

## 调查研究

## 湖北省市售典型食品中二氧化硫残留现状及风险分析

张旭丽<sup>1</sup>,曹文成<sup>2</sup>,刘潇<sup>2</sup>,刘小方<sup>2</sup>,唐琳<sup>2</sup>,李永刚<sup>2</sup>,樊景丽<sup>1</sup>,闻胜<sup>2</sup>,王亮<sup>1</sup>,周妍<sup>2</sup>

(1. 新疆大学,新疆 乌鲁木齐 830002;

2. 湖北省应用毒理重点实验室,湖北省疾病预防控制中心,湖北 武汉 430079)

**摘要:**目的 了解湖北省市售典型食品中二氧化硫残留量及风险水平,为监管部门制定管理措施提供科学依据。方法 在湖北省15个市(州)超市、农贸市场等采集黄花菜(干)、竹笋(干)、腐竹(干)、银耳(干)、金针菇(鲜)、口蘑(鲜)、南瓜子、魔芋粉、葛根粉和葡萄酒等10种典型食品共计1867份,使用GB/T 5009.34—2003检测二氧化硫残留量;采用点评估方法计算湖北省居民的二氧化硫摄入量,通过典型食品的二氧化硫进行暴露评估。结果 10类食品的总的超标率为20.03%(374/1867),从高到低依次为银耳(干)[36.93%(106/287)]、黄花菜(干)[35.10%(106/302)]、腐竹(干)[28.31%(77/272)]、葛根粉[17.65%(15/85)]、魔芋粉[13.64%(6/44)]、南瓜子[13.28%(34/256)]、竹笋(干)[10.81%(24/222)]、口蘑(鲜)[3.17%(4/126)]、葡萄酒[1.92%(1/52)]、金针菇(鲜)[0.45%(1/221)]。10类食品二氧化硫残留量均值范围为0.02~1.18 g/kg。湖北省居民膳食二氧化硫的每日平均摄入量为0.28~0.59 mg/kg·BW·d,高食物量消费人群每日摄入量(第97.5百分位数, $P_{97.5}$ )为1.81~3.78 mg/kg·BW·d,超过每日容许摄入量(0~0.7 mg/kg·BW·d)。结论 湖北省黄花菜(干)、银耳(干)和腐竹(干)等食品中二氧化硫残留量超标较为严重,居民二氧化硫膳食平均每日摄入量处于安全水平,但高食物量消费人群存在较高的健康风险。

**关键词:**二氧化硫;黄花菜;腐竹;魔芋粉;残留量;风险分析

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2022)06-1269-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.06.022

### Analysis and risk assessment of sulfur dioxide residue in typical goods in Hubei Province

ZHANG Xuli<sup>1</sup>, CAO Wencheng<sup>2</sup>, LIU Xiao<sup>2</sup>, LIU Xiaofang<sup>2</sup>, TANG Lin<sup>2</sup>, LI Yonggang<sup>2</sup>,FAN Jingli<sup>1</sup>, WEN Sheng<sup>2</sup>, WANG Liang<sup>1</sup>, ZHOU Yan<sup>2</sup>

(1. Xinjiang University, Xinjiang Urumqi 830002, China; 2. Hubei Provincial Key Laboratory for Applied Toxicology, Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hubei Wuhan 430079, China)

**Abstract: Objective** To provide a scientific basis for regulatory authorities to develop management measures, sulfur dioxide residues and risk in typical foods in Hubei province market was studied. **Methods** A total of 1867 samples of 10 typical foods were collected from supermarkets and farmers' markets in 15 cities (states) in Hubei province, including day lily (dried), bamboo shoots (dried), Yuba (dried), tremella (dried), enoki mushroom (fresh), mushroom (fresh), pumpkin seeds, konjac powder, pueraria powder and wine. Sulfur dioxide residues were detected according to GB/T 5009.34-2003. The point assessment method was used to calculate the residents' intake of sulfur dioxide and the exposure risk. **Results** The total over-limit ratio of 10 types of food was 20.03% (374/1867), and the descending order was tremella (dried) [36.93% (106/287)], day lily (dried) [35.10% (106/302)], Yuba (dried) [28.31% (77/272)], pueraria powder [17.65% (15/85)], konjac powder [13.64% (6/44)], pumpkin seeds [13.28% (34/256)], bamboo shoots (dried) [10.81% (24/222)], mushroom (fresh) [3.17% (4/126)], wine [1.92% (1/52)] and enoki mushroom (fresh) [0.45% (1/221)]. The mean value of sulfur dioxide residues in 10 types of food ranged from 0.02 to 1.18 g/kg. The average daily dietary intake of sulfur dioxide of residents in Hubei province ranged from 0.28 to 0.59 mg/kg·BW·d, and the daily intake (97.5 th percentile,  $P_{97.5}$ ) of people with high food consumption was 1.81~3.78 mg/kg·BW·d,

收稿日期:2022-04-11

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC1600500);湖北省卫生健康科研基金(WJ2021Q049,QJX2010-36);湖北省医学青年拔尖人才(S2020JY23)

作者简介:张旭丽 女 硕士研究生 研究方向为农产品加工及贮藏工程 E-mail:2420621778@qq.com

通信作者:王亮 男 教授 研究方向为农产品加工及贮藏工程 E-mail:1390593786@qq.com

周妍 女 副主任技师 研究方向为食品安全和卫生检验 E-mail:zyhbdc@163.com

王亮和周妍为共同通信作者

which exceeded the ADI (0~0.7 mg/kg·BW·d). **Conclusion** Sulfur dioxide residues in day lily (dried), tremella (dried) and Yuba (dried) were more serious in Hubei province. The average daily intake of sulfur dioxide of residents was acceptable, but the high food consumption of population has a high health risk.

**Key words:** Sulfur dioxide; day lily; Yuba; konjac powder; residue; risk assessment

二氧化硫、硫磺、焦亚硫酸钾和焦亚硫酸钠等亚硫酸盐是一类食品添加剂,《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》GB 2760—2014<sup>[1]</sup>中明确规定了其使用范围和允许最大使用量,食品中此类物质含量均以二氧化硫最大残留量计。二氧化硫在食品的贮藏和加工过程被广泛使用,它可抑制原料中氧化酶的活性,防止氧化褐变而使食品色泽明亮美观,同时还能抑制霉菌和细菌的滋生而延长食品的保质期。少量二氧化硫残留量可通过人体正常代谢排出体外,但若为追求良好的外观色泽、延长食品保质期或掩盖劣质食品,超量使用二氧化硫类添加剂,则可能造成食品中二氧化硫的残留量超标,从而对人体健康造成不良影响。毒理学研究表明,过量的二氧化硫与蛋白质的巯基发生可逆反应,刺激呼吸道和消化道黏膜,引发黏膜炎症和水肿,严重时还会引发急性肺损伤、脑组织损伤、哮喘等过敏反应<sup>[2-5]</sup>。因此联

合国粮农组织和世界卫生组织联合食品添加剂专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)规定二氧化硫的每日容许摄入量(Allowable daily intake, ADI)为0~0.7 mg/kg·BW·d<sup>[6-7]</sup>。为了解湖北省市售食品中二氧化硫残留量及其对当地居民的健康风险,本研究对10类典型食品1 867份样品中二氧化硫进行检测分析,并结合膳食消费量进行初步暴露评估。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 样品来源

样品来源于2013年和2014年湖北省食品安全风险监测项目中二氧化硫监测样品,采样范围为湖北省15个市(州),在各地选取不同超市或农贸市场采集样品共1 867份,具体种类见表1。

表1 湖北省典型食品中二氧化硫残留量

Table 1 Sulfur dioxide residues in typical foods in Hubei province

食品类别	检出率/%	超标率/%	均值/(g/kg)	P50/(g/kg)	P97.5/(g/kg)	允许最大使用量/(g/kg)
黄花菜(干)	90.73(274/302)	35.10(106/302)	1.18±3.58	0.07	9.01	0.2
竹笋(干)	76.58(170/222)	10.81(24/222)	0.10±0.33	0.02	0.67	0.2
腐竹(干)	89.34(243/272)	28.31(77/272)	0.31±0.60	0.05	2.32	0.2
银耳(干)	83.62(240/287)	36.93(106/287)	0.19±0.45	0.02	2.72	0.05
金针菇(鲜)	81.00(179/221)	0.45(1/221)	0.03±0.08	0.01	0.09	0.4
口蘑(鲜)	80.95(102/126)	3.17(4/126)	0.04±0.15	0.01	0.44	0.4
葡萄酒	92.31(48/52)	1.92(1/52)	0.06±0.10	0.03	0.14	0.25
南瓜子	79.69(204/256)	13.28(34/256)	0.45±2.40	0.01	2.46	0.4
魔芋粉	95.45(42/44)	13.64(6/44)	0.46±1.07	0.04	3.55	0.9
葛根粉	82.35(70/85)	17.65(15/85)	0.02±0.03	0.01	0.08	0.03
总计	84.20(1 572/1 867)	20.03(374/1 867)	0.36±1.77	0.02	2.75	—

注:葡萄酒二氧化硫含量单位为g/L

### 1.2 方法

#### 1.2.1 检测方法

检测所采用方法为GB/T 5009.34—2003食品中亚硫酸盐的测定<sup>[8]</sup>第二法(蒸馏法),葡萄酒中二氧化硫的测定采用2014年全国食品安全风险监测工作手册方法(蒸馏滴定法)。

#### 1.2.2 标准与评估方法

根据《食品中化学物风险评估原则和方法》<sup>[9]</sup>的评估方法计算湖北省居民二氧化硫膳食暴露量和暴露风险。

$$EDI = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i \times C_i)}{BW} \quad \text{式(1)}$$

式中,EDI为估计某类人群的每日膳食摄入量(Estimated daily intake, EDI) mg/kg·BW·d;  $F_i$ 为第*i*类

食品的每日消费量, g/d;  $C_i$ 为第*i*类食品中二氧化硫的残留量, g/kg; BW为某类人群的平均体质量, kg;

### 1.3 统计学分析

二氧化硫的检出限为0.001 g/kg和0.001 g/L,本研究各类样品中二氧化硫检出率均大于40%,参照世界卫生组织(World Health Organization, WHO)对低水平食品污染物可信数据评估的要求,检测值低于检出限的以检出限的1/2进行统计。采用SPSS Statistics 23.0软件进行统计分析。

## 2 结果

### 2.1 典型食品中二氧化硫残留水平

前期文献调研和预试验结果表明,在湖北省干

制蔬菜、食用菌、坚果、葡萄酒以及特色食品魔芋粉、葛根粉在加工过程中经常使用二氧化硫,易造成二氧化硫超标使用。因此选择黄花菜(干)、竹笋(干)、腐竹(干)、银耳(干)、金针菇(鲜)、口蘑(鲜)、葡萄酒、南瓜子、魔芋粉和葛根粉等10类食品作为典型食品,在湖北省15个市(州)商场(超市)和农贸市场采集样品共1867份。除南瓜子外,9类食品的限量值在《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》GB 2760—2014<sup>[1]</sup>中均有规定,限量值范围为0.03~0.9 g/kg。南瓜子则依据GB/T 22165—2008<sup>[10]</sup>《坚果炒货食品通则》中限量值(0.4 g/kg)进行判定。

湖北省典型食品中二氧化硫残留量平均值为0.02~1.18 g/kg,检出率为84.20%(1572/1867),超标率为20.03%(374/1867),详见表1。在10类

食品中银耳、黄花菜和腐竹超标率较高,分别为36.93%(106/287)、35.10%(106/302)和28.31%(77/272),黄花菜和南瓜子中二氧化硫残留量最高值分别达31.4和27.2 g/kg。不同种类食品的二氧化硫残留量( $P<0.01$ )和超标率( $\chi^2=36.45, P<0.01$ )差异均有统计学意义。

## 2.2 商店(超市)与农贸市场市售典型食品中二氧化硫残留量检测

农贸市场样品二氧化硫残留量平均值为0.44 g/kg,超标率为25.94%(227/875);商场(超市)样品中二氧化硫残留量平均值为0.14 g/kg,超标率为14.82%(147/992),详见表2。农贸市场食品中二氧化硫超标率( $\chi^2=36.45, P<0.01$ )和平均值( $P<0.01$ )均显著高于商场(超市)。

表2 湖北省农贸市场和商店(超市)食品中二氧化硫含量情况(g/kg)

Table 2 Sulfur dioxide content in food from farm market and store (supermarket) in Hubei province (g/kg)

食品类别	农贸市场				商店(超市)			
	均值	P97.5	最大值	超标率/%	均值	P97.5	最大值	超标率/%
黄花菜(干)	2.19	18.92	31.4	57.89(88/152)	0.07	1.33	5.3	12.00(18/150)
竹笋(干)	0.11	0.58	4.34	11.1(15/135)	0.09	0.76	1.17	10.34(9/87)
腐竹(干)	0.40	2.38	4.64	39.17(47/120)	0.23	1.76	2.84	19.74(30/152)
银耳(干)	0.32	2.19	3.00	45.97(57/124)	0.10	0.59	2.11	30.06(49/163)
金针菇(鲜)	0.03	0.09	1.03	0.79(1/127)	0.02	0.07	0.30	0.00(0/94)
口蘑(鲜)	0.06	0.67	1.16	4.41(3/68)	0.02	0.12	0.50	1.72(1/58)
葡萄酒	0.06	0.10	0.10	0.00(0/16)	0.06	0.22	0.74	2.78(1/36)
南瓜子	0.87	13.40	27.2	13.33(12/90)	0.22	1.61	7.20	13.25(22/166)
葛根粉	0.02	0.15	0.23	9.52(2/21)	0.02	0.08	0.13	20.31(13/64)
魔芋粉	0.36	2.52	3.65	9.09(2/22)	0.56	3.98	5.85	18.18(4/22)
均值	0.44	—	—	25.94(227/875)	0.14	—	—	14.82(147/992)

与商店(超市)产品相比,农贸市场中黄花菜( $\chi^2=74.58, P<0.01$ )、腐竹( $\chi^2=12.47, P<0.01$ )和银耳( $\chi^2=14.05, P<0.01$ )中二氧化硫超标率较高,且农贸市场中黄花菜( $P<0.01$ )和银耳( $P<0.05$ )中二氧化硫平均值也较高,差异均有统计学意义。同时上述食品中二氧化硫残留量最大值的样品也在农贸市场中,提示农贸市场的黄花菜、腐竹和银耳存在较大的健康风险。

## 2.3 散装与定型包装食品中二氧化硫残留量检测结果分析

散装食品二氧化硫残留量平均值为0.35 g/kg,超标率为22.37%(319/1426);定型包装二氧化硫残留量平均值为0.17 g/kg,超标率为12.47%(55/441),详见表3。散装食品中二氧化硫超标率高于定型包装食品,差异有统计学意义( $\chi^2=20.50, P<0.01$ );散装食品中二氧化硫平均值高于定型包装食品,但差异没有统计学意义( $P>0.05$ )。

与定型包装产品相比,散装的黄花菜( $\chi^2=37.71, P<0.01$ )、腐竹( $\chi^2=10.88, P<0.01$ )和银耳( $\chi^2=49.59, P<0.01$ )中二氧化硫超标率较高,且散

装的黄花菜( $P<0.01$ )和银耳( $P<0.01$ )中二氧化硫残留量也较高,差异均有统计学意义。同时上述食品中二氧化硫残留量最高值的样品也在散装食品中,提示散装的黄花菜、腐竹和银耳存在较大的健康风险。

## 2.4 湖北居民通过典型食品摄入二氧化硫的暴露分析

根据《湖北省居民膳食营养及健康状况十年研究》<sup>[11]</sup>和第五次总膳食中湖北省的消费量数据<sup>[12]</sup>,按照总膳食研究中相似和同类食品聚类原则,获得10种典型食品消费量数据。如表4所示,湖北省城市和农村居民通过典型食品摄入的二氧化硫平均每日摄入量分别为0.31和0.34 mg/kg·BW·d;高食物量消费人群(P97.5)二氧化硫EDI分别为2.00和2.14 mg/kg·BW·d,远超ADI(0.7 mg/kg·BW·d)。结果表明,一般人群通过典型食品摄入二氧化硫的慢性风险属于安全范围,但高食物量消费人群存在较高的风险。不同年龄段居民通过典型食品摄入的二氧化硫每日平均摄入量为0.28~0.59 mg/kg·BW·d,高食物量消费人群(P97.5)二氧化硫EDI为1.81~

表3 湖北省散装和定型包装食品中二氧化硫含量情况 (g/kg)  
Table 3 Sulfur dioxide content in bulk and packaged foods in Hubei province (g/kg)

食品类别	散装				定型包装			
	均值	P97.5	最大值	超标率/%	均值	P97.5	最大值	超标率/%
黄花菜(干)	1.40	11.87	31.4	42.62(104/244)	0.07	0.21	0.31	3.45(2/58)
竹笋(干)	0.10	0.65	4.34	10.55(21/199)	0.11	0.76	1.09	13.04(3/23)
腐竹(干)	0.38	2.40	4.64	34.02(66/194)	0.13	0.96	1.27	14.10(11/78)
银耳(干)	0.25	2.10	3.00	43.41(89/205)	0.04	0.20	0.32	20.73(17/82)
金针菇(鲜)	0.03	0.09	1.03	0.47(1/211)	0.01	0.02	0.02	0.00(0/10)
口蘑(鲜)	0.03	0.17	0.49	1.71(2/117)	0.26	1.15	1.16	22.22(2/9)
葡萄酒	—	—	—	—	0.06	0.14	0.74	1.92(1/52)
南瓜子	0.57	3.73	27.2	15.54(30/193)	0.09	0.57	2.05	6.35(4/63)
葛根粉	0.02	0.12	0.23	7.14(2/28)	0.02	0.08	0.13	22.81(13/57)
魔芋粉	0.34	2.49	3.65	11.43(4/35)	0.91	4.92	5.85	22.22(2/9)
均值	0.35	—	—	22.37(319/1 426)	0.17	—	—	12.47(55/441)

注:—表示未统计

表4 湖北省居民通过典型食品摄入的二氧化硫暴露量  
Table 4 Sulfur dioxide exposure through typical food intake residents in Hubei province

年龄	地区	体质量/kg	食物消费量/(g/d)	EDI/(mg/kg·BW·d)		
				P50	平均值	P97.5
6~12岁	城市	35.0	41.73	0.03	0.43	2.72
	农村	31.2	51.73	0.04	0.59	3.78
13~17岁	城市	51.9	43.83	0.02	0.30	1.93
	农村	48.9	52.43	0.02	0.38	2.44
18~44岁	城市	61.1	48.43	0.02	0.28	1.81
	农村	59.1	51.63	0.02	0.31	1.99
45~59岁	城市	62.1	51.03	0.02	0.29	1.87
	农村	59.9	49.43	0.02	0.30	1.88
60岁及以上	城市	60.4	49.03	0.02	0.29	1.85
	农村	56.1	49.83	0.02	0.32	2.03
总计	城市	56.3	49.33	0.02	0.31	2.00
	农村	53.7	50.33	0.02	0.34	2.14

3.78 mg/kg·BW·d,均超过 ADI,其中 6~12 岁农村儿童二氧化硫摄入风险最高,为 ADI 的 5.4 倍。

### 3 讨论

#### 3.1 食品中二氧化硫残留量比较

二氧化硫类食品添加剂可通过直接添加或熏蒸的方式用于干菜、腐竹、食用菌等食品的贮藏和加工过程。监测结果表明,湖北省 10 类典型食品中二氧化硫残留量超标率为 20.03%,其中银耳、黄花菜和腐竹超标率较高,分别为 36.93%、35.10% 和 28.31%。全国其他地区如湖南<sup>[13]</sup>、南京<sup>[14]</sup>和深

圳<sup>[15]</sup>等地典型食品中二氧化硫残留量超标率为 12.38%~35.00%;郑州市场的银耳和黄花菜超标率分别为 33.8% 和 29.4%<sup>[16]</sup>;南京市售黄花菜超标率为 37.5%<sup>[14]</sup>,提示银耳和黄花菜中二氧化硫残留较为严重。国内典型食品中二氧化硫残留量数据详见表 5。

本研究中个别食品中二氧化硫残留量大于 10 g/kg,表明加工环节存在随意滥加的现象;不同采样环境和包装食品结果表明农贸市场和散装食品存在较大的安全隐患,应列入市场重点监管范围;超过限量值 20 倍的样品均来源于农贸市场的

表5 国内典型食品中二氧化硫残留量及超标率情况  
Table 5 Sulfur dioxide residue and exceedance rate of domestic typical food

食品类别	采样年份	地点	份数	检测值范围/均值(g/kg)	超标率/%	参考文献
黄花菜(干)	2020	浙江	21	1.43~3.15	14.30	贺慧琳等 <sup>[17]</sup>
黄花菜(干)	2016	江苏	40	0~3.79	37.5	刘振林等 <sup>[14]</sup>
黄花菜(干)	2013	河南	68	0.95~43.60	29.40	徐为霞等 <sup>[16]</sup>
银耳(干)	2020	浙江	27	0.064~0.31	18.50	贺慧琳等 <sup>[17]</sup>
银耳(干)	2013	河南	65	0.044~30.90	33.80	徐为霞等 <sup>[16]</sup>
毛笋干	2013—2014	浙江	165	0.000 86~0.029	0	张友青等 <sup>[18]</sup>
腐竹	2016	江苏	40	0~0.25	10	刘振林等 <sup>[14]</sup>
腐竹	2012—2013	四川	25	0.029~4.65	44	岳蕴瑶等 <sup>[19]</sup>
葡萄酒	2013—2014	浙江	87	0.015	3.45	胡桂仙等 <sup>[20]</sup>
南瓜子	2010	宁夏	50	0.004 4~2.69	34	魏秋宁等 <sup>[21]</sup>

注:魏秋宁等南瓜子中限量值为 0.1 g/kg

散装食品,相关监管机构应加大对农贸市场散装食品的监管力度。

因在加工过程中使用二氧化硫进行护色是当前魔芋产业不可或缺的工艺<sup>[22]</sup>,魔芋粉二氧化硫残留量限量值是所有食品类别中的最高值(0.9 g/kg)。本研究结果表明,魔芋粉二氧化硫残留量平均值为0.33 g/kg,超标率为13.64%(6/44)。近来因富含葡甘聚糖,魔芋被开发为多种产品,消费人群和消费量持续增加,二氧化硫残留风险需引起关注。

### 3.2 湖北省居民典型食品中二氧化硫残留量导致的暴露风险

湖北省居民通过典型食品摄入的二氧化硫平均 EDI 为 0.28~0.59 mg/kg·BW·d,长期摄入二氧化硫的风险可接受;高食物量消费人群(P97.5)二氧化硫 EDI 范围为 1.81~3.78 mg/kg·BW·d,为 ADI 的 2.6~5.4 倍,存在较高的健康风险。在不同年龄段居民中,6~12 岁农村儿童二氧化硫摄入风险最高。因为黄花菜、腐竹、银耳和魔芋粉等食品中二氧化硫残留量平均值较高,长期、高摄入量人群也可能存在一定的健康风险,儿童应减少此类食品摄入量,降低二氧化硫膳食暴露风险。

### 3.3 评估不确定性分析

因缺乏湖北省居民 10 类典型食品的具体消费量数据,本研究采用相似或同类食品消费量进行计算,可能造成二氧化硫暴露水平的高估。本研究采用的是实际食品中二氧化硫残留量,而非经过清洗烹饪后直接入口的食物二氧化硫残留量,可能造成二氧化硫暴露水平的高估。除所调查的 10 类典型食品,米面制品和蜜饯<sup>[23]</sup>等也是二氧化硫残留量较大的食品,可能造成二氧化硫暴露水平的低估。

### 3.4 建议

市场监督管理部门应加强对二氧化硫残留量超标率较高的重点食品的抽检;加强对农贸市场的散装黄花菜、腐竹和银耳等食品的监管,加强对小企业、小作坊合理使用二氧化硫等食品添加剂的宣教。因为敏感人群摄入二氧化硫后可能引起哮喘等过敏性疾病,国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)规定二氧化硫含量超过 0.01 g/kg 的食品,必须在食品标签上注明<sup>[24]</sup>,建议我国亦将二氧化硫纳入食品标签管理。建议消费者烹调此类食品前多浸泡清洗。

### 参考文献

[1] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.

National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Standards for uses of food additives: GB 2760—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.

[2] CHAI R N, XIE H, ZHANG J L, et al. Sulfur dioxide exposure reduces the quantity of CD19+ cells and causes nasal epithelial injury in rats[J]. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*: London, England, 2018, 13: 22.

[3] WANG C, LIANG C, MA J J, et al. Co-exposure to fluoride and sulfur dioxide on histological alteration and DNA damage in rat brain[J]. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 2018, 32(2): e22023.

[4] 张静, 马占玲, 汪莹, 等. 食品中亚硫酸盐的毒性和检测方法综述[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 6(8): 3211-3216. ZHANG J, MA Z L, WANG Y, et al. Review of toxicity and determination method of sulfite in food products[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2015, 6(8): 3211-3216.

[5] XU W J, LI J X, ZHANG W H, et al. Emission of sulfur dioxide from polyurethane foam and respiratory health effects[J]. *Environmental Pollution*, 2018, 242: 90-97.

[6] FAO J. Evaluation of certain food additives. Fifty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives[C]. World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations: Geneva, Switzerland, 2000.

[7] EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food (ANS). Scientific Opinion on the re-evaluation of sulfur dioxide (E 220), sodium sulfite (E 221), sodium bisulfite (E 222), sodium metabisulfite (E 223), potassium metabisulfite (E 224), calcium sulfite (E 226), calcium bisulfite (E 227) and potassium bisulfite (E 228) as food additives[J]. *EFSA Journal*, 2016, 14(4): 4438.

[8] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 食品中亚硫酸盐的测定: GB/T 5009.34—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004. Ministry of Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of sulphite in foods: GB/T 5009.34—2003[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004.

[9] 联合国粮农组织/世界卫生组织. 食品中化学物风险评估原则和方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012. FAO/WHO. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2012.

[10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 坚果炒货食品通则: GB/T 22165—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. General standard for roasted seeds and nuts: GB/T 22165—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.

[11] 龚晨睿, 史廷明, 程茅伟. 湖北省居民膳食营养及健康状况十年研究[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2018. GONG C R, SHI T M, CHENG M W. The decade of research on dietary nutrition and health status in Hubei residents [M]. Wuhan: Hubei Science & Technology Press, 2018.

- [12] 吴永宁, 赵云峰, 李敬光. 第五次中国总膳食研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018.  
WU Y N, ZHAO Y F, LI J G. 第五次中国总膳食研究[M]. Beijing: Science Press, 2018.
- [13] 彭玲, 刘向荣. 2011—2013年湖南省部分食品中二氧化硫残留状况分析[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 79-81.  
PENG L, LIU X R. Analysis of sulfur dioxide residues in certain food in Hunan Province from 2011 to 2013 [J]. Food & Machinery, 2014, 30(6): 79-81.
- [14] 刘振林, 李光. 南京市市售部分干货中二氧化硫残留调查分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(5): 1818-1821.  
LIU Z L, LI G. Investigation and analysis of sulfur dioxide residue in part dry goods in Nanjing City market [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2016, 7(5): 1818-1821.
- [15] 吴丽明, 陈裕华, 李瑞园. 2006—2010年深圳市十五类食品中二氧化硫残留量分析[J]. 中国热带医学, 2011, 11(11): 1371-1372.  
WU L M, CHEN Y H, LI R Y. Analysis of sulfur dioxide residues in 15 categories of food products in Shenzhen city from 2006 to 2010 [J]. China Tropical Medicine, 2011, 11(11): 1371-1372.
- [16] 徐为霞, 郭智广, 王毅红, 等. 蔬菜中二氧化硫残留结果的调查与风险评估[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(15): 6892-6893, 6896.  
XU W X, GUO Z G, WANG Y H, et al. Investigation of sulfur dioxide concentrations in vegetables and risk assessment [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(15): 6892-6893, 6896.
- [17] 贺慧琳, 张孝艳, 徐秋生. 黄花菜与银耳中二氧化硫残留量的监测与分析[J]. 食品安全导刊, 2020(18): 122, 124.  
HE H L, ZHANG X Y, XU Q S. Monitoring and analysis of sulfur dioxide residues in cauliflower and tremella fuciformis [J]. China Food Safety Magazine, 2020(18): 122, 124.
- [18] 张友青, 李凯利, 刘兴泉, 等. 浙江省毛笋干有害物质污染及健康风险评估[J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(1): 178-184.  
ZHANG Y Q, LI K L, LIU X Q, et al. Contamination and health risk assessment of dried bamboo shoots in Zhejiang province [J]. Journal of Zhejiang A & F University, 2017, 34(1): 178-184.
- [19] 岳蕴瑶, 向轩莹, 蒋芳, 等. 绵阳市部分食品中二氧化硫残留量监测结果[J]. 职业与健康, 2014, 30(14): 1997-1998.  
YUE Y Y, XIANG X X, JIANG F, et al. Analysis on monitoring results of sulphur dioxide residues in some foods in Mianyang city [J]. Occupation and Health, 2014, 30(14): 1997-1998.
- [20] 胡桂仙, 赖爱萍, 袁玉伟, 等. 消费者膳食中二氧化硫残留的累积性风险评估[J]. 中国农业科学, 2017, 50(7): 1317-1325.  
HU G X, LAI A P, YUAN Y W, et al. Cumulative risk assessment of dietary sulfur dioxide residues of consumers [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(7): 1317-1325.
- [21] 魏秋宁, 丁亚磊, 陈涛, 等. 宁夏2010年市售白南瓜子、金针菇罐头食品中二氧化硫检测报告[J]. 宁夏医学杂志, 2012, 34(2): 155-156.  
WEI Q N, DING Y L, CHEN T, et al. Detection of sulfur dioxide in commercial white pumpkins and mushroom canned food in Ningxia in 2010 [J]. Ningxia Medical Journal, 2012, 34(2): 155-156.
- [22] 张盛林, 张甫生, 钟耕. 魔芋加工中二氧化硫使用的必要性研究[J]. 农产品质量与安全, 2013(1): 60-62.  
ZHANG S L, ZHANG F S, ZHONG G. Study on the necessity of using sulfur dioxide in konjac processing [J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2013(1): 60-62.
- [23] 梁喜玲. 食品中二氧化硫残留量研究分析及预防措施[J]. 农产品加工, 2021(16): 52-54.  
LIANG X L. Preventive measures of sulfur dioxide residues in certain food [J]. Farm Products Processing, 2021(16): 52-54.
- [24] The Codex Alimentarius Commission. The codex general standard for the labelling of prepackaged foods: CODEX STAN 1-1985[S/OL]. FAO/WHO, 2008. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%252A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B1-1985%252FCXS\\_001e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%252A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B1-1985%252FCXS_001e.pdf).