

# 小草坝新鲜天麻中多种金属元素评价分析

赵晓慧, 许燕, 林 佶, 徐丹先\*

(云南省疾病预防控制中心, 昆明 650022)

**摘要: 目的** 分析评价云南小草坝新鲜天麻中9种金属元素含量水平。**方法** 采用电感耦合等离子体质谱法检测云南小草坝新鲜天麻中铁 Fe、铜 Cu、钴 Co、锰 Mn、镍 Ni、硒 Se、砷 As、铅 Pb、汞 Hg 的含量, 并使用食品安全指数 IFS 法进行重金属污染评价。**结果** 云南小草坝新鲜天麻中各元素均检出, 参照《现行药用植物及制剂进出口绿色行业标准》及《中国药典》2015年版中重金属限量值判定, 54份天麻中 Cu、Pb、As、Hg 的含量均没有样品超过限量指标。按照 GB 2762-2012 食品标准进行判定, Pb 有 40.7% 的超标率, As、Hg 均未出现超标样品。小草坝产区新鲜天麻中 As、Pb、Hg 的 IFS 值均小于 1。**结论** 云南小草坝新鲜天麻中微量元素丰富, 食品安全风险整体在可接受范围, 但仍需关注可能存在的铅污染水平。

**关键词:** 新鲜天麻; 小草坝; 金属元素; 安全评价

## Evaluation and analysis of many kinds of metal elements in fresh gastrodia elata in Xiaocaoba

ZHAO Xiao-Hui, XU Yan, LIN Ji, XU Dan-Xian\*

(Yunnan Center for Disease Control and Prevention, Kunming 650022, China)

**ABSTRACT: Objective** To analyze and evaluate the content levels of 9 kinds of metal elements in fresh gastrodia elata of Xiaocaoba in Yunnan. **Methods** The content of Fe, Cu, Co, Mn, Ni, Se, As, Pb, Hg in fresh gastrodia elata in Xiaocaoba in Yunnan was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry, and the food safety index IFS method was used for the assessment of heavy metal pollution. **Results** All the 9 kinds of metal elements were detected in fresh gastrodia elata of Xiaocaoba in Yunnan. According to the the limit value of heavy metal in *Current green industry standards for import and export of medicinal plants and preparations* and the 2015 edition of *Chinese pharmacopoeia*, the content of Cu, Pb, As and Hg in 54 kinds of pieces of gastrodia elata were not over the limit index. According to the GB 2762-2012 food standard, the overstandard rate of Pb was 40.7%, and neither As nor Hg had exceeded the standard. The IFS values of As, Pb and Hg in the fresh gastrodia elata in Xiaocaoba area were all less than 1. **Conclusion** The trace elements in fresh gastrodia elata in Xiaocaoba in Yunnan are abundant, and the food safety risk is in the acceptable range, but the possible lead pollution level still needs to be concerned.

**KEY WORDS:** fresh gastrodia elata; Xiaocaoba; metallic elements; safety evaluation

基金项目: 云南省卫生计生委科研项目(2016NS145)

Fund: Supported by Yunnan Food Safety and Nutrition Research Centert (2016NS145)

\*通讯作者: 徐丹先, 副主任技师, 主要研究方向为理化检验、食品风险监测与食品安全。E-mail: 284598664@qq.com

\*Corresponding author: XU Dan-Xian, Associate Chief Technician, Yunnan Center for Disease Control and Prevention, Yunnan650022 China. E-mail: 284598664@qq.com

## 1 引言

天麻 (*Gastrodia elate* Bl.) 古名赤箭, 兰科 (*Orchidaceae*) 植物, 无根无绿色叶片, 是我国传统的名贵中药材。两千多年前的《神农本草经》<sup>[1]</sup>记载了天麻的药用功效, “久服益气力长”, 将天麻列为上品。明朝李时珍《本草纲目》<sup>[2]</sup>对天麻描述为: “天麻辛、温、无毒。久服益气, 轻身长年”“主诸风痹, 久服益气, 轻身长年”, 治疗“语多恍惚, 善惊失忘”等症。近代药理研究证明, 天麻的功效<sup>[3]</sup>还有抗惊厥、镇静、镇痛、抗炎、改善学习记忆<sup>[4]</sup>, 还能降压及延缓衰老。云南为优质天麻的传统产区<sup>[5]</sup>。光绪《叙州府志》记载了每年有专员收购乌蒙小草坝的天麻作为朝廷贡品。书中的“乌蒙小草坝”即为今云南省昭通市彝良县小草坝乡, 为现代天麻主产地和道地产区。

随着生活水平的大幅提升, 居民对于高品质生活的追求, 以及人工栽培技术的发展, 天麻等高档补益药材的应用已不仅局限于入药, 而是成为药食同源的高档保健食品。天麻在云南有作为食品原料使用历史, 主要方法为炖肉、炖鸡、素炒、加入火锅、天麻泡蜂蜜等; 按照传统习惯正常使用, 未见不良反应报道。随着存储和运输技术的发展, 新鲜天麻也日渐走上了餐桌<sup>[6]</sup>。比起传统干制的天麻, 新鲜天麻作为食材有更丰富的口感, 也更容易烹饪, 并且具有同样的保健营养功能。目前, 国家卫生健康委员会正在征求天麻作为按照传统既是食品又是中药材物质管理的意见。

天麻中元素的含量与生长环境有着密切的关系。原子吸收光谱法<sup>[7]</sup>、电感耦合等离子体发射光谱法 (inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, ICP-AES)<sup>[8]</sup>、电感耦合等离子体质谱法 (inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)<sup>[9-13]</sup> 等都被用于天麻中元素含量的分析。但是, 目前对于将新鲜天麻作为食品来评估其营养价值 and 安全性等方面的研究还较少, 基础数据支撑不足, 因此本研究选取云南昭通小草坝天麻为主要研究对象, 采用 ICP-MS 分析检测天麻中所含人体所需的微量元素 Fe、Cu、Co、Mn、Ni、Se, 重金属金属元素 As、Pb、Hg, 共计 9 种, 并进行分析讨论, 研究小草坝新鲜天麻中各元素含量水平, 为将新鲜天麻作为食品管理提供基础研究和数据支撑。

## 2 材料和方法

### 2.1 样品采集及制备

选取天麻的主要产区云南省昭通市彝良县, 在小草坝乡及其他生产基地共采集不同级别新鲜天麻 54 件, 其中 1 级天麻、2 级天麻、3 级天麻各 5 件, 4 级天麻 11 件, 未分级天麻 28 件。

### 2.2 试剂与仪器

多元素混合标准溶液 (10  $\mu\text{g/mL}$ , 美国 SPEX 公司); 多元素混合内标溶液 (10  $\text{mg/L}$ , 美国 SPEX 公司); 硝酸 (优级纯, 美国 Fisher Scientific 公司)。

Thermo X SERIES 2 电感耦合等离子体质谱仪 (美国 Thermo Fisher 公司); SI-234 万分之一电子天平 (美国 DENVER 公司); B-400 均质机 (瑞士 BUCHI 公司); Milli-Q reference 超纯水机 (美国 Millipour 公司); ETHOS1 微波消解仪 (意大利 Milestone 公司)。

### 2.3 样品处理

本研究采用中压微波密闭消解法, 使用痕量金属级别硝酸在较高温度下完全消解样品。具体操作如下:

取天麻样品可食用部分, 洗净沥干, 用四分法将样品分为待测和留样。待测样品使用均质机陶瓷刀片匀浆制样, 待测。准确称取 0.5 g (湿样) 待测样品置于聚四氟乙烯消解罐中, 加入 5 mL 硝酸, 浸泡 1 h 再放入微波消解仪中, 设定微波消解程序。消解结束后, 将消解罐置于电热板上赶酸。待冷却, 定容消解液, 待测定, 微波消解程序如表 1。

表 1 微波消解程序  
Table 1 Microwave digestion procedure

步骤	操作程序
1	升温时间 5 min, 温度 120 $^{\circ}\text{C}$ , 保持时间 5 min
2	升温时间 5 min, 温度 150 $^{\circ}\text{C}$ , 保持时间 5 min
3	升温时间 10 min, 温度 190 $^{\circ}\text{C}$ , 保持时间 20 min

### 2.4 实验方法

各重金属项目的测定方法参考 GB 5009.268-2016 《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》<sup>[14]</sup>, 采用电感耦合等离子体质谱法。

水分测定方法参考 GB/T 5009.3-2016 《食品安全国家标准 食品中水分的测定》<sup>[15]</sup>, 采用直接干燥法。

### 2.5 重金属污染的评价依据

国内国际上对于中草药有不同评价标准体系<sup>[16-18]</sup>, 详见表 2。由于国家考虑将天麻纳入既是食品又是中药材物质管理, 本研究将同时参考我国现行食品安全国家标准。

天麻是以块茎作为主要食用部分, 这点与薯类食物类似。本研究天麻中有害元素依据 GB2762-2012 《食品安全国家标准 食品中污染物限量》<sup>[19]</sup> 蔬菜-薯类进行评价: 总砷 < 0.5  $\text{mg/kg}$ , 总汞 < 0.02  $\text{mg/kg}$ , 铅 < 0.2  $\text{mg/kg}$  (干天麻制品: 铅 < 1.0  $\text{mg/kg}$ )。

### 2.6 天麻中重金属健康安全风险评估

以食品安全指数 IFS 评价食品整体的安全状态。食品中有毒物质的毒性与其进入人体的绝对量有关, 因此以通

表 2 各国家/地区中草药重金属限量标准表(mg/kg)  
Table 2 Herbal heavy metal limit standards for various countries/regions (mg/kg)

国家/地区	适用范围	Cu	Pb	As	Hg
《中国药典》2015 年版 <sup>[20]</sup>	中药材	20.0	5.0	2.0	0.2
《现行药用植物及制剂进出口绿色行业标准》 <sup>[21]</sup>	草药	20.0	5.0	2.0	0.2
英国药典 <sup>[22]</sup>	草药	—	5.0	5.0	0.1
美国药典 <sup>[23]</sup>	草药	—	5.0	2.0	0.2
ISO 18664:2015 中医药-中草药重金属限量 <sup>[24]</sup>	中药材	—	10.0	4.0	3.0
世界卫生组织药用植物专论 <sup>[25]</sup>	草药	—	10.0	—	—
欧洲药典 <sup>[26]</sup>	草药	—	5.0	—	0.1

过饮食途径进入人体有毒物质的实际摄入量与其安全摄入量来比较即为食品安全指数  $IFS_C$ 。

$$IFS_C = \frac{EDI_C \times f}{SI_C \times bw} \quad (1)$$

式 1 中,  $C$  为重金属元素;  $EDI_C$  为重金属元素  $C$  的实际日摄入量估算值, mg/kg;  $f$  为校正因数;  $SI_C$  为安全摄入量 mg/d;  $bw$  为体重, kg。

$$EDI_C = \sum (R_i \times F_i \times E_i \times P_i) \quad (2)$$

在式 2 中,  $R_i$  为食品  $i$  中重金属的平均含量(mg/kg);  $F_i$  为食品  $i$  的估计日消费量(g/人·天);  $E_i$  为食品  $i$  的可食用部分因子;  $P_i$  为食品  $i$  的加工处理因子。

本研究中  $SI_C$  采用(provisional tolerable weekly intake, PTWI)估算值,  $bw=60$  kg,  $f=7$ ,  $E_i=1$ ,  $P_i=1$ 。

根据  $IFS_C$  的计算结果可以评价该重金属元素对食品安全的影响程度。判定标准:  $IFS_C \ll 1$ , 该重金属元素对食品安全没有影响;  $IFS_C \leq 1$ , 该重金属元素对食品安全影响的风险是可以接受的;  $IFS_C > 1$ , 该重金属元素对食品安全影响的风险超过了可接受的限度, 此时就应进入风险管理程序。

$IFS_C$  值具备可加和性。

$$IFS = \frac{\sum_{C=Cl...Cn}^n IFS_C}{n} \quad (3)$$

在这种情况下可以预期的结果是:  $IFS \ll 1$ , 所研究食品对消费者人群食品安全状态很好;  $IFS \leq 1$ , 所研究食品对消费者人群的食品状态为可以接受;  $IFS > 1$ , 所研究食品对消费者人群的食品状态为不可接受。

### 3 结果与分析

#### 3.1 天麻中各重金属含量监测结果分析

54 份天麻样品中 Fe、Cu、Co、Mn、Ni、Se、As、Pb、Hg 共 9 种金属元素含量监测统计结果见表 3。参照《现行药用植物及制剂进出口绿色行业标准》(外经贸部)及《中国药典》2015 年版<sup>[20]</sup>中重金属限量值判定, 54 份天麻中 Cu、Pb、As、Hg 的含量均没有样品超过限量指标。如果将新鲜天麻按照 GB 2762-2012 食品标准进行判定, Pb 有 40.7% 的超标率, As、Hg 均未出现超标样品。

#### 3.2 不同采样地区天麻中重金属含量监测结果分析

此次监测天麻样品 54 件, 其中云南彝良小草坝产区采样 38 件, 云南彝良非小草坝产区收集样品 16 件, 样品中各金属元素检测统计分析结果见表 4。来自彝良县不同

表 3 新鲜天麻检测结果(n=3)  
Table 3 Determination results of fresh gastrodia elata(n=3)

样品类别	监测项目	样品数	平均含量/(mg/kg)	P50	P90	P95	P97.5	超标率(按食品判定)	超标率(按药材判定)
	水分	54	62.9167±1.6269	65.0500	77.2000	79.1500	81.6500		
	Fe	54	15.9415±0.7319	15.4829	21.9282	29.1085	33.0772	\	\
	Cu	54	0.9194±0.0278	0.9234	1.1959	1.2655	1.4425	\	0.00%
	Co	54	0.0661±0.0069	0.0484	0.1533	0.1891	0.2159	\	\
新鲜天麻	Mn	54	5.4826±0.2667	5.2580	8.3702	9.1036	10.3969	\	\
	Ni	54	0.1334±0.0092	0.1212	0.2150	0.2643	0.3806	\	\
	Se	54	0.0054±0.0003	0.0050	0.0090	0.0090	0.0096	\	\
	As	54	0.0113±0.0013	0.0097	0.0259	0.0268	0.0313	0.00%	0.00%
	Pb	54	0.1868±0.0215	0.1333	0.4255	0.4966	0.5833	40.70%	0.00%
	Hg	54	0.0004±0.0002	0.0000	0.0005	0.0034	0.0077	0.00%	0.00%

注: P50 指 50% 的数据, P90 指 90% 的数据, P95 指 95% 的数据, P97.5 指 97.5% 的数据

表4 不同采样地区天麻监测结果( $n=3$ )  
Table 4 Determination results of *gastrodia elata* from different regions( $n=3$ )

检测项目	云南彝良		P 值
	小草坝产区/(mg/kg)	非小草坝产区/(mg/kg)	
水分	63.7000±2.3249	71.9000±3.9000	0.791
Fe	16.7896±1.7631	13.9275±3.6353	0.135
Cu	0.9120±0.9340	0.9370±0.9448	0.747
Co	0.0670±0.0348	0.0640±0.0461	0.789
Mn	5.2664±0.0084	5.9959±0.0123	0.072
Ni	0.1406±0.3458	0.1163±0.3503	0.501
Se	0.0051±0.0123	0.0061±0.0091	0.142
As	0.0102±0.0003	0.0142±0.0006	0.138
Pb	0.1400±0.0016	0.2978±0.0022	0.007
Hg	0.0002±0.0185	0.0008±0.0485	0.218

产区新鲜天麻中 Fe、Cu、Co、Mn、Ni、Se、As、Hg 8 种元素含量的  $P$  值  $>0.05$ , 不同产区出产的天麻中元素含量无明显差异; Pb 含量  $P$  值  $<0.05$ , 这说明不同产区的天麻中铅含量有统计学意义, 具有可比性。小草坝天麻中铅含量低于非小草坝产区的天麻。本研究结果表明, 除重金属铅外, 小草坝天麻含有微量元素、重金属与其他地区的天麻无明显区别。

### 3.3 小草坝产区不同级别天麻中各金属含量监测结果

从小草坝产区采样不同级别天麻样品, 其中一级天麻 5 件, 二级天麻 5 件, 三级天麻 5 件, 四级天麻 11 件。样品中重金属含量监测结果见表 5。从表 5 可知, 不同级别天麻中元素含量经统计分析得出  $P$  值均  $>0.05$ , 无统计学意义, 这说明不同级别天麻中微量元素及重金属元素含

量均无明显差异。天麻素是天麻主要活性成分, 为衡量天麻品质优劣的主要参考指标。刘旭燕等<sup>[27]</sup>在不同等级昭通乌天麻的研究中发现不同等级天麻中天麻素的含量不同, 一级天麻最高含有 0.82 g/100 g 天麻素, 二级三级四级天麻中天麻素含量递减。结合本研究发现天麻中各金属元素并没有根据天麻级别不同而产生差异。即高级别的天麻中天麻素含量高, 而重金属元素并不高, 高级别的天麻品质优于低级别。

### 3.4 新鲜天麻的安全风险评价

联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)联合食品添加剂专家委员会规定 As、Pb、Hg 的人体每周允许摄入量(provisional tolerable weekly intake, PTWI)分别为 15、50、5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ <sup>[24]</sup>。根据国家食品安全风险评估中心发布的征求将党参等 9 种物质作为按照传统既是食品又是中药材物质管理意见中天麻建议使用量  $\leq 3$  g/天(孕妇、哺乳期妇女及婴幼儿不宜食用), 从表 6 可知此批新鲜天麻 IFS  $<1$ , 作为食品天麻的重金属污染风险在可接受范围内。小草坝产区新鲜天麻中 As、Pb、Hg 的 IFS 值均小于 1, 非小草坝产区新鲜天麻中铅的 IFS 为 2.08, 为此次评价中风险最高的项目, 应在下一步管理中进行风险管理。

## 4 结论与讨论

本研究通过对昭通小草坝新鲜天麻微量元素和重金属元素的检测结果进行分析评价, 为将天麻纳入既是食品又是中药材管理提供基础数据。结果表明新鲜天麻中含丰富的 Fe、Cu、Co、Ni、Se、Mn 6 种微量元素, 在不同产区的新鲜天麻中含量无明显差异; 不同级别新鲜天麻中, 微量元素含量也无明显差异。同时本研究考察天麻中 As、Pb、Hg 3 种重金属元素, 总体食品安全指数在可接受范围内。但非小草坝产区新鲜天麻中 Pb 的食品安全指数 IFS  $>1$ ,

表5 不同级别天麻中各金属含量监测结果( $n=3$ )  
Table 5 Monitoring results of different ranks *gastrodia elata*( $n=3$ )

检测项目	一级/(mg/kg)	二级/(mg/kg)	三级/(mg/kg)	四级/(mg/kg)	P 值
水分	61.7400±6.0010	57.8800±8.0284	64.5000±3.6418	68.3636±2.0064	0.586
Fe	14.3993±1.7306	14.4349±0.8398	17.8810±0.8735	17.4679±2.1314	0.323
Cu	0.8613±0.0632	0.7936±0.1157	0.9792±0.0572	0.8889±0.0435	0.518
Co	0.0412±0.0057	0.0874±0.0343	0.0697±0.0137	0.0589±0.0116	0.583
Mn	4.6315±1.0415	4.4205±0.9903	5.4776±0.8759	4.9313±0.6947	0.745
Ni	0.0973±0.0187	0.1331±0.0164	0.1443±0.0186	0.1465±0.0160	0.224
Se	0.0038±0.0008	0.0058±0.0013	0.0046±0.0012	0.0057±0.0007	0.58
As	0.0045±0.0019	0.0047±0.0020	0.0152±0.0045	0.0054±0.0021	0.157
Pb	0.0872±0.0275	0.0928±0.0345	0.0749±0.0211	0.0970±0.0262	0.966
Hg	0.0016±0.0016	0.0014±0.0014	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.343

表 6 不同产地天麻中安全风险评价(n=3)  
Table 6 Safety risk assessment of different ranks  
gastrodia elata(n=3)

样品类别	检测项目	平均含量/(mg/kg)	IFSC	ΣIFS
新鲜天麻	As	0.0113±0.0013	0.26	0.52
	Pb	0.1868±0.0215	1.31	
	Hg	0.0004±0.0002	0.00	
小草坝新鲜天麻	As	0.0102±0.0016	0.24	0.41
	Pb	0.1400±0.0185	0.98	
	Hg	0.0002±0.0002	0.00	
非小草坝新鲜天麻	As	0.0142±0.0022	0.33	0.81
	Pb	0.2978±0.0485	2.08	
	Hg	0.0008±0.0005	0.01	

说明天麻中铅污染程度较高, 对人体有一定健康危害风险。若后续工作将天麻纳入食品管理, 应继续跟踪研究天麻中重金属污染水平, 并做食品安全风险管理。

云南昭通小草坝产区的天麻含有较高的天麻素、天麻苷元等有效活性成分以及丰富的微量元素和较低的重金属污染水平, 具有较高的利用价值和开发前景。研究小草坝天麻的内在品质, 利用当地天麻优势资源, 探索新的加工食用技术, 发展天麻特色产业, 有利于发展天麻特色经济, 推动产业结构的战略性调整和优化升级, 缩小地区贫富差距, 增加地区人均收入, 带动当地的经济发展。

参考文献

[1] 张树生. 神农本草经理论与实践[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009.  
Zhang SS. Theory and practice of Sheng Nong's herbal classic [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2009.

[2] 李时珍. 本草纲目[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2012.  
Li SZ. Compendium of materia medica [M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 2012.

[3] 谢笑天, 李海燕, 王强, 等. 天麻化学成分研究概况[J]. 云南师范大学学报: 自然科学版, 2004, 24(3): 22-25.  
Xie XT, Li HY, Wang Q, et al. The studys of chemical constituents in gastrodia elata blume [J]. J Yunnan Normal Univ (Nat Sci Ed), 2004, 24(3): 22-25.

[4] 杨世林, 兰进, 徐锦堂. 天麻的研究进展[J]. 中草药, 2000, 31(1): 66-69.  
Yang SL, Lan J, Xu JT. Research progress of gastrodia elata [J]. Chin Tradit Herbal Drug, 2000, 31(1): 66-69.

[5] 刘大会, 龚文玲, 詹志来, 等. 天麻道地产区的形成与变迁[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(18): 3639-3644.  
Liu DH, Gong WL, Zhan ZL, et al. Study on formation and changes of dao-di herbs production origin of gastrodia elata [J]. China J Chin Mater Med, 2017, 42(18): 3639-3644.

[6] 文欢, 张大燕, 王伟, 等. 不同保藏方法对鲜天麻保鲜效果比较[J]. 食

品研究与开发, 2017, 38(6): 201-205.  
Wen H, Zhang DY, Wang W, et al. Comparison of preservative effects of different preservation methods on fresh gastrodia elata [J]. Food Res Dev, 2017, 38(6): 201-205.

[7] 李青, 赵冰清. 天麻微量元素测定研究[J]. 湖南中医杂志, 1998, (4): 58.  
Li Q, Zhao BQ. Determination of trace elements in gastrodia elata [J]. Hunan J Tradit Chin Med, 1998, (4): 58.

[8] 李翠芹, 陈桐. ICP-AES 测定黔产天麻中微量元素[J]. 光谱实验室, 2007, 24(4): 570-573.  
Li CQ, Chen T. Determination of trace elements in gastrodia eiata by ICP-AES [J]. Chin J Spectrosc Lab, 2007, 24(4): 570-573.

[9] 于生, 郭舒臣, 姚卫峰, 等. 基于 ICP-MS 法不同产地天麻中 20 种元素分析[J]. 中草药, 2017, 48(17): 3619-3623.  
Yu S, Guo SC, Yao WF, et al. Quantitative analysis on 20 elements in gastrodia elata from different regions by ICP-MS [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2017, 48(17): 3619-3623.

[10] 吕紫璇, 向鹏宇, 陈健, 等. 14 批人工栽培天麻中铅、镉、砷、汞、铜的含量测定[J]. 中国药业, 2016, 25(11): 65-68.  
Lv ZX, Xiang PY, Chen J, et al. Content determination of Pb, Cd, As, Hg, Cu in gastrodia elata from 14 artificially cultivated batches [J]. China Pharm, 2016, 25(11): 65-68.

[11] 彭亮, 王媛媛, 黄涛, 等. ICP-MS 法测定陕西不同产地野生茜草中 9 种重金属元素[J]. 中草药, 2018, (6): 1418-1423.  
Peng L, Wang YY, Huang T, et al. Determination of nine heavy metals in Rubia radixet rhizoma from different habitats of Shaanxi province by ICP-MS [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2018, (6): 1418-1423.

[12] 张赫名, 王晓雪, 申健. 云南昭通天麻微量元素研究[J]. 实用中医药杂志, 2008, 24(7): 473-474.  
Zhang HM, Wang XX, Shen J. Study on trace elements of gastrodia elata in zhaotong, Yunnan [J]. J Pract Tradit Chin Med, 2008, 24(7): 473-474.

[13] 赵晓慧, 徐丹先, 栾杰, 等. 昭通彝良小草坝新鲜天麻营养成分分析评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(10): 3727-3731.  
Zhao XH, Xu DX, Luan J, et al. Evaluation and analysis of nutritional components of fresh gastrodia elata in Xiaocaoba, Zhaotong [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(10): 3727-3731.

[14] 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].

[15] GB/T 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].  
GB/T 5009.3-2016 National food safety standard-Determination of water in foods [S].

[16] 郭兰萍, 周利, 王升, 等. 《中医药-中药材重金属限量中药材重金属限量》ISO 国际标准下中药材重金属污染现状与分析[J]. 科技导报, 2017, 35(11): 91-98.  
Guo LP, Zhou L, Wang S, et al. Statistic analysis of heavy metal residues in Chinese crude drugs with the international standards of Chinese medicine-Chinese herbal medicine heavy metal limit [J]. Sci Techno Rev, 2017, 35(11): 91-98.

[17] 李敏, 刘渝, 周睿, 等. 国内外有关中药中重金属和砷盐的限量标准及分析[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(11): 2859-2860.  
Li M, Liu Y, Zhou R, et al. Analysis on limit standards for heavy metals and arsenic salts in traditional Chinese medicine both at home and abroad [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2007, 18(11): 2859-2860.

- [18] 刘铜华, 肖诗鹰. 国内外中药市场分析[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.  
Liu TH, Xiao SY. Analysis of Chinese medicine market at home and abroad [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2010.
- [19] GB 2762-2012 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].  
GB 5009.268-2016 National food safety standard-Limit of contaminants in food [S].
- [20] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.  
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (Part 1) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015.
- [21] 中华人民共和国对外贸易经济合作部. 现行药用植物及制剂进出口绿色行业标准[S].  
Ministry of foreign trade and economic cooperation of the People's Republic of China. Green industry standard of medicinal plants and preparations for import and export [S].
- [22] British Pharmacopoeia Commission. British pharmacopoeia 2009 [S].
- [23] The United States Pharmacopoeial Convention. U.S. Pharmacopoeia/national formulary [S].
- [24] 国际标准化组织/中医药技术委员会(Iso/Tc249). ISO 18664:2015 中医药--中草药重金属限量[S].  
Iso/technical committee on traditional Chinese medicine. ISO 18664:2015 Traditional Chinese medicine - limit of heavy metals in Chinese herbal medicines [S].
- [25] World Health Organization monographs on selected medicinal plants [S].
- [26] European Directorate for the Quality of Medicines & Health Care. European pharmacopoeia [S].
- [27] 刘旭燕, 张公信, 田孟华, 等. 不同等级昭通乌天麻与其他产地天麻的天麻素含量测定及比较[J]. 中国现代中药, 2015, 17(1): 35-38.  
Liu XY, Zhang GX, Tian MH, et al. Determination of gastrodine in rhizoma gastrodiae of different grades and origins [J]. Mod Chin Med, 2015, 17(1): 35-38.

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介



赵晓慧, 硕士, 主管技师, 主要研究方向为食品理化检验。

E-mail: zhaohyncdc@126.com。



徐丹先, 副主任技师, 主要研究方向为食品理化检验、食品风险监测与食品安全。

E-mail: 284598664@qq.com

## “果蔬加工和质量安全控制”专题征稿函

我国是果蔬生产大国,水果蔬菜的总产量在世界名列前茅,果蔬产品也成为我国较好的经济来源之一。蔬菜、水果等农产品的质量越来越受到全社会关注,在生产阶段和加工、包装、储运等采后阶段进行质量安全风险控制显得越来越必要和紧迫。

鉴于此,本刊特别策划了“**果蔬加工和质量安全控制**”专题,由西北农林科技大学**岳田利教授**担任专题主编。专题将围绕**(1)果蔬加工过程质量安全识别控制**;**(2)果蔬生产过程质量安全溯源控制**;**(3)果蔬产后处理与贮运过程质量安全控制**。或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可,专题计划在2019年2月出版。

本刊主编**国家风险评估中心吴永宁研究员**与本专题主编**岳田利教授**特邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件,综述、研究论文和研究简报均可。请在2018年12月30日前通过网站或E-mail投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式(注明专题):

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

E-mail: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部