

国内外饮用水水质标准中微生物指标的比较综述

崔妍*, 刘莹, 田卓

(大连出入境检验检疫局, 大连 116400)

摘要: 本文系统介绍了我国现行的生活饮用水水质标准(GB 5749-2006), 并与国外的水质标准(美国 EPA《国家饮用水水质标准》、WHO《饮用水水质准则》、欧盟《饮用水水质指令》及其他国家的饮用水标准)中微生物指标进行综述比较, 分析了各水质标准中微生物指标及其限量, 并对我国饮用水水质标准的实施和发展提出建议。本文认为, 与国外水质检测标准相比, 虽然我国饮用水水质微生物指标新增致病性大肠埃希氏菌、病原性原生动物贾第鞭毛虫和隐孢子虫, 基本与世界水质检测指标接轨, 但仍缺少病毒和产毒藻类等影响水质安全、威胁水环境安全和生物健康的微生物项目。考虑到日益严重的食品安全现状, 饮用水水质指标的及时更新和采样环节的标准化, 检测报告的公正公开已成为保证饮用水水质安全的重要手段。

关键词: 饮用水; 水质; 微生物指标; 对比分析

Comparative review of microbial indexes of Chinese and foreign water quality standards

CUI Yan*, LIU Ying, TIAN Zhuo

(Dalian Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dalian 116400, China)

ABSTRACT: The differences in microbial indexes of drinking water quality standards between sanitary standard for drinking water (GB 5749-2006) of China and foreign countries (The drinking water standards and health advisories by US-EPA, guidelines for drinking-water quality by World Health Organization, Council Directive 98-83-EC on the quality of water intended for human consumption by European Union and of other countries) were reviewed in this paper. Besides, the microbial indexes and its limitation of each drinking water standard and some suggestion of actualizing and developing were discussed. Compared to foreign drinking water standards, pathogenic *Escherichia coli* and pathogenic protozoan (e.g. *Cryptosporidium* and *giardi*) had be added to microbial indexes for drinking water in China, which had been basically integrated with indexes for drinking water quality in the world, but these microbial indexes also lacked viruses and toxic alga which could affect water quality safety and threaten security of watery environment as well as human health. Considering the increasing status of food safety, the regenerative indexes of drinking water, and the standardization of sample link, the fair and open checking reports will become an important tool for guarantee the safety of drinking water.

KEY WORDS: drinking water; water quality; microbial indexes; comparative analysis

1 引言

水质(water quality)是水体质量的简称。它标志着水体

的物理(如色度、浊度、臭味等)、化学(无机物和有机物的含量)和生物(细菌、微生物、浮游生物、底栖生物)的特性及其组成状况^[1-3]。

*通讯作者: 崔妍, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: yanyan19661@163.com

*Corresponding author: CUI Yan, Engineer, Dalian Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dalian 116400, China. E-mail: yanyan19661@163.com

近年来,因饮用水被微生物污染而导致人群流行病事件频发,使公众对影响健康的病原微生物更加关注,对饮用水安全性越来越重视^[4-8]。饮用水中主要病原微生物包括细菌、病毒、原生动物和藻类。其中,病毒在饮用水的病原微生物中个体最小、结构特殊、致病性强,在已发现的700多种介水传播病毒中,轮状病毒、肝炎病毒和肠道病毒为主导,可引起腹泻、肝炎等多种病症,病毒对人体危害巨大,若污染水源将会造成极大的健康危害^[9-13]。水中的藻类主要是微囊藻类属、鱼腥藻属和束丝藻属,都能产生藻毒素,水体富养化后透明度降低、溶解氧量减少,水质恶化、水体老化,水体生态系统和水体功能受到影响和破坏,影响水质^[14-17]。近年来,由于藻类污染饮用水致使中毒甚至死亡的时间明显增加^[18-25]。

随着微生物检测技术不断发展,人们对水中病原微生物致病风险认识不断深化和提高,世界卫生组织和各国相关部门都据此修改原有或指定新的水质标准。本文将我国《生活饮用水卫生标准》与国际权威的美国环保署(environmental protection agency, US-EPA)《国家饮用水水质标准》、欧盟委员会(European Union, EU)《饮用水水质指令》和世界卫生组织(WHO)《饮用水水质准则》等国际标准中的微生物指标及其限量进行比较分析,浅析我国饮用水水质标准的发展方向。

2 国内外主要水质标准中微生物指标概况

2.1 我国的国标《生活饮用水卫生标准》

我国现行《生活饮用水卫生标准》为GB 5749-2006,是2006年12月29日发布,2007年7月1日实施的,与GB 5749-1985相比,现行标准将水质指标由35项增加到106项,其中增加71项,修订8项,微生物指标由2项增至6项,增加了大肠埃希氏菌、耐热大肠菌群、贾第鞭毛虫和隐孢子虫,修订了总大肠菌群^[26]。大肠埃希氏菌是总大肠菌群和耐热大肠菌群的主要组成部分,一些特殊血清型的大肠埃希氏菌对人和动物有病原性,尤其对婴儿和幼畜(禽),常引起严重腹泻和败血症。耐热大肠菌群是直接来自粪便的大肠菌群,该指标可以直接反映来源于人畜粪便对周围环境尤其是水质的污染情况^[27]。贾第鞭毛虫和隐孢子虫为水媒寄生原生动物中最可能经饮用水传播的寄生虫。它们广泛分布于自然界,寄宿主种类多,人畜都易被感染,还有一定的致病性,同时,贾第鞭毛虫和隐孢子虫的卵囊具有抗氯性^[28-31]。

2.2 美国环保署的《国家饮用水水质标准》

现行的美国饮用水水质标准由美国环保署(US-EPA)颁布于2009年,分为国家一级饮用水规程和二级饮用水规程。国家一级饮用水规程(national primary drinking water regulations, NPDWRs 或一级标准)是强制性标准,适用于

公用给水系统。一级饮用水规程限制了有害公众健康的及已知的或在公用给水系统中出现的有害污染物浓度,从而保护饮用水水质。二级饮用水规程(national secondary drinking water regulations, NSDWRs 或二级标准),为非强制性准则,用于控制水中对美容(皮肤,牙齿变色)或对感官(如嗅、味、色度)有影响的污染物浓度。各州可选择性采纳作为当地强制性标准^[32]。

现行水质标准中包括强制执行的一级饮用水规程指标87项,其中有机物29项、无机物16项、农药24项、微生物指标7项、消毒剂3项、消毒副产物4项、放射性4项。作为非强制性的二级饮水规程指标15项,主要是水中对人体容貌(皮肤、牙齿),或对水体感官(如色、嗅、味)产生影响的污染物^[33]。

在国家一级饮用水规程中规定,当粪大肠菌群阳性或大肠杆菌阳性需要进行复检,复检中发现总大肠菌群阳性,则饮用水系统发生严重污染。当检测中总大肠菌群阳性并且粪大肠菌群阴性或大肠杆菌阴性需要进行复检,复检中发现粪大肠菌群阳性或大肠杆菌阳性,则说明饮用水系统发生严重污染,需要立即采取措施进行控制。每月总大肠菌群阳性水样不得超过取样量的5%,如果每月例行检测总大肠杆菌的样品少于40个的给水系统,则总大肠菌群阳性水样不得超过1个。如果样品检出总大肠菌群阳性,必须确证是粪大肠菌群还是大肠杆菌。如果连续两个样品总大肠菌群检出阳性,并且其中一个验证为粪大肠菌群或大肠杆菌,则饮用水系统受到严重污染。

2.3 欧盟《饮用水水质指令》

1998年11月欧盟通过新的水质指令98/83/EC(2009年修订),指标为48项(瓶装或桶装饮用水50项),其中微生物指标2项(瓶装或桶装饮用水4项),化学指标26项,感官性状等指标18项,放射性指标2项^[34]。需要说明的是该标准对水质检测指标和频率提出要求,即容易检测的主要指标如大肠菌群需要频繁检测,当检测超标时,马上进行水质全面检测。在取样计划方面,要求每次取样必须包括总出水口,一年内做完所有的出水口;对公共供应且无中间贮存的水至少每半年一次,公共供应且经过中间存储和自备水源供应的水至少每月一次。

2.4 世界卫生组织(WHO)《饮用水水质准则》

2011年,WHO发布了第4版《饮用水水质准则》,涵盖经证实的水源性疾病病原体微生物指标28项,其中细菌12项,病毒8项,原虫6项,寄生虫2项。这些微生物可通过饮水传染疾病^[35]。第4版《饮用水水质准则》与第3版相比,新增了土拉弗朗西斯菌、钩端螺旋体,删除了绿脓杆菌、小肠结肠炎型耶尔森菌;病毒指标中增加了星状病毒;原虫指标中删除了刚地弓形虫。在WHO第4版《饮用水水质准则》第11章详细介绍了19种细菌性病原体、7

种病毒性病原体、11 种原虫病原体、4 种寄生虫病原体和有毒蓝藻的特征、对人类健康的影响、感染源及感染途径和在饮用水中的意义,同时对 8 类指示微生物的特征、指示微生物的意义、感染源、检测方法及在饮用水中重要性等方面进行阐述^[36]。

《饮用水水质准则》中说明,考虑到检测结果的复杂性、成本和时限等问题,致病性病原体应作为指标菌用来确认致病性病原体的存在指标,而指示微生物是用来确认一种水处理方法或水处理工艺的有效性。在饮用水的水质

监测中,已经证明某种水处理方法或水处理工艺有效后,偶尔可以采用对致病性病原体检测对其进行确证。作为饮用水水质监测评价的一部分,微生物检测通常仅限于将指示性微生物作为粪便污染指标进行测评。

3 各国水质标准中微生物指标和限量的比较

各国的实际水质情况、微生物引起人类疾病的感染源和传播途径,各国在饮用水标准中制定相应的微生物指标和限量要求,见表 1。

表 1 国内外主要饮用水标准中的微生物指标比较
Table 1 Comparison of microbial items of major quality standards for drinking water at home and abroad

标准名称	指标	限量要求	说明
中国《生活饮用水卫生标准》	总大肠菌群 (total coliforms)	不得检出 (MPN/100 mL 或 CFU/100 mL)	
	耐热大肠菌群 (Thermotolerant coliforms)	不得检出 (MPN/100 mL 或 CFU/100 mL)	
	大肠埃希氏菌 (Escherichia coli)	不得检出 (MPN/100 mL 或 CFU/100 mL)	
	菌落总数 (Plate-count bacteria)	100(CFU/mL)	
	贾地鞭毛虫 (Giardia cysts)	<1(个/10 L)	
	隐孢子虫 (Cryptosporidium)	<1(个/10 L)	
中国《饮用天然矿泉水》 ^[37]	大肠菌群 (Coliforms)	m=0; M=2(MPN/100 mL)	取样计划: n=4, c=1
	粪链球菌 (Fecal streptococcus)	m=0; M=2(CFU/250 mL)	取样计划: n=4, c=1
	铜绿假单胞菌 (Pseudomonas aeruginosa)	m=0; M=2(CFU/250 mL)	取样计划: n=4, c=1
	产气荚膜梭菌 (Clostridium perfringens)	m=0; M=2(CFU/50 mL)	取样计划: n=4, c=1
WHO《饮用水水质准则》	类鼻疽杆菌 (Burkholderia pseudomallei)		细菌性病原体
	空肠弯曲杆菌 (Campylobacter jejuni)		细菌性病原体
	大肠弯曲菌 (C.coli)		细菌性病原体
	致病性大肠埃希氏菌 (Escherichia coli-Pathogenic)		细菌性病原体
	肠出血性大肠埃希氏菌 (E.coli-Enterohaemorrhagic)		细菌性病原体
	土拉弗朗西斯菌 (Francisella tularensis)		细菌性病原体
	军团菌属 (Legionella spp).		细菌性病原体
	钩端螺旋体 (Leptospira)		细菌性病原体
	非结核分枝杆菌 (Mycobacteria(non-tuberculous)		细菌性病原体
	伤寒沙门氏菌 (Salmonella Typhi)		细菌性病原体
	其他沙门氏菌 (Other Salmonellae)		细菌性病原体
	志贺氏菌 (Shigella spp)		细菌性病原体
	霍乱弧菌 (Vibrio cholera)		细菌性病原体

续表 1

标准名称	指标	限量要求	说明
	腺病毒 (<i>Adenoviruses</i>)		病毒性病原体
	星状病毒 (<i>Astroviruses</i>)		病毒性病原体
	肠道病毒 (<i>Enteroviruses</i>)		病毒性病原体
	甲型病毒性肝炎 (<i>Hepatitis A virus</i>)		病毒性病原体
	戊型病毒性肝炎 (<i>Hepatitis E virus</i>)		病毒性病原体
	诺如病毒 (<i>Noroviruses</i>)		病毒性病原体
	轮状病毒 (<i>Rotaviruses</i>)		病毒性病原体
	札幌病毒 (<i>Sapoviruses</i>)		病毒性病原体
	棘阿米巴属 (<i>Acanthamoeba spp.</i>)		原虫病原体
	微小隐孢子虫 (<i>Cryptosporidium hominis/parvum</i>)		原虫病原体
	环孢子虫 (<i>Cyclospora cayetanensis</i>)		原虫病原体
	痢疾阿米巴 (<i>Entamoeba histolytica</i>)		原虫病原体
	肠贾第虫 (<i>Giardia intestinalis</i>)		原虫病原体
	福氏耐格里阿米巴 (<i>Naegleria fowleri</i>)		原虫病原体
	麦地那龙线虫 (<i>Dracunculus medinensis</i>)		寄生虫病原体
	血吸虫属 (<i>Schistosoma spp.</i>)		寄生虫病原体
	总大肠菌群 (<i>Total coliform bacteria</i>)	不得检出/100 mL	指示微生物
	大肠埃希氏菌 (<i>Escherichia coli</i>)	不得检出/100 mL	指示微生物
	耐热大肠菌群 (<i>Thermotolerant coliforms</i>)	不得检出/100 mL	指示微生物
	异养菌平皿计数 (<i>Heterotrophic plate counts</i>)		指示微生物
	肠球菌 (<i>Intestinal enterococci</i>)	不得检出	指示微生物
	产气荚膜梭菌 (<i>Clostridium perfringens</i>)	不得检出	指示微生物
	大肠杆菌噬菌体 (<i>Coliphages</i>)	不得检出	指示微生物
	脆弱拟杆菌噬菌体 (<i>Bacteroides fragilis phages</i>)	不得检出	指示微生物
	肠道病毒 (<i>Enteric viruses</i>)	不得检出	指示微生物
欧盟《饮用水水质指令》	细菌总数 (<i>Total Plate Count</i>) (22 °C)	100/mL	
	细菌总数 (<i>Total Plate Count</i>) (37 °C)	20/mL	
	大肠埃希氏菌 (<i>Escherichia coli</i>)	0/250 mL	
	肠球菌 (<i>Enterococcus</i>)	0/250 mL	
	铜绿假单胞菌 (<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	0/250 mL	
	产气荚膜梭菌 (<i>Clostridium perfringens</i>)	0 个/100 mL	

续表 1

标准名称	指标	限量要求	说明
美国 EPA 《国家饮用水水质标准》	蓝氏贾第鞭毛虫 (<i>Giardia lamblia</i>)	公共健康目标: 0	最大污染水平 (MCL):99.9%灭活
	异养菌总数 (<i>Heterotrophic plate count</i>)(HPC)	未定	最大污染水平 (MCL):<500 cfu/mL
	粪大肠菌群和大肠杆菌 (<i>Fecal coliform and E.coli</i>)	公共健康目标: 0	
	军团菌 (<i>Legionella</i>)	公共健康目标: 0	
	总大肠菌群 (Total Coliforms)	公共健康目标: 0	
	隐孢子虫 (<i>Cryptosporidium</i>)	公共健康目标: 0	最大污染水平 (MCL):99%灭活
	浊度 (Turbidity)	未定	
	病毒 (Viruses)	公共健康目标: 0	最大污染水平 (MCL): 99.99%灭活
法国《生活饮用水水质标准》 ^[38]	细菌总数 (Total Plate Count) (22 °C)	<100/mL (72 h)	
	细菌总数 (Total Plate Count) (37 °C)	<10/mL (24 h)	
	总大肠菌群 (Total Plate Count)	0/100 mL	95%水样
	耐热大肠菌群 (<i>Thermotolerant coliforms</i>)	0/100 mL	
	粪型链球菌 (<i>Streptococcus faecalis</i>)	0/100 mL	
	亚硫酸盐还原梭菌 (<i>Sulfite-reducing clostridia</i>)	<1 /20 mL	
	沙门氏菌 (<i>Salmonella</i>)	0/5 L	
	致病葡萄球菌 (<i>Pathogenic Staphylococcus aureus</i>)	0/100 mL	
	粪型噬菌体 (Fecal phages)	0/50 mL	
	肠道病毒 (Enteric viruses)	0/10 L	
日本《饮用水水质基准》 ^[39]	一般细菌 (Common bacteria)	细菌数<100 个/mL	
	大肠菌 (<i>Coliforms</i>)	不得检出	

4 微生物指标在水质标准中的地位

世界卫生组织(WHO)《饮用水水质准则》第四版明确提出: 无论在发达国家还是在发展中国家, 饮用水安全问题大多源于微生物污染, 并将微生物问题列为首要问题。确保充足供应安全的饮用水, 阻止消费者饮用微生物方面有潜在不安全因素的水。

由此可见, 微生物对人体健康风险必须给予高度重视, 各国充分认识到微生物指标对饮用水水质安全性的重要性, 相应的饮用水水质标准中微生物指标的检测数量也大幅增加, 指标限量也越来越严格。

5 建 议

以上是国内外饮用水水质微生物指标的介绍, 通过对比不难发现, 与国外水质检测标准相比, 我国饮用水水质微生物指标虽然新增了大肠埃希氏菌、贾第鞭毛虫和隐孢子虫等项, 基本与世界水质检测指标接轨, 但是仍缺少病毒和产毒藻类等影响水质安全、威胁水环境安全和生物健康的微生物项目^[40-43]。目前, 美国、加拿大等发达国家已将病毒的安全限制或对其处理的程度列入饮用水标准加以规定, 国际上普遍引入噬菌体^[44-49]作为病毒指示物引入水质标准, 建议我国借鉴国外的先进经验, 进一步完善饮

用水水质标准,建立针对病毒的安全限量和检测方法。对于水源中的产毒藻类^[50-51],建议国家的监管部门和生产企业制定相应的防治措施,制定相关标准,深入研究产毒藻类的毒理学和病理学特点,建立检测标准,加强水源的保护和治理力度。

我国现行的国家饮用水水质标准没有对检测频率、取水点加以统一规定,也没有对不同的净水处理方式加以区分。水质监测一般都由环保部门、供水企业、自来水使用企业自行根据相应的行业内部规定完成,非经过认证的第三方检测机构出具,其完成的检测报告缺乏公正性,公信力不足,一旦出现问题,易引起不必要的误解。

根据我国高速发展的经济形势和日益严重的食品安全现状,国家已加大力度制定相关法律法规保证饮用水水质安全,饮用水水质指标的及时更新,检测方法的统一,检测频率的加强,采样环节的标准化、检测报告的公正公开已成为保证饮用水水质安全的重要手段。

参考文献

- [1] 中国环境科学研究院. 水质基准的理论与方法学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
The Chinese Research Academy of Environmental Sciences. The introduction of theory and methodology for water quality criteria [M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [2] 夏青, 陈艳卿, 刘宪兵. 水质基准与水质标准[M]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
Xia Q, Chen YQ, Liu XB. Water quality criteria and water quality standard [M]. Beijing: Standards Press of China, 2004.
- [3] 李会仙, 吴丰昌, 陈艳卿, 等. 我国水质标准与国外水质标准/基准的对比分析[J]. 中国给水排水, 2012, 28(8): 15–18.
Li HX, Wu FC, Chen YQ, *et al.* Comparative analysis on Chinese water quality standards and foreign water quality standards criteria [J]. China Water & Waste water, 2012, 28(8): 15–18.
- [4] 何晓晴, 程莉, 朱轶, 等. 饮用水病原微生物检测方法 with 评价标准[J]. 黑龙江农业科学, 2010(7): 111–113.
He XQ, Cheng L, Zhu Y, *et al.* The detection methods and assessment standards of microbial pathogens in drinking water[J]. Heilongjiang Agric Sci, 2010(7): 111–113.
- [5] 郑和辉, 卞战强, 田向红, 等. 中国饮用水标准的现状[J]. 卫生研究, 2014, 43(1): 166–169.
Zheng HH, Bian ZQ, Tian XH, *et al.* The situation of Chinese drinking water standards [J]. J Hyg Res, 2014, 43(1): 166–169.
- [6] 王丽霞. 我国饮用水水质标准研究现状综述[J]. 化学工程与装备, 2009, (6): 113–115.
Wang LX. The current research stage of Chinese drinking water standards [J]. Chem Eng Equip, 2009, (6): 113–115.
- [7] 胡冠九, 周春红, 厉以强, 等. 江苏省饮用水环境安全问题及对策研究[J]. 中国环境监测, 2005, 21(5): 49–51.
Hu GJ, Zhou CH, Li YQ, *et al.* The measures about the environmental safety for drinking water in Jiangsu province [J]. Environ Monit China, 2005, 21(5): 49–51.
- [8] 朱莹, 陈昕. 新旧《生活饮用水卫生标准》常规指标标准限值及检验方法的对比[J]. 环境与职业医学, 2008, 25(5): 510–513.
Zhu Y, Chen X. Comparison of examination methods and standard limit values of conventional indices between the new and the old sanitary standard for drinking water [J]. J Environ Occup Med, 2008, 25(5): 510–513.
- [9] Albert MJ, Faruque AS, Faruque SM, *et al.* Case-Control study of enteropathogens associated with childhood diarrhea in Dhaka, Bangladesh [J]. J Clin Microbiol, 1999, 37(11): 3458–3464.
- [10] Aggarwal R, Krawczynski K. Hepatitis E: An overview and recent advances in clinical and laboratory research [J]. J Gastroen Hepatol, 2000, 15(1): 9–20.
- [11] Angelakis AN, Paranyichianakis NV, Tsagarakis KP. International guidelines for water recycling microbiology and considerations [C]. In Water science and technology water supply England IWA Publishing 2003, 3(4): 311–316.
- [12] 任金法. 饮用水水源污染对人体健康的威胁及安全饮水的对策[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(4): 942–944.
Ren JF. Drinking source water pollution threat to human health and the countermeasures to resolve water safety [J]. Chin J Health Lab Technol, 2009, 19(4): 942–944.
- [13] 张云, 刘燕, 张强, 等. 饮用水标准中病毒指标应用现状及研究进展[J]. 中国公共卫生, 2010, 26(5): 540–542.
Zhang Y, Liu Y, Zhang Q, *et al.* The research status and application progress of Virus index in drinking water standard [J]. Chin J Public Health, 2010, 26(5): 540–542.
- [14] Neumann U, Campos V, Cantarero S, *et al.* Co-occurrence of non-toxic(cyanopeptolin) and toxic(microcystin) peptides in a bloom of microcystis sp. from a Chilean lake [J]. Syst Appl Microbiol, 2000, 23(2): 191–197.
- [15] Hitzfeld BC, Lampert CS, Spaeth N, *et al.* Toxin production in cyanobacterial mats from ponds on the McMurdo ice shelf, Antarctica [J]. Toxicon, 2000, 38(12): 1731–1748.
- [16] Briley DS, Knappe DRU. Optimizing ferric sulfate coagulation of algae with streaming current measurements [J]. J Am Water Works Ass, 2002, 94(2): 80–90.
- [17] 梁文艳, 曲久辉. 饮用水处理中藻类去除方法的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(4): 502–506.
Liang WY, Qu JH. Research progress about algae removal in drinking water treatment [J]. Chin J Environ Biol, 2004, 10(4): 502–506.
- [18] De Figueiredo DR, Azeiteiro UM, Esteves SM, *et al.* Microcystin-producing blooms—a serious global public health issue [J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2004, 59: 151–163.
- [19] Codd GA, Morrison LF, Metcalf JS. Cyanobacterial toxins: risk management for health protection [J]. Toxicol Appl Pharmacol, 2004, 203(3): 264–272.
- [20] Spoof L, Vesterkvist P, Lindholm T, *et al.* Screening for cyanobacterial hepatotoxins, microcystins and nodularin in environmental water samples by reversed-phase liquid chromatography-electrospray ionisation mass spectrometry [J]. Chromatogr A, 2003, 1020(1): 1015–1019.
- [21] Monica C, Jean LM. Highly sensitive amperometric immunosensors formicrocystin detection in algae [J]. Biosens Bioelectron, 2006, (22):

- 1034–1040.
- [22] 施玮, 蒋颂辉, 朱惠刚. 中国饮用水水源中藻类卫生标准的研究[J]. 卫生研究, 2003, 32(2): 97–100.
- Shi W, Jiang SH, Zhu HG. Study on guideline of alga in source water [J]. J Hyg Res, 2003, 32(2): 97–100.
- [23] 孔凡玲, 赵增科, 李莉, 等. 水处理工艺去除饮用水中藻毒素的功效[J]. 环境与健康杂志, 2005, 22(3): 237–240.
- Kong FL, Zhao ZK, Li L, *et al.* The efficiency of water treatment procedures on removal of cyanobacterial toxins in drinking water [J]. J Environ Health, 2005, 22(3): 237–240.
- [24] 闫海, 张超, 魏巍, 等. 微囊藻毒素生物降解的研究进展[J]. 环境工程学报, 2007, 10(1): 8–12.
- Yan H, Zhang C, Wei W, *et al.* Advances in the biodegradation of microcystins [J]. Chin J Environ Eng, 2007, 10(1): 8–12.
- [25] 高东微, 刘津, 李志勇, 等. 瓶装饮用水中藻类污染研究进展[J]. 食品科技, 2009, 34(7): 293–296.
- Gao DW, Liu J, Li ZY, *et al.* Review on algae contamination in bottled drinking water [J]. Food Sci Technol, 2009, 34(7): 293–296.
- [26] GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准[S].
- GB 5749-2006 Standard examination methods for drinking water-Microbiological parameters [S].
- [27] 余贵英, 蔡承铨, 刘汝青, 等. 水中贾地鞭毛虫和隐孢子虫检测方法的探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2004, 15(5): 549–550.
- Yu GY, Cai CK, Liu RQ, *et al.* Detection of *Giardia* and *Cryptosporidium* in water [J]. Chin J Health Lab Technol, 2004, 15(5): 549–550.
- [28] 周云, 戎颖, 孙磊, 等. 上海市浦东给水厂两虫去除研究[J]. 给水排水, 2007, 33(8): 16–18.
- Zhou Y, Rong Y, Sun L, *et al.* Investigation on removal of *Giardia* and *Cryptosporidium* in Pudong Waterworks in Shanghai [J]. Water Wastewater Eng, 2007, 33(8): 16–18.
- [29] 张志诚, 于淑苑, 张仁利, 等. 2008 年深圳市集中式供水中贾地鞭毛虫和隐孢子虫污染现状[J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(1): 50–51.
- Zhang ZC, Yu SY, Zhang RL, *et al.* Pollution status of *Goardoa lambia* and *Cryptosporidium parvum* in the centralized water supply enterprises, Shenzhen, 2008 [J]. J Environ Health, 2009, 26(1): 50–51.
- [30] 于淑苑, 唐非, 张志诚, 等. 深圳市村镇级水厂水源水中隐孢子虫和贾第鞭毛虫调查[J]. 环境与健康杂志, 2005, 22(6): 450–451.
- Yu SY, Tang F, Zhang ZC, *et al.* Investigation on Water Source Pollution by *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia* in the Small towns and villages in Shenzhen, China [J]. J Environ Health, 2005, 22(6): 450–451.
- [31] Rose JB, Huffman DE, Gennaccaro A. Risk and control of water-borne cryptosporidiosis [J]. FEMS Microbiol Rev, 2002, (26): 113–123.
- [32] US EPA. National primary drinking water regulations [S].
- [33] 席北斗, 霍守亮, 陈奇, 等. 美国水质标准体系及其对我国水环境保护的启示[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(5): 100–103.
- Xi BD, Huo SL, Chen Q, *et al.* U.S water quality standard system and its revelation for China [J]. Environ Sci Technol, 2011, 34(5): 100–103.
- [34] EU. Council directive 98-83-EC on the quality of water intended for human consumption [S].
- [35] WHO. Guideline for drinking-water quality (4th ed) [S].
- [36] 李宗来, 宋兰合. WHO《饮用水水质准则》第四版解读[J]. 给水排水, 2012, 38(7): 9–13.
- Li ZL, Song LH. Interpretation of the guidelines for drinking-water quality(fourth edition)issued by World Health Organization [J]. Water Wastewater Eng, 2012, 38(7): 9–13.
- [37] GB 8537-2008 饮用天然矿泉水[S].
- GB 8537-2008 Drinking natural mineral water[S].
- [38] 韩瑞光, 马欢, 袁媛. 法国的水资源管理体系及其经验借鉴[J]. 中国水利, 2012, 11: 39–42.
- Han RG, Ma H, Yuan Y. Experience and reference of water management system in France [J]. China Water Res, 2012, 11: 39–42.
- [39] 李伟英, 李富生, 高乃云, 等. 日本最新饮用水水质标准及相关管理[J]. 中国给水排水, 2004, 20(5): 104–106.
- Li WY, Li FS, Gao NY, *et al.* The newest drinking water quality standards and related managements of Japan [J]. China Water Wastewater, 2004, 20(5): 104–106.
- [40] 曾光明, 黄瑾辉. 三大饮用水水质标准指标体系及特点比较[J]. 中国给水排水, 2003, 19(7): 30–32.
- Zeng GM, Huang JH. Index systems are compared with the features of three kinds of drinking water quality standards [J]. China Water Wastewater, 2003, 19(7): 30–32.
- [41] 王延勇. 我国饮用水水质标准存在的问题及发展方向[J]. 职业与健康, 2007, 23(11): 956–958.
- Wang YY. The existing problems and development tendency in drinking water quality of China [J]. Occup Health, 2007, 23(11): 956–958.
- [42] 白晓慧, 张玲, 原喆, 等. 饮用水水质安全性及其保障策略[J]. 中国公共卫生, 2004, 20(9): 1147–1148.
- Bai XH, Zhang L, Yuan Z, *et al.* The safeties and its guarantees strategies of drinking water quality [J]. Chin J Public Health, 2004, 20(9): 1147–1148.
- [43] 李梅, 胡洪营. F-RNA 噬菌体及其作为水中肠道病毒指示物的研究进展[J]. 生态环境, 2005, 14(4): 585–589.
- Li M, Hu HY. Review of F-specific RNA bacteriophages as enteroviruses indicators in water [J]. Ecol Environ, 2005, 14(4): 585–589.
- [44] 李梅, 胡洪营. 噬菌体作为水中病毒指示物的研究进展[J]. 中国给水排水, 2005, 21(2): 23–26.
- Li M, Hu HY. Research progress in the use of bacteriophages as viral indicators in water [J]. China Water Wastewater, 2005, 21(2): 23–26.
- [45] Havelaar AH. Bacteriophages as models of entericviruses in the environment [J]. ASM News, 1993, 59: 614–619.
- [46] Koivunen J, Heinonen-Tanski H. Inactivation of enteric microorganisms with chemical disinfectants, UV irradiation and combi-chemical/UV treatment [J]. Water Res, 2005, 39(8): 1519–1526.
- [47] Casteel MJ, Schmidt CE, Sobsey MD. Chlorine disinfection of produce to inactivate hepatitis A virus and coliphage MS2[J]. Int J Food Microbiol, 2008, 125(3): 267–273.
- [48] Butkus MA, Talbot M, Labare MP. Feasibility of the silver-UV process for drinking water disinfection [J]. Water Res, 2005, 39, (20): 4925–4932.
- [49] 谷康定, 唐非, 唐铁强, 等. 饮水消毒剂对水中指示菌和病毒的灭活及消毒副产物生成的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(3): 293–297.
- Gu KD, Tang F, Tang TQ, *et al.* The influence of water disinfectants on inactivation of viruses and formation of volatile and nonvolatile organic

compounds [J]. Chin J Appl Environ Biol, 2003, 9(3): 293–297.

[50] Judy AW. Everything a manager should know about algae toxins but was afraid to ask [J]. J Am Water Works Ass, 2003, 95(9): 26–34.

[51] Hoeger S, Dietrich D. Possible health risks arising from consumption of blue green algae food supplements [C]. Sixth International Conference on Toxic Cyanobacteria. Bergen, Norway, 2004: 30.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



崔 妍, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: yanyan19661@163.com

“食品绿色加工”专题征稿

营养与健康的概念随着人们生活水平的提高越发受到消费者的重视, 消费者在关注食品的感官与风味的同时更加注重食品的营养和安全, 结合人们逐渐增强的环保意识, 在食品的加工过程中, 在保证食品的功能、质量、成本的同时, 综合考虑环境影响、食品安全和资源利用效率的现代加工模式成为了研究热点。

鉴于此, 本刊特别策划了“**食品绿色加工**”专题, 由**江南大学的杨瑞金教授**担任专题主编。杨教授现任江南大学食品学院教授、博士生导师、食品酶学方向学科带头人。同时兼任江南大学中国食品产业发展战略研究中副主任、江苏省高校青蓝工程中青年学术带头人、国家发展改革委员会产业司轻纺工业专家、中国农学会农产品贮藏加工分会理事、中国食品科学技术学会非热加工分会副理事长。本专题主要围绕**食品生物加工和食品物理加工**等方面或者您认为在食品绿色加工方面有意义的内容进行论述, 计划在**2015 年 9 月**出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及**杨瑞金教授**特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部