

网购折叠硅胶水壶产品质量研究

王永香*, 代亚男, 张楠

(上海市质量监督检验技术研究院, 上海 201114)

摘要: **目的** 研究网购折叠硅胶水壶产品质量的相关参数。**方法** 参照相应的国标方法检测网购折叠硅胶水壶产品倾倒试验和手把及壶体的连接强度、硬度、挥发性物质、高锰酸钾消耗量、总迁移量、重金属(以 Pb 计)。**结果** 倾倒试验结果和手把及壶体的连接强度结果均满足标准要求, 热水老化和热空气老化处理后大部分样品硬度变大; 高锰酸钾消耗量、总迁移量和重金属测试结果都很低, 远小于国家标准限量值, 合格率为 100%。挥发性物质含量超出参考值比率高达 86.6%, 且 66.6%在参考值 2 倍以上。**结论** 热老化会使样品硬度发生变化; 所测样品中挥发性物质含量较高, 应引起监管部门重视, 督促企业提高产品质量。

关键词: 折叠硅胶水壶; 产品质量; 硬度; 挥发性物质; 高锰酸钾消耗量; 总迁移量; 重金属

Study on product quality of folding silicone kettles purchased online

WANG Yong-Xiang*, DAI Ya-Nan, ZHANG Nan

(Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 201114, China)

ABSTRACT: Objective To study the product quality related parameters of folding silicone kettles purchased online. **Methods** Referring to the corresponding national standard method, the pouring test, connection strength of handle and body, hardness, volatile substances, potassium permanganate consumption, overall migration limit, heavy metal (calculated by Pb) were detected. **Results** The results of pouring test and connection strength of handle and body all met the standard requirements. The hardness of most samples increased after hot water aging and hot air aging. The test results of potassium permanganate consumption, overall migration limit and heavy metal were very low, and were far less than the limit value of national standard. The acceptance rate was 100%. The ratio was up to 86.6% of volatile substances content which exceeded the reference value and 66.6% was more than twice of the reference value. **Conclusion** The hardness of the sample will change with the thermal aging. The high volatile matter content in the measured samples should be paid attention by the regulatory authorities and urged the enterprises to improve the product quality.

KEY WORDS: folding silicone kettles; product quality; hardness; volatile substances; potassium permanganate consumption; overall migration limit; heavy metal

基金项目: 上海市科学技术委员会研发公共服务平台建设项目(14DZ2293000)

Fund: Supported by the Shanghai Science and Technology Commission R & D Public Service Platform Construction Project (14DZ2293000)

*通信作者: 王永香, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品相关产品质量安全检测。E-mail: wangyx@sqi.org.cn

*Corresponding author: WANG Yong-Xiang, Master, Engineer, Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai 201114, China. E-mail: wangyx@sqi.org.cn

0 引言

折叠硅胶水壶(以下简称硅胶水壶)是近年来市场上出现的一种新兴产品,是一种带有可伸缩材质的液体加热器,可以通过折叠减小整体尺寸,方便携带,既可以解决卫生顾虑,又可以节省空间,且款式多样,是出差、旅游时的最佳选择。但随着市场竞争加剧,产品同质化严重,一些生产企业为谋求高利润,偷工减料、以次充好,因此产品质量值得研究。

挥发性物质主要是指材料中小分子量的添加剂、溶剂或低聚物等,以低挥发性小分子硅氧烷为主。这些物质的含量在一定程度上代表了硅胶制品的质量情况^[1-5]。通常情况下硅胶制品在成型时需要加热硫化以固化成型(一次硫化),此阶段温度一般为 180 °C,加热时间为 5 min^[3]。此时硅胶制品已成型完毕,具有完备的外观和物理性能。然而,仅经一次硫化加工的硅胶制品通常含有少量过氧化物和二甲基硅氧烷的三聚物和四聚物,这些物质统称为可挥发物质。如果硅胶制品中有过多的可挥发化合物,使用过程中会迁移到食品中,造成安全隐患。故挥发性物质含量是反映硅胶水壶产品质量的一个重要指标。

高锰酸钾消耗量是指试样经浸泡后迁移到浸泡液中能被高锰酸钾氧化的物质总量^[6-7],反映产品受有机物污染的程度。在产品使用过程中,这些化合物会迁移到食物中,被人体吸收达到一定量后会影响到人体各项机能,诱发各种疾病^[8-9]。故高锰酸钾消耗量也是反映硅胶水壶产品质量的一个重要指标。

总迁移量是指食品包装材料迁移到食品(或食品模拟物)中所有不挥发物质的总量^[10]。总迁移量作为食品接触材料及制品的质量控制指标之一,因其方法简单、周期较短等特点,成为众多企业及质量监督部门控制产品质量的重要依据,因此研究硅胶水壶总迁移量的指标具有重要意义^[11-12]。

重金属(以 Pb 计)是我国及日韩法规中特有的一个检测项目,其测定原理是某些重金属与硫化钠溶液反应生成硫化物沉淀使溶液浑浊或变色,与一定浓度的硫化铅溶液进行比较判定,故称为“以 Pb 计”。但需要了解的是所测重金属不一定仅为铅,还包括镉、汞、铜等其他重金属^[13],在奶制品、蔬菜、肉制品等食品中均有存在^[14]。金属离子难以被生物降解,在食物链的生物放大作用下,成千百倍地富集,最后进入人体,存在安全隐患^[15-17]。

产品质量研究除上述化学项目外,物理项目研究也是必不可少的,如倾倒试验、手把及壶体的连接强度、硬度等。该类项目检测结果是否符合要求(参考值/标准值)直接关系到使用安全问题。

折叠硅胶水壶作为一种新兴网红产品,目前对该产品的研究较少,叶芷瑜等^[18]仅从烫伤、火灾、不可靠性等物理方面对该类产品的安全风险点进行了分析,徐超等^[19]从行业概况、标准现状及标准化工作的展望等方面进行了分析。本

研究通过倾倒试验、手把及壶体的连接强度、硬度等物理试验以及挥发性物质、总迁移量、高锰酸钾消耗量和重金属(以 Pb 计)等化学试验对硅胶水壶的产品质量进行研究,以期了解网购硅胶水壶的质量情况及安全隐患,为其标准法规的制定提供科学依据,并促进产品质量提升。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

硫酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);高锰酸钾标准滴定溶液 $[C(1/5KMnO_4)=0.01\text{ mol/L}]$ 、草酸标准滴定溶液 $[C(1/2H_2C_2O_4\cdot 2H_2O)=0.01\text{ mol/L}]$ (上海市计量测试技术研究院);试验用水为去离子水。

1.2 仪器与设备

UF260 电热鼓风干燥箱(德国美墨尔特公司);KBF115 恒温恒湿箱(德国 binder 公司);562 红外测温仪(安徽世福仪器有限公司);ML204 分析天平[十万分之一,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司];DK-S24 恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司);LX-A 邵氏 A 型硬度计压计(上海六菱仪器厂)。

本研究中,为保证样品的代表性,同一企业、同一品牌、同一店铺不进行重复采样,且所用样品生产企业分布在广东、上海、浙江、安徽等全国多个省份,产品价格分布在 0~300 元不等。15 批次硅胶水壶处理条件如下:

原始试样:不进行老化处理;

热水老化:100 °C,166 h;

热空气老化:70 °C,166 h。

1.3 试验方法

1.3.1 物理性能试验

(1) 倾倒试验

参照 GB/T 11416—2002《日用保温容器》中 5.8 进行试验。

(2) 手把及壶体的连接强度

参照 GB/T 11416—2002 中 5.9 进行试验。

(3) 硬度

参照 HG/T 2011—2009《橡胶热水袋》的老化条件,分别对 15 批次硅胶水壶的壶体进行热水老化和热空气老化处理,并参照标准 GB/T 531.1—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第 1 部分:邵氏硬度计法(邵氏硬度)》进行试验。

1.3.2 化学性能试验

(1) 样品预处理

挥发性物质按 GB 28482—2012《婴幼儿安抚奶嘴安全要求》对样品进行预处理。

迁移试验按 GB 5009.156—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验预处理方法通则》和 GB 31604.1—2015《食品安全国家标准 食品接触材料及制品

迁移试验通则》对样品和试验容器进行预处理。按 6 dm²/1 L 的比例浸泡样品。

(2) 样品检测

挥发性物质根据 GB 28482—2012 进行测定。

高锰酸钾消耗量根据 GB 31604.2—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品 高锰酸钾消耗量的测定》进行测定。

总迁移量根据 GB 31604.8—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品 总迁移量的测定》进行测定。

重金属(以 Pb 计)根据 GB 31604.9—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品 食品模拟物中重金属的测定》中第一法测定硅胶水壶的重金属(以 Pb 计)进行测定。

2 结果与分析

2.1 物理性能

2.1.1 倾倒试验、手把及壶体的连接强度

GB/T 11416—2002 中对倾倒试验和手把及壶体的连接强度要求分别是不倾倒、无异常。由表 1 数据结果可知,

15 批次硅胶水壶的这 2 个项目均满足要求,说明该类产品在满水倾斜稳定性以及壶体在承载一定的负荷时,手把与壶体之间的连接强度具有一定的安全保障,避免使用者被伤害。

2.1.2 热老化对硬度影响

按照 1.3.1 (3)中的方法进行样品热老化预处理和硬度试验测试,结果如表 2 所示。

由表 2 可知热老化处理后样品的硬度发生了变化,原始试样硬度值集中在 40~69 之间,其中 40~50 有 4 批次,占比 26.7%, 50~60 有 6 批次,占比 40.0%, 大于 60 的有 5 批次,占比 33.3%。热空气老化后硬度值集中在 43~69 之间,但是硬度值在 40~50、50~60 均有 3 批次,各占比 20.0%, 大于 60 的有 9 批次,占比 60.0%。热水老化后硬度值在集中在 41~73 之间,较原始试样硬度值分布区间变大,其中硬度值在 40~50、50~60、大于 60 分别有 3 批次、4 批次、8 批次,各占比 20.0%、26.7%、53.3%,但是有 4 批次硬度值 ≥ 70 , 占比 26.7%,说明热水老化后硬度值确实变大。

表 1 硅胶水壶倾倒试验、手把及壶体的连接强度测试结果
Table 1 Results of pouring test, connection strength of handle and body of silicone kettles

样品编号	样品名称	样品规格/L	倾倒试验结果	手把及壶体的连接强度
1#	电热水壶	0.6	不倾倒	无异常
2#	液体加热器	0.6	不倾倒	无异常
3#	旅行电水壶	0.6	不倾倒	无异常
4#	折叠旅行水壶	0.7	不倾倒	无异常
5#	电水壶	0.8	不倾倒	无异常
6#	电热水壶	0.55	不倾倒	无异常
7#	电热水壶	0.6	不倾倒	无异常
8#	电热水壶	0.6	不倾倒	无异常
9#	电热水壶	0.6	不倾倒	无异常
10#	折叠旅行水壶	0.7	不倾倒	无异常
11#	折叠旅行水壶	0.6	不倾倒	无异常
12#	电热水壶	0.6	不倾倒	无异常
13#	电热水壶	0.5	不倾倒	无异常
14#	电热水壶	0.6	不倾倒	无异常
15#	旅行电水壶	0.6	不倾倒	无异常

表 2 硅胶水壶硬度测试结果
Table 2 Hardness test results of silicone kettles

样品编号	样品名称	样品规格/L	硬度		
			原始试样	热空气老化后	热水老化后
1#	电热水壶	0.6	65	67	66
2#	液体加热器	0.6	60	64	65
3#	旅行电水壶	0.6	47	49	49
4#	折叠旅行水壶	0.7	69	69	71
5#	电水壶	0.8	60	61	65
6#	电热水壶	0.55	40	43	41
7#	电热水壶	0.6	59	61	62
8#	电热水壶	0.6	56	55	57
9#	电热水壶	0.6	69	68	70
10#	折叠旅行水壶	0.7	68	67	70
11#	折叠旅行水壶	0.6	57	59	58
12#	电热水壶	0.6	69	66	73
13#	电热水壶	0.5	46	54	52
14#	电热水壶	0.6	57	64	58
15#	旅行电水壶	0.6	44	47	49

由图 1 可知, 15 批次样品经过热水老化后硬度值均变大, 这是因为在热水老化处理过程中发生了交联反应占优势的化学反应, 使产品变硬发脆, 硬度值变大^[20]。经热空气老化后, 8#~10#、12#硬度值变小, 这可能是因为这几个样中有少量杂质存在或在加工过程中填料带入水分、次级低分子产物, 使其发生水解断链反应^[20]。比较热老化处理后的样品发现, 三分之一样品(1#、6#、11#、13#、14#)硬度值热水老化 < 热空气老化, 三分之二样品热水老化 > 热空气老化, 没有特定的规律, 这是因为橡胶老化过程反应复杂, 一般按均裂、异裂、环化反应 3 种机理进行, 但同时又跟反应条件、产品原料等有关, 当断链反应占优势时就会表现出变软发粘的现象, 反之当交联反应占优势时就会表现出变硬发脆的现象^[21-22]。

2.2 化学性能

2.2.1 挥发性物质

国家标准 GB 4806.2—2015《食品安全国家标准 奶嘴》中对挥发性物质限量值为 0.5%, 本次对硅胶水壶挥发性物质项目研究以此为参考值, 检测结果如图 1 所示。由图 1 发现, 仅有 2 批次样品挥发性物质含量低于参考值 0.5%, 13 批次样品的挥发性物质含量超过参考值 0.5%, 超

出参考值比率高达 86.6%, 数值在 0.65%~2.2%之间, 其中超出参考值 2 倍以上的有 10 批次, 占比 66.6%, 甚至有 4 批次超出参考值 4 倍多, 占比 26.6%。硅胶水壶产品偏软、厚度小、有耐温要求, 所以需添加较多塑化剂、抗氧化剂等, 使得挥发性物质含量偏高; 此外硅胶水壶因其特殊功能需要具备弹性、可伸缩性、厚度等物理性能, 不同生产企业在原料、添加剂、工艺等方面也会有所不同, 导致挥发性物质含量大小不一。

挥发性物质含量与二次硫化工艺和交联反应催化剂种类有关, 二次硫化指将一次硫化之后的产品在 200 °C 的条件下加热 4 h, 目的是使硫化更彻底, 性质更稳定, 同时去除产品中的可挥发物, 但是此工艺会提高生产成本。Pt 催化是硅氢加成型, 也属于自由基聚合, 交联反应催化过程中会大大减少小分子的产生, 但是 Pt 属于贵金属, 价格昂贵, 也会增加生产成本^[3]。此外挥发性物质含量不是硅胶水壶产品的国家强制性标准项目, 所以在实际的生产加工过程中往往不被重视。

2.2.2 高锰酸钾消耗量

表 3 是硅胶水壶挥发性物质、高锰酸钾消耗量、总迁移量、重金属(以 Pb 计)测试结果。由表 3 可以看出, 硅胶水壶

的高锰酸钾消耗量测试结果都不大,数值在0.16~0.41 mg/kg之间,远低于国家标准 GB 4806.11—2016《食品安全国家标准 食品接触用橡胶材料及制品》中对该项目的限量值为10 mg/kg,说明该类产品中的还原性物质较少。

2.2.3 总迁移量

由表3可以看出,硅胶水壶产品的总迁移量测试结果较小,大部分数值小于1.0 mg/dm²,最大值仅1.2 mg/dm²,

远低于国家标准 GB 4806.11—2016 中对该项目的限量值为10 mg/dm²,说明该类产品中的不挥发性物质含量很低。

2.2.4 重金属(以Pb计)

由表3可以看出,硅胶水壶产品的重金属(以Pb计)测试结果均<1 mg/kg,全部满足国家标准 GB 4806.11—2016中对该项目的限量值为1 mg/kg,说明该类产品中的重金属含量很少。

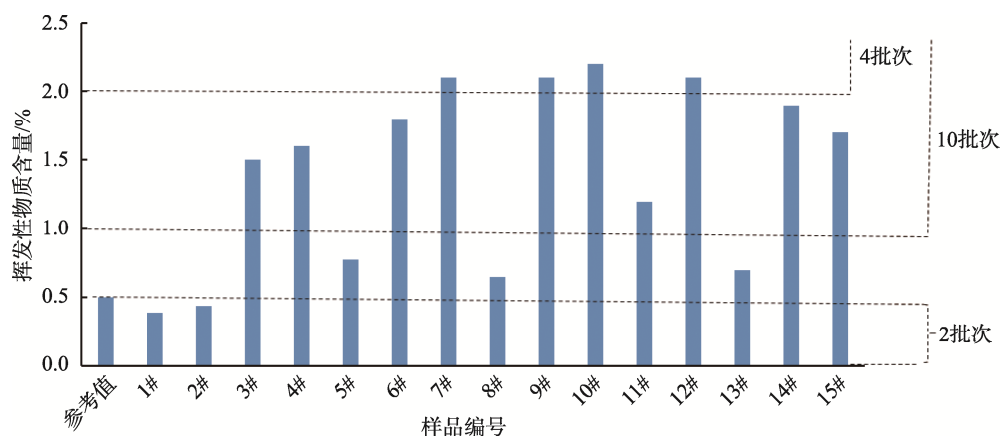


图1 硅胶水壶挥发性物质测试结果

Fig.1 Test results of volatile substances in silicone kettles

表3 硅胶水壶中高锰酸钾消耗量、总迁移量、重金属(以Pb计)测试结果

Table 3 Results of potassium permanganate consumption, overall migration limit and heavy metal (calculated as Pb) in silicone kettles

样品编号	样品名称	样品规格/L	高锰酸钾消耗量/(mg/kg)	总迁移量/(mg/dm ²)	重金属(以Pb计)/(mg/kg)
1#	电热水壶	0.6	0.19	<1.0	<1
2#	液体加热器	0.6	0.31	<1.0	<1
3#	旅行电水壶	0.6	0.19	<1.0	<1
4#	折叠旅行水壶	0.7	0.31	<1.0	<1
5#	电水壶	0.8	0.16	<1.0	<1
6#	电热水壶	0.55	0.41	<1.0	<1
7#	电热水壶	0.6	0.25	1.1	<1
8#	电热水壶	0.6	0.28	1.1	<1
9#	电热水壶	0.6	0.19	<1.0	<1
10#	折叠旅行水壶	0.7	0.19	<1.0	<1
11#	折叠旅行水壶	0.6	0.22	1.2	<1
12#	电热水壶	0.6	0.25	1.0	<1
13#	电热水壶	0.5	0.25	<1.0	<1
14#	电热水壶	0.6	0.22	<1.0	<1
15#	旅行电水壶	0.6	0.16	<1.0	<1

3 结 论

综上所述, 硅胶水壶产品中的物理性能测试项目中倾倒试验和手把及壶体的连接强度均满足标准参考值要求, 经热水老化后硬度变大, 热空气老化后个别样品硬度变小, 大部分样品硬度值也变大。化学性能测试项目中, 高锰酸钾消耗量、总迁移量和重金属测试结果都很低, 合格率为 100%, 且远小于国家标准的限量值。相比较而言, 挥发性物质含量则明显偏高很多, 超出参考值比率高达 86.6%, 且多在 2 倍以上, 存在很大的安全隐患。其原因可能是硅胶水壶产品的高锰酸钾消耗量和总迁移量是国家强制性标准项目, 企业比较重视, 挥发性物质项目则无相关强制性标准和法律法规的求, 处于监管空白, 企业容易忽视, 为降低成本, 在原料、工艺等方面偷工减料, 致使产品质量不过关。建议相关部门制定相关标准, 促进硅胶水壶产品质量的提升。

参考文献

- [1] 谢文斌, 林长钦, 谢永萍, 等. 奶嘴及安抚奶嘴中挥发性化合物含量监测与质量提升[J]. 当代化工, 2017, 46(3): 560-562.
XIE WJ, LIN CQ, XIE YP, *et al.* Monitoring and quality improvement of volatile compounds in pacifiers [J]. *Contempor Chem Ind*, 2017, 46(3): 560-562.
- [2] HELLING R, KUTSCHBACH K, SIMAT TJ. Migration behaviour of silicone moulds in contact with different foodstuffs [J]. *Food Addit Contam Part A*, 2010, 27(3): 396-405.
- [3] 杨建平, 袁琳嫣, 石蕊杰. 上海市流通市场中烘焙用硅橡胶制品中挥发性物质含量的调查[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(21): 7168-7171.
YANG JP, YUAN LY, SHI LJ. Investigation on volatile matter content in silicone rubber products for baking in Shanghai circulation market [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(21): 7168-7171.
- [4] HELLING R, MIETH A, ALTMANN S, *et al.* Determination of the overall migration from silicone baking moulds into simulants and food using 1H-NMR techniques [J]. *Food Add Contamin: Part A*, 2009, 26(3): 395-407.
- [5] ZHANG K, WONG JW, BEGLEY TH, *et al.* Determination of siloxanes in silicone products and potential migration to milk, formula and liquid simulants [J]. *Food Add Contamin Part A*, 2012, 29(8): 1311-1321.
- [6] 李磊, 王延梅. 食品包装材料卫生指标中高锰酸钾消耗量测定方法改进[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18(5): 929.
LI L, WANG YM. Improvement of determination method of potassium permanganate consumption of health indicators in food packaging materials [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2008, 18(5): 929.
- [7] 周雅静, 宋肖锴, 商贵芹. 浸泡方式对食品接触材料高锰酸钾消耗量影响的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(4): 1057-1060.
ZHOU YJ, SONG XK, SHANG GQ. Study of the effect of soaking methods on potassium permanganate consumption in food contact materials [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 1057-1060.
- [8] 石蕊杰, 韦存茜, 施均. 涂漆筷子中高锰酸钾消耗量的风险调查[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(4): 88-91.
SHI LJ, WEI CQ, SHI J. Investigation on the risk of potassium permanganate consumption in painted chopsticks [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(4): 88-91.
- [9] 杨建平, 李文慧, 张丽媛, 等. 食品接触材料中高锰酸钾消耗量的影响因素研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(21): 7158-7162.
YANG JP, LI WH, ZHANG LY, *et al.* Study on the factors affecting the consumption of potassium permanganate in food contact materials [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(21): 7158-7162.
- [10] 植爱萍, 李超银, 韦丽梅, 等. 不同浸泡条件对薄膜包装材料总迁移量检测结果的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(23): 8736-8739.
ZHI AP, LI CY, WEI LM, *et al.* Effects of different immersion conditions on the total migration of film packaging materials [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(23): 8736-8739.
- [11] 刘金鹏, 张玉霞, 侯亚薇, 等. 对食品接触材料油脂类总迁移量局限性的探讨[J]. 中国标准化, 2017, (11): 116-119.
LIU JP, ZHANG YX, HOU YW, *et al.* Discussion on the limitation of total migration of oils and fats in food contact materials [J]. *China Stand*, 2017, (11): 116-119.
- [12] 王永香, 沈霞, 左莹, 等. 农用地膜总迁移量的研究[J]. 合成材料老化与应用, 2019, 48(1): 69-71, 84.
WANG YX, SHEN X, ZUO Y, *et al.* Study on overall migration quantity of agricultural ground film [J]. *Synthetic Mater Ag Appl*, 2019, 48(1): 69-71, 84.
- [13] 朱蕾, 张俭波. 食品接触材料及制品迁移试验标准实施指南[M]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
ZHU L, ZHANG JB. Guidelines for migration test of food contact materials and products [M]. Beijing: Chia Standard Press, 2018.
- [14] SOMA G, MAHATO MK, BHATTACHARJEE S, *et al.* Development of a new noncarcinogenic heavy metal pollution index for quality ranking of vegetable, rice, and milk [J]. *Ecol Ind*, 2020, (113): 106214.
- [15] 施思倩, 姚卫蓉. 外卖食品接触材料中有害物质迁移研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(18): 6504-6510.
SHI SQ, YAO WR. Research progress on migration of harmful substances in takeaway food contact materials [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(18): 6504-6510.
- [16] WEI JX, GAO JQ, CEN K. Levels of eight heavy metals and health risk assessment considering food consumption by China's residents based on the 5th China total diet study [J]. *Sci Total Environ*, 2019, (689): 1141-1148.
- [17] GANG L, GONG WW, LI BR, *et al.* Analysis of heavy metals in foodstuffs and an assessment of the health risks to the general public via consumption in Beijing, China [J]. *Inter J Environ Res Pub Health*, 2019, 16(6): 909.

- [18] 叶芷瑜, 黄智成, 李楚森. 折叠式电热水壶的安全风险点浅析[J]. 日
用电器, 2020, (9): 39–43.
YE ZY, HUANG ZC, LI CS. Analysis on safety risks of folding electric
kettle [J]. *Electr Appl*, 2020, (9): 39–43.
- [19] 徐超, 张杰妮, 姚远, 等. 折叠式电热水壶产品质量安全风险分析及标
准化工作展望[J]. 中国标准化, 2021, (7): 187–191.
XU C, ZHANG JN, YAO Y, *et al.* Risk analysis and standardization of
folding electric kettle [J]. *China Stand*, 2021, (7): 187–191.
- [20] 李昂. 橡胶的老化现象及其老化机理[J]. 特种橡胶制品, 2009, 30(5):
56–67.
LI A. Aging phenomenon and aging mechanism of rubber [J]. *Special
Purpose Rubber Prod*, 2009, 30(5): 56–67.
- [21] 范丽雄. 橡胶的老化现象及其老化机理[J]. 化工设计通讯, 2018, 44(8):
54, 66.
FAN LX. Aging phenomenon and aging mechanism of rubber [J]. *Chem
Eng Design Commun*, 2018, 44(8): 54, 66.
- [22] 张丽珍. 浅析橡胶的老化现象及其老化机理[J]. 科技与企业, 2015,
(17): 244.
ZHANG LZ. Analysis on aging phenomenon and aging mechanism of
rubber [J]. *Technol Enterprise*, 2015, (17): 244.

(责任编辑: 韩晓红 于梦娇)

作者简介



王永香, 硕士, 工程师, 主要研究方向
为食品相关产品质量安全检测。
E-mail: wangyx@sqi.org.cn