

梵净山茶中 18 种矿物质元素的主成分、相关性和聚类分析

熊冬华^{1,2}, 李刚凤^{1*}, 杨天友¹, 罗 静¹, 李建新¹, 徐 路¹¹铜仁学院材料与化学工程学院, 铜仁 554300; ²福建农林大学食品科学学院, 福州 350002

摘要:选用微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定与比较分析梵净山茶中矿质元素含量的差异。结果表明, 梵净山茶中 18 种矿物质元素含量变化趋势极相似, K 和 Mn 含量均较高, 红茶具高钾低钠特点, 红茶和黑茶的有益矿物质元素比藤茶高。经主成分分析可知梵净山茶中特征元素为 Ca、Mn、Co、Se、Cd、Hg 和 Pb; 相关性分析显示梵净山茶 18 种矿质元素呈显著相关或极显著相关; 聚类分析将矿物质元素分为 4 类, 其中 Na、Mg、Cr、Fe、Mo 聚为一类; K、Cu、Zn 为一类; Ca、Mn、Co、Se、Pb 为一类; As、Cd、Sb、Hg、Sn 为一类。通过对梵净山茶中矿物质元素含量比较分析, 以为梵净山茶的开发和综合利用提供理论依据, 且聚类分析结果为进一步研究茶叶生长过程中的生理需要或者外部环境相互作用提供一定参考依据。

关键词:梵净山茶; 矿物质; 主成分分析; 相关性分析; 聚类分析

中图分类号: O657.31

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.11.013

Principal Component Analysis, Correlation and Cluster analysis of 18 Mineral Elements in Fanjing Mountains Tea

XIONG Dong-hua^{1,2}, LI Gang-feng^{1*}, YANG Tian-you¹, LUO Jing¹, LI Jian-xin¹, XU Lu¹

¹College of Material and Chemical Engineering, Tongren University, Tongren 554300, China;

²College of Food Science and Technology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: Microwave digestion inductively coupled plasma mass spectrometry was used to compare and analyze the difference of mineral elements in Fanjing Mountains tea. The results showed that the content of 18 minerals in Fanjing Mountains tea trend very similar, and the content of K and Mn were higher, Black Tea with high K low Na characteristics, the beneficial elements of Black Tea and dark Tea were higher than *Ampelopsis grossedentata*. The principal component analysis showed that the characteristic elements in tea were Ca, Mn, Co, Se, Cd, Hg and Pb; Correlation analysis displayed that the 18 mineral elements showed significant correlation or extremely significant correlation; Cluster analysis will be divided mineral elements into 4 categories, of which Na, Mg, Cr, Fe and Mo were clustered into one category; K, Cu and Zn as a class; Ca, Mn, Co, Se and Pb as a class; As, Cd, Sb, Hg and Sn were one kind. Through the comparative analysis of mineral elements in Fanjing Mountains tea, in order to provide a theoretical basis for the development and comprehensive utilization of Fanjing Mountains tea, and the results of cluster analysis provided some reference for the further study of the physiological needs of tea growth and the interaction of the external environment.

Key words: Fanjing Mountains tea; minerals; principal component analysis; correlation analysis; cluster analysis

梵净山位于贵州东北部, 得天独厚的自然环境孕育出许多优质茶叶。梵净山茶是指产自于梵净山及湄潭、石阡、江口等周边区域的茶叶的总称, 其中梵净山藤茶、梵净山红茶、梵净山黑茶因其独特的品质深受市场欢迎。梵净山藤茶[*Ampelopsis grosseden-*

tata (Hand. -Mazz.) W. T. Wang], 俗称白猴、土家神茶、莓茶, 学名为显齿蛇葡萄^[1], 近现代医学表明, 藤茶具有抗炎、抗肿瘤、降血糖、降血压等功效, 藤茶中含有多种矿质元素, 如 Fe、Cu、Se、Mn 等均有较高的含量, 对人体健康十分有益, 由中国预防医学科学院对藤茶中 6 种矿质元素分析结果可知, 每 100 g 样品中有: 铁 10.1 mg、锌 1.58 mg、钙 411.3 mg、铜 0.67 mg、镁 121.6 mg、硒为 10.62 μg^[2-5]。与《食物成分表》中茶叶类相比, 高于花茶和绿茶中黄酮类化合物和硒的含量, 品质优于一般茶叶^[6]。红茶和

收稿日期: 2017-07-25 接受日期: 2017-09-01

基金项目: 贵州省普通高等学校产学研基地项目 (2015-346); 贵州省教育厅大学生创新创业训练中心项目 (2016SJDCZX001); 贵州省科技厅农业攻关项目 (2015-3011-1); 贵州省环保厅项目 (2014-348); 铜仁学院食品科学与工程校级重点支持学科建设项目

* 通信作者 E-mail: shxligf@163.com

黑茶为发酵茶,富含人体八种必需氨基酸,有利于人体新陈代谢,具有减肥之功效。梵净山黑茶茶色澄净、茶味香气纯正持久,与其他地区的黑茶相比较,由于梵净山地区海拔高、土壤优质、茶园年轻,茶叶口感更醇正,保健功效更明显。黑茶的降血脂、降血糖的功效是当今国内外的研究热点问题^[7],据宋鲁彬、吕海鹏等人研究表明黑茶在减肥、调节胆固醇及糖代谢等方面具有一定的作用^[8,9]。“梵净山”牌名优系列中梵净山红茶中因含有较高茶黄素、茶红素和碳水化合物等成分具有降血脂、防辐射、抗凝血和抗血栓、降血压等功效^[10],该三类梵净山茶因其独特的品质与功效深受市场欢迎。

原子吸收光谱法、电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES)、电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)等测定矿物质元素的主要方法,原子吸收法测定效率低且干扰因素大;ICP-AES法可同时测定多种元素,但需富集以使检出限满足痕量检出要求,过程繁琐;ICP-MS法具有很低的检出限(达 ng/mL 或更低),基体效应小,谱线简单,能同时测定许多元素,动态线性范围宽及能快速测定同位素比值等优点^[11-15]。游富英等研究表明,灰化法和湿法消解的时间较长、操作环节较多、不能满足快速分析的要求,微波消解法操作步骤简单、二次污染小、时间短等优点^[16]。

因此,本研究以深受大众欢迎的 3 种梵净山茶为实验材料,采用电感耦合等离子体质谱仪测定 3 种梵净山茶中 18 种矿质元素含量,对梵净山茶中矿物质元素进行主成分、聚类、相关性比较分析,以期对梵净山茶的开发和综合利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

梵净山红茶、梵净山黑茶、梵净山藤茶均为市售。

1.2 主要仪器

Agilent 7700e 电感耦合等离子体质谱仪:美国

Agilent 公司;MARS6 高压微波消解器:美国 CEM 公司;Direct16 超纯水机:GLA 公司;CP2250-OCE 电子天平:赛多利斯科学仪器(北京)有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备

将梵净山茶放置在托盘中放入 40 °C 热风干燥箱中干燥至恒重,经粉碎后过 40 目筛,装袋保存,备用。

1.3.2 微波消解处理样品

精确称量约 0.1 g 的梵净山茶粉末置于聚四氟乙烯微波消解罐中,加入 5 mL 蒸馏 HNO₃ 和 2 mL 30% H₂O₂,密闭消解罐,浸泡 30 min 后,放入微波消解仪中进行消解,消解完全后,自然冷却,定容至 50 mL,摇匀得到样品溶液。同时取一根聚四氟乙烯微波消解罐加入 5 mL 蒸馏 HNO₃ 和 2 mL 30% H₂O₂ 做空白对照,密闭消解罐,同样浸泡 30 min 后,放入微波消解仪中进行消解,消解完全后,自然冷却,定容至 50 mL,摇匀得到空白溶液。

1.3.3 矿物质元素的测定

用含 1 ng/mL Li、Y、Ce、Tl、Co 的调谐液优化仪器参数,直至 RSD 稳定,仪器调试完毕后,分别测定标准溶液、空白试剂及样品溶液,由工作站软件分析数据,绘制标准曲线,计算样品含量^[17],最后选择内标元素,仪器自动绘制标准曲线,根据回归方程计算样品中矿物质含量。

2 结果与分析

2.1 梵净山茶矿物质元素测定的线性方程、方法检出限、加标回收率及 RSD

由表 1 可知,18 种矿物质元素线性关系良好(相关系数 $R \geq 0.9997$),方法检出限为 0.00002-5.52060 ng/mL。通过加标回收实验得出,18 种矿物质元素加标回收率范围为 95.39% ~ 106.60%,RSD 值为 0.20% ~ 4.26%,说明该方法准确度可靠,可满足样品中梵净山茶 18 种矿物质元素的分析要求。

表 1 矿物质元素的线性方程、方法检出限、加标回收率及 RSD

Table 1 Linear equations, detection limit, recoveries and RSD of mineral element

元素 Element	线性回归方程 Linear regression equation	相关系数 R Correlation coefficient R	方法检出限 Method detection limit (ng/mL)	回收率 Recovery (%)	RSD (%)
Na	$y = 0.0089x + 2.5460$	1.0000	5.52060	97.89	1.04
Mg	$y = 0.0030x + 0.0352$	0.999 9	0.50240	98.90	1.77

续表 1 (Continued Tab. 2)

元素 Element	线性回归方程 Linear regression equation	相关系数 <i>R</i> Correlation coefficient <i>R</i>	方法检出限 Method detection limit (ng/mL)	回收率 Recovery (%)	RSD (%)
K	$y = 0.00843x + 0.7895$	0.999 9	0.34060	99.99	2.15
Ca	$y = 0.000\ 09805x + 0.0040$	1.0000	1.65670	100.03	1.76
Cr	$y = 0.0598x + 0.0805$	0.999 7	0.00290	95.39	0.44
Mn	$y = 0.0584x + 0.0873$	0.999 9	0.00310	99.98	0.20
Fe	$y = 0.0137x + 0.1776$	0.999 9	0.02010	100.24	2.09
Co	$y = 0.0853x + 0.0031$	0.999 9	0.00080	105.70	1.56
Cu	$y = 0.0664x + 0.0356$	0.999 8	0.00180	106.60	0.93
Zn	$y = 0.0077x + 0.0570$	0.999 9	0.02510	100.88	3.47
As	$y = 0.0086x + 0.000\ 06357$	0.999 8	0.00400	105.09	1.44
Se	$y = 0.000\ 5626x + 0.000\ 4426$	0.9999	0.04710	99.84	3.01
Mo	$y = 0.00\ 21x + 0.000\ 04622$	0.999 9	0.00020	97.02	3.16
Cd	$y = 0.0007357x + 0.000\ 07632$	0.999 7	0.00002	105.59	0.88
<i>Sn</i>	$y = 0.0076x + 0.00002546$	1.0000	0.00500	104.64	1.48
Sb	$y = 0.0065x + 0.000\ 05674$	0.999 8	0.00100	100.73	4.26
Hg	$y = 0.003457x + 0.000\ 08527$	0.999 9	0.00030	96.78	3.06
Pb	$y = 0.0044x + 0.001546$	1.000 0	0.00860	102.39	3.11

2.2 梵净山茶矿物质元素测定结果分析

梵净山藤茶、红茶、黑茶矿质元素含量分析见表 2, 三种梵净山茶的 K 和 Mn 含量均较高, 在常量元素中 $K > Ca > Mg > Na$, 三种梵净山茶的 K 含量大小顺序为: 梵净山红茶 > 梵净山黑茶 > 梵净山藤茶, 梵净山红茶具高钾低钠的特点, 梵净山黑茶钙含量最高, Cr、Mn、Fe、Co、Cu、Zn、Se、Mo 八种人体必需微量元素含量丰富, 龙成梅等测定都匀毛尖矿质元素中, Cu 元素含量均较低, 但 Mn 元素均较高^[18]; 与范宝

磊等测定梵净山茶 14 种矿质元素含量相比, Cu、Mg、Co、Sb 含量相近, 但 Fe、Mn、K、Ca 含量均较高^[19], 这可能与茶叶的种植土壤、空气和水的污染有关, 特别是与土壤中的元素含量有关, 通常含量和污染的程度呈正相关^[20]; 与中国预防医学科学院对藤茶中 6 种矿质元素分析结果相比, 梵净山藤茶的 Fe、Zn、Ca、Cu、Mg、Se 含量都较高, 但总体来说, 梵净山黑茶 > 梵净山红茶 > 梵净山藤茶。

表 2 梵净山茶 18 种矿物质含量测定结果 ($n = 3, \text{mg/kg}$)Table 2 Determination results of mineral content in Fanjing Mountains tea ($n = 3, \text{mg/kg}$)

元素 Element	藤茶矿物质含量 Mineral content of <i>A. grossedentata</i>	RSD (%)	红茶矿物质含量 Black Tea mineral content	RSD (%)	黑茶矿物质含量 Mineral content of tea	RSD (%)
Na	21.6417 ± 0.4115	1.90	4.8830 ± 0.1397	2.86	337.7010 ± 4.7279	1.40
Mg	1882.0518 ± 23.6226	1.26	2153.2224 ± 32.9254	1.53	2969.2330 ± 83.5067	2.88
K	14237.2615 ± 159.6566	1.12	21580.1683 ± 359.1071	1.66	16918.8318 ± 450.1817	2.71
Ca	6732.3304 ± 99.6461	1.48	3373.7926 ± 48.2921	1.43	7565.4816 ± 161.8804	2.22
Cr	1.0390 ± 0.0361	2.99	1.6169 ± 0.0356	2.20	10.0585 ± 0.3508	3.61
Mn	1868.4284 ± 29.0833	1.56	1179.8101 ± 25.2565	2.14	2033.9678 ± 34.9021	1.77
Fe	172.5637 ± 6.0935	3.53	203.9779 ± 5.4495	2.67	768.4658 ± 13.3928	1.79
Co	0.6242 ± 0.0164	2.63	0.2684 ± 0.0056	2.07	0.5579 ± 0.0167	3.00
Cu	7.4231 ± 0.2174	2.85	32.6924 ± 0.8247	2.52	21.0922 ± 0.4271	2.09

续表 2(Continued Tab. 2)

元素 Element	藤茶矿物质含量 Mineral content of <i>A. grossedentata</i>	RSD (%)	红茶矿物质含量 Black Tea mineral content	RSD (%)	黑茶矿物质含量 Mineral content of tea	RSD (%)
Zn	19.5278 ± 0.4128	2.11	60.1466 ± 1.3353	2.22	43.4388 ± 0.8064	1.92
As	3.5565 ± 0.0392	1.10	0.1973 ± 0.0021	1.08	0.5191 ± 0.0224	4.48
Se	0.2881 ± 0.0086	2.97	0.1830 ± 0.0060	3.29	0.3011 ± 0.0113	4.07
Mo	0.0657 ± 0.0008	1.21	0.1181 ± 0.0025	2.10	0.2033 ± 0.0073	3.39
Cd	0.4344 ± 0.0175	4.02	0.1242 ± 0.0047	3.78	0.2061 ± 0.0048	2.53
Sn	4.2355 ± 0.0929	2.19	0.7185 ± 0.0322	4.48	1.1389 ± 0.0184	1.77
Sb	0.7414 ± 0.0929	3.04	0.1062 ± 0.0033	3.10	0.1706 ± 0.0077	4.49
Hg	0.0570 ± 0.0027	4.74	0.0116 ± 0.0005	4.18	0.0245 ± 0.0005	2.29
Pb	7.5440 ± 0.1944	2.58	1.6902 ± 0.0660	3.90	6.2456 ± 0.2358	4.23

注:结果以均值 ± 标准差表示。

Note: All results were represented in Mean ± SD.

2.3 梵净山茶 18 种矿物质元素的主成分分析

梵净山藤茶、红茶、黑茶中的 18 种矿质元素标准值的主成分分析见表 3, 载荷图见图 1。由表 6 可知, 第一主成分的特征值为 10.692, 解释原始数据变量的 59.401%, Ca、Mn、Co、Se、Cd、Hg、Pb 在指标上的载荷比较大, 说明该 7 种矿质元素对第一主成分有较高的贡献率。第二主成分的特征值为 7.308, 累计贡献率为 100%, Na、Mg、Cr、Fe、Zn、Mo

在指标上的载荷比较大, 表明该类元素在第二主成分有较高的相关性。因总方差 59.401% 的贡献率来自第一个主成分因子, 故认为茶叶中特征元素为 Ca、Mn、Co、Se、Cd、Hg 和 Pb。且梵净山藤茶的第 1 因子得分最高, 表明梵净山藤茶中 Ca、Mn、Co、Se、Cd、Hg 和 Pb 元素含量占优势, 第 2 因子得分最高为梵净山黑茶, 说明梵净山黑茶中 Na、Mg、Cr、Fe、Zn 和 Mo 元素含量占优势。

表 3 梵净山茶矿质元素主成分分析结果

Table 3 Results of principal component analysis of mineral elements in Fanjing Mountains tea

矿物质元素 Mineral elements	主成分 Principal components	
	1	2
Na	0.321	0.947
Mg	0.045	0.993
K	-0.994	0.109
Ca	0.899	0.438
Cr	0.237	0.972
Mn	0.905	0.424
Fe	0.226	0.974
Co	0.995	0.102
Cu	-0.947	0.320
Zn	-0.303	0.953
As	-0.959	-0.283
Se	0.917	0.399
Mo	-0.589	0.808
Cd	0.853	-0.522
Sn	0.766	-0.643
Sb	0.764	-0.645

续表

矿物质元素 Mineral elements	主成分 Principal components	
	1	2
Hg	0.862	-0.506
Pb	0.998	0.056
特征值 Characteristic value	10.692	7.308
贡献率 Contribution rate (%)	59.401	40.599
累积贡献率 Cumulative contribution rate (%)	59.401	100.000

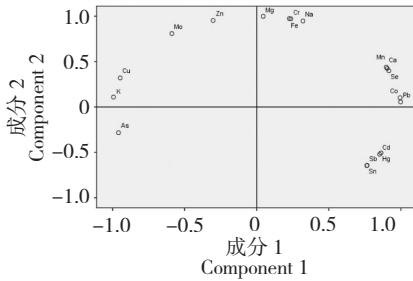


图1 梵净山茶中矿物质元素主成分分析载荷图

Fig.1 Load diagram of principal component analysis of Fanjing Mountains tea

2.4 梵净山茶 18 种矿物质元素的相关性分析

梵净山藤茶、红茶、黑茶中 18 种矿质元素含量进行相关性分析,如表 4 所示,各矿质元素间呈现显著相关($P < 0.05$)或极显著相关($P < 0.01$)。Na 与 Cr、Mn、As; Mg 与 Hg; K 与 Cd; Cr 与 Mn、Co; Mn 与 Co、As; Fe 与 Sb; Mo 与 Sb 呈显著正相关, Mg 与 Cu; Ca 与 Sn 呈显著负相关, Cr 与 As; Fe 与 Mo; Zn 与 Sb 呈极显著正相关, Cu 与 Hg 呈极显著负相关,元素间相关性较强,表明此类元素可能在茶叶生长过程中存在内在的相关关系^[21]。

表 4 梵净山茶 18 种矿物质元素的相关性分析结果

Table 4 Correlation analysis results of 18 mineral elements in Fanjing Mountains tea

元素 Element	Na	Mg	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Sn	Sb	Hg	Pb
Na	1																
Mg	0.75	1															
K	-0.554	0.134	1														
Ca	-0.321	-0.867	-0.61	1													
Cr	0.992*	0.827	-0.446	-0.437	1												
Mn	0.999*	0.784	-0.51	-0.37	0.997*	1											
Fe	0.954	0.518	-0.778	-0.023	0.909	0.937	1										
Co	0.983	0.858	-0.394	-0.487	0.998*	0.992*	0.884	1									
Cu	-0.805	-0.996*	-0.047	0.82	-0.873	-0.835	-0.591	-0.899	1								
Zn	0.931	0.456	-0.82	0.048	0.878	0.910	0.997	0.849	0.532	1							
As	0.995*	0.812	-0.47	-0.413	1.000*	0.999*	0.920	0.996*	-0.860	0.890	1						
Se	-0.579	0.974	-0.357	0.958	-0.677	-0.621	-0.309	-0.718	0.950	-0.241	0.657						
Mo	0.959	0.532	-0.768	-0.39	0.916	0.943	1.000*	0.891	0.604	0.996	0.926	1					
Cd	-0.672	-0.014	0.989*	-0.486	-0.574	-0.632	-0.862	-0.526	0.101	-0.896	0.297	-0.854	1				
Sn	0.198	0.796	0.706	-0.992*	0.319	0.248	-0.105	0.372	-0.740	-0.175	0.293	-0.089	0.594	1			
Sb	0.941	0.482	-0.803	0.019	0.891	0.922	0.999*	0.864	-0.557	1.000*	0.903	0.998*	-0.883	-0.146	1		
Hg	0.841	0.995*	0.032	0.811	0.881	0.844	0.604	0.906	1.000*	0.546	0.868	0.616	-0.117	0.730	0.570	1	
Pb	0.826	0.248	-0.927	0.268	0.749	0.796	0.957	0.711	-0.331	0.975	0.767	0.952	-0.972	-0.389	0.968	0.346	1

注: * $P \leq 0.05$, 变量相关关系显著; ** $P \leq 0.01$, 变量相关关系极显著(均为双侧检验)。

Note: * $P \leq 0.05$, significant correlation; ** $P \leq 0.01$, extremely significant correlation.

2.5 梵净山茶 18 种矿物质元素聚类分析

根据样本数据计算距离,并把相互接近的样品聚成一类,来实现对不同矿质元素的分类,以期通过聚类分析结果为进一步研究茶叶生长过程中的生理需要或者外部环境相互作用提供一定参考依据。用 SPSS 作聚类分析,选用最邻近元素和 Pearson 相关性系统分层聚类方法^[22],对所测梵净山茶中 18 种矿物质元素进行聚类分析。由图 2 可知,通过 SPSS 分析得到聚类分析树状图将 18 种元素分为 4 类,其中 Na、Mg、Cr、Fe、Mo 聚为一类;K、Cu、Zn 聚为一类;Ca、Mn、Co、Se、Pb 聚为一类;As、Cd、Sb、Hg、Sn 聚为一类,这种聚类结果可能与茶叶生长过程中的生理需要或与茶叶生长环境、土壤相互作用的结果有关。

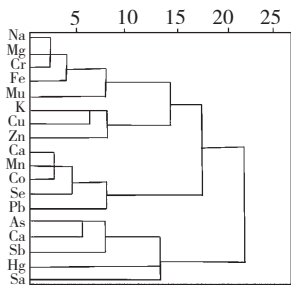


图 2 梵净山茶 18 种矿物质元素聚类分析树状图

Fig. 2 Cluster analysis of 18 mineral elements in Fanjing Mountains tea

3 结论

本研究采用微波消解法消解梵净山藤茶、红茶、黑茶样品,利用 ICP-MS 法测定梵净山茶 18 种矿物质元素,并通过主成分分析、相关性分析、聚类分析等多元统计分析方法对梵净山茶中 18 种矿物质元素进行比较分析。结果表明,梵净山茶中 18 种矿物质元素含量变化趋势极相似,K 和 Mn 含量均较高,梵净山红茶具高钾低钠特点,梵净山红茶和梵净山黑茶中有益元素比梵净山藤茶高,且得出梵净山红茶的常量元素含量最高,梵净山黑茶的微量元素含量最高。通过主成分分析,可判断出梵净山茶的特征性矿物质元素为 Ca、Mn、Co、Se、Cd、Hg 和 Pb,第一个主成分因子累积贡献率 59.401%;通过相关性分析,可知矿物质元素间相关性较强,生长过程中存在内在的相关关系;通过聚类分析可将 18 种元素分为 4 类,这种聚类结果可能与茶叶生长过程中的生理需要或与茶叶生长环境、土壤相互作用的结果有关。

参考文献

- Zhang CJ(张学娟),Chen YQ(陈玉琼). Ultrastructural observation on Tengcha (*Ampelopsis grossedentata*). *J Huazhong Agric Univ* (华中农业大学学报),2011,30:685-690.
- Xiao H(肖浩),Zheng ZJ(郑小江),Zhu YT(朱玉婷). Antioxidant effects of polyphenol from *Ampelopsis grossedentata*. *J Food Sci Biotechnol*(食品与生物技术学报),2011,30:679-682.
- Ni Y(倪媛),Li LX(李立祥),Yu HJ(余红军),et al. Study on optimizing the extracting parameters to instant tea of *Ampelopsis grossedentata* by the response surface method. *China Tea Proc*(中国茶叶加工),2011,27(2):19-22.
- Zhang T(张厅). Study on processing technology and quality of the famous green tea with Summer and Autumn tea raw materials. Chengdu:Sichuan Agricultural University(四川农业大学),MSc. 2012.
- Lei HL(雷红灵),Lu HB(陆海波),Cai JZ(蔡金洲),et al. Effects of selenium on activity of antioxidantase and effective ingredient in *Ampelopsis grossedentata*. *J Huazhong Agric Univ*(华中农业大学学报),2010,29:321-325.
- Liang J(梁进). ICP-AES Method of determination of 12 kinds of mineral elements content in se-enriched tea. *J Tea Business*(茶叶通报),2013,35(1):18-20.
- Kuan LK,Meng SW,Chun TC,et al. Comparative studies on the hypolipidemic and growth suppressive effects of oolong, black, pu-erhand green tea leaves in rats. *J Agric Food Chem*,2005,53:480-489.
- Song LB(宋鲁彬),Huang JA(黄建安),Liu ZH(刘仲华),et al. Effects of Chinese black tea on FXR and LXR nuclear receptors. *Tea Sci*(茶叶科学),2009,29:131-135.
- Lv HP(吕海鹏),Gu JP(谷记平),Lin Z(林智),et al. Advances in studies on chemical constituents and biological activities of Pu erh tea. *Tea Sci*(茶叶科学),2007,27(1):8-18.
- Tao HJ(陶华君). Tea and human health. *Chin Food Nutr*(中国食物与营养),2004,2:45-48.
- Peng XL(彭秀丽),Cheng P(程萍). ICP-AES and ICP-MS analysis of mineral elements in rice. *J Henan Univ Technol, Nat Sci*(河南工业大学学报,自科版),2013,34(4):59-62.
- Xin WF(辛文锋),Liu J(刘静),Cao HB(曹红斌). Determination and application of 15 inorganic elements in Puerh Tea by ICP-MS. *J Beijing Norm Univ, Nat Sci*(北京师范大学学报,自科版),2010,46(1):92-96.
- Li A(李安),Li HY(李海燕),Hao L(郝丽),et al. Deter-

- mination of trace amount rare earth elements in tea by ICP-MS and the evaluation of uncertainty. *Anal Instrum* (分析仪器), 2008, 2:45-48.
- 14 Tan HP(谭和平), Zhang SM(张苏敏), Chen NW(陈能武). Research earth element determination in tea by inductively coupled plasma mass spectrum. *China Measure Testing Technol*(中国测试技术), 2008, 34(2):85-88.
 - 15 Zhang J(张建), Lu YY(卢垣宇), Tian ZQ(田志强), et al. ICP-MS detection of lead in food, arsenic, mercury, cadmium, barium, chromium, silver, nickel 8 harmful elements. *Food Ind*(食品工业), 2015, 36:278-281.
 - 16 You FY(游富英), Liu Y(刘妍), Bi HM(毕慧敏). Comparison study on three methods of Jujube digestion. *J Anhui Agric Sci*(安徽农业科学), 2010, 38:5308-5309.
 - 17 Xiong DH(熊冬华), Li GF(李刚凤), Zhou ZH(周振华), et al. Determination of seventeen mineral elements in Shiqian moss tea by microwave digestion-ICP-MS. *China Brew*(中国酿造), 2016, 35:167-170.
 - 18 Long CM(龙成梅), Yang D(杨鼎), Sun CB(孙成斌), et al. The determination of Fe, Cu and Mn in DuyunMaojian Tea. *Guangzhou Chem Ind*(广州化工), 2012, 40(17):98-100.
 - 19 Fan BL(范宝磊), Zhang J(张健). Determination of trace elements in tea by FAAS and FAFS. *Chin J Spectrosc Lab*(光谱实验室), 2010, 27:1008-1011.
 - 20 Cai DL(蔡东联), Liang H(梁华), Su F(苏峰), et al. The tea quality and minerals, the relationship between trace elements and protein content. *Chin J Public Health*(中国公共卫生), 1994, 10:516-518.
 - 21 Brzostowski A, Falandysz J, Jarzynska G, et al. Bioconcentration potential of metallic elements by Poison Pax(*Paxillus involutus*) mushroom. *J Environ Sci Health, Part A*, 2011, 46:378-393.
 - 22 Sun J(孙景), Zhang J(张霁), Zhao YL(赵艳丽), et al. Determination of mineral elements of wild *Wolfporiaextensa* collected from Yunnan by ICP-MS. *Food Sci*(食品科学), 2016, 37(14):68-73.
-
- (上接第 1939 页)
- 23 Nishitoh H, Matsuzawa A, Tobiume K, et al. ASK1 is essential for endoplasmic reticulum stress-induced neuronal cell death triggered by expanded polyglutamine repeats. *Genes Dev*, 2002, 16:1345-1355.
 - 24 Merksamer PI, Papa FR. The UPR and cell fate at a glance. *J Cell Sci*, 2010, 123:1003-1006.
 - 25 Mimura N, Fulciniti M, Gorgun G, et al. Blockade of XBP1 splicing by inhibition of IRE1 alpha is a promising therapeutic option in multiple myeloma. *Blood*, 2012, 119:5772-5781.
 - 26 Papandreou I, Denko DC, Olson M, et al. Identification of an Ire1 alpha endonuclease specific inhibitor with cytotoxic activity against human multiple myeloma. *Blood*, 2011, 117:1311-1314.
 - 27 Oyadomari S, Mori M. Roles of CHOP/GADD153 in endoplasmic reticulum stress. *Cell Death Differ*, 2004, 11:381-389.