

# 矿泉水中铜绿假单胞菌及溴酸盐污染情况分析

张永清<sup>1,2,3</sup>, 吴清平<sup>\*1</sup>, 彭飞艇<sup>1</sup>, 张菊梅<sup>1</sup>, 郭伟鹏<sup>1</sup>, 杨秀华<sup>1</sup>

(1.广东省微生物研究所,广东 广州 510070; 2.中国科学院 武汉病毒研究所,湖北 武汉 430071;3.中国科学院研究生院,北京 100049)

**摘要:** 了解国标《饮用天然矿泉水》(GB 8537-2008) 实施前后矿泉水中铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)及溴酸盐污染情况,分析其污染原因,采用国标 GB/T 8538-2008 /54 滤膜法和 GB/T 5750.10-2006 离子色谱法对样品中 PA 和溴酸盐进行分别检测。结果发现,在 2008 年 1 月至 2009 年 9 月期间,水源水和成品水中 PA 超标率分别为 11.43%和 35.42%,成品水中溴酸盐超标率为 42.12%。在 2009 年 10 月至 2010 年 9 月期间,水源水和成品水 PA 超标率分别为 30.30%和 7.65%,成品水中溴酸盐超标率为 18.10%。国标实施前后成品水 PA 污染主要原因分别在于加工过程的污染和水源水的污染。因此国标实施后矿泉水中仍存在 PA 和溴酸盐超标现象。

**关键词:** 矿泉水;铜绿假单胞菌;溴酸盐;污染

中图分类号:TS 201.6

文献标志码:A

文章编号:1673—1689(2012)010—1046—05

## Contamination of *Pseudomonas aeruginosa* and Bromate in Mineral Water

ZHANG Yong-qing<sup>1,2,3</sup>, WU Qing-ping<sup>\*1</sup>, PENG Fei-ting<sup>1</sup>,  
ZHANG Ju-mei<sup>1</sup>, GUO Wei-peng<sup>1</sup>, YANG Xiu-hua<sup>1</sup>

(1.Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070, China; 2. Wuhan Institute of Virology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China.)

**Abstract:** In order to understand the contamination of *Pseudomonas aeruginosa* (PA) and bromate in mineral water before and after the implementation date of national standard for natural drinking mineral water (GB 8537-2008), and to analyse the contamination reason, PA and bromate, in mineral water samples, were respectively detected using filter membrane methods and Ion chromatography which based on the national methods (GB /T8538-2008 /54 and GB/T 5750.10-1995). It was found that, during 2008.01~2009.10, the positive rates of PA in both source water and finished water were respectively 11.43% and 35.42%, and that of bromate in finished water was 42.12%. However, during 2009.10~2010.09, the values of the three were 30.30%, 17.65% and 18.10%, respectively. The PA contamination in the finished water could be respectively attributed to

收稿日期: 2011-11-28

基金项目: 广东省科技计划项目(2009A080209002, 2011B030800003); 广东省中国科学院全面战略合作项目(2009A091100019)。

作者简介: 张永清(1975—), 女, 河南社旗人, 理学博士, 助理研究员, 主要从事食品微生物安全监测与控制方面的研究。E-mail: zyq336@163.com

\* 通信作者: 吴清平(1962—), 男, 广东梅州人, 工学博士, 研究员, 博士研究生导师, 主要从事食品微生物安全方面的研究。

E-mail: wpq203@yahoo.com.cn

the producing process and the pollution of the source water. Thus, there still exist the excessive PA and bromate in mineral water after the implementation of GB 8537-2008.

**Keywords:** mineral water, *Pseudomonas aeruginosa*, bromate, contamination

铜绿假单胞菌 (*Pseudomonas aeruginosa*, PA) 又称绿脓杆菌, 为条件致病菌, 在自然界分布广泛, 存在于水、土壤、空气、以及人和动物机体皮肤及肠道中<sup>[1]</sup>。近年来, 饮用天然矿泉水 PA 污染情况日渐受到重视, 2009 年开始实施的饮用天然矿泉水新国标中, 该菌被列入新增加的 3 种致病菌之一<sup>[2]</sup>。邓梅清等<sup>[3]</sup>对南方地区 16 家矿泉水生产企业的 45 份水源水、30 份成品水进行检测发现: 45 份水源水 PA 超标率为 24.44%; 30 份成品水中超标率为 10.00%。为保障矿泉水安全, 必须采取相应的措施进行 PA 控制。

臭氧是一种氧化性非常强的物质, 可以在较短时间内破坏细菌、病毒和其他微生物的生物结构<sup>[4]</sup>。臭氧杀菌处理时不需要加热, 使用方便, 价格低廉, 杀菌处理后无残留<sup>[5]</sup>。因此臭氧作为一种消毒剂在食品中的应用越来越广泛。国标《饮用天然矿泉水》(GB 8537-2008) 规定, 除臭氧外, 矿泉水在水处理中不允许添任何物质进行化学消毒和处理。但当用臭氧对含有溴离子的原水消毒时, 可以形成消毒副产物 (DBP) 溴酸盐, 它是一种 2B 级潜在致癌物, 具有一定 DNA 和染色体水平的遗传毒性<sup>[6]</sup>。国内外一些饮用水相关标准中溴酸盐限值均为  $10 \mu\text{g/L}$ <sup>[7-10]</sup>。调查结果显示, 许多国家和地区饮用水均存在溴酸盐超标问题<sup>[11-14]</sup>。因此, 随着我国瓶 (桶) 装饮用水尤其是矿泉水的迅猛发展, 再加上水质复杂, 解决臭氧消毒副产物溴酸盐问题刻不容缓。臭氧能够有效杀灭细菌、真菌、病毒以及原生动物, 尤其对抗性微生物具有很好的杀灭效果。因此, 作者针对 GB 8537-2008 中 PA 和消毒副产物溴酸盐指标, 在全面调查国标实施前后多家企业矿泉水中 PA 和溴酸盐的污染情况基础上, 分析其污染原因。对于企业生产过程中 PA 和溴酸盐的控制以及更好的健康发展矿泉水等饮用水行业, 具有重要的指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品来源

2008 年 1 月至 2010 年 9 月南方地区矿泉水多家企业水源水和成品水。

铜绿假单胞菌样品: 为国标《饮用天然矿泉水》(GB 8537-2008) 2009 年 10 月 1 日实施前和实施后所分别收集的水源水和成品水; 其中, 国标实施前收集的水源水和成品水分别为 35 份 (来自 13 家企业) 和 48 份 (来自 20 家企业), 而国标实施后则分别收集 33 份 (来自 20 家企业) 和 34 份 (来自 27 家企业)。

溴酸盐样品: 为国标实施前和实施后分别收集的成品水, 样品数分别为 520 份 (来自 59 家企业) 和 105 份 (来自 46 家企业)。

### 1.2 试剂与设备

营养琼脂 (NA)、 $0.45 \mu\text{m}$  滤膜等: 购自广东环凯微生物科技有限公司; ICS1500 型离子色谱仪: 美国戴安有限公司, 其中抑制器为 ASRS300, 阴离子分析柱为 AS19, 阴离子保护柱为 AG19, 自动进样器为 AS40。

### 1.3 测定方法

铜绿假单胞菌: 滤膜法 (GB/T 8538-2008/54)<sup>[15]</sup>。溴酸盐 (以  $\text{BrO}_3^-$  计): 离子色谱法 (GB/T 8538-2008/49.1)<sup>[15]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 铜绿假单胞菌污染情况分析

国标实施前后水源水和成品水均有 PA 检出。如表 1 和表 2 所示, 2008 年 1 月至 2009 年 9 月期间, 水源水样品超标率为 11.43%, 企业超标率为 30.77%; 成品水样品超标率为 35.42%, 企业超标率为 35.42%。国标实施后, 水源水样品超标率为 30.30%, 企业超标率为 50.00%; 成品水样品超标率为 17.65%, 企业超标率为 22.22%。

国标的实施使成品水中 PA 污染状况有所缓解。国标实施前成品水中样品和企业超标率均高于水源水中二者的超标率, 说明加工过程使污染情况加剧。国标实施后成品水中样品和企业超标率均低于水源水中二者的超标率, 说明水处理工艺缓解了 PA 的污染情况, 成品水中 PA 污染的主要原因应该是水源水的污染。

表 1 水源水中铜绿假单胞菌污染状况

Tab.1 Contamination of *Pseudomonas aeruginosa* (PA) in source water

| 检测时间            | 送检企业    |        |        | 送检样品    |        |       |
|-----------------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|
|                 | 未超标企业/家 | 超标企业/家 | 超标率/%  | 未超标样品/份 | 超标样品/份 | 超标率/% |
| 2008.01—2009.09 | 7       | 4      | 30.77  | 31      | 4      | 11.43 |
| 2009.10—2010.10 | 10      | 10     | 50.004 | 23      | 10     | 30.30 |

表 2 成品水中铜绿假单胞菌污染状况

Tab.2 Contamination of *Pseudomonas aeruginosa* (PA) in finished water

| 检测时间            | 送检企业    |        |       | 送检样品    |        |       |
|-----------------|---------|--------|-------|---------|--------|-------|
|                 | 未超标企业/家 | 超标企业/家 | 超标率/% | 未超标样品/份 | 超标样品/份 | 超标率/% |
| 2008.01—2009.09 | 13      | 7      | 35.42 | 31      | 17     | 35.42 |
| 2009.10—2010.10 | 21      | 6      | 22.22 | 28      | 6      | 17.65 |

2.2 溴酸盐污染情况分析

国标实施前后,饮用天然矿泉水成品水均存在溴酸盐超标现象。如表 3 所示,2008 年 1 月至 2009 年 9 月期间,59 家企业中溴酸盐超标的为 59.32%,520 份样品中溴酸盐超标率为 42.12%,其中含量超

过 15  $\mu\text{g/L}$  的样品率为 22.12%,见图 1。国标实施之后 46 家企业中溴酸盐超标的为 21.74%,105 份样品中溴酸盐超标率降为 18.10%,其中含量超过 15  $\mu\text{g/L}$  的样品率为 6.67%见图 2。

表 3 成品水中溴酸盐污染状况

Tab.3 Contamination of bromate in finished water

| 检测时间            | 送检企业    |        |       | 送检样品    |        |       |
|-----------------|---------|--------|-------|---------|--------|-------|
|                 | 未超标企业/家 | 超标企业/家 | 超标率/% | 未超标样品/份 | 超标样品/份 | 超标率/% |
| 2008.01—2009.09 | 24      | 35     | 59.32 | 301     | 219    | 42.12 |
| 2009.10—2010.10 | 36      | 10     | 21.74 | 86      | 19     | 18.10 |

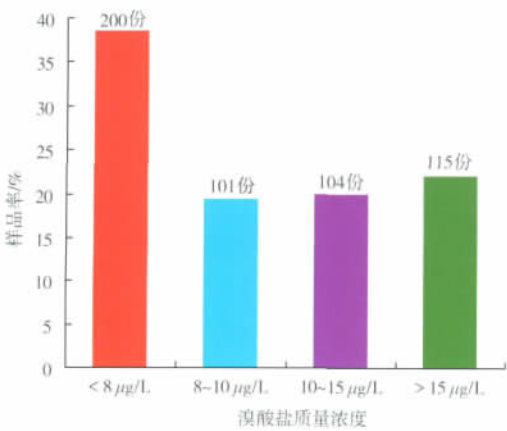


图 1 成品水中溴酸盐质量浓度分析 (2008.01—2009.09)  
Fig.1 Content of bromate in finished water (2008.01 – 2009.09)

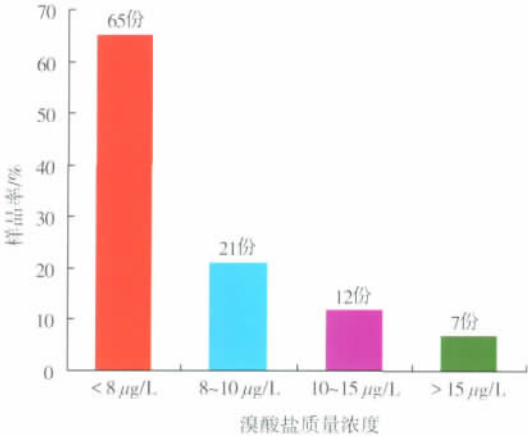


图 2 成品水中溴酸盐质量浓度分析 (2009.10—2010.09)  
Fig.2 Content of bromate in finished water (2009.10 – 2010.09)

国标的实施使成品水中溴酸盐超标现象大大减少,但仍然存在。含溴离子原水臭氧氧化消毒过程中会产生消毒副产物溴酸盐。而溴酸盐的形成与臭氧氧化过程中的臭氧投加方式、臭氧浓度、臭氧作用时间以及水质等密切相关。臭氧单点投加、高的臭氧浓度、较长的臭氧作用时间以及高碱度的水质等均有利于溴酸盐的形成。

### 3 结 语

针对我国《饮用天然矿泉水》(GB 8537-2008)新国标中的PA致病菌指标和臭氧消毒副产物溴酸盐指标,对国标实施前后矿泉水中PA与溴酸盐污染情况进行了解并分析其污染原因。2008年1月至2009年9月所检测结果为:新国标颁布而未实施前对矿泉水中PA和溴酸盐进行污染调查的结果,而2009年10月至2010年9月所得结果则大部分为前期调研基础上一些存在污染问题的企业在解决污染问题过程中样品的检测结果,因此必然导致样品阳性率较高。

国内外研究者对矿泉水成品水中PA污染进行调查,发现成品水PA检出率在1.2%~23.6%之间,并认为加工环节是导致污染发生的主要原因<sup>[16]</sup>。本

研究发现,国标实施前矿泉水水源水和成品水样品中PA超标率分别为11.43%和35.42%,矿泉水成品水中PA污染的主要原因为加工过程中污染。随着国标的实施,水源水和成品水中PA超标率分别为30.30%和17.65%,水处理过程中臭氧消毒使PA超标率下降,因此成品水中PA污染的主要原因为水源水污染。这与邓梅清等<sup>[3]</sup>(2009)的结论一致。因此各生产企业必须严格按照《饮用天然矿泉水厂卫生规范》(GB 16330)规定的水源卫生防护要求保护水源不受污染,切断所有可能造成源水污染的污染源,增大加工过程中致病菌控制力度,从而解决企业因水源水所造成矿泉水PA污染问题。

本次对成品水溴酸盐的调查表明,矿泉水中存在臭氧消毒副产物溴酸盐超标问题,这与以前的调查结果一致<sup>[11-14]</sup>。可以采用降低臭氧投加量或减少臭氧接触时间的措施降低臭氧氧化过程中溴酸盐的生成量。但是臭氧消毒的目的是杀灭水中的致病菌,不能为了降低溴酸盐的生成而一味的减少臭氧的投加量或缩短臭氧接触时间。因此,如何优化臭氧消毒工艺,获得最佳臭氧氧化条件,使其达到既能有效杀灭微生物又能有效控制消毒副产物溴酸盐的目的有待于进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 闻玉梅. 现代医学微生物学[M]. 上海:上海医科大学出版社,1999:383-389.
- [2] GB 8537-2008, 饮用天然矿泉水[J]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [3] 邓梅清,张菊梅,郭伟鹏,等. 矿泉水中铜绿假单胞菌污染状况调查研究[J]. 中国卫生检验杂志,2009,19(11):2672-2673.  
DENG Mei-qing,ZHANG Ju-mei, GUO Wei-peng, et al. Study on contamination investigation of *Pseudomonas aeruginosa* in mineral water[J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2009, 19(11):2672-2673. (in Chinese)
- [4] 马海燕,张魁,孙金才,等. 生冻大根泥(萝卜泥)中微生物控制的物理方法[J]. 食品与生物技术学报,2011,30(1):78-83.  
MA Hai-yan,ZHANG Min,SUN Jin-cai, et al. Studies on the physics methods for controlling microorganisms of deepfreeze radish mud[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2011, 30 (1):78-83. (in Chinese)
- [5] 赵家丽,张魁,孙金才. FD蔬菜块后续臭氧杀菌工艺[J]. 食品与生物技术学报,2009,28(3):310-314.  
ZHAO Jia-li,ZHANG Min,SUN Jin-cai. Ozone sterilization technique of the evening of freeze-drying vegetable block processing[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2009, 28 (3):310-314. (in Chinese)
- [6] 王伟,蒋颂辉,朱惠刚,等. 溴酸盐的遗传毒性[J]. 环境与健康杂志,2003,20(3):137-138.  
WANG Wei,JIANG Song-hui,ZHU Hui-gang, et al. Study on the genotoxicity of bromate [J]. *Journal of Environment and Health*, 2003, 20(3):137-138. (in Chinese)
- [7] United States Environmental Protection Agency. The drinking water standards and health advisories[S]. 2006.
- [8] World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality[S]. 2004.
- [9] European Union. Council Directive 98-83-EC on the quality of water intended for human consumption[S]. 1998.
- [10] GB 5749-2006, 生活饮用水卫生标准[S].
- [11] XIE L, SHANG C. A review on bromate occurrence and removal strategies in water supply [J]. *Water Science and Technology*,

- 2006, 6(6): 131-136.
- [12] 孟凡亚. 矿泉水及检验培养基国家标准制订的基础研究[D]. 广州:中国科学院南海海洋研究所, 2007.
- [13] 岳银玲, 李淑敏, 应波, 等. 超市中瓶装矿泉水溴酸盐含量的调查[J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(6): 677-678.
- YUE Yin-ling, LI Shu-min, YING Bo, et al. Investigation of bromate content in bottled mineral water of supermarket[J]. **Chinese Journal of Health Laboratory Technology**, 2006, 16 (6): 677-678. (in Chinese)
- [14] 张书芳, 叶冰, 张丁, 等. 瓶装饮用水溴酸盐含量调查[J]. 现代预防医学, 2009, 36(11): 2149-2150.
- ZHANG Shu-fang, YE Bing, ZHANG Ding, et al. Investigation of bromate content in bottled drinking water [J]. **Modern Preventive Medicine**, 2009, 36 (11): 2149-2150. (in Chinese)
- [15] GB/T 8538-2008, 饮用天然矿泉水检验方法[S].
- [16] 马群飞, 陈伟伟, 杨毓环, 等. 瓶装饮用纯净水铜绿假单胞菌污染情况调查[J]. 食品科学, 2000, 21(2): 50-53.
- MA Qun-fei, CHENG Wei-wei, YANG Yu-huan, et al. Study on the contamination of *Pseudomonas aeruginosa* in bottled purified drinking water[J]. **Food Science**, 2000, 21(2): 50-53. (in Chinese)

## 科 技 信 息

### 卫生部批准中长链脂肪酸食用油和小麦低聚肽作为新资源食品

根据《中华人民共和国食品安全法》和《新资源食品管理办法》有关规定, 卫生部批准中长链脂肪酸食用油和小麦低聚肽作为新资源食品, 增加菊芋作为新资源食品菊粉的原料, 公布抗性糊精作为普通食品。生产经营上述食品应当符合有关法律、法规、标准规定。

[信息来源] 中华人民共和国卫生部. 关于批准中长链脂肪酸食用油和小麦低聚肽作为新资源食品等的公告 (卫生部公告 2012 年第 16 号)[EB/OL]. (2012-9-5). <http://www.moh.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/mohwsjdj/s7891/201209/55780.htm>

### 英国深入研究食品中弓形虫的安全风险

据英国食品安全局(FSA)消息, 应英国食品安全局的要求, 英国食品微生物安全咨询委员会(ACMSF)审查了目前英国范围内人与动物所面临的弓形虫风险, 并发布了一份审查报告。

在审查报告中, ACMSF 研究了存在于食品中的弓形虫所构成的感染风险, 分析了要获取弓形虫食源性源头所要做的工作, 还提出了对弓形虫易感人群的消费建议。

ACMSF 主席, Sarah O'Brien 认为: 目前还没有证据表明人们应该改变他们的饮食习惯, 我认为 FSA 说的正确, 大部分的人口可以继续享受半熟的羊肉和牛肉。

[信息来源] Food Standards Agency. Further studies on toxoplasma needed [EB/OL]. (2012-9-4). <http://www.food.gov.uk/news-updates/news/2012/sep/toxoplasma>.

### 加拿大公司推出可抑制食品中丙烯酰胺的酵母添加剂

丙烯酰胺广泛存在于食品与饮料中, 是一种神经毒素, 而且具有致癌性。近日加拿大一家公司推出了可抑制丙烯酰胺的酵母添加剂, 并且已经获得了美国食品药品监督管理局的 GRAS 认可。

这种新产品由加拿大功能性技术公司 (Functional Technologies Corp) 推出。公司技术顾问委员会的 Carlos Barros 解释说: “降低丙烯酰胺对于食品和饮料产品来说是一个持续的挑战。采用这种专用酵母将提供一个独特的方法来减少丙烯酰胺”。

[信息来源] foodsafetynews. "Secret" Yeast Additive Gets GRAS Approval [EB/OL]. (2012-9-6). <http://www.foodsafetynews.com/2012/09/a-secret-yeast-additive-in-baking-now-recognized-as-gras>.