

## 调查研究

## 佛山市售稻米及其制品中的高氯酸盐污染特征分析

顾春晖,肖雪花,卢清霞,江燕楠,庞智锋,钟国强  
(佛山市疾病预防控制中心,广东佛山 528000)

**摘要:**目的 了解佛山市市售稻米及其制品中的高氯酸盐污染情况,为标准制订和风险管理提供理论基础。方法 2021年3月采集佛山市5个区25个街道的农贸市场、超市、餐饮店和母婴店销售的稻米及其制品共233份,采用液相色谱串联质谱仪法检测样中高氯酸盐浓度,分析稻米及其制品中的高氯酸盐污染特征。结果 高氯酸盐在稻米样品中检出率为57.8%(52/90),湿米粉为98.8%(79/80),糯米制品为90%(18/20),特色米制品为100%(12/12),婴幼儿辅食为87.1%(27/31)。稻米样品中的高氯酸盐平均浓度为2.5 μg/kg,湿米粉为6.5 μg/kg,糯米制品为3.7 μg/kg,特色米制品为4.3 μg/kg,婴幼儿谷类辅食为5.5 μg/kg。不同稻米亚种中,籼米样品中的高氯酸盐平均浓度为2.9 μg/kg,粳米为0.5 μg/kg,糯米为4.2 μg/kg。结论 市售稻米及其制品中的高氯酸盐污染较为普遍,其中稻米的高氯酸盐污染水平低于稻米制品和婴幼儿辅食,而湿米粉是稻米制品中高氯酸盐污染水平最高的一种,婴幼儿辅食中的高氯酸盐污染水平也较高。

**关键词:**高氯酸盐;稻米;稻米制品;婴幼儿米类辅食

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2023)05-0706-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.05.011

**Perchlorate characteristics of rice and rice products sold in markets in Foshan, China**

GU Chunhui, XIAO Xuehua, LU Qingxia, JIANG Yannan, PANG Zhifeng, ZHONG Guoqiang  
(Foshan Center for Disease Control and Prevention, Guangdong Foshan 528000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the concentration of perchlorate in rice and its products sold in Foshan and provide a theoretical basis for formulating food safety standards and risk management. **Methods** In March 2021, 233 samples of rice and its products sold in 25 communities from the five districts of Foshan were collected from farmers' markets, supermarkets, restaurants, and maternal and child stores. An LC/MS-based method was utilized to evaluate the perchlorate concentration in the rice and rice products. **Results** Perchlorate was detected in 57.8% (52/90) of rice samples, 98.8% (79/80) of wet rice noodles samples, 90% (18/20) of glutinous rice products, 100% (12/12) of local rice products, and 87.1% (27/31) of baby complementary rice-based food samples. The average concentrations of perchlorate were 2.5 μg/kg in rice samples, 6.5 μg/kg in wet rice noodles samples, 3.7 μg/kg in glutinous rice products samples, 4.3 μg/kg in local rice products samples, and 5.5 μg/kg in baby complementary rice-based food samples. Among different types of rice, the average concentration of perchlorate was 2.9 μg/kg in indica rice, 0.5 μg/kg in japonica rice, and 4.2 μg/kg in glutinous rice. **Conclusion** Perchlorate pollution is prevalent in rice and rice products sold in the markets of Foshan. Lower levels are detected in rice compared with rice products and infant/young children's complementary foods. Wet rice noodles have the highest level of perchlorate contamination among rice products; the second highest level of perchlorate contamination was detected in baby complementary rice-based foods.

**Key words:** Perchlorate; rice; rice product; baby complementary rice-based food

高氯酸盐是新发现的持久性环境污染物,性质稳定、亲水,不易分解,在环境、饮用水和食品中广泛存在,具有较高的迁移率。高氯酸盐常被用作固

体火箭燃料、烟花爆竹中的氧化剂和汽车安全气囊中的爆炸物,主要以高氯酸铵、高氯酸钾等形式存在于环境中。高氯酸根离子与碘离子半径相近,高氯酸盐进入机体后会竞争性地抑制碘摄取,从而损害甲状腺功能,影响机体代谢<sup>[1-2]</sup>,孕妇、胎儿、新生儿以及患有甲状腺疾病或碘缺乏症者对高氯酸盐更为敏感。高氯酸盐在环境中存在范围广,国内外研究在不同环境介质中均发现了不同浓度的高氯

收稿日期:2021-12-28

作者简介:顾春晖 女 硕士研究生 研究方向为食品卫生

E-mail:jk-guch@wj.foshan.gov.cn

通信作者:钟国强 男 医师 研究方向为食品卫生

E-mail:jk-zhonggq@wj.foshan.gov.cn

酸盐,从室内外粉尘粒子到土壤、地下水,甚至人体日常摄入的食物<sup>[3-5]</sup>。由于高氯酸盐高危害,包括欧盟在内的多个国家和组织均规定了食品中高氯酸盐的限值,然而由于环境中的高氯酸盐污染情况和食品中高氯酸盐的风险监测和评估结果不同,不同国家和地区制订的限量值或限量参考值存在差异,联合国粮农组织和世界卫生组织的联合食品添加剂专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)于2011年提出高氯酸盐的暂定每日最大耐受摄入量(Provisional maximum tolerable daily intake, PMTDI)为0.01 mg/kg·BW·d,并估计高氯酸盐在高消费水平下的膳食暴露量为0.7 μg/kg·BW·d<sup>[6]</sup>,而欧盟委员会(European Union, EU)第2020/685号条例规定水果和蔬菜的高氯酸盐限量为0.05 mg/kg,婴幼儿配方奶粉和特医食品的高氯酸盐限量为0.01 mg/kg(其中婴儿食品的高氯酸盐限量为0.02 mg/kg,谷基食品为0.01 mg/kg)<sup>[7]</sup>。目前我国尚未设立相关的食品标准限值。有研究发现,谷物是我国高氯酸盐膳食暴露的主要来源之一<sup>[8-9]</sup>。经调查估算,谷物对我国高氯酸盐总暴露量的贡献率约为28.12%<sup>[9]</sup>。稻米及其制品是许多亚洲国家的传统主食,也是我国南方地区主要消费的谷物类食品,然而目前关于稻米及其制品中高氯酸盐污染水平的调查研究较为有限<sup>[10-12]</sup>。作为我国居民主要的谷物消费品种,稻米及其制品的食用安全问题值得研究和关注。

本研究通过采集广东省佛山市市售不同产地、不同品种稻米及其制品,采用液相色谱串联质谱仪法检测其高氯酸盐含量,初步分析和探讨稻米及其制品中高氯酸盐污染特征,以期为国家制定高氯酸盐相关标准和优化高氯酸盐的控制策略提供数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

2021年在广东省佛山市5个区25个街道的农贸市场、超市、餐饮和母婴店随机采集稻米及其制品233份,包含90份稻米样品、80份湿米粉样品、20份糯米制品样品、12份佛山地方特色米制品样品和31份婴幼儿辅食(营养米粉和营养米乳)样品。样品采集后取稻米及其制品部分充分搅碎均匀,于-18℃保存待检。

### 1.2 高氯酸盐测定

按照《2021年国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册(中卷)》食品中高氯酸盐和氯酸盐测定的标准操作程序(液相色谱质谱法),高氯酸盐的

检出限为1.5 μg/kg,定量限为4.5 μg/kg。

#### 1.2.1 标准工作曲线制作

将高氯酸钠同位素内标溶液(100±1.0 μg/mL, Cambridge Isotope Laboratories)稀释为1.00 μg/mL的内标使用液,将高氯酸根标准溶液(1 000 μg/mL, o2si)稀释为1.000 μg/mL的标准使用液1和0.100 0 μg/mL的标准使用液2,使用两种标准使用液和内标使用液,用乙酸铵乙腈溶液(乙酸铵:乙腈=1:2,乙酸铵浓度20 mmol/L)稀释得到浓度分别为0、0.20、0.50、1.0、2.0、5.0、10、20、50 ng/mL的标准工作曲线,内标浓度为5.0 ng/mL。

#### 1.2.2 样品前处理

称取2.00 g试样,加入100 μL同位素内标使用液、7.0 mL超纯水,涡旋振荡提取5 min,加入13.0 mL乙腈,混匀,水浴超声提取30 min,使用高速离心机(Allegra X-30R, Beckman Coulter)10 000 r/min常温离心10 min,移取3.0 mL上清液,过PRiME HLB固相萃取柱及0.22 μm再生纤维素滤膜,收集约1 mL初始滤液,供液相色谱串联质谱仪测定。

#### 1.2.3 仪器条件

使用1290 Infinity超高效液相色谱(Agilent)串联API 4000 QTARP三重四级杆质谱仪(AB SCIEX)测定样品中的高氯酸盐浓度。

##### 1.2.3.1 质谱条件

电离模式:电喷雾电离负离子模式(ESI<sup>-</sup>);离子喷雾电压:-4 000 V;温度:400℃;GAS1:40 psi; GAS2:60 psi;扫描模式:多反应监测(Multiple reaction monitoring, MRM);各化合物的质谱参数见表1。

表1 质谱参数

Table 1 Parameters of mass spectrometer

化合物	保留时间/min	母离子	子离子	DP/V	CE/V
高氯酸盐	2.50	98.8	82.9	-67	-33
		100.8	84.8	-70	-34
高氯酸盐内标	2.50	106.8	88.9	-96	-38

##### 1.2.3.2 色谱条件

色谱柱:Waters Torus DEA柱(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm);柱温:35℃;流动相A:20 mmol/L乙酸铵,流动相B:乙腈;进样体积:5 μL。梯度洗脱程序见表2。

#### 1.2.4 质量控制措施

检测前对样品前处理所涉及的消耗品和器皿进行高氯酸盐本底测试,以避免可能的污染。每批次样品前处理至少检测一个过程样品空白,要求过程样品空白中高氯酸盐含量低于方法检出限,否则查找污染来源并予以消除。若试样中高氯酸盐含

表2 梯度洗脱程序  
Table 2 Gradient elution program

时间/min	流速/( $\mu\text{L}/\text{min}$ )	流动相A/%	流动相B/%
0	500	65	35
0.5	500	65	35
4.0	500	35	65
5.0	500	10	90
7.0	500	10	90
8.0	500	65	35
12	500	65	35

量过高,适当减少取样量,使其响应值落在标准曲线范围内。

在测定过程中,使用有证标准物质作为质量控制样品,或采用加标回收试验进行质量控制,回收率控制在80%~120%。每批样品作10%的平行样品测定,每测定15~20个样品用同一份标准溶液或标准物质检查仪器的稳定性。

### 1.3 统计学分析

采用R 4.0.5软件进行数据统计分析。使用 $\chi^2$ 检验比较不同种类样品的高氯酸盐检出率,多重检验时校正 $P$ 值。在描述和比较不同样品的高氯酸盐污染水平时,将未检出高氯酸盐样品的值赋为0,使用Wilcoxon检验进行比较,多重检验时校正 $P$ 值。

## 2 结果

### 2.1 采样信息

本研究采集稻米及其制品共233份,其中稻米包括国产和进口稻米,品种包括籼米、粳米和糯米;

湿米粉样品包括米粉、河粉、肠粉和陈村粉;糯米制品包括糯米鸡和粽子;特色米制品包括白糖糕、松糕、濑粉等;婴幼儿辅食包括营养米粉和营养米乳,采样场所详见表3。

表3 采样信息

Table 3 Sampling information of rice and rice products

种类	超市	农贸市场	餐饮	母婴店
稻米	50	40	—	—
湿米粉	19	46	15	—
糯米制品	6	4	10	—
特色米制品	5	4	3	—
婴幼儿辅食	14	—	—	17

注:—代表该地点未采集该样品

### 2.2 稻米及其制品中的高氯酸盐污染情况

本研究采集的各类样品中高氯酸盐的检出率(检出限为 $1.5\mu\text{g}/\text{kg}$ )如表4所示。将样品分为3类,分别为稻米、稻米制品(湿米粉、糯米制品和特色米制品)和婴幼儿辅食,稻米中的高氯酸盐检出率为57.8%(52/90),稻米制品中的高氯酸盐检出率为97.3%(109/112),婴幼儿辅食中的高氯酸盐检出率为87.1%(27/31),稻米中的高氯酸盐检出率显著低于稻米制品和婴幼儿辅食(经多重检验校正,稻米 vs 稻米制品, $P<0.001$ ;稻米 vs 婴幼儿辅食, $P=0.023$ )。稻米的三个亚种中,籼米中的高氯酸盐检出率为80.9%(38/47),粳米中的高氯酸盐检出率为12.5%(3/24),糯米中的高氯酸盐检出率为57.9%(11/19),粳米的高氯酸盐检出率显著低于籼米和糯米(经多重检验校正,籼米 vs 粳米, $P<0.001$ ;糯米 vs 粳米, $P=0.014$ )。不同类型的稻米制品之间

表4 稻米及其制品中的高氯酸盐污染水平

Table 4 Contamination Level of Perchlorate in Rice and Rice Products

样品种类	数量(份)	平均值( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	最小值( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	最大值( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	中位数( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	P95( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	达到检出限的 样品率/比例	达到定量限的 样品率/比例
稻米	90	2.54	n.d.	12.40	2.00	7.34	57.8(52/90)	27.8(25/90)
籼米	47	2.92	n.d.	6.88	2.71	6.61	80.9(38/47)	29.8(14/47)
油黏米	24	3.00	n.d.	6.88	2.85	5.26	87.5(21/24)	29.2(7/24)
丝苗米	6	1.58	n.d.	3.39	1.85	3.14	66.7(4/6)	0
进口香米	6	3.06	n.d.	6.82	2.38	6.81	50.0(3/6)	50.0(3/6)
粳米	24	0.46	n.d.	6.22	n.d.	2.68	12.5(3/24)	4.2(1/24)
珍珠米	19	0.58	n.d.	6.22	n.d.	3.12	15.8(3/19)	5.3(1/19)
稻花香	3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	0
糯米	19	4.24	n.d.	12.40	5.05	11.32	57.9(11/19)	52.7(10/19)
湿米粉	80	6.47	n.d.	16.90	6.37	9.19	98.8(79/80)	85.0(68/80)
河粉	20	6.11	1.91	9.02	6.59	8.75	100.0(20/20)	80.0(16/20)
米粉	20	5.38	n.d.	9.17	5.32	8.28	95.0(19/20)	70.0(14/20)
肠粉	20	7.43	4.42	16.90	6.92	9.45	100.0(20/20)	95.0(19/20)
陈村粉	20	6.97	4.41	9.90	7.07	9.74	100.0(20/20)	95.0(19/20)
糯米制品	20	3.74	n.d.	8.70	3.91	5.57	90.0(18/20)	30.0(6/20)
特色米制品	12	4.83	1.75	11.25	3.96	10.11	100.0(12/12)	41.7(5/12)
婴幼儿辅食	31	5.48	n.d.	20.30	5.13	11.50	87.1(27/31)	51.6(16/31)
营养米粉	26	5.57	n.d.	20.30	5.30	11.53	88.5(23/26)	53.8(14/26)
营养米乳	5	5.00	n.d.	10.80	2.75	10.45	80.0(4/5)	40.0(2/5)

注:n.d.:未测出

和不同类型的婴幼儿辅食之间高氯酸盐的检出率差异无统计学意义。

### 2.3 稻米及其制品中的高氯酸盐污染水平

本研究采集的各类样品中高氯酸盐的污染水平如图 1 所示。将样品分为稻米、稻米制品和婴幼儿辅食三类,研究发现稻米中的高氯酸盐污染水平显著低于稻米制品和婴幼儿辅食(经多重检验校正,  $P < 0.001$  或  $P < 0.0001$ ),如图 1A 所示。不同类型稻米和稻米制品的高氯酸盐污染水平如图 1B 和图 1C 所示,籼米和糯米中的高氯酸盐污染水平显

著高于粳米(经多重检验校正,  $P < 0.001$ ),籼米的不同亚种,即油黏米、丝苗米和进口香米之间高氯酸盐污染水平未发现统计学差异。在稻米制品中,湿米粉中的高氯酸盐污染水平显著高于糯米制品和特色米制品(经多重检验校正,湿米粉 vs 糯米制品,  $P < 0.001$ ,湿粉类 vs 特色米制品,  $P < 0.05$ )。在湿米粉中,米粉中的高氯酸盐污染水平显著低于肠粉和陈村粉(经多重检验校正,米粉 vs 肠粉,  $P < 0.01$ ;米粉 vs 陈村粉,  $P < 0.05$ ),如图 D 所示。婴儿米粉和婴儿米乳之间高氯酸盐污染水平差异无统计学意义。

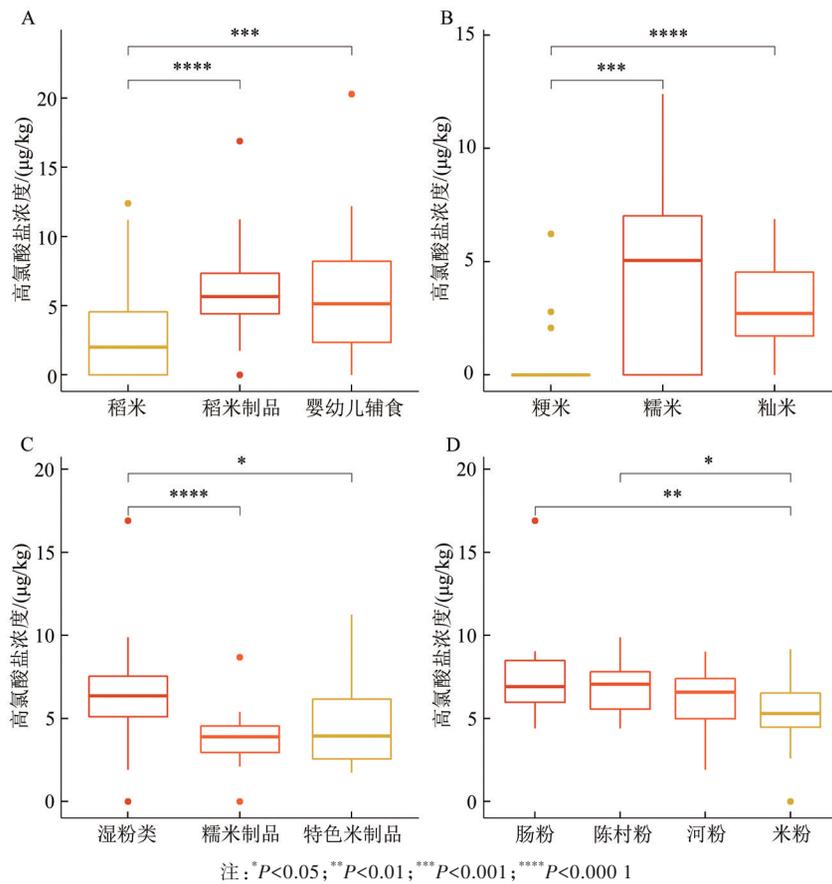


图 1 不同种类稻米及其制品的高氯酸盐污染水平

Figure 1 Contamination level of perchlorate in different types of rice and rice products

### 3 讨论

本研究发现不同种类的稻米及其制品之间高氯酸盐的检出率和污染水平不同。总体而言,稻米中的高氯酸盐检出率和污染水平低于稻米制品和婴幼儿辅食。这可能与稻米制品和婴幼儿辅食加工所使用的稻米种类和(或)其他原料受高氯酸盐污染有关,例如湿米粉基本使用籼米制作,而籼米是稻米中高氯酸盐检出率较高的亚种;婴幼儿辅食中常添加乳类、蔬菜等原料,而乳类和蔬菜中的高氯酸盐污染普遍且污染水平高于稻米<sup>[8,12]</sup>。

不同稻米亚种的高氯酸盐检出率和污染水平

亦不同,这可能与灌溉水中的高氯酸盐污染有关。有研究表明,在用含有高氯酸盐的水灌溉之后,植物会迅速捕获和积累高氯酸盐<sup>[13]</sup>。韩国一项研究也发现,市售稻米中的高氯酸盐浓度与地表水中的高氯酸盐浓度高度相关<sup>[11]</sup>。由于南北气候差异,我国水稻种植基本呈现北方种植粳稻、南方种植籼稻的情形。国家统计局数据显示,我国粳稻的种植以黑龙江为主,籼稻的种植以长江流域的湖北、湖南、江西、安徽和江苏以及珠江流域的两广地区为主。国内的水专项和大规模水质调查显示长江流域地区饮用水高氯酸盐污染较为严重,而松花江流域饮

用水高氯酸盐污染较轻<sup>[9]</sup>。这与本研究发现的籼米中的高氯酸盐检出率和污染水平高于粳米相符合。此外,全国总膳食研究调查中测定的不同省份谷物中高氯酸盐浓度也与此相符<sup>[8]</sup>。

本研究采集的稻米样品中的高氯酸盐浓度(n. d. ~12.4 μg/kg)高于2007年全国26个省份的调查结果(0.16~4.88 μg/kg)和2015年成都市熟米饭样品的调查结果(n. d. ~9.05 μg/kg)<sup>[10,12]</sup>,这与全国9个城市自来水中高氯酸盐污染程度的加重一致<sup>[9]</sup>。此外,2019年一项研究在我国粮食主产区十五个省市采集稻谷样品387份,检测得到稻谷样品的高氯酸盐检出率达到86.82%,高氯酸盐平均含量为17.17 μg/kg,含量范围在n. d. ~119.25 μg/kg,而籼稻精米中平均高氯酸盐含量为稻谷的18.92%,粳稻精米中平均高氯酸盐含量为稻谷的25.91%,总体高氯酸盐污染水平高于本研究采集的佛山市售稻米<sup>[14]</sup>。除我国外,东亚和南亚地区也以水稻为主食,2014年韩国一项研究发现稻米中高氯酸盐的平均浓度为0.21 μg/kg(n. d. ~1.79 μg/kg)<sup>[11]</sup>,远低于我国,这可能与当地种植的水稻品种主要为粳米有关。

稻米制品中,湿米粉一般由籼米、淀粉和水制成,糯米制品主要由糯米制成,而特色米制品的种类较多、成分复杂。本研究发现湿米粉类食品、糯米制品和特色米制品的高氯酸盐检出率相近,而湿米粉的高氯酸盐污染水平高于糯米制品和特色米制品,这与籼米和糯米间比较的结果相反。经进一步比较,本研究采集的湿米粉高氯酸盐污染水平显著高于籼米( $P < 0.001$ ),而糯米与糯米制品的高氯酸盐污染水平差异无统计学意义。故推测湿米粉高氯酸盐污染水平高于糯米制品的原因可能是湿米粉的原料之一淀粉带有一定的高氯酸盐污染,这一推测可在湿米粉类食品的不同品种间得到印证。米粉是湿米粉类食品中高氯酸盐污染水平最低的品种,也是淀粉含量最低的品种。淀粉是食品工业中使用量较大的一类原料,其中的高氯酸盐污染情况值得进一步的研究调查。

本研究采集的31份婴幼儿谷类辅食中有3份检出高氯酸盐浓度高于欧盟标准(0.01 mg/kg)<sup>[7]</sup>,而2019年另一项研究采集了11份国产米粉和9份进口米粉,高氯酸盐全部检出,平均检测值分别为0.014和0.0169 mg/kg<sup>[15]</sup>,污染水平高于本研究采集的婴幼儿谷类辅食(0.00548 mg/kg),这提示国内制定管理限量的必要性。

本研究的局限性主要有两点,一是不同稻米及其制品之间的样本数量不均衡,可能因样本量有限

而无法发现潜在的统计学差异;二是只调查了不同品种稻米及其制品的高氯酸盐污染情况,由于散装和部分包装稻米的产地信息不全,因而未能进一步追溯至产地分析稻米及其制品中的高氯酸盐污染特征。

市售稻米及其制品中的高氯酸盐污染较为普遍,其中稻米的高氯酸盐污染水平低于稻米制品和婴幼儿辅食,湿米粉是稻米制品中高氯酸盐污染程度最重的一种,婴幼儿辅食中的高氯酸盐污染水平也相对较高。近年来随着南北饮食习惯的融合,湿米粉的消费量不断增大。婴幼儿因生长发育需求对高氯酸盐更为敏感。湿米粉与婴幼儿米粉、米乳中的高氯酸盐污染状况需要进一步的关注。

## 参考文献

- [1] COREY L M, BELL G P, PLEUS R C. Exposure of the US population to nitrate, thiocyanate, perchlorate, and iodine based on NHANES 2005-2014[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2017, 99(1): 83-88.
- [2] 田一媚, 宫智勇. 食品中高氯酸盐的污染现状及毒理作用研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(5): 276-281.  
TIAN Y M, GONG Z Y. Advances in research on pollution status and toxicological effects of perchlorate in food matrices[J]. Food Science, 2020, 41(5): 276-281.
- [3] ERDEMGIL Y, GÖZET T, CAN Ö, et al. Perchlorate levels found in tap water collected from several cities in Turkey[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2016, 188(3): 158.
- [4] WAN Y J, WU Q, ABUALNAJA K O, et al. Occurrence of perchlorate in indoor dust from the United States and eleven other countries: implications for human exposure[J]. Environment International, 2015, 75: 166-171.
- [5] ZHANG T, CHEN X J, WANG D, et al. Perchlorate in indoor dust and human urine in China: Contribution of indoor dust to total daily intake[J]. Environmental Science & Technology, 2015, 49(4): 2443-2450.
- [6] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Safety evaluation of certain contaminants in food [EB/OL]. [2021-12-06]. <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/5885>.
- [7] European Union (EU). Amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of perchlorate in certain foods: Commission Regulation (EU) 2020/685 of 20 May 2020[J]. Office Journal of European Union, 2020: 160.
- [8] 杨佳佳. 中国居民膳食高氯酸盐和溴酸盐暴露水平研究[D]. 武汉: 武汉工业学院, 2012.  
YANG J J. The study of occurrence and estimated dietary intakes of perchlorate and bromate in China[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2012.
- [9] 陈文秀, 何纳轮, 史亚利, 等. 我国人群高氯酸盐暴露途径及贡献率分析[J]. 科学通报, 2020, 65(14): 1387-1394.  
CHEN W X, HE N L, SHI Y L, et al. Analysis of exposure routes and contribution rate of perchlorate in China[J]. Chinese

- Science Bulletin, 2020, 65(14): 1387-1394.
- [10] SHI Y L, ZHANG P, WANG Y W, et al. Perchlorate in sewage sludge, rice, bottled water and milk collected from different areas in China[J]. Environment International, 2007, 33(7): 955-962.
- [11] KIM D H, YOON Y, BAEK K, et al. Occurrence of perchlorate in rice from different areas in the Republic of Korea[J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2014, 21(2): 1251-1257.
- [12] GAN Z W, PI L, LI Y W, et al. Occurrence and exposure evaluation of perchlorate in indoor dust and diverse food from Chengdu, China[J]. Science of the Total Environment, 2015, 536: 288-294.
- [13] CALDERÓN R, GODOY F, ESCUDEY M, et al. A review of perchlorate (ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>) occurrence in fruits and vegetables[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2017, 189(2): 82.
- [14] 刘恋. 粮食主产区谷物中高氯酸盐的暴露水平及其在稻谷中分布规律[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.
- LIU L. The pollution levels of perchlorate in grains and its distributions in rice in Chinese major grain producing areas[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2019.
- [15] 许浩. 高氯酸盐在婴幼儿食品中的暴露评估及其体外生物利用率[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.
- XU H. Exposure assessment of perchlorate in infant food and its *in vitro* bioavailability[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2019.

## 《中国食品卫生杂志》2023年征稿征订启事

《中国食品卫生杂志》创刊于1989年,由中华人民共和国国家卫生健康委员会主管,中华预防医学会、中国卫生信息与健康医疗大数据学会共同主办,刊号:ISSN 1004-8456、CN 11-3156/R,邮发代号:82-450,月刊,国内公开发行人。本刊是2008、2011、2017、2020版中文核心期刊,中国科学引文数据库核心刊(C刊),中国科技核心期刊,中国精品科技期刊。中国知网(CNKI)全文收录。2020年版影响因子1.553,在预防医学领域影响力指数排名第8(8/86)。曾连续多年获得中华预防医学会优秀期刊一等奖。

**刊登范围:**食品卫生领域的科研方法及成果,检验检测技术(包括化学分析技术、微生物检验技术、毒理学方法),有毒有害物质的监测、评估、标准的研究,监督管理措施及方法,应用营养等。

**主要栏目:**专家述评、论著、研究报告、实验技术与方法、监督管理、调查研究、食品安全标准及监督管理、风险监测、风险评估、应用营养、食源性疾病、综述及国际标准动态。

**刊发周期:**审稿通过后一般在2个月左右刊出。对具有创新性的优秀论文开通绿色通道,加急审稿、优先发表。

(下转第733页)