

苏州 X 水厂供水生产中肠球菌分布的初步考察

Preliminary Investigation on Distribution of Enterococcus in Water Supply Production of Suzhou X Waterworks

周东海¹ 赵旭坤² 王晋宇¹ 杨 烨¹ 陈玲璐¹

(1. 苏州苏水环境监测服务有限公司, 江苏 苏州 215000)

(2. 爱德士緬因生物制品贸易(上海)有限公司, 上海 200336)

Zhou Dong hai¹ Zhao Xu kun² Wang Jin yu¹ Yang Ye¹ Chen Ling hu¹

(1.Suzhou Sushui Environmental Monitoring Service Co., Ltd, Jiangsu Suzhou 215000)

(2. IDEXX Laboratories (Shanghai) Co. Ltd., Shanghai 200336, China)

摘 要: 通过对多管法和酶底物法检测水中肠球菌进行了比较, 二者在检测肠球菌标准悬浮液、定量质控样品结果基本一致, 在苏州地区部分水源水中的检测结果, 酶底物法的结果略高于多管法。对 X 水厂水源地及其周边肠球菌进行检测分析, 其分布具有一定的差异; 对 X 水厂过程水肠球菌进行检测分析, 沉淀池及其后续工艺段出水肠球菌均未检出, 对出厂水肠球菌的污染风险小。

关键词: 肠球菌; 多管法; 酶底物法; 水源地; 过程水

Abstract: By comparison of multiple tube method and enzyme substrate method in the detection of Enterococcus in water, the result showed that no statistically significant difference between enzyme substrate method and multiple tube method in the detection of Enterococcus standard sample suspension and quantitative quality control samples. The result of enzyme substrate method were slightly higher than that of multiple tube method in the detection of some source water in Suzhou area. There were some differences in the distribution of Enterococcus by detection and analysis in the water source and its surrounding areas of X water plant, and result of detection of Enterococcus in the process water of X water plant showed that no Enterococcus was detected in the effluent of sedimentation tank and its follow-up process section, while the risk of contamination of Enterococcus in finished water was small.

Key words: Enterococcus; Multiple Tube Technique; Enzyme Substrate Technique; Water Source; Process Water

肠球菌(Enterococcus)为革兰氏阳性球菌, 广泛存在于人和动物的消化道内, 然而近期研究表明肠球菌可在宿主寄生, 导致宿主免疫防御机制紊乱, 从而引起病理改变, 可以引起宿主脑膜炎、尿路感染等多种疾病。肠球菌具有一定的天然耐药性和获得性耐药性, 更加容易污染食品和生活饮用水, 增加了其感染治疗的难度^[1]。肠球菌一般不能在水中增殖, 但在水中存活时间长, 可与大肠菌群一起作为水体粪便污染的指示菌, 目前已被用于供水管网系统维修后和新铺设后的水质增加检测项目^[2], 目前 GB 5749-2006《生活饮用水卫生标准》附录 A 中, 已经将其列为补充指标, 并且给定了限值要求。

目前, 水中肠球菌的定量检测方法主要为多管法和滤膜法^[3], 由于其操作过程繁琐, 检测周期长, 很难满

足日常快速检测的要求。肠球菌检测的酶底物法采用成品的培养基及试剂, 操作较为简便, 24h 即可得出结果, 目前, 辽宁省和山东省已经将其作为地方标准, 其标准号分别为 DB21/T 3111-2019 和 DB37/T 4153-2020。

然而, 目前有关水源地及工艺过程水中肠球菌分布的报道较少, 郑萍等^[4]调查了北方地区 8 个水库丰水期和枯水期微生物污染及指示菌, 通过检测多种微生物综合指标和肠道致病菌, 得出肠球菌与肠道致病菌的相关性最强。

本文通过标准菌稀释悬浮液、定量质控样品、多种实际样品对多管法和酶底物法的肠球菌检测方法进行了比较, 最终选定酶底物法考察了苏州 X 水厂水源地及其部分周边地区肠球菌的分布情况, 并检测了 X 水厂工艺

过程水中的肠球菌，为水厂安全生产提供一定基础资料。

1 实验部分

1.1 材料与试剂

肠球菌酶底物法采用的 Enterolert™ 试剂包由爱德士公司提供；多管法采用的叠氮化钠-葡萄糖培养基和 Pfrizer 培养基购自海博生物技术有限公司；肠球菌标准菌株（ATCC 29212）购自中国工业微生物菌种保藏管理中心；肠球菌定量质控样品购自中国检验检疫科学研究院。

1.2 实验方法

多管法检测参照 CJ/T 141-2018《城镇供水水质标准检验方法》10.3.1；酶底物法检测参照 DB21/T 3111-2019《水质 肠球菌的测定 固定底物技术酶底物法》；浑浊度使用 Hach 2100Q 便携式浊度仪检测；标准菌株悬浮液制备方法：将菌株冻干粉用营养肉汤复苏，35℃ 振荡培养 24h，然后使用生理盐水 10 倍系列稀释得到适宜浓度的悬浮液。

1.3 X 水厂水处理流程

X 水厂位于苏州市相城区，供水量 50 万 m³/d，使用臭氧-生物活性炭深度处理工艺，其工艺流程示意图如图 1 所示。

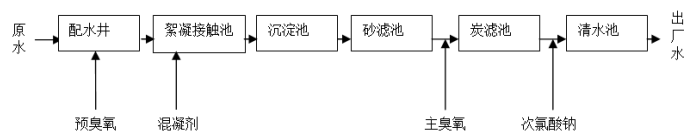


图 1 X 水厂工艺流程示意图

Fig.1 Outline process chart of X waterworks

1.4 X 水厂水源地取样点位及分布

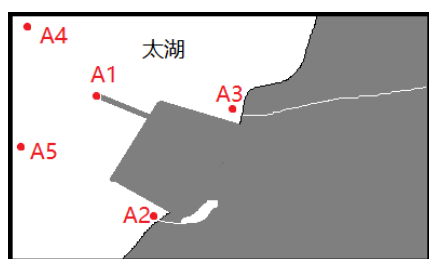


图 2 JS 水源地取样点位分布示意图

Fig.2 Distribution of Sampling Points of JS Water Sources

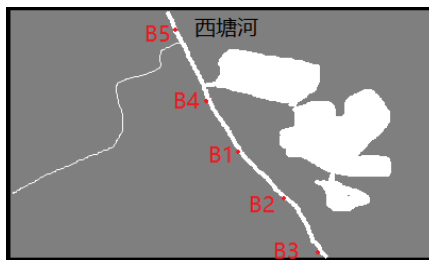


图 3 XT 应急水源地取样点位分布示意图

Fig.3 Distribution of

Sampling Points of XT Emergency Water Sources

X 水厂水源地分别为 JS 水源地和 XT 应急水源地，其中 JS 水源地是苏州市太湖饮用水水源地之一，XT 应

急水源地位于苏州市西塘河，具体采样点位见图 2 和图 3，其中，A1 和 B1 分别为取水口的位置，其经纬度约为（东经 120.381，北纬 31.377）和（东经 120.567，北纬 31.362）。

2 结果与讨论

2.1 肠球菌检测方法的确认

2.1.1 标准菌株悬浮液和定量质控样品检测结果

将肠球菌标准菌株悬浮液稀释至 10⁰~10³ 水平，得到 10 组样品（其中 1 组空白样品），分别采用多管法和酶底物法检测，结果如表 1 所示。

表 1 标准菌株检测结果

Tab. 1 Result of Standard Strain Detection

样品编号	多管法 / (MPN/100mL)	酶底物法 / (MPN/100mL)
1	< 2	< 1.0
2	4	3.1
3	22	21.8
4	22	23.3
5	110	114.3
6	140	146.7
7	350	372.5
8	350	357.8
9	920	960.6
10	920	913.9

由表 1 可以看出，采用多管法和酶底物法检测肠球菌标准菌株悬浮液，结果基本一致，采用配对 t 检验对两种方法结果进行统计分析，结果表明二者没有统计学意义上的显著差异。分别采用多管法和酶底物法检测定量质控样品（QC-FD-072），多管法检测结果为 920MPN/100mL，酶底物法检测结果为 980.4MPN/100mL，均在质控样品证书所表示的特性值区内。

2.1.2 实际样品检测结果

分别用多管法和酶底物法检测苏州地区 X 水厂水源水及其周边水系地表水多个实际样品，检测结果见图 4 所示。

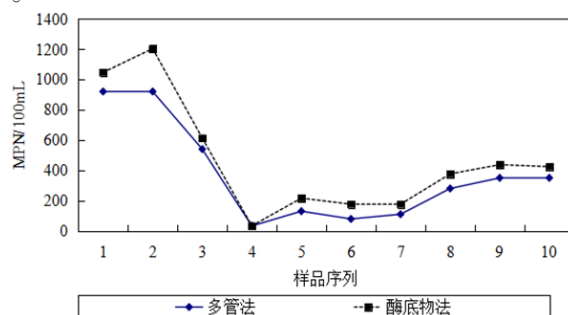


图 4 苏州地区地表水的检测结果

Fig.4 Detection Results of Surface Water in Suzhou Area

从图 4 可以看出，采用酶底物法检测苏州地区部分地表水中肠球菌的结果普遍略高于多管法，可能原因是酶底物法采用了 β -葡萄糖苷酶分解 4-甲基伞形酮产荧光的原理，而自然界中， β -葡萄糖苷酶来源相对广泛，除了肠球菌以外，多种动植物、真菌、细菌都能够产生 β -葡萄糖苷酶^[5]，可能导致结果偏高；而多管法

第一步使用叠氮化钠来抑制部分革兰氏阴性菌的生长,而叠氮化钠抑菌的原理是抑制细胞色素氧化酶(P450),无法保证革兰氏阳性菌不被抑制,所以检测结果会偏低。

考虑到酶底物法检测的便捷性,后期采用酶底物法检测X水厂水源地及周边以及X水厂过程水中肠球菌数量,以得到相对统一的数据分布。

2.2 X水厂水源地及其周边肠球菌分布初步调查

对X水厂两个取水口及其周边点位的肠球菌进行采样检测,每月上下半月各采样一次,连续采样四个月,结果均值如图5所示。

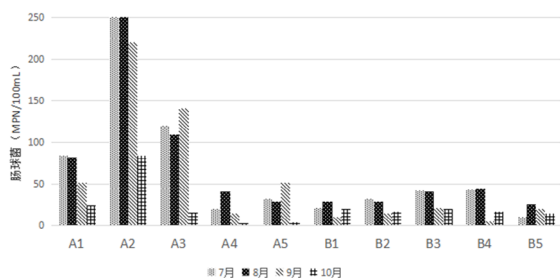


图5 X水厂水源地及其周边点位肠球菌监测结果

Fig.5 Results of Enterococcus in Water Source and its Sampling Points of X Water Plant

从图5可以看出,JS水源地取水口A1点位肠球菌指标结果较低,但其周边点位肠球菌分布差异较大,A2、A3点位肠球菌数量远高于其他点位,可能原因是这两个点位位于入湖的河道内,该河道可能存在部分生活用水的排放,从而导致结果偏高;A4、A5点位均位于太湖中,远离河道,通过湖水的稀释和自净能够达到肠球菌的去除效果。而XT应急水源地及其周边点位肠球菌分布差异不大,总体数量低于JS水源地取水口,可能原因是西塘河属于内河,并且随季节变换以及太湖引江济太的需要流向可能会发生一定变化,从而导致肠球菌的变化规律不明显。

2.3 X水厂工艺过程水肠球菌检测结果分析

对X水厂水源地到出厂水各工艺段过程水取样,检测水中肠球菌数量,每月上下半月各采样一次,连续采样四个月,同时检测浑浊度数值,其均值如表2所示。

表2 X水厂过程水肠球菌检测结果

Tab. 2 Detection Results of Enterococcus in Process Water of X Waterworks

样品名称	肠球菌/(MPN/100mL)				浑浊度/(NTU)			
	7月	8月	9月	10月	7月	8月	9月	10月
原水(取水口)	84	82	51	27	42	47	69	30
原水(配水井前)	76	52	44	20	45	61	78	44
预臭氧出水(配水井后)	4	4	2	2	30	20	21	14
沉淀池出水	<1	<1	<1	<1	2.8	1.5	1.8	1.9
砂滤池出水	<1	<1	<1	<1	0.54	0.47	0.49	0.33
主臭氧出水(炭滤池前)	<1	<1	<1	<1	0.28	0.28	0.24	0.22

炭滤池出水	<1	<1	<1	<1	0.20	0.21	0.19	0.18
出厂水	<1	<1	<1	<1	0.14	0.13	0.15	0.11

从表2可以看出,X水厂过程水中肠球菌主要存在于水源水中,预臭氧出水中肠球菌数量已经降到个位数,沉淀池出水及其以后的各过程水中肠球菌均未检出,可能原因是预臭氧的臭氧氧化作用破坏微生物的结构^[6],使进厂原水的肠球菌得以杀灭;水处理过程中混凝沉淀作用能够有效降低水的浑浊度,而浑浊度与水中微生物有明显的正相关性^[7],从而表现为水中肠球菌数量减少;而后期工艺段缺少肠球菌增殖的条件,表现为肠球菌未检出。

3 结论

①多管法和酶底物法均可以检测水中肠球菌,所得结果均可接受,但检测苏州地区地表水实际样品酶底物法的结果略高于多管法。采用酶底物法检测水中肠球菌,操作简便快速,具有较好的应用和推广价值;

②对X水厂水源地及其周边肠球菌进行检测分析,其分布具有一定的差异;对过程水肠球菌进行检测分析,综合考虑预臭氧的杀菌作用和混凝剂的混凝沉淀作用,沉淀池出水及后期处理段肠球菌均未检出,对出厂水肠球菌的污染风险较小;

③虽然常规的饮用水水源地水质监测中没有肠球菌这一指标,但是国外已经将肠球菌和粪大肠菌共同作为水源粪便污染的指标,建议在水源水的定期监测过程中加入肠球菌指标,可以为进一步控制饮用水水源地的污染,保护水源地,为饮用水安全生产提供保障。

参考文献:

- [1] 瞿婷婷,陈亚刚,俞云松等.肠球菌耐药性研究[J].浙江预防医学,2004,16(7):3-5.
- [2] 世界卫生组织,饮用水水质准则(第4版)[M].上海:上海交通大学出版社,2014.
- [3] CJ/T141-2018,城镇供水水质标准检验方法[S].中华人民共和国住房和城乡建设部,2018.
- [4] 郑萍,孙宗科,张伟等.我国北方地区湖泊和水库水源水微生物污染及指示菌初步研究[J].环境与健康杂志,2019,36(11):1000-1002.
- [5] 常治帅,兰辉,包亚莉等.微生物产 β -葡萄糖苷酶研究进展[J].微生物前沿,2018,7(2):79-86.
- [6] 顾正领,岳宇明,孙杰等.不同净水处理工艺出水水质指标AOC、TOC、HPC的变化比较[J].净水技术,2015,34(5):44-48.
- [7] 王海青,周东海,张骏鹏等.配水管网水中菌落总数分布的调查[J].净水技术,2015,34(4):97-99.

作者简介:

周东海(1991-),男,江苏无锡人,毕业于苏州大学,工程师,研究方向为从事饮用水安全保障工作。

基金项目:江苏太湖水源饮用水安全保障技术集成与综合示范(2012ZX07403-001)