

# 包装饮用水生产工艺中微生物风险分析

陈玲<sup>1</sup>, 杨小鹏<sup>1</sup>, 陆永成<sup>1</sup>, 尚建钢<sup>2</sup>, 罗之纲<sup>2</sup>, 郭伟鹏<sup>1</sup>, 吴清平<sup>1</sup>, 张菊梅<sup>1</sup>

(1. 华南应用微生物国家重点实验室, 广东省菌种保藏与应用重点实验室, 广东省微生物应用新技术公共实验室, 广东省微生物分析检测中心, 广东省微生物研究所, 广东广州 510070)

(2. 上海康识食品科技有限公司, 上海 201100)

**摘要:** 本研究在 A、B、C、D 四个市的包装饮用水生产工艺中的微生物进行调查, 获得微生物污染的基础数据, 评价企业生产工艺中微生物污染控制系统的有效性。全面对四个工厂生产工艺过程中原水、过程水及成品水进行微生物检测, 利用传统和分子方法对优势菌进行菌种鉴定。结果显示, 33 份样品霉菌和酵母计数、大肠菌群检出值均 <1 CFU/mL, 砂滤水和碳滤水的菌落总数均有检出, 且检出值较高。过程水中的产气荚膜梭菌均未检出, 其中碳滤水有检出粪链球菌, 反渗透 (Reverses Osmosis, RO) 水有检出铜绿假单胞菌。共分离到 34 株细菌, 优势菌包括食酸菌属、假单胞菌属、分枝杆菌属和芽胞杆菌属。包装饮用水企业生产工艺对微生物的控制较为有效, 微生物危害风险较低。建议包装饮用水企业建立生产现场微生物识别系统, 加强微生物监控, 掌握生产过程中的微生物风险, 为合理有效地控制生产工艺中微生物风险提供科学依据。

**关键词:** 饮用水; 微生物污染; 生产工艺

文章编号: 1673-9078(2018)09-277-282

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.9.039

## Microbial Risk Assessment for the Production of Bottled Drinking Water

CHEN Ling<sup>1</sup>, YANG Xiao-juan<sup>1</sup>, LU Yong-cheng<sup>1</sup>, SHANG Jian-gang<sup>2</sup>, LUO Zhi-gang<sup>2</sup>, GUO Wei-peng<sup>1</sup>,  
WU Qing-ping<sup>1</sup>, ZHANG Ju-mei<sup>1</sup>

(1.State Key Laboratory of Applied Microbiology Southern China / Guangdong Provincial Key Laboratory of Microbial Culture Collection and Application / Guangdong Open Laboratory of Applied Microbiology / Guangdong Detection Center of Microbiology / Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070, China) (2.Shanghai Kangshi Food Science and Technology Co., Ltd., Shanghai 201100, China)

**Abstract:** Microorganisms from the production process of bottled drinking water plants distributed in A, B, C, D four cities were investigated, to obtain basic microbial contamination data, and evaluate the effectiveness of the microbial contamination control system for the production process of the plants. Microbial analyses of raw water, process water and finished water from the production process of four factories were carried out, and the dominant strains were identified by traditional and molecular identification techniques. The obtained results revealed that the number of molds and yeasts or coliforms of 33 samples was less than 1 CFU/mL. The number of total bacterial colonies in sand-filtering water and carbon-filtering water was detected and the detection values were high. Fecal *streptococcus* was detected in the process water through a carbon filter, and *Pseudomonas aeruginosa* was detected in the Reverses Osmosis (RO) water, although *Clostridium perfringens* was not detected in either water. A total of 34 strains of bacteria were isolated, and dominant bacteria included *Acidovorax* sp., *Pseudomonas* sp., *Mycobacterium* sp., and *Bacillus* sp.. Microbial monitoring in the production process of bottled drinking water is reasonably effective and the microbial risk is low. It is suggested that the bottled drinking water plants should establish the in-process microbial identification system in the production, strengthen microbial supervision, monitor the microbial risk in the production process, and provide scientific basis for the rational and effective control of microbial risk in the production process.

**Key words:** drinking water; microbial contamination; roduction process

收稿日期: 2018-04-28

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFD0401204); 广东省科技计划项目 (2016A010105012); 广州市科技计划项目 (201707020036); 科学院 2017 年实施创新驱动发展能力建设专项资金项目 (2017GDASCX-0201)

作者简介: 陈玲 (1988-), 女, 研究生, 研究方向: 食品安全

通讯作者: 张菊梅 (1968-), 女, 研究员, 研究方向: 食品安全

微生物污染是引起食源性疾病的主要因素, 长期以来, 水传播病原微生物污染一直是饮水安全的最大威胁, 历史上由水为媒介的传染病霍乱、伤寒、脊髓灰质炎、病毒性肝炎和寄生虫病等曾夺去千百万人的生命。尽管现代水消毒处理技术在一定程度上能够控制饮水微生物污染, 但微生物仍然是水质控制的首要

问题。包装饮用水的微生物污染问题是长期困扰生产企业食品安全的质量技术难题,同时也是每年各省市食品安全监管部门重点监督抽查的食品安全指标。世界卫生组织制定的《饮用水水质准则》第3版中明确提出,无论在发展中国家还是发达国家,与饮用水有关的安全问题大多来自微生物。当前,饮用水安全在各国都被摆在首位,随着人们关注度的提高,相应的检测标准也在不断更新。2006年我国制定的生活饮用水卫生标准(GB 5749-2006)中,与GB 5749-1985版相比,水质指标由35项增至106项,微生物指标由2项增至6项,新国标符合国际饮用水标准的发展趋势。随着经济的高速发展和消费者饮水习惯的改变,人们对包装饮用水的需求量日益增长,对水质要求也越来越高,这就要求企业生产过程中的各个环节必须保障饮用水安全,运用多重屏障如臭氧、紫外线(UV)照射、反渗透(RO)、过滤及蒸馏等来保障产品微生物安全<sup>[1]</sup>。目前,国内对于包装饮用水生产过程中出现的微生物(包括食源性致病菌),缺乏系统的调查分析和风险识别,本文以分布在A、B、C、D四个市的包装饮用工厂生产工艺中各环节的水为研究对象,对原水、过程水(指超滤水或砂滤水、碳滤水、UV水、RO水)和成品水进行微生物检测,监测项目包括菌落总数、霉菌和酵母计数、大肠菌群计数,以及铜绿假单胞菌、粪链球菌、产气荚膜梭菌。同时利用传统和分子鉴定技术,对分离到的优势菌进行分类鉴定,以掌握背景资料,形成企业微生物分布图谱,为产品中污染微生物的溯源和工厂生产过程中微生物质量控制提供重要的依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 样品来源

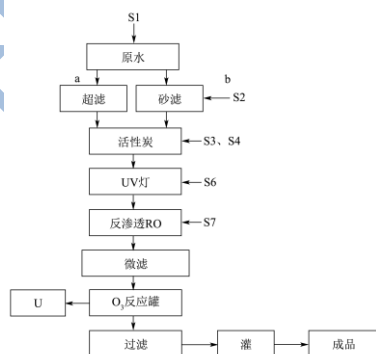


图1 包装饮用水生产工艺及采样点

Fig.1 Production process and samples layout plans in packaged drinking water company

注: a线为A、B、C市工厂生产工艺图, b线为D市工厂生产工艺图, S1~7采样点, 其中S5仅来源A市

根据GB/T 5750.2-2006《生活饮用水标准检验方法 水样的采集与保存》进行采样。采集分布在A、B、C、D四个市的包装饮用工厂内的原水、过程水(指超滤水或砂滤水、碳滤水、UV水、RO水)、成品水共33份样品。工厂生产工艺及采样点见图1, 该包装饮用水企业的原水为市政水, 对其进行多级净化处理, 最终获得成品水。

#### 1.1.2 主要试剂与仪器

微生物培养所用的培养基均由广东环凯微生物科技有限公司生产, API生化鉴定试剂条及其配套试剂购自法国生物梅里埃公司, BIOLOG生化鉴定相关试剂购自美国BIOLOG公司。细菌基因组提取试剂盒及PCR扩增试剂购自广州东盛生物科技有限公司, 真菌基因组提取试剂盒购自美国Omega公司, PCR引物由北京六合华大基因科技有限公司广州分公司合成。

灭菌锅、生化培养箱、PCR仪、恒温水浴锅、超净工作台、生物安全柜。

## 1.2 方法

### 1.2.1 检测方法

菌落总数参照GB/T 5750.12-2006《生活饮用水标准检验方法 微生物指标》, 霉菌和酵母计数参照GB 4789.15-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》, 大肠菌群计数参照GB 4789.3-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》, 铜绿假单胞菌、粪链球菌和产气荚膜梭菌参照GB 8538-2016《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水检验方法》。

### 1.2.2 菌种鉴定

参照《伯杰细菌鉴定手册》<sup>[2]</sup>和《常见细菌系统鉴定手册》<sup>[3]</sup>, 分离的优势菌采用API、BIOLOG生化鉴定系统和PCR方法扩增细菌16S rRNA基因进行菌种鉴定, 其中分子方法具体操作步骤:

#### 1.2.2.1 基因组DNA提取

选取样品培养所得微生物菌落中的优势菌株分离纯化后, 根据相应基因组DNA提取试剂盒说明书进行DNA的提取。

#### 1.2.2.2 细菌鉴定方法

采用PCR方法扩增目标菌株的16S rRNA基因, 引物: F27 (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3'), R1492 (5'-TAC GGC TAC CTT GTT ACG ACT T-3'); PCR扩增条件: 94℃预变性, 5 min; 94℃变性, 1 min; 56℃退火, 1 min; 72℃延伸, 2 min; 共进行30循

环; 最后 72 °C 终延伸, 7 min。

### 1.2.2.3 测序与分析

扩增产物交付北京六合华大基因科技有限公司广州分公司进行测序分析。最后将所得测序结果提交到 GENBANK([http:// www. ncbi. nlm. nih. gov/blast](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast))进行比对, 分析其与数据库中序列的相似性。

## 2 结果与讨论

### 2.1 生产工艺中微生物检测结果

共采集 33 份样品 (A 市 10 份, B 市 9 份, C 市和 D 市各 7 份), 进行菌落总数、霉菌和酵母计数、大肠菌群计数, 以及铜绿假单胞菌、粪链球菌、产气荚膜梭菌的检测。所有样品霉菌和酵母计数、大肠菌群检出值均 <1 CFU/mL; 砂滤水、碳滤水的菌落总数检出值较高, 次之为 UV 水。33 份样品中除了 B 市的 RO 水检出铜绿假单胞菌 (检出值为 6 CFU/250 mL)、A 市的碳滤水检出粪链球菌 (检出值为 10 CFU/250 mL); 其他样品铜绿假单胞菌和粪链球菌检出值均为 0 CFU/250 mL、产气荚膜梭菌检出值均为 0 CFU/50 mL。过程水 (指超滤水或砂滤水、碳滤水、UV 水、RO 水) 具体检测结果见表 1, 铜绿假单胞菌、粪链球菌、产气荚膜梭菌的检测检测结果见表 2。

由结果可知, 四个工厂原水、超滤水以及成品水

的微生物总体风险较低, 其中经过臭氧工艺后的成品水所检测的微生物指标均未检出。而碳滤水菌落总数检出值较高, 水体作为营养物质、颗粒物和微生物的载体, 在其流动的过程中, 微生物利用水体中的有机物进行生长繁殖, 最终粘附在管壁上, 随着时间推移, 有可能形成生物膜。活性炭是种多孔性含炭物质, 由于它具有发达的孔隙结构和巨大的比表面积, 故能有效去除水中有机污染物, 同时为微生物的栖息提供了场所<sup>[4]</sup>。越来越多研究表明, 活性炭出水中微生物的数量会增加, 主要是由于活性炭床上附着大量微生物, 这些微生物从炭床脱落进入出水, 从而使得活性炭出水中的微生物普遍高于其他单元出水的微生物。活性炭出水的细菌常与细小的活性炭颗粒一并流出, 受炭粒的保护, 该类细菌对不良环境有较强的适应性<sup>[5]</sup>。各种微生物可认为是以颗粒状态存在, 建议工厂采用在线的颗粒计数仪定量检测出水中的颗粒物, 通过控制各类颗粒的数量, 保障水的微生物安全性。除此以外, 应适当增加对活性炭的清洗消毒频率, 定期更换活性炭, 避免因吸附饱和失去功效。相比碳滤水检测结果, UV 水菌落总数检出值略低, 但其带来的微生物风险, 会对后续水处理工艺中 RO 膜增加负荷, 降低使用寿命, 应引起关注。而在水处理工艺的末端添加了微滤 (孔径 ≤ 1 μm) 可去除细菌等颗粒污染物, 降低了水体进入灌装区的微生物风险。

表 1 过程水检测结果

Table 1 Microbiological detection of supply-water

样品名称	样品编号	菌落总数/(CFU/mL)	霉菌计数/(CFU/mL)	酵母计数/(CFU/mL)
超滤水	AS2	<1	<1	<1
	BS2	<1	<1	<1
	CS2	<1	<1	<1
砂滤水	DS2	3.7×10 <sup>3</sup>	<1	<1
	AS3	2	<1	<1
	BS3	7.2×10 <sup>2</sup>	<1	<1
	CS3	2.4×10 <sup>3</sup>	<1	<1
碳滤水 1	DS3	1.8×10 <sup>3</sup>	<1	<1
	AS4	2.2×10 <sup>4</sup>	<1	<1
	BS4	1.3×10 <sup>2</sup>	<1	<1
	CS4	7.0×10 <sup>3</sup>	<1	<1
碳滤水 2	DS4	3.8×10 <sup>4</sup>	<1	<1
	AS5	4.4×10 <sup>3</sup>	<1	<1
	AS6	2.3×10 <sup>2</sup>	<1	<1
UV 水	BS6	1.2×10 <sup>3</sup>	<1	<1
	CS6	4.6×10 <sup>3</sup>	<1	<1
	DS6	3.1×10 <sup>3</sup>	<1	<1

转下页

接上页

RO 水	AS7	7	<1	<1
	BS7	<1	<1	<1
	CS7	<1	<1	<1
	DS7	<1	<1	<1

表 2 致病菌检测结果

Table 2 Microbiological detection of pathogenic bacteria

样品名称	样品编号	铜绿假单胞菌/(CFU/250 mL)	粪链球菌/(CFU/250 mL)	产气荚膜梭菌/(CFU/50 mL)
原水	AS1、BS1、CS1、DS1	0	0	0
超滤水	AS2、BS2、CS2	0	0	0
砂滤水	DS2	0	0	0
碳滤水 1	AS3、BS3、CS3、DS3	0	0	0
碳滤水 2	AS4、BS4、CS4、DS4	0	0	0
碳滤水 3	AS5	0	10	0
UV 水	AS6、BS6、CS6、DS6	0	0	0
RO 水	AS7、CS7、DS7	0	0	0
	BS7	6	0	0

## 2.2 菌种鉴定

从四个工厂分离出 34 株菌株进行鉴定,均鉴定为细菌,未分离到真菌,结果见表 3。分离的 34 株细菌中,共包括 3 个门,16 个属,21 个种,4 株未鉴定到种,优势种群为食酸菌属(主要分离自碳滤水和 UV 水)、假单胞菌属、芽胞杆菌属和分枝杆菌属(主要分离自超滤水和 UV 水)。从属的水平分析,分离的细菌主要由食酸菌属(18.2%)、假单胞菌属(12.1%)、分枝杆菌属(12.1%)、芽胞杆菌属(9.1%),其他占一小部分。分离的 34 株细菌中条件致病细菌有:乙酸钙不动杆菌(分离自砂滤水)、偶发分枝杆菌(分离自 RO 水和超滤水)、铜绿假单胞菌(分离自 RO 水)、粪链球菌(分离自碳滤水),其中不动杆菌属是非发酵条件致病细菌,当机体抵抗力降低时可引起各种感染如脑膜炎、心内膜炎及败血症等<sup>[6]</sup>,偶发分枝杆菌属是革兰氏阳性杆菌,细胞壁含有分枝菌酸,为胞内寄生

菌,能引起长期慢性感染,其中偶发分枝杆菌具有较强的适应力、容易引起伤口反复腐烂<sup>[7]</sup>。B 市工厂的 RO 水中检出铜绿假单胞菌,铜绿假单胞菌是一种重要的水源性致病菌,广泛存在于各类型水中,该菌的生长对营养要求不高,对紫外线、消毒剂、干燥等物理因素及不良环境有较强的抵抗力,不易被杀死<sup>[8,9]</sup>;它能产生抗药性,增加感染患者的死亡风险,作为条件致病菌,可能引起急性肠道炎、脑膜炎、败血症等疾病<sup>[10]</sup>。本研究团队魏磊等<sup>[11]</sup>对全国 36 家水厂的 108 份样本进行该菌的检测,结果显示全国山泉水水源水、活性炭过滤后水污染率较高,分别为 66.7%、83.3%。除了铜绿假单胞菌,粪链球菌在水中的检出率也很高,Wei L 等<sup>[12]</sup>在 314 份水中有 48 份样品检出粪链球菌,其中碳滤后水的粪链球菌污染率最高,为 34.5%。本文 A 市工厂的碳滤水同样检出粪链球菌,对于如何监控分析此类条件致病细菌污染原因并进行有效控制已成为包装饮用水生产厂家密切关注的问题。

表 3 菌种鉴定结果

Table 3 Identification of the predominant strains

门	属	菌种名称	样品编号	样品名称
变形菌门 (Proteobacteria)	食酸菌属 (Acidovorax sp.)	德氏食酸菌 (Acidovorax delafieldii)	AS4-1	碳滤水 2
			CS3-1	碳滤水 1
			BS3-2	碳滤水 1
			CS4-1	碳滤水 2
			CS6-1	UV 水
			DS6-1	UV 水

转下页

接上页

	不动杆菌属 ( <i>Acinetobacter</i> sp.)	乙酸钙不动杆菌 ( <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> )	DS2-1	砂滤水
		铜绿假单胞菌 ( <i>Pseudomonas aeruginosa</i> )	BS7-2	RO 水
	假单胞菌属 ( <i>Pseudomonas</i> sp.)	产碱假单胞菌 ( <i>Pseudomonas alcaligenes</i> )	DS2-2	砂滤水
		<i>Pseudomonas linyingensis</i> <sup>a</sup>	DS3-1	碳滤水 1
		施氏假单胞菌 ( <i>Pseudomonas stutzeri</i> )	DS3-3	碳滤水 1
		解甘露醇罗尔斯顿菌 ( <i>Ralstonia mannitolilytica</i> )	DS4-1	碳滤水 2
	罗尔斯顿菌属 ( <i>Ralstonia</i> sp.)	<sup>b</sup>	AS4-2	碳滤水 2
			BS4-2	碳滤水 2
			AS3-4	碳滤水 1
	鞘氨醇单胞菌属 ( <i>Sphingomonas</i> sp.)	少动鞘氨醇单胞菌 ( <i>Sphingomonas paucimobilis</i> )	AS3-3	碳滤水 1
		<i>Sphingopyxis terrae</i> <sup>a</sup>	DS6-2	UV 水
	短波单胞菌属 ( <i>Brevundimonas</i> sp.)	<sup>b</sup>	AS6-2	UV 水
	草螺菌属 ( <i>Herbaspirillum</i> sp.)	<i>Herbaspirillum huttiense</i> <sup>a</sup>	AS6-3	UV 水
	氢噬胞菌属 ( <i>Hydrogenophaga</i> sp.)	<i>Hydrogenophaga atypica</i> <sup>a</sup>	CS4-2	碳滤水 2
	<i>Kerstersia</i> sp. <sup>a</sup>	<sup>b</sup>	AS5-2	碳滤水 3
		<i>Bacillus arbutinivorans</i> <sup>a</sup>	AS3-1	碳滤水 1
	芽胞杆菌属 ( <i>Bacillus</i> sp.)	科赫芽胞杆菌 ( <i>Bacillus kochii</i> )	AS7-1	RO 水
		枯草芽胞杆菌 ( <i>Bacillus subtilis</i> )	AS6-5	UV 水
厚壁菌门 ( <i>Firmicutes</i> )	肠球菌属 ( <i>Enterococcus</i> sp.)	粪链球菌 ( <i>Enterococcus faecalis</i> )	AS5-1	碳滤水 3
	微小杆菌 ( <i>Exiguobacterium</i> sp.)	金橙黄微小杆菌 ( <i>Exiguobacterium aurantiacum</i> )	AS3-5	碳滤水 1
	微杆菌 ( <i>Microbacterium</i> sp.)	<i>Microbacterium laevaniformans</i> <sup>a</sup>	BS4-1	碳滤水 2
		<i>Microbacterium trichothecenolyticum</i> <sup>a</sup>	AS6-1	UV 水
	微球菌 ( <i>Micrococcus</i> sp.)	藤黄微球菌 ( <i>Micrococcus luteus</i> )	BS3-1	碳滤水 1
放线菌门 ( <i>Actinobacteria</i> )	分枝杆菌属 ( <i>Mycobacterium</i> sp.)	偶发分枝杆菌 ( <i>Mycobacterium fortuitum</i> )	AS6-4	UV 水
		产粘液分枝杆菌 ( <i>Mycobacterium mucogenicum</i> )	AS2-1	超滤水
		<sup>b</sup>	BS7-1	RO 水
			BS2-1	超滤水
未定	热单胞菌属 ( <i>Thermomonas</i> sp.)	<sup>b</sup>	AS3-2	碳滤水 1

注: a 为未查到中文种名; b 为未鉴定到种。

### 3 结论

包装饮用水企业四个工厂生产工艺对微生物的控制较为有效, 微生物危害风险较低。在我国, 包装饮

用水微生物污染存在企业生产的各个环节,从源头难以有效控制;且微生物种类多易发生变异,使得污染控制技术需不停的调整和优化,以获得一套有效的车间质量监测体系。包装饮用水企业可参照 GB 19304-2018《食品安全国家标准 包装饮用水生产卫生规范》的相关要求,以及该标准附录 A“包装饮用水加工过程的微生物监控程序指南”,进行固定频率的监控,各监控点的监控结果应当符合监控指标的限值并保持稳定,当发现严重不符合时,应立即纠正,同时查找问题原因。除此以外,建议包装饮用水企业开展常态化的微生物监控,除了对包装饮用水生产工艺的各个环节的水进行监控外,还应对环境、人员、设备和产品包装材料等进行微生物污染调查和风险识别研究,以获取完整的微生物风险评估数据;对于重要致病菌的监控,企业可根据条件引入 PCR 或环介导等温扩增(LAMP)等快速检测方法。管控产品发生微生物污染的风险,建立包装饮用水微生物安全风险和溯源数据库,依据现有规程及时纠正,从而建立新型包装饮用水的质量控制体系,提升整个行业风险控制能力,保证产品安全。

### 参考文献

- [1] Nicholas Dege. 瓶装水技术[M].北京:中国轻工业出版社,2013  
Nicholas Dege. Technology of Bottled Water [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013
- [2] R.E.布坎南.伯杰细菌鉴定手册[M].北京:科学出版社,2002  
Buchanan R E. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology [M]. Beijing: Science Press, 2002
- [3] 东秀珠,蔡妙英等.常见细菌系统鉴定手册[M].北京:科学出版社,2001  
DONG Xiu-zhu, CAI Mei-ying, et al. Identification of Common Bacteria in the System Manual [M]. Beijing: Science Press, 2001
- [4] 张明露,刘文君,李翠萍等.活性炭净水工艺微生物安全性研究[J].给水排水,2015,51(08):22-26  
ZHANG Ming-lu, LIU Wen-jun, LI Cui-ping, et al. Study of microbial safety in biological activated carbon filtration process [J]. Water & Wastewater, 2015, 51(08): 22-26
- [5] 王祝玲.给水处理中臭氧-活性炭工艺微生物安全性研究[D].北京:清华大学,2010  
WANG Zhu-ling. Investigation on the microbiological safety of O<sub>3</sub>-BAC process in drinking water treatment [D]. Beijing: Tsinghua University, 2010
- [6] 王旭.我国不动杆菌的耐药性、遗传多态性及产 NDM 耐药菌研究[D].北京:中国人民解放军军事医学科学院,2015  
WANG Xun. Study on Antimicrobial resistance and genetic polymorphism of *Acinetobacter spp.* and molecular detection of NDM producers in China [D]. Beijing: Academy of Military Medical Sciences, 2015
- [7] 王立洲.臀部不洁注射致偶发分枝杆菌感染[J].世界最新医学信息文摘,2017,17(04):184-185  
WANG Li-zhou. Infection of *Mycobacterium fortuitum* by impure injection in buttocks [J]. World Latest Medicine Information, 2017, 17(04): 184-185
- [8] 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(03):737-741  
LIAO Zhen-yu, CAO Dong-li, ZHANG Hua, et al. Current situation and existing problems of packages drinking water industry in China [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2017, 8(03): 737-741
- [9] 曾晓琼,苏妙贞,韩志杰等.桶装水中铜绿假单胞菌耐药性分析及 RAPD-PCR 分型研究[J].现代食品科技,2017,33(04):114-119,314  
ZENG Xiao-cong, SU Miao-zhen, HAN Zhi-jie, et al. Antibiotic resistance and random amplified polymorphic DNA PCR typing of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from barreled water [J]. Modern Food Science & Technology, 2017, 33(04): 114-119,314
- [10] 李欢,赵建夫,王虹.饮用水输配系统中条件致病菌的健康风险和生长因素[J].中国给水排水,2017,33(10):41-45  
LI Huan, ZHAO Jian-fu, WANG Hong. Opportunistic pathogens in drinking water distribution systems: Health risks and growth factors [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(10): 41-45
- [11] 魏磊,吴清平,张菊梅等.矿泉水和山泉水中铜绿假单胞菌污染调查及分离菌株毒力基因与耐药性分析[J].微生物学通报,2015,42(01):125-132  
WEI Lei, WU Qing-ping, ZHANG Ju-mei, et al. The pollution survey of *Pseudomonas aeruginosa* in mineral water and spring water and the analyses of virulence genes and antibiotic resistance of the isolates [J]. Microbiology China, 2015, 42(01): 125-132
- [12] 魏磊,吴清平,张菊梅等.矿泉水和山泉水中铜绿假单胞菌污染调查及分离菌株毒力基因与耐药性分析[J].微生物学通报,2015,42(01):125-132  
WEI Lei, WU Qing-ping, ZHANG Jun-mei, et al. Prevalence and genetic diversity of *Enterococcus faecalis* isolates from mineral water and spring water in China [J]. Frontiers in Microbiology, 2017, 8: 1109