

岷县当归无机元素分析及重金属安全研究

赵 波, 闫 君*, 许晓辉, 邱国玉, 张新中

(兰州市食品药品检验所, 兰州 730070)

摘 要: **目的** 分析岷县当归中 Li、Be、Na、Mg、Al、K、Ca 等 28 种无机元素的含量及重金属安全状况, 建立岷县当归无机元素指纹图谱。 **方法** 采用超级微波-电感耦合等离子体质谱法测定岷县当归中无机元素含量。 **结果** 岷县当归中 28 种无机元素均有检出, 各元素含量差异很大。平均含量最高的是 K(106722.680 mg/kg), 最低的为 Cd(0.021 mg/kg); 重金属 Cu、As、Cd、Hg、Pb 的含量分别为 4.941、0.540、0.021、0.028、0.749 mg/kg 占《药用植物及制剂进口绿色行业标准》中相应元素限量($\text{Cu} \leq 20.000 \text{ mg/kg}$, $\text{As} \leq 2.000 \text{ mg/kg}$, $\text{Cd} \leq 0.300 \text{ mg/kg}$, $\text{Hg} \leq 0.200 \text{ mg/kg}$, $\text{Pb} \leq 5.000 \text{ mg/kg}$)的 24.7%、27.2%、7.0%、14.0%、15.0%; 28 种无机元素含量分布具有相似峰形。 **结论** 目前, 岷县当归重金属积累较少, 建立的无机元素指纹图谱, 从无机元素角度进一步完善岷县当归指纹图谱数据库, 为岷县当归的产地溯源技术的建立提供谱图支持。

关键词: 岷县当归; 无机指纹图谱; 电感耦合等离子体质谱法

Analysis of inorganic elements in *Angelica sinensis* and study on the safety of heavy metals

ZHAO Bo, YAN Jun*, Xu Xiao-Hui, Qiu Guo-Yu, Zhang Xin-Zhong

(Lanzhou Food and Drug Inspection Institute, Lanzhou 730070, China)

ABSTRACT: Objective To explore contents of 28 inorganic elements including Li, Be, Na, Mg, Al, K and Ca and safety status of heavy metals in *Angelica sinensis* produced in Minxian, Establishing the inorganic element fingerprint of *Angelica sinensis* produced in Minxian. **Methods** Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) was taken to detect the contents of the 28 elements in *Angelica*. **Results** Twenty-eight kinds of inorganic elements in *Angelica sinensis* were detected, and the content of each element varied greatly. The highest average content was K (106722.68 mg/kg), and the lowest was Cd (0.021 mg/kg). The content of heavy metals in the five major producing in areas of Minxian was relatively low. The contents of Cu, As, Cd, Hg and Pb were 4.941, 0.540, 0.021, 0.028, 0.749 mg/kg accounted for the corresponding element limit in the “Green industry standard for imports of medicinal plants and preparations” ($\text{Cu} \leq 20.000 \text{ mg/kg}$, $\text{As} \leq 2.000 \text{ mg/kg}$, $\text{Cd} \leq 0.300 \text{ mg/kg}$, $\text{Hg} \leq 0.200 \text{ mg/kg}$, $\text{Pb} \leq 5.00 \text{ mg/kg}$) of 24.7%, 27.2%, 7.0%, 14.0%, 15.0%. The content distribution of 28 elements in *Angelica* has similar peak shape. **Conclusion** At present, the accumulation of heavy metals in *Angelica sinensis* is less; the fingerprint of inorganic elements is established, and the fingerprint database of Minxian *Angelica* is further improved from the perspective of inorganic elements, which provides spectral support for the establishment of the traceability technology of the origin

基金项目: 甘肃省食品药品监督管理局青年科技创新项目(2018GSFDA045)

Fund: Supported by the Youth Science and Technology Innovation Project of Gansu Food and Drug Administration (2018GSFDA045)

*通讯作者: 闫君, 助理工程师, 主要研究方向为中药材农药残留测定。E-mail: 215603857@qq.com

*Corresponding author: YAN Jun, Assistant Engineer, Lanzhou Institute for Food and Drug Control, Lanzhou 730000, China. E-mail: 215603857@qq.com

of Minxian *Angelica*.

KEY WORDS: *Angelica*; fingerprint of inorganic elements; inductively coupled plasma mass spectrometry

1 引 言

当归是我国常用中药材, 在提高免疫力、改善心血管、抑制肿瘤细胞增殖方面具有很高的药用价值。主产于甘肃东南部, 以岷县产品质最优。但近年来受市场利益化驱使, 化肥和农药滥用情况普遍, 对当归品质造成较大影响, 潜在重金属污染风险进一步加大, 同时, 在非适宜产地盲目扩种, 造成药效下降、道地性丧失的现象也日趋严重^[1-4]。掌握岷县当归无机元素含量基本情况, 完善岷县当归重金属安全控制标准、建立岷县当归产地溯源技术, 对于稳步提升岷县当归质量和引导道地药材基地建设, 打造陇药精品, 具有十分重要的意义。

目前, 国内外关于中药材质量控制和产地溯源方面的研究主要集中在应用有机指纹图谱技术, 而通过无机元素指纹图谱技术来研究的还较少^[5-14]。本文通过对岷县当归中常见的 28 种无机元素进行含量测定, 结合 WM/T 2-2004《药用植物及制剂进口绿色标准》和国际上重金属的限量标准以及世界卫生组织关于元素与人体健康的说明等^[15-17], 探讨了岷县当归中铜、砷、镉、汞、铅的安全状况, 同时, 建立了岷县当归特有的无机元素指纹图谱。以期对岷县当归重金属安全控制标准的完善及产地溯源技术的建立提供参考。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

BSA323S 电子天平(德国赛多利斯科学仪器有限公司); Milli-Q IQ7000 超纯水机(德国默克公司); UltraCLAVE 超级微波消解(意大利迈尔斯特通公司); 7900 电感耦合等离子体质谱(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)(美国安捷伦公司)。

硝酸(AR, 德国默克公司); 8500-6940 多元素混合标准溶液(10 $\mu\text{g/mL}$, 美国安捷伦公司); GBW08617-15095 汞单元素标准溶液(1000 $\mu\text{g/mL}$, 中国计量科学研究院); 超纯水由 Milli-Q IQ7000 超纯水机制备。

2.2 实验方法

2.2.1 溶液配制

2%硝酸溶液: 取 30.8 mL 硝酸, 加入超纯水定容至 1000 mL 混匀。

多元素混合标准使用溶液: 用 2%硝酸溶液分别稀释多元素混合标准溶液成 10、20、30、40、50、100、200 $\mu\text{g/L}$ 的系列标准使用溶液。

汞单元素标准使用溶液: 用 2%硝酸溶液稀释汞单元素溶液物质配制成 0.1 $\mu\text{g/mL}$ 的储备液, 再将此储备液用 2%硝酸稀释为: 0、0.2、0.4、0.8、1.6、2.0 $\mu\text{g/L}$ 的系列标准使用溶液。

2.2.2 样品前处理

①采样和试样制备

在甘肃省中寨镇、寺沟乡、禾驮乡、茶埠镇、梅川镇各随机采取当归样品 20 份。试样经去泥土、超纯水冲洗, 于 80 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干、粉碎、混匀、装自封袋备用。

②样品及空白溶液制备

称取制备好的岷县当归粉末约 0.3 g 于超级微波消解罐, 加 3.0 mL 硝酸, 放入超级微波消解仪升温至 240 $^{\circ}\text{C}$ 保持 10 min。冷却, 将消解液转移至 50 mL 容量瓶, 用少量超纯水冲洗消解罐 3 次合并冲洗液于容量瓶, 用超纯水定容。同时做试剂空白溶液。

2.2.3 电感耦合等离子体质谱条件

等离子体气流速 15.0 L/min; 载气流速 1.17 L/min; 射频功率 1300 W; 雾化室温度 2 $^{\circ}\text{C}$; 采样深度 8.0 mm; 测点数 3; 分析时间 0.09 s。

3 结果与分析

3.1 岷县当归中无机元素含量及指纹图谱

由表 1 可知, 岷县 5 大产地的当归中无机元素含量差异较大。28 种元素总含量梅川镇最高, 禾驮乡最低。常量元素 Na、Mg、K、Ca 总量梅川镇最高, 禾驮乡最低; 必需微量元素: 铁、铜、锌、硒、铬、钴总量梅川镇最高, 寺沟乡最低; 可能必需微量元素: 锰、镍、钒总量梅川镇最高, 寺沟乡最低。所测元素含量最高的 K 平均含量为 106722.680 mg/kg, 最低的 Cd 平均含量为 0.021 mg/kg。

根据无机元素测定结果, 按原子序数从小到大制作元素含量分布曲线。绘制岷县 5 大产地当归中 28 种元素的含量分布曲线图, 并将元素分布图谱拟合^[18], 如图 1。岷县 5 大主产地当归中 28 种元素含量分布具有相似峰形, 这一共性有望用于区分岷县与其它产地的当归, 为溯源和鉴别岷县当归提供参考。同时, 由于 5 大主产地的当归无机元素含量不同, 图谱峰高上会产生一定的差异。

3.2 重金属含量分析

通过测定岷县当归中 Cu、As、Cd、Hg、Pb 的含量, 采用 Origin18.0 绘制测定值与 WM/T 2-2004《药用植物及制剂进口绿色行业标准》的比对图。由图 2 可知, 所测岷县当归中 Cu、As、Cd、Hg、Pb 的平均含量分别为 4.941、0.540、0.021、0.028、0.749 mg/kg 占《药用植物及制剂进

口绿色行业标准》中相应元素限量($\text{Cu} \leq 20.000 \text{ mg/kg}$, $\text{As} \leq 2.000 \text{ mg/kg}$, $\text{Cd} \leq 0.300 \text{ mg/kg}$, $\text{Hg} \leq 0.200 \text{ mg/kg}$, $\text{Pb} \leq 5.000 \text{ mg/kg}$)的 24.7%、27.2%、7.0%、14.0%、15.0%, 表明岷县当归重金属积累较少。

4 讨论与结论

通过对岷县当归中无机元素的含量的分析, 可以基本掌握当归无机元素含量的分布规律, 为岷县当归的开发和

利用提供数据支撑。岷县当归中元素种类丰富, 但各元素之间含量差异很大。所测 28 种元素均有检出, 其中平均含量最高的是 K(106722.680 mg/kg), 最低的为 Cd(0.021 mg/kg)。中药材的药效除与有机化合物有关外, 无机元素也对其产生着重要作用^[19-22]。例如, 常量元素中 K、Mg、Ca 含量丰富, 药效多样化^[23-25]。其中 K 有利于降低血压, 减少心血管疾病; Mg 可以激活人体的许多酶, 加速细胞内新陈代谢, 对治疗动脉硬化有一定的作用; 含镁、钾高的单味中

表 1 岷县当归无机元素含量表(mg/kg)
Table 1 Table of inorganic elements of *Angelica* (mg/kg)

编号	元素	产地				
		中寨镇	寺沟乡	禾驮乡	茶埠镇	梅川镇
1	锂(Li)	9.350	5.900	5.570	7.250	7.900
2	铍(Be)	0.3800	0.080	0.150	0.310	0.400
3	钠(Na)	1207.230	228.510	447.660	2309.970	2028.660
4	镁(Mg)	11009.240	9893.890	10289.630	11594.050	16122.540
5	铝(Al)	11023.250	7167.040	7933.570	7834.960	9917.820
6	钾(K)	110860.950	107703.220	79012.120	101929.550	134107.560
7	钙(Ca)	2052.830	2331.060	2480.300	2565.350	2769.010
8	钒(V)	16.750	12.360	14.650	11.940	18.670
9	铬(Cr)	10.310	7.710	11.01	8.840	10.410
10	锰(Mn)	145.220	121.700	164.94	142.68	170.350
11	铁(Fe)	5624.090	4397.280	4874.11	4484.16	5789.950
12	钴(Co)	2.100	1.590	1.920	1.800	2.190
13	镍(Ni)	4.570	3.380	5.950	5.040	5.470
14	铜(Cu)	4.560	4.430	3.938	6.364	5.414
15	锌(Zn)	86.950	84.260	69.320	139.38	119.970
16	镓(Ga)	3.800	2.420	2.940	2.620	3.110
17	砷(As)	0.586	0.503	0.550	0.421	0.659
18	硒(Se)	0.760	0.550	1.050	0.240	0.370
19	铷(Rb)	49.480	28.420	36.500	174.450	79.670
20	锶(Sr)	85.770	84.980	81.680	108.750	108.730
21	银(Ag)	0.110	0.040	0.040	0.050	0.030
22	镉(Cd)	0.012	0.013	0.016	0.042	0.024
23	铯(Cs)	2.220	1.590	1.560	1.950	2.030
24	钡(Ba)	89.990	73.550	72.330	84.590	88.240
25	汞(Hg)	0.028	0.028	0.027	0.028	0.030
26	铊(Tl)	0.170	0.100	0.110	0.280	0.200
27	铅(Pb)	0.620	0.610	0.770	0.760	0.980
28	铀(U)	1.060	0.760	0.300	0.260	1.090

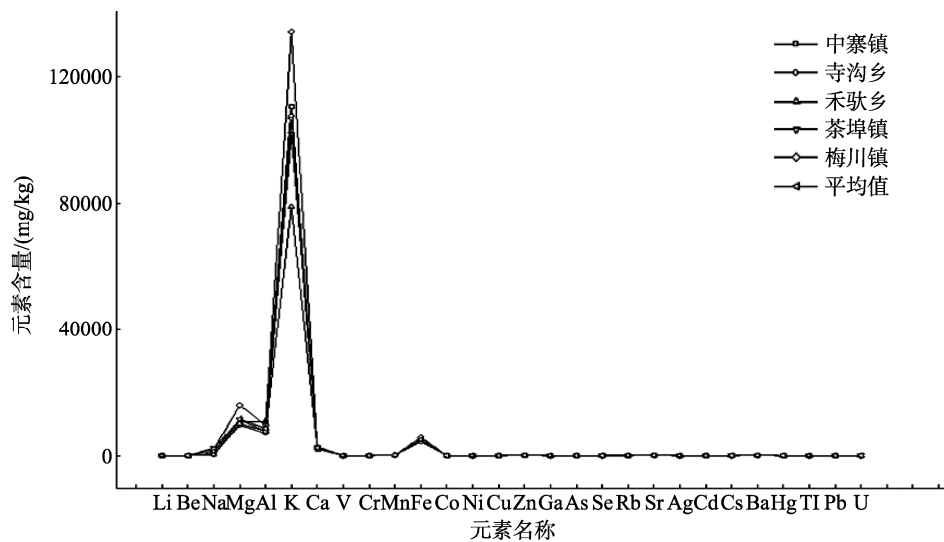


图 1 无机元素指纹图谱
Fig.1 Fingerprint of inorganic elements

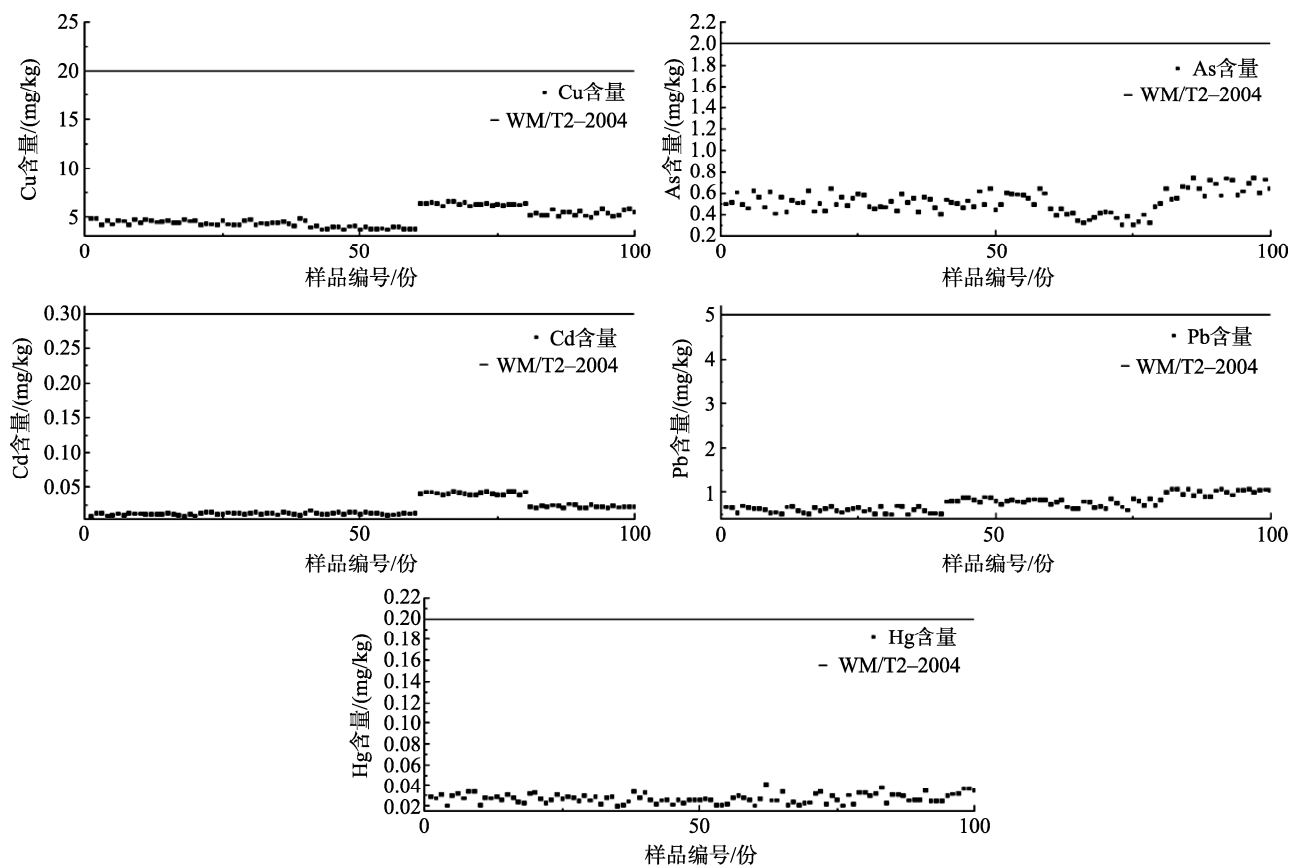


图 2 重金属含量与 WM/T 2-2004 标准比对($n=100$)
Fig.2 Comparison of heavy metal content with WM/T 2-2004 standard ($n=100$)

药组方, 有助于机体的瘀血消散; Ca 对心律与血压的维持以及离子对神经传递具有重要作用。必需微量元素 Fe、Mn、Cu、Zn 含量较高, 在补血、补益中药中 Fe、Mn、Cu、Zn 含量通常比较高^[26-28]。可能必需微量元素锰和镍含量相对较高, 其中 Mn 是超氧化物歧化酶的主要组成部分, 可延缓衰老, 用于缺锰型动脉硬化, 可能效果显著; Ni 可使扩张的冠状动脉收缩, 减少心肌缺氧反应^[29]。这与文献报道的岷县当归具有提高免疫力、促进造血、改善心血管、

抑制肿瘤细胞增殖的作用的功效相一致^[30-33]。

中药材中重金属的限量 ISO 国际标准、世界卫生组织、欧盟、美国、英国、德国、日本、澳大利亚标准大多数都将铅、砷、汞、镉列为主要控制对象,而 Cu 未被列入控制对象,也缺少相应的限量规定。与此同时,新加坡中药材标准中 Cu 限量为 150 mg/kg,所以 Cu 在中药材中是否作为主要控制对象还需进一步深入研究^[15-17,34,35]。岷县当归中重金属的积累较少,Cu、As、Cd、Hg、Pb 的平均含量分别为 4.941、0.540、0.021、0.028、0.749 mg/kg。《2015 版药典》中未见关于岷县当归 Cu、As、Cd、Hg、Pb 的限量要求,目前只是参考《药用植物及制剂进口绿色行业标准(WM/T2-2004)》,为进一步把控岷县当归安全质量、提升岷县当归品质确认岷县当归安全控制对象及制定限量标准也就势在必行。结合国际、国内重金属安全监管及世界卫生组织关于微量元素与人体健康的关系综合考虑,建议将 As、Cd、Hg、Pb 列为安全控制对象,Cu 作为监测对象。

中药材中无机元素的含量与药材的品种、代谢以及环境因素有着密切的关系,不同的中药材都有其独特的元素分布特征^[36-40]。本研究以所测 28 中元素为基础数据,建立了岷县当归无机元素指纹图谱,从无机元素角度进一步完善岷县当归指纹图谱数据库,为岷县当归的产地溯源技术的建立提供图谱支持,同时利用不同样品在指纹图谱峰形上会产生差异的特性,可为岷县当归质量优劣的鉴定提供参考依据。

综上,目前,岷县当归重金属积累量少,但出于药用安全及当归产业健康化发展,建议将 As、Cd、Hg、Pb 列为岷县当归的安全控制指标,Cu 作为风险监测指标。建立的无机元素指纹图谱,为实现岷县当归产地溯源技术的建立奠定了基础。

参考文献

- [1] 郑潇潇,王潇霖,尹显梅,等.基于道地药材的指纹图谱构建对中药质量评价的探讨[J]. 中药与临床, 2017, (1): 8-10.
Zhen XX, Wang XL, Yin XM, et al. Discussion on the quality evaluation of traditional Chinese medicine based on the fingerprint of geo-authentic drug [J]. Pharm Clin Chin Mater Med, 2017, (1): 8-10.
- [2] 韩黎明. 甘肃道地药材“岷县当归”无公害栽培关键技术研究进展[J]. 山西中医学院学报, 2009, 10(5): 69-73.
Han LM. Research review of key technologies in the pollution-free cultivation of radix angelicae sinensis [J]. J Shanxi Coll Tradit Chin Med, 2009, 10(5): 69-73.
- [3] 朱孟夏,余小磊,陆晟,等.岷县当归根皮、切片及药材的气相色谱-质谱与高效液相色谱比较[J]. 时珍国医国药, 2016, (4): 867-869.
Zhu MX, Yu XL, Lu S, et al. GC-MS and HPLC analysis on root bark, prepared slice and whole drug of *Angelicae Sinensis* Radix from min county [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2016, (4): 867-869.
- [4] 陈欢,谭舒舒,罗小泉,等.中药道地药材的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2018, 29(9): 186-188.
Chen H, Tan SS, Luo XQ, et al. Research progress of traditional Chinese medicine for genuine regional drug [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2018, 29(9): 186-188.
- [5] 李宁,刘峰林,樊秦,等.数学判别模式结合气相色谱-质谱联用分析在当归道地性判别中的应用[J]. 时珍国医国药, 2014, (2): 369-371.
Li N, Liu FL, Fan Q, et al. The application of numerical pattern discrimination combined with GC-MS in genuineness discrimination for *Angelica sinensis* Diels [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2014, (2): 369-371.
- [6] 杨洪雁. 药材道地性研究进展[J]. 亚太传统医药, 2016, 12(5): 52-55.
Yang HY. The research progress on genuineness of medicinal materials [J]. Asia-Pacific Tradit Med, 2016, 12(5): 52-55.
- [7] 陈欢,谭舒舒,罗小泉,等.中药谱效关系的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2018, (9): 2228-2230.
Chen H, Tan SS, Luo XQ, et al. Research progress of traditional Chinese medicine for genuine regional drug [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2018, (9): 2228-2230.
- [8] 甄汉深,范秀春,丘琴,等.中药指纹图谱研究的一些问题探讨[J]. 时珍国医国药, 2015, (8): 1960-1961.
Zhen HS, Fan XC, Qiu Q, et al. Discussion on the fingerprint of Chinese traditional medicine [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2015, (8): 1960-1961.
- [9] Fan XH, Cheng YY, Ye ZL, et al. Multiple chromatographic fingerprinting and its application to the quality control of herbal medicines [J]. Anal Chimica Acta, 2006, 555(2): 217-224.
- [10] 徐妍,杨华蕊,杨永寿,等.中药指纹图谱研究现状及展望[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(76): 97-100.
Xu Y, Yang HR, Yang YS, et al. Research and prospect of fingerprint of traditional chinese medicine [J]. World Latest Med Inf, 2018, 18(76): 97-100.
- [11] Jayaraman U, Kishore GA, Gupta P. An efficient minutiae based geometric hashing for fingerprint database [J]. Neurocomputing, 2014, 137: 115-126.
- [12] Gupta AK, Gupta P, Umarani J. Minutiae based geometric hashing for fingerprint database [C]. International Conference on Intelligent Computing, 2012.
- [13] Kong W, Wang J, Zang Q, et al. Fingerprint-efficacy study of artificial calculus bovis in quality control of Chinese materia medica [J]. Food Chem, 2011, 127(3): 1342-1347.
- [14] 王婕. 当归药材的质量标准与道地性研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2012.
Wang J. Study on quality standard and authenticity of *Angelica sinensis* [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2012.
- [15] 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, (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 Technol Rev, 2017, (11): 91-98.
- [16] 夏奔明. 微量元素营养[J]. 营养健康新观察, 1999, (1): 15-16.

- Xia YM. Micronutrient nutrition [J]. Nutr Health New Observ, 1999, (1): 15–16.
- [17] WM/T 2–2004 药用植物及制剂进口绿色行业标准[S].
WM/T 2–2004 Green standards of medicinal plants and preparations for foreign trade and economy [S].
- [18] 陈军辉, 谢明, 傅博强, 等. 西洋参中无机元素的主成分分析和聚类分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(7): 1326–1329.
Chen JH, Xie M, Fu BQ, et al. Principal component analysis and cluster analysis of inorganic elements in panax quinquefolium [J]. Spectrosc Spect Anal, 2006, 26(7): 1326–1329.
- [19] 卓玛. 17 种治疗风湿类疾病中药材中微量元素含量与其功效相关性研究[J]. 青海医学院学报, 2010, 31(3): 195–198.
Zhuo M. Analysis on trace elements in 17 species of Chinese medicinal herbs for the treatment of rheumatic diseases [J]. J Qinghai Med Coll, 2010, 31(3): 195–198.
- [20] 张宁, 何邦平, 林锦明, 等. 中药材中微量元素含量测定方法的研究进展[J]. 微量元素与健康研究, 2008, 25(3): 58–60.
Zhang N, He BN, Lin JM, et al. Research progress on methods for determination of trace elements in traditional Chinese medicine [J]. Stud J Trace Elem Health, 2008, 25(3): 58–60.
- [21] 李才淑, 楼蔓藤, 李增禧, 等. 血清微量元素含量与疾病相关性数据(二)[J]. 广东微量元素科学, 2012, 19(11): 25–56.
Li CS, Lou MT, Li ZX, et al. Data on the relation between serum trace elements and diseases (II) [J]. Guangdong Trace Elem Sci, 2012, 19(11): 25–56.
- [22] 周蓓. 重庆道地药材山银花、青蒿和黄连主要有效成分与微量元素含量评价及相关性分析[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
Zhou B. Content evaluation and correlation analysis of the main nutrient elements and effective components in Chongqing famous-region drugs *loniceræ flos*, *artemisia annua* and *coptis* [D]. Chongqing: Southwest University, 2013.
- [23] 范文秀. 补益中药微量元素的比较研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 27(7): 1433–1435.
Fan WX. Comparative study on trace elements of tonic herbs [J]. Spectrosc Spect Anal, 2007, 27(7): 1433–1435.
- [24] 韩付涛, 吴启勋. 8 种心血管类中药微量元素的对应分析[J]. 微量元素与健康研究, 2011, 28(5): 21–23.
Han FT, Wu QX. The correspondence analysis on eight kinds of trace elements of Chinese medicine in cardiovascular [J]. Stud J Trace Elem Health, 2011, 28(5): 21–23.
- [25] 武志菲. 202 味常用运动损伤中药 8 种元素含量与功效特征研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2017.
Wu ZF. Research on the contents and efficacy of eight kinds of elements in 202 traditional exercise injury Chinese medicine [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2017.
- [26] 张秀峰. 8 种治疗心血管疾病中草药中微量元素的系统聚类分析[J]. 中华现代中医学杂志, 2009, (5): 212–213.
Zhang XF. Systematic cluster analysis of trace elements in 8 Chinese herbs for cardiovascular diseases [J]. Chin Med J, 2009, (5): 212–213.
- [27] 许立国. 补益中药微量元素的比较分析[J]. 当代医药论丛, 2012, 10(12): 87.
- Xu LG. Comparative analysis of trace elements in buying Chinese medicine [J]. Contem Med Sym, 2012, 10(12): 87.
- [28] 刘为贱, 李洪亮. 原子吸收法测定 3 种补血汤中常见微量元素[J]. 广东微量元素科学, 2013, 20(5): 1–4.
Liu WJ, Li HL. Determination of trace elements in three prescriptions by atomic adsorption method [J]. Guangdong Trace Elem Sci, 2013, 20(5): 1–4.
- [29] 胡雪梅, 谭光群, 李晖. 治疗心血管疾病中草药中微量元素的测定[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2003, 35(1): 109–111.
Hu XM, Tan GQ, Li H. Determination of microelements in Chinese herbal medicine for curing cardiovascular disease [J]. J Sichuan Univ (Eng Sci Ed), 2003, 35(1): 109–111.
- [30] 李素琴, 李雪芸. 当归化学成分及药理作用研究进展[J]. 大家健康, 2016, 10(2): 283.
Li SQ, Li XY. Advances in chemical constituents and pharmacological activities of *Angelica sinensis* [J]. Health Magaz, 2016, 10(2): 283.
- [31] 李杨, 郝俊杰. 基于网络药理学的当归补血汤治疗贫血的作用机制研究[J]. 大理大学学报, 2018, 3(10): 7–12.
Li Y, Hao JJ. Network pharmacology-based study on mechanism of *Angelica* blood tonic soup decoction in treating Anemia [J]. J Dali Univ, 2018, 3(10): 7–12.
- [32] 李春明. 当归补血汤抗肿瘤作用研究进展[J]. 中国医学装备, 2017, (8): 187.
Li CM. Research progress on anti-tumor effect of danggui buxue decoction [J]. Chin J Med Dev, 2017, (8): 187.
- [33] 马霞. 当归不同部位的化学成分与补血作用研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
Ma X. The study of chemical components and blood-enriching effects of different parts of *Angelica Sinensis Radix* [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2018.
- [34] 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 Technol Rev, 2017, (11): 91–98.
- [35] 中华人民共和国药典[S].
National Pharmacopoeia Commission Pharmacopoeia of the People's Republic of China [S].
- [36] 诸洪达, 王继先, 陈如松. 中国人食品中元素浓度和膳食摄入量研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2000, 20(6): 378–384.
Zhu HD, Wang JX, Chen RS. Food concentrations and dietary intakes of elements for Chinese [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2000, 20(6): 378–384.
- [37] 宋平顺, 赵端玮, 赵建邦, 等. 当归药材中无机元素的主成分分析和聚类分析[J]. 甘肃科学学报, 2013, 25(1): 7–10.
Sun PS, Zhao DW, Zhao JB, et al. Principal component analysis and cluster analysis used to detect inorganic elements in *Angelica sinensis* [J]. J Gensu Sci, 2013, 25(1): 7–10.
- [38] 姚玉璧, 马鹏里, 张秀云. 道地与近道地当归栽培气候生态与土壤环境区别[J]. 中国农学通报, 2011, 27(27): 156–160.
Yao YB, Ma PL, Zhang XY. Regionalization on the eco-climatic and the soil environment of cultivated of genuine crude and near-genuine crude Chinese *Angelica* [J]. Chin Agric Sci Bull, 2011, 27(27): 156–160.

- [39] 许焯. 杜仲道地性药材形成的物质基础研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2015.

Xu Y. The research on the material basis of Genuineness eucommia ulmoides medicinal [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2015.

- [40] 刘洋, 张佐双, 贺玉林, 等. 药材品质与生态因子关系的研究进展[J]. 世界科学技术: 中医药现代化, 2007, (1): 65-69.

Liu Y, Zhang ZS, He YL, *et al.* Quality of crude traditional Chinese drugs and ecological environment [J]. Sci Technol World: Mod Trad Chin Med, 2007, (1): 65-69.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



赵 波, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品与药品质量安全。

E-mail: 123859811@qq.com



闫 君, 助理工程师, 主要研究方向为食品与药品质量安全。

E-mail: 215603857@qq.com