3</sup>	2.10×10 <sup>3</sup>
末梢水 11	2.10×10 <sup>3</sup>	2.10×10 <sup>3</sup>
末梢水 12	2.40×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>3</sup>
末梢水 13	2.40×10 <sup>3</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>
末梢水 14	1.50×10 <sup>3</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>
末梢水 15	2.10×10 <sup>3</sup>	2.10×10 <sup>3</sup>
末梢水 16	1.50×10 <sup>3</sup>	2.10×10 <sup>3</sup>
末梢水 17	1.50×10 <sup>3</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>
末梢水 18	2.10×10 <sup>3</sup>	2.10×10 <sup>3</sup>
末梢水 19	1.50×10 <sup>3</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>
末梢水 20	1.50×10 <sup>3</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>
末梢水 21	1.50×10 <sup>3</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>
末梢水 22	2.10×10 <sup>3</sup>	9.30×10 <sup>2</sup>
末梢水 23	1.50×10 <sup>3</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>

续表 2

### 3.3 滤膜法 5 种培养基比较实验结果

5 次实验后, KF 琼脂出现淡红色菌落, 计数结果  $\bar{X}=10.85$ , 相对标准偏差 (relative standard deviation, RSD)=56.11%; 肠球菌琼脂出现褐色菌落, 并带有黑色晕环, 计数结果  $\bar{X}=8.98$ , RSD=62.71%; CATC 琼脂出现深红色菌落, 计数结果  $\bar{X}=11.05$ , RSD=55.57%; Pfizer 琼脂出现棕黑色菌落, 并带有棕黑色晕环, 计数结果  $\bar{X}=8.42$ , RSD=64.48%; mEI 琼脂出现蓝色菌落, 计数结果  $\bar{X}=9.3$ , RSD=63.11%, 结果经方差齐性检验得  $t=0.0785$ ,  $P=0.9992$  ( $P>0.05$ ), 认为该资料方差齐。方差分析后, 得  $F=0.16$ ,  $P=0.9566$  ( $P>0.05$ ), 可认为 5 组培养基检测结果总体均数没有显著性差别, 其中 CATC 琼脂与 mEI 琼脂更方便计数, 按照 SN/T 1933.2-2007 中 9.6 部分, 确证滤膜上典型菌落为粪肠球菌。

### 3.4 滤膜法实际样品加标检测结果

20 份生活饮用水(末梢水)检测肠球菌结果: CATC 琼脂平均值为  $1.815 \times 10^3$  CFU/100 mL, mEI 琼脂为  $1.784 \times 10^3$  CFU/100 mL。样本配对  $T$  检验比较, 得  $t=1.722$ ,  $P=0.106$  ( $P>0.05$ ), 2 种培养基在滤膜计数上并无显著性差别, 且本底均  $<1.00$  CFU/100 mL, 按照 SN/T 1933.2-2007 中 9.6 部分, 确证滤膜上典型菌落为粪肠球菌, 详见表 3。

表 3 20 份实际样品加标后滤膜法检测结果

Table 3 Results of filter method for 20 actual samples with standard strains added

样品名称	CATC 琼脂/(CFU/100 mL)	mEI 琼脂/(CFU/100 mL)
末梢水 4	$1.63 \times 10^3$	$1.67 \times 10^3$
末梢水 5	$1.70 \times 10^3$	$1.70 \times 10^3$
末梢水 6	$1.87 \times 10^3$	$1.82 \times 10^3$
末梢水 7	$1.83 \times 10^3$	$1.74 \times 10^3$
末梢水 8	$1.77 \times 10^3$	$1.78 \times 10^3$
末梢水 9	$1.80 \times 10^3$	$1.67 \times 10^3$
末梢水 10	$1.73 \times 10^3$	$1.60 \times 10^3$
末梢水 11	$1.80 \times 10^3$	$1.77 \times 10^3$
末梢水 12	$2.00 \times 10^3$	$2.03 \times 10^3$
末梢水 13	$1.93 \times 10^3$	$1.90 \times 10^3$
末梢水 14	$1.87 \times 10^3$	$1.93 \times 10^3$
末梢水 15	$1.68 \times 10^3$	$1.67 \times 10^3$
末梢水 16	$1.63 \times 10^3$	$1.60 \times 10^3$
末梢水 17	$1.83 \times 10^3$	$1.77 \times 10^3$
末梢水 18	$1.90 \times 10^3$	$1.83 \times 10^3$
末梢水 19	$1.73 \times 10^3$	$1.80 \times 10^3$
末梢水 20	$1.97 \times 10^3$	$2.00 \times 10^3$
末梢水 21	$1.92 \times 10^3$	$1.80 \times 10^3$
末梢水 22	$1.88 \times 10^3$	$1.90 \times 10^3$
末梢水 23	$1.83 \times 10^3$	$1.70 \times 10^3$

## 4 讨论

生活饮用水的水质安全直接关系到居民的健康, 一旦受到污染, 将会对人类的生命安全构成极大威胁<sup>[14]</sup>。卫生学家认为, 肠球菌对恶劣的外环境和冷冻条件具有较强的抵抗力, 因此将其作为生活饮用水水质监测的污染指标更具有卫生学意义<sup>[15]</sup>。本研究可以看出 26 份生活饮用水中肠球菌污染程度均低于检出限, 相对安全。经过多次实验可以看出, 2 种方法均适用于饮用水中肠球菌的检测, 所得结果均在接受范围之内, 操作方法简单、灵敏度高、成本低、适用于基层实验室, 可作为饮用水中肠球菌检测方法进行推广。

研究中发现: 叠氮化钠葡萄糖肉汤很难在 24 h 产生混浊, 通常需要培养 48 h。相比之下, 肠球菌肉汤 24 h 就会产生明显变化, 更节省时间、节约能源。叠氮化钠葡萄糖肉汤阳性管呈混浊状, 不易观察, 而肠球菌肉汤阳性管颜色明显变黑, 更加清晰明确。因此, 粪肠球菌检测中更推荐使用肠球菌肉汤作为 MPN 法的培养基。

SN/T 1933.2-2007 中使用 mEI 琼脂作为滤膜法的选择性培养基, 本研究购买了市场上功能相似的 5 种培养基, 在相同条件下进行测评。5 种培养基的培养结果显示, 肠球菌琼脂和 Pfizer 培养基的菌落表面带有黑色晕环, 当菌落较多时, 不利于计数, 不建议使用。KF 琼脂与 CATC 琼脂配方接近, 典型菌落特征相同, 培养时间均为  $48 \pm 2$  h, 但 KF 培养基选择性较强, 肠球菌生长容易受到抑制, 菌落较小且生长缓慢。mEI 琼脂作为行业标准中使用的滤膜法选择性培养基, 适合滤膜法使用, 但价格较高。CATC 琼脂在本次研究中呈现优异效果, 因此推荐 CATC 琼脂或 mEI 培养基作为滤膜法选择性培养基。

实验过程中在过滤 30、10、3 mL 3 个梯度样品时, 由于样本量较少, 同等过滤压力下, 过滤速度很快, 样本还未平铺于滤纸之上就已滤干, 很难使样本均匀分布在滤膜上。培养后菌落聚集成片, 特别是带有晕环典型菌落, 不易观察, 难以计数, 后续会对此问题进行改进。

本研究明确实验中所用的增菌肉汤、培养基, 为提高检验结果的准确性和实验室的检验检测能力奠定坚实基础。后续实验会扩大采样范围及种类、增加样本量, 为完善饮用水中肠球菌的检测提供更多科学依据。

### 参考文献

- [1] 刘丹, 王佳贺. 肠球菌属耐药机制研究进展[J]. 检验医学与临床, 2018, 4: 568-570.
- Liu D, Wang JH. Research progress on drug resistance mechanism of *Enterococcus* [J]. Lab Med Clin, 2018, 4: 568-570.
- [2] 杨毓环, 马群飞, 洪锦春. 多种肠球菌污染引起的肠球菌性食物中毒的实验室调查分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2013, 12: 2664-2666.
- Yang YH, Ma QF, Hong JC. Laboratory investigation on a food poisoning

- case caused by a variety of *Enterococcus* [J]. Chin J Health Lab Technol, 2013, 12: 2664–2666.
- [3] 李晓柠, 李鸿鸣, 李彬, 等. 一起由粪肠球菌引起的食物中毒[J]. 预防医学论坛, 2006, 12(4): 498–498.  
Li XN, Li HM, Li B, et al. A case of food poisoning caused by *Enterococcus faecalis* [J]. Prev Med Trib, 2006, 12(4): 498–498.
- [4] 彭子欣, 王伟, 胡豫杰. 食品及环境样品中肠球菌快速检验方法的建立及优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(6): 2240–2246.  
Peng ZX, Wang W, Hu YJ. Development and optimization of rapid detection of *Enterococcus* spp. in retailed raw pork and environment samples [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(6): 2240–2246.
- [5] 容庭, 何前, 陈庄, 等. 尿肠球菌及其在仔猪生产上的研究现状[J]. 饲料工业, 2008, 22: 55–57.  
Rong T, He Q, Chen Z. *Enterococcus faecium* and its application in piglet production [J]. Feed Ind, 2008, 22: 55–57.
- [6] 成晓维, 唐食明, 游淑珠. 水中粪链球菌的检测研究[J]. 科技资讯, 2010, 15: 223–225.  
Cheng XW, Tang SM, You SZ. Detection of *Streptococcus faecalis* in water [J]. Sci Technol Inform, 2010, 15: 223–225.
- [7] 古文娟, 曹民, 王翠苹. 2017-2018 年北京市某区生活饮用水理化指标监测结果分析[J]. 职业与健康, 2020, 36(6): 845–847.  
Gu WJ, Cao M, Wang CP. Analysis on monitoring results of physical and chemical indicators of drinking water in a district of Beijing from 2017 to 2018 [J]. Occup Health, 2020, 36(6): 845–847.
- [8] ISO 7704-1985. Water quality-Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses [S].
- [9] ISO 7899-2-2000. Water quality-Detection and enumeration of intestinal *Enterococci*-Part 2: Membrane filtration method [S].
- [10] 季婉菁. 饮用水中特殊污染物-肠球菌检测方法[J]. 化工设计通讯, 2019, 9: 77.  
Ji WJ. Special pollutants in drinking water-Method for detection of *Enterococci* [J]. Chem Eng Design Commun, 2019, 9: 77.
- [11] 方莹, 樊惠华, 刘亚芬. 生活饮用水中微生物学检验能力验证的结果与分[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(11): 2652–2656.  
Fang Y, Fan HH, Liu YF. Results and analysis of detection ability for microbiological parameters in drinking water [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(11): 2652–2656.
- [12] SN/T 1933.1-2007 食品和水中的肠球菌检验方法 第 1 部分: 平板计数法和最近似值测定法[S].  
SN/T 1933.1-2007 Detection of *Enterococci* in food and water-Part 1: Method for plate count and MPN [S].
- [13] SN/T 1933.2-2007 食品和水中的肠球菌检验方法-第 2 部分: 滤膜法[S].  
SN/T 1933.2-2007 Detection of *Enterococci* in food and water-Part 2: Method for membrane filtration [S].
- [14] 孙元媛, 李亚楠, 宋翔. 对某市生活饮用水微生物指标的监测分析与风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2614–2619.  
Sun YY, Li YN, Song X. Analysis and risk assessment of microorganisms in drinking water in a city of China [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(7): 2614–2619.
- [15] 陆志惠, 韩敏奇, 蒋增辉. 固定底物技术酶底物法检测上海地表水中肠球菌[J]. 供水技术, 2015, 4: 53–55.  
Lu ZH, Han MQ, Jiang ZH. Detection of *enterococci* in Shanghai surface water by immobilized substrate technique and enzyme substrate method [J]. Water Technol, 2015, 4: 53–55.

(责任编辑: 张晓寒)

## 作者简介



孙景昱, 硕士研究生, 主管药师, 主要研究方向为微生物检验。  
E-mail: 769976144@qq.com



赵薇, 博士, 副主任技师, 主要研究方向为微生物检验及流行病学。  
E-mail: weizhao81226@126.com