

湘西产猕猴桃重金属含量分析及 矿物质营养价值评价

李轶, 鲁兵, 杨静玥, 卢岚, 伍碧珍, 冯家力, 袁春晖*

(湖南省疾病预防控制中心, 长沙 410005)

摘要: **目的** 了解湘西产猕猴桃中重金属污染状况及评价猕猴桃中矿物质的营养价值。**方法** 从湖南湘西地区采集5种猕猴桃, 经消解处理, 用电感耦合等离子体质谱仪、原子荧光光度计、可见分光光度计测定其中重金属和矿物质的含量, 并根据食品中污染物限量和中国居民膳食营养素参考摄入量分别对重金属和矿物质进行评价。**结果** 湘西产猕猴桃中常量元素都以钾含量最高, 达到2.52~3.96 mg/g, 而钠含量极低, 仅为1.08~4.67 mg/kg。在5种猕猴桃中湘西野生的铁、锌含量最高, 湘西东红的锰、铜含量最高, 凤凰红心的铬、硒含量最高。5种猕猴桃中铅含量为0.0037~0.019 mg/kg, 镉含量为0.00070~0.0024 mg/kg, 铅、镉、砷和汞的含量均处于较低水平。**结论** 湘西产猕猴桃中铅、镉含量均低于国家标准规定的限量。在正常推荐食用量的情况下, 5种猕猴桃中的矿物质无过量摄入风险。猕猴桃能为人体提供丰富的钾、铜、铬, 将它们与磷、钙、铁、锌、硒含量较为丰富的食物搭配食用能使各种矿物质总体上摄入更加充足平衡。

关键词: 湘西; 猕猴桃; 重金属; 矿物质; 营养价值评价

Analysis of heavy metals and nutritive assessment of minerals in kiwifruits produced in western Hunan province

LI Yi, LU Bing, YANG Jing-Yue, LU Lan, WU Bi-Zhen, FENG Jia-Li, YUAN Chun-Hui*

(Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha 410005, China)

ABSTRACT: Objective To understand the heavy metal contamination of kiwifruits produced in western Hunan province and assess the nutritive value of their minerals. **Methods** The content of heavy metals and minerals in five kinds of kiwifruits collected in western Hunan province were determined by inductively coupled plasma mass spectrometer, atomic fluorescence spectrometer and spectrophotometer after digestion. Heavy metals and minerals were evaluated according to the maximum levels of contaminants in foods and Chinese dietary reference intakes. **Results** The highest content of macroelement in kiwifruits produced in western Hunan province was K, up to 2.52-3.96 mg/g, while the content of Na was very low, only 1.08-4.67 mg/kg. Among the 5 kinds of kiwifruits, Fe and Zn content were the highest in "Xiangxiyesheng" kiwifruit, Mn and Cu content were the highest in "Xiangxidonghong" kiwifruit, while Cr and Se content were the highest in "Fenghuanghongxin" kiwifruit. The content of Pb and Cd in the kiwifruits were 0.0037-0.019 mg/kg and 0.00070-0.0024 mg/kg, respectively. The

基金项目: 国家卫生健康委员会食物成分监测项目

Fund: Supported by the National Food Nutrition Surveillance

*通信作者: 袁春晖, 副主任技师, 主要研究方向为理化检验研究。E-mail: 811766127@qq.com

*Corresponding author: YUAN Chun-Hui, Associate Senior Technician, Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, No. 450, Furong Middle Road, Kaifu District, Changsha 410005, China. E-mail: 811766127@qq.com

content of Pb, Cd, Hg and As in the kiwifruits were at low levels. **Conclusion** The content of Pb and Cd in kiwifruits produced in western Hunan province are lower than those of the national standard. In the case of daily recommended consumption of the 5 kinds of kiwifruit, there is no risk of excessive intake of minerals. Kiwifruits can provide abundant K, Cu, and Cr for human and the combination of the kiwifruits with foods rich in P, Ca, Fe, Zn and Se is beneficial to adequate and balanced intake of minerals.

KEY WORDS: western Hunan; kiwifruit; heavy metal; mineral; nutritive assessment

0 引言

猕猴桃, 又称为藤梨、羊桃、奇异果, 是猕猴桃科 (*Actinidiaceae*) 猕猴桃属 (*Actinidia Lindl*) 的木质藤本植物, 其果实营养丰富, 享有“水果之王”的美誉。猕猴桃的原产地在中国, 湖南湘西、河南伏牛山和陕西秦岭是我国猕猴桃三大主产区^[1]。湘西地区属亚热带山地季风湿润气候, 自然条件极为适宜猕猴桃种植, 2007年湘西猕猴桃被原国家质检总局批准为中国地理标志保护产品。

矿物质与人体组织构成、正常生理功能维持密切相关, 了解食物中矿物质组成及重金属污染状况对维持人体健康具有十分重要的意义。祝义伟等^[2]对重庆地区4区县的猕猴桃中总糖、总酸、维生素、钾和钙等进行测定; 魏永生等^[3]对比分析了产自陕西的“秦美”与“红阳”2种猕猴桃中的矿物质; 赵金梅等^[4]检测陕西省主产区主栽品种猕猴桃果实中铜、锌、锰、铅、镉含量, 了解猕猴桃重金属污染状况; 刘康书等^[5]对贵州出产的猕猴桃中砷和铅的污染状况进行了评价。目前, 湘西产猕猴桃重金属和矿物质研究报道较少, 唐世洪等^[6]对湘西栽种的“米良”系列品种及野生猕猴桃果肉中无机元素含量进行了分析, 杜茵^[7]用氯化物原子吸收法测定猕猴桃中的硒。这些研究主要关注猕猴桃中矿物质或重金属含量测定, 其中有部分研究对重金属污染状况进行了评价, 但未对猕猴桃中矿物质的营养价值做出讨论。本研究通过测定湘西产猕猴桃中重金属和矿物质, 了解猕猴桃中重金属污染状况并评价其矿物质的营养价值, 以期为合理开发利用湘西产猕猴桃资源提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 样品来源

本研究选取湖南湘西地区猕猴桃的5个主要栽培品种(米良1号、凤凰红心、湘西东红、湘西金梅、湘西野生)。选取的5个猕猴桃品种在湘西地区种植面积上规模, 市场占有率高, 涵盖红、绿、黄3种颜色果肉类型。样品于2018年9月采自位于湖南省湘西土家族苗族自治州湖南湘西国家农业科技园花垣县十八洞村苗汉子果业有限责任公司的猕猴桃基地、凤凰县菖蒲塘猕猴桃专业合作社和凤凰县红

心猕猴桃专业合作社3个栽培基地, 每个基地选3个采样点, 每个采样点采集5个品种, 每个品种各采集1 kg, 每种猕猴桃共采集9 kg, 5种猕猴桃在达到采收成熟度时采集。5种猕猴桃均剥去果皮, 同一品种进行混合、缩分, 用食品料理机匀浆后密封保存于4℃冰箱。

1.1.2 仪器与试剂

NexION 300X 电感耦合等离子体质谱仪(美国PerkinElmer公司); AFS-9330 原子荧光光度计(北京吉天仪器有限公司); 722E 型可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司); Adventurer™ AR1140 电子天平(美国Ohaus公司); DNE610C 恒温干燥箱(日本Yamato公司); EG35B 电热板(北京莱伯泰科仪器股份有限公司); Milli-Q 超纯水系统(美国Millipore公司)。

单元素磷溶液成分分析标准物质[GBW(E)080584]、砷单元素标准溶液(GBW08611)、汞单元素标准溶液(GBW08617)、硒单元素标准溶液[GBW(E)080215](中国计量科学研究院); 多元素标准溶液(Cat#: CL-CAL-2, 美国SPEX CertiPrep公司); 国家标准物质豆角(GBW10021, 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所); 硝酸(超纯级, 苏州晶瑞化学股份有限公司); 盐酸、高氯酸、硫酸(分析纯)、氢氧化钾(优级纯)(国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 仪器条件

用调谐液优化电感耦合等离子体质谱仪工作参数使精密度、灵敏度、氧化物离子产率、双电荷离子产率和背景噪声指标符合要求, 工作参数为: 射频功率1300 W, 等离子体气流量18 L/min, 载气流量0.85 L/min, 辅助气流量1.2 L/min, 氦流量3.0~4.5 mL/min, 脉冲电压1050 V, 模拟电压-1712 V。

原子荧光光度计工作参数: 光电倍增管负高压270 V, 灯电流中砷50 mA、汞25 mA、硒80 mA, 载气流量400 mL/min, 屏蔽气流量800 mL/min, 原子化器高度8 mm, 读数时间7 s, 延时时间1.0 s。

1.2.2 样品测定

称取已匀浆处理的样品4 g(精确到0.0001 g), 消解后定容至10 mL上机测试, 实验中猕猴桃样品均测试平行双样。磷按照GB 5009.87—2016《食品安全国家标准 食品中磷的测定》^[8]第二法钒钼黄分光光度法进行测定, 钾、

钙、钠、镁、铁、锌、锰、铜、铬、镉、铅按照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》^[9]第一法电感耦合等离子体质谱法进行测定,砷按照 GB 5009.11—2014《食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定》^[10]第二法氢化物发生原子荧光光谱法进行测定,汞按照 GB 5009.17—2014《食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定》^[11]第一法原子荧光光谱分析法进行测定,硒按照 GB 5009.93—2017《食品安全国家标准 食品中硒的测定》第一法氢化物原子荧光光谱法进行测定^[12]。

1.2.3 质量控制

由于目前还没有猕猴桃中矿物质的标准物质,本研究用国家标准物质豆角进行质量控制。

1.2.4 矿物质营养价值评价方法

本研究从 3 个方面对矿物质进行营养评价:猕猴桃中矿物质的含量对人体需要满足的程度,在正常食用量的情况下是否有过量的风险,各种矿物质之间的比例是否接近人体的需求。参考匡立学等^[13]对辽宁省 4 种主要水果矿物质元素膳食暴露评估的方法来评价湘西产猕猴桃中矿物质的含量对人体需要的满足程度及风险。用矿物质摄入量占推荐摄入量(适宜摄入量)[recommended nutrient intake (adequate intake), RNI(AI)]的百分数[%RNI(AI)]衡量矿物质对人体需要满足的程度,其计算公式为式(1):

$$\%RNI(AI) = \omega \times I_R / RNI(AI) \times 100\% \quad (1)$$

式中 ω 是矿物质的含量,单位 mg/kg; I_R 是食物的每日摄入量,单位 kg/d, $RNI(AI)$ 是推荐摄入量(适宜摄入量),单位 mg/d。%RNI(AI)越接近 100%,表示对人体需要满足的程度越高。如果 %RNI(AI) 超过 100%,则需考虑是否有过量摄入风险,可用矿物质摄入量占可耐受最高摄入量(tolerable upper intake level, UL)的百分数(%UL)来评价,见公式(2):

$$\%UL = \omega I_R / UL \times 100\% \quad (2)$$

式中 ω 是矿物质的含量,单位 mg/kg; I_R 是食物的每日摄入量,kg/d, UL 是可耐受最高摄入量,mg/d。当 %UL ≤ 100% 时,表示摄入量在安全范围内,当 %UL > 100%,表示有过量摄入风险。

刘哲等^[14]借鉴氨基酸营养评价中的“模糊识别法”提出用平衡度(degree of balance, DB)评价水果中各种营养素之间的比例与人体需求各营养素间比例的接近程度,本研究参考其方法,用 DB 评价湘西产猕猴桃中矿物质之间的比例与人体对矿物质需求的比例的接近程度,其计算公式为(3):

$$DB = 1 - \frac{1}{C_k^2} \sum_{k=1}^{C_k} \frac{|a_{ij} - u_{ij}|}{a_{ij} + u_{ij}} \quad (3)$$

式中, k 是矿物质种类数; C_k^2 是从 k 个数中取出 2 个数的组合数; $u_{ij} = \omega_i / \omega_j$, 是食物中任意 2 种矿物质 i 和 j 的含量之比; $a_{ij} = RNI_i(AI_i) / RNI_j(AI_j)$, 是任意 2 种矿物质 i 和 j 的推荐摄入量(适宜摄入量)之比。DB=1,表示食物中矿物质之间的比

例完全符合人体需要, $DB < 1$, 表示食物中某些种类矿物质之间的比例不能满足人体需要, DB 越小表示食物中矿物质之间的比例满足人体需要程度越低。

2 结果与分析

2.1 标准物质豆角重金属和矿物质测定结果

从表 1 可以看出,镉的检测结果与参考值基本一致,其他 14 种元素的检测结果均在参考值范围内,说明本实验室测定 5 种猕猴桃矿物质的结果准确可靠。

表 1 标准物质豆角重金属和矿物质测定结果
Table 1 Results of heavy metals and minerals in reference material cowpea

| 元素 | 检测结果 | 参考值 |
|----|--------|---------------|
| 磷 | 0.37 | 0.38±0.03 |
| 钾 | 2.31 | 2.26±0.06 |
| 钙 | 0.66 | 0.67±0.04 |
| 钠 | 0.073 | 0.081±0.009 |
| 镁 | 0.338 | 0.336±0.009 |
| 铁 | 348 | 330±20 |
| 锌 | 33 | 32±2 |
| 锰 | 29.8 | 29.5±1.4 |
| 铜 | 8.7 | 8.7±0.5 |
| 铬 | 0.70 | 0.66±0.08 |
| 镉 | 0.023 | 0.020 |
| 砷 | 0.13 | 0.15±0.02 |
| 硒 | 0.038 | 0.043±0.015 |
| 汞 | 0.0030 | 0.0038±0.0014 |
| 铅 | 0.60 | 0.66±0.07 |

注:磷、钾、钙、钠、镁的计量单位为 g/100 g,其他元素的计量单位为 mg/kg,标准物质证书未给出镉的参考值范围。

2.2 湘西产猕猴桃重金属和矿物质含量

米良 1 号、凤凰红心、湘西东红、湘西金梅、湘西野生 5 种猕猴桃的钾含量为 $2.52 \times 10^3 \sim 3.96 \times 10^3$ mg/kg,而钠含量很低,钾/钠比值分别达到 1186、3415、778、2887、2311,是典型的高钾低钠食物。湘西野生的钙和镁含量分别为 520 mg/kg 和 242 mg/kg,在 5 种湘西产猕猴桃中最高。凤凰红心的磷含量在 5 种猕猴桃中最高,湘西野生磷含量最低。在 5 种湘西产猕猴桃中,湘西野生的铁、锌含量最高,分别为 2.37 和 1.18 mg/kg,湘西东红的锰、铜含量最高,分别为 3.30 和 1.60 mg/kg,凤凰红心的铬、硒含量最高,其铬含量达到 0.080 mg/kg,硒含量达到 0.0054 mg/kg,

其余4种猕猴桃硒含量仅约0.002 mg/kg。5种猕猴桃中镉含量为0.00070~0.0024 mg/kg, 汞含量为0.00072~0.0029 mg/kg, 铅含量为0.0037~0.019 mg/kg, 砷含量不超过0.0013 mg/kg, 4种有害元素含量均处于较低水平。见表2。

2.3 湘西产猕猴桃中重金属状况分析

湘西地区是汞、铅等重金属的重要成矿带, 由于矿床开采和利用等一系列人为活动, 汞、铅从相对封闭的地下进入地表^[15], 杨玉等^[16]对湖南猕猴桃园土壤重金属含量进行调查, 结果显示主产区果园土壤未有铅、铬污染, 有弱度的镉、汞、砷污染, 因此本研究也关注了这5种猕猴桃中重金属铅、镉、铬、汞、砷的含量。GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[17]中规定新鲜水果中浆果铅的限量为0.2 mg/kg, 镉的限量为0.05 mg/kg。从研究结果来看, 5种湘西产猕猴桃中铅、镉含量均远低于国家标准规定的限量。NY/T 425—2000《绿色食品 猕猴桃》^[18]中规定猕猴桃中铅的限量为0.2 mg/kg, 镉的限量为0.01 mg/kg, 砷的限量为0.2 mg/kg, 汞的限量为0.01 mg/kg, 从研究结果来看, 5种湘西产猕猴桃中铅、镉、汞、砷的含量也符合农业部A级绿色食品猕猴桃的标准规定。

2.4 湘西产猕猴桃矿物质营养价值评价

由于RNI(AI)和UL与年龄、性别有关, 本研究以18~50岁的一般人群为例, 根据目前矿物质的中国居民膳

食营养素参考摄入量(dietary reference intakes, DRIs)^[19-20]评价湘西产猕猴桃矿物质的营养价值, 由于钾、钠、镁、铬暂未制定UL, 计算%UL时暂以RNI(AI)代替UL。《中国居民膳食指南2016版》推荐一般人群每人每天摄入200~350 g的新鲜水果, 本研究计算%RNI(AI)时取其中位值 $I_R=0.275$ kg/d, 计算%UL时取其最大值 $I_R=0.350$ kg/d。

从表3可以看出, 钾、铜和铬的%RNI(AI)均超过30%, 尤其是凤凰红心和湘西东红中铬的%RNI(AI)超过70%, 镁的%RNI(AI)约为10.1%~20.2%, 钠的%RNI(AI)都不到0.1%。除湘西野生中钙的%RNI(AI)达到17.9%, 5种湘西产猕猴桃中磷、钙、铁、锌、硒的%RNI(AI)基本在10%以下。矿物质的%RNI(AI)表明, 5种湘西产猕猴桃能为人体提供丰富的钾、铜和铬, 但其磷、钙、铁、锌、硒的含量相对不足。凤凰红心的DB值略高于其他4种猕猴桃, 但5种猕猴桃矿物质的DB值总体都不高, 由于钠的摄入主要来自食用盐, 因此DB值不高可归因于猕猴桃中的磷、钙、铁、锌、硒的含量偏低。由于RNI(AI)小于UL, 以RNI(AI)代替UL计算出的%UL将大于实际的%UL, 因此猕猴桃中钾、钠、镁、铬的%UL实际值将比表3中给出的值更小, 由表3中的%UL可知在正常食用量的情况下, 猕猴桃中的矿物质无过量摄入风险。将5种湘西产猕猴桃与磷、钙、铁、锌、硒含量较为丰富的食物搭配食用能使各种矿物质总体上摄入更加充足平衡。

表2 湘西产猕猴桃重金属和矿物质含量(以可食部计, mg/kg)

Table 2 Content of heavy metals and minerals in kiwifruits produced in western Hunan province (edible portion, mg/kg)

| 元素 | 米良1号 | 凤凰红心 | 湘西东红 | 湘西金梅 | 湘西野生 |
|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 磷 | 145 | 267 | 208 | 151 | 75.8 |
| 钾 | 3.00×10 ³ | 3.96×10 ³ | 3.63×10 ³ | 3.12×10 ³ | 2.52×10 ³ |
| 钙 | 136 | 217 | 165 | 219 | 520 |
| 钠 | 2.53 | 1.16 | 4.67 | 1.08 | 1.09 |
| 镁 | 123 | 157 | 121 | 195 | 242 |
| 铁 | 1.70 | 2.22 | 1.33 | 1.84 | 2.37 |
| 锌 | 0.535 | 0.740 | 0.433 | 0.873 | 1.18 |
| 锰 | 0.310 | 0.532 | 3.30 | 1.31 | 1.46 |
| 铜 | 0.908 | 1.42 | 1.60 | 1.01 | 1.33 |
| 铬 | 0.049 | 0.080 | 0.078 | 0.061 | 0.064 |
| 镉 | 0.0024 | 0.0011 | 0.00078 | 0.00070 | 0.0012 |
| 砷 | 0.0012 | 0.0013 | ND | ND | ND |
| 硒 | 0.0021 | 0.0054 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0014 |
| 汞 | 0.0013 | 0.0029 | 0.0014 | 0.0010 | 0.00072 |
| 铅 | 0.0084 | 0.019 | 0.0064 | 0.0085 | 0.0037 |

注: ND表示未检出, 砷的检出限为0.001 mg/kg。

表 3 湘西产猕猴桃矿物质营养价值评价
Table 3 Nutritive assessment of minerals in kiwifruits produced in western Hunan province

| | | 米良 1 号 | 凤凰红心 | 湘西东红 | 湘西金梅 | 湘西野生 |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 磷 | %RNI(AI) | 5.5% | 10.2% | 7.9% | 5.8% | 2.9% |
| | %UL | 1.5% | 2.7% | 2.1% | 1.5% | 0.76% |
| 钾 | %RNI(AI) | 41.3% | 54.5% | 50.0% | 42.9% | 34.6% |
| | %UL | 52.5% | 69.3% | 63.6% | 54.6% | 44.1% |
| 钙 | %RNI(AI) | 4.7% | 7.5% | 5.7% | 7.5% | 17.9% |
| | %UL | 2.4% | 3.8% | 2.9% | 3.8% | 9.1% |
| 钠 | %RNI(AI) | 0.05% | 0.02% | 0.09% | 0.02% | 0.02% |
| | %UL | 0.06% | 0.03% | 0.11% | 0.03% | 0.03% |
| 镁 | %RNI(AI) | 10.3% | 13.1% | 10.1% | 16.3% | 20.2% |
| | %UL | 13.0% | 16.7% | 12.8% | 20.7% | 25.7% |
| 铁 | | 3.9%(男) | 5.1%(男) | 3.0%(男) | 4.2%(男) | 5.4%(男) |
| | %RNI(AI) | 2.3%(女) | 3.1%(女) | 1.8%(女) | 2.5%(女) | 3.3%(女) |
| | %UL | 1.4% | 1.9% | 1.1% | 1.5% | 2.0% |
| 锌 | | 1.2%(男) | 1.6%(男) | 1.0%(男) | 1.9%(男) | 2.6%(男) |
| | %RNI(AI) | 2.0%(女) | 2.7%(女) | 1.6%(女) | 3.2%(女) | 4.3%(女) |
| | %UL | 0.47% | 0.65% | 0.38% | 0.76% | 1.0% |
| 铜 | %RNI(AI) | 31.2% | 48.8% | 55.0% | 34.7% | 45.7% |
| | %UL | 4.0% | 6.2% | 7.0% | 4.4% | 5.8% |
| 铬 | %RNI(AI) | 44.9% | 73.3% | 71.5% | 55.9% | 58.7% |
| | %UL | 57.2% | 93.3% | 91.0% | 71.2% | 74.7% |
| 硒 | %RNI(AI) | 1.0% | 2.5% | 0.8% | 0.8% | 0.6% |
| | %UL | 0.18% | 0.47% | 0.16% | 0.15% | 0.12% |
| DB | | 0.322(男) | 0.328(男) | 0.289(男) | 0.309(男) | 0.307(男) |
| | | 0.325(女) | 0.341(女) | 0.293(女) | 0.312(女) | 0.312(女) |

3 结 论

本研究对湘西地区猕猴桃的 5 个主要栽培品种的重金属和矿物质含量进行测定, 根据食品中污染物限量和中国居民膳食营养素参考摄入量分别对重金属和矿物质进行评价。5 种湘西产猕猴桃中 4 种有害元素铅、镉、汞、砷的含量均处于较低水平, 铅、镉的含量低于国家标准规定的限量。5 种湘西产猕猴桃中常量元素中均以钾含量最高, 但含量最高的微量元素种类则因品种有差异, 5 种湘西产猕猴桃能为人体提供丰富的钾、铜和铬, 但其磷、钙、铁、锌、硒的含量不足, 这也是其 DB 较小的原因。将 5 种湘西产猕猴桃与磷、钙、铁、锌、硒含量较为丰富的食物搭配食用有利于膳食矿物质摄入更加充足平衡。本文研究供了一种评价食物中矿物质营养价值的参考方法, 但未能考

虑到矿物质在食物中的存在形式对人体吸收率的影响, 需在今后继续完善。

参考文献

- [1] 黄诚, 周长春, 李伟. 猕猴桃的营养保健功能与开发利用研究[J]. 食品科技, 2007, 32(4): 51-55.
HUANG C, ZHOU CC, LI W. Nutrition and health care function of kiwifruit and its processing technique [J]. Food Sci Technol, 2007, 32(4): 51-55.
- [2] 祝义伟, 冯璨, 费华熙, 等. 重庆四区县不同猕猴桃品种营养成分检测与比较[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(4): 73-75.
ZHU YW, FENG C, FEI HX, et al. Determination and comparison of kiwi fruit nutrients in 4 districts and counties of Chongqing [J]. Food Nutr China, 2014, 20(4): 73-75.
- [3] 魏永生, 张睿玲, 耿薇. 微波消解-ICP-OES 法测定“秦美”与“红阳”猕猴桃中的矿物元素[J]. 应用化工, 2014, 43(5): 942-945.

- WEI YS, ZHANG RL, GENG W. Determination of mineral elements in Qinmei and Hongyang kiwi fruit by microwave digestion-ICP-OES [J]. *Appl Chem Ind*, 2014, 43(5): 942-945.
- [4] 赵金梅, 段爱莉, 高贵田, 等. 陕西省主产区主栽品种猕猴桃果实中 Cu、Zn、Mn、Pb、Cd 含量检测[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(21): 309-311, 348.
- ZHAO JM, DUAN AL, GAO GT, *et al.* Determination of Cu, Zn, Mn, Pb and Cd content of kiwifruit fruit of the main cultivars in the major kiwifruit production area of Shaanxi province [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(21): 309-311, 348.
- [5] 刘康书, 罗天林, 周富强. 贵州山地特色农产品中铅与镉含量及污染评价[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(23): 189-192.
- LIU KS, LUO TL, ZHOU FQ. Lead and arsenic contents and pollution evaluation of agricultural products with mountain characteristics in Guizhou province [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(23): 189-192.
- [6] 唐世洪, 张克梅. “米良 1 号”猕猴桃的营养成分及防癌作用的探讨[J]. *吉首大学学报(自然科学版)*, 1997, 18(3): 69-71.
- TANG SH, ZHANG KM. An investigation of the nutritive composition of *Actinidia chinensis* Planch and its cancer-resistant function [J]. *J Jishou Univ (Nat Sci Ed)*, 1997, 18(3): 69-71.
- [7] 杜茜. 氢化物原子吸收法测定猕猴桃中的硒[J]. *实用预防医学*, 2005, 12(3): 667-668.
- DU H. Determination of Se content in kiwifruit fruit by hydride generation-atomic absorption spectrometry [J]. *Pract Prev Med*, 2005, 12(3): 667-668.
- [8] GB 5009.87—2016 食品安全国家标准 食品中磷的测定[S].
GB 5009.87—2016 National food safety standard-Determination of phosphorus in foods [S].
- [9] GB 5009.268—2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S].
GB 5009.268—2016 National food safety standard-Determination of multi-elements in foods [S].
- [10] GB 5009.11—2014 食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定[S].
GB 5009.11—2014 National food safety standard-Determination of total arsenic and inorganic arsenic in foods [S].
- [11] GB 5009.17—2014 食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定[S].
GB 5009.17—2014 National food safety standard-Determination of total mercury and organic mercury in foods [S].
- [12] GB 5009.93—2017 食品安全国家标准 食品中硒的测定[S].
GB 5009.93—2017 National food safety standard-Determination of selenium in foods [S].
- [13] 匡立学, 聂继云, 李志霞, 等. 辽宁省 4 种主要水果矿质元素含量及其膳食暴露评估[J]. *中国农业科学*, 2016, 49(20): 3993-4003.
- KUANG LX, NIE JY, LI ZX, *et al.* Mineral element contents of four main fruits from Liaoning province and their dietary exposure assessment [J]. *Sci Agric Sin*, 2016, 49(20): 3993-4003.
- [14] 刘哲, 何莎莎, 陆柏益, 等. 果品营养价值“三度”评价法[J]. *园艺学报*, 2018, 45(4): 795-804.
- LIU Z, HE SS, LU BY, *et al.* On 'three degree' method for the evaluation of the fruit nutritive values [J]. *Acta Horti Sin*, 2018, 45(4): 795-804.
- [15] 李永华, 王五一, 杨林生, 等. 湘西多金属矿区汞铅污染土壤的环境质量[J]. *环境科学*, 2005, 26(5): 187-191.
- LI YH, WANG WY, YANG LS, *et al.* Environmental quality of soil polluted by mercury and lead in polymetallic deposit areas of western Hunan province [J]. *Environ Sci*, 2005, 26(5): 187-191.
- [16] 杨玉, 童雄才, 王仁才, 等. 湖南猕猴桃园土壤重金属含量分析及污染评价[J]. *农业现代化研究*, 2017, 38(6): 1097-1105.
- YANG Y, TONG XC, WANG RC, *et al.* Analysis and safety evaluation of heavy metal contamination in kiwifruit orchard soils in Hunan province [J]. *Res Agric Mod*, 2017, 38(6): 1097-1105.
- [17] GB 2762—2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].
GB 2762—2017 National food safety standard-Maximum levels of contaminants in foods [S].
- [18] NY/T 425—2000 绿色食品 猕猴桃[S].
NY/T 425—2000 Green food-Actinidia [S].
- [19] WS/T 578.2—2018 中国居民膳食营养素参考摄入量 第 2 部分: 常量元素[S].
WS/T 578.2—2018 Chinese dietary reference intakes-Part 2: Macroelement [S].
- [20] WS/T 578.3—2017 中国居民膳食营养素参考摄入量 第 3 部分: 微量元素[S].
WS/T 578.3—2017 Chinese dietary reference intakes-Part 3: Trace element [S].

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介

李 轶, 硕士, 主要研究方向为理化检验研究。

E-mail: 744040637@qq.com

袁春晖, 副主任技师, 主要研究方向为理化检验研究。

E-mail: 811766127@qq.com