

# 不同产地明日叶中元素分析

张磊<sup>1</sup>, 张凤艳<sup>1\*</sup>, 桑迎迎<sup>2</sup>, 宋梓慧<sup>2</sup>, 左雯雯<sup>2</sup>

(1. 青岛市食品药品检验研究院, 青岛 266071; 2. 青岛市食品检验所, 青岛 266071)

**摘要: 目的** 研究不同产地明日叶中元素含量, 并考察其营养价值与安全性。**方法** 参照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》, 采用电感耦合等离子体发射光谱及电感耦合等离子体质谱方法, 同时测定 6 个产地明日叶中钾、钙、钠等 24 种元素含量, 并通过营养质量指数法、皮尔逊相关性、主成分因子和聚类分析等进行数据处理。**结果** 明日叶根部 Be、Al、Ti、V、Cr、Co、As、Cd、Pb、Fe 元素明显高于茎、叶元素分布, 存在重金属污染风险, 不宜食用; 经营养质量指数(index of nutrition quality, *INQ*)计算, 明日叶叶片中钙、铁、钾、镁、磷、锌元素 *INQ* 值均大于 1, 可满足人体对该 6 种矿物质元素的需求; 南方地区明日叶具有低钠、高钾的特性, 适宜于高血压、肾脏疾病高发人群食用; 经 SPSS 软件因子分析和聚类分析, Al、Ti、V、Cr、Co、Cu、As、Ba、Tl、Pb、Fe、Mg、P、Zn、Sr、Ca、Mg、Na 可以作为明日叶特征元素, 并可以明显区分根、茎、叶元素分布; 青岛、日照、江苏、广西地区叶部元素含量相近, 福建、浙江地区相近。**结论** 明日叶可补充人体所需基本矿物质元素, 各部位元素分布存在明显差异, 通过各产地样本相似性可以进行产地归属判别。

**关键词:** 明日叶; 元素; 营养质量指数法; 因子分析; 聚类分析

## Analysis of elements in *Angelica keiskei* from different habitats

ZHANG Lei<sup>1</sup>, ZHANG Feng-Yan<sup>1\*</sup>, SANG Ying-Ying<sup>2</sup>, SONG Zi-Hui<sup>2</sup>, ZUO Wen-Wen<sup>2</sup>

(1. Qingdao Institute for Food and Drug Control, Qingdao 266071, China;  
2. Qingdao Institute for Food, Qingdao 266071, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the contents of elements in *Angelica keiskei* from different habitats, and to investigate its nutritional value and safety. **Methods** According to GB 5009.268—2016 *National food safety standard-Determination of multi-elements in foods*, inductively coupled plasma emission spectroscopy and inductively coupled plasma mass spectrometry were used to simultaneously determine the content of 24 elements (including potassium, calcium and sodium, etc.) in *Angelica keiskei* from 6 habitats, and the data were processed by the index of nutrition quality, Pearson correlation, principal component factor and cluster analysis. **Results** The elements of Be, Al, Ti, V, Cr, Co, As, Cd, Pb, Fe in the root of *Angelica keiskei* were significantly higher than those in the stem and leaves. Because of the risk of heavy metal contamination, it was not suitable for consumption. Calculated by the index of nutrition quality (*INQ*), the *INQ* values of calcium, iron, potassium, magnesium, phosphorus, and zinc in *Angelica keiskei* leaves were all greater than 1, which could meet the human body's needs. *Angelica keiskei* in south had the characteristics of low sodium and high potassium, which was suitable for people with high risk of hypertension and kidney disease. Al, Ti, V, Cr, Co, Cu, As, Ba, Tl, Pb, Fe, Mg, P, Zn, Sr, Ca, Mg, Na

\*通信作者: 张凤艳, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: qdzjszfy@163.com

\*Corresponding author: ZHANG Feng-Yan, Senior Engineer, Qingdao Institute for Food and Drug Control, Qingdao 266071, China. E-mail: qdzjszfy@163.com

could be used as the characteristic elements of *Angelica keiskei* analyzed by SPSS software factor clustering analysis, and it could clearly distinguish the elements distribution of root, stem, and leaf. In terms of leaf element content, Qingdao, Rizhao, Jiangsu, and Guangxi were similar, and Fujian and Zhejiang were similar. **Conclusion** *Angelica keiskei* can supplement the basic mineral elements required by the human body, and the distribution of elements in each part is obviously different. The adscription discrimination can be judged by the similarity of the producing areas.

**KEY WORDS:** *Angelica keiskei*; elements; index of nutrition quality; factor analysis; clustering analysis

## 0 引言

明日叶(*Angelica keiskei*)<sup>[1]</sup>, 是一种原产于日本的伞形科当归属多年生草本植物, 因具有生长迅速及再生特性而得名。主要作为食物使用, 在日本有治疗流感、发烧等疾病的传统习俗, 但未被 FDA 批准用于医疗用途<sup>[2]</sup>。我国部分地区自 2008 年开始引种明日叶, 现已在山东、海南、江苏、四川、贵州、云南、广东和辽宁等多省种植。民间通常用其嫩茎叶凉拌、炒食、榨汁、余汤, 或以炒茶、干磨粉的方式食用。2019 年, 经国家卫健委批准成为新型食品原料<sup>[3]</sup>。

明日叶具有多种天然活性成分, 如查尔酮、香豆素等, 对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌及其他革兰氏阳性菌具有抑制作用<sup>[4]</sup>; 并对代谢综合征, 如糖代谢紊乱、高血压和肥胖等具有预防和治疗潜力<sup>[5]</sup>。

目前针对明日叶中元素分析鲜有报道, 因此本研究采用电感耦合等离子体光谱法(inductively coupled plasma - optical emission spectroscopy, ICP - OES)和电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP - MS)分别对 6 个产地采集新鲜样品根、茎、叶分别进行元素测定, 并通过营养质量指数法(index of nutrition quality, INQ)、皮尔逊相关性、主成分因子、聚类分析等<sup>[6-10]</sup>进行数据处理, 对明日叶营养评价、质量安全等提供参考意见, 以期对明日叶这种新型食品原料的种植、推广、使用、溯源等提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

新鲜明日叶植株, 产地分别为山东日照、山东青岛、江苏、广西、浙江、福建。

硝酸(优级纯)、30%双氧水(优级纯, 美国默克公司); 钙、铁等混合标准溶液(GNM-M260194-2013, Ca、Fe、K、Mg: 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 其余元素: 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )、砷、铅等混合标准溶液(GNM-M221282-2013, 标准值: 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )、磷元素单标准溶液(GSB04-1741-2004(a), 标准值: 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )、汞元素单标准溶液(GSB04-1729-2004, 标准值: 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )(国家有色金属及电子材料分析测试中心)。ICP-MS 内标元素标准混合液(5188-6525, 标准值: 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 美国 Agilent 公司)。

5110 电感耦合等离子体发射光谱、7900 电感耦合等离

子质谱(美国 Agilent 公司); Multiwave Pro 微波消解仪(奥地利安东帕公司); Milli-Q 超纯水制备系统(美国 Merck 公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 样品前处理

新鲜的明日叶植株分取根、茎、叶 3 部分, 清水清洗干净表面晾干后, 粉碎研磨均匀。准确称取上述样品 0.3~0.5 g(精确至 0.001 g)置于聚四氟乙烯消解罐中, 依次加入 5 mL 硝酸, 1 mL 双氧水, 静置待浓烟散去, 置微波消解仪中以最高温度 185  $^{\circ}\text{C}$  消解完成, 冷却后直接转移至 50 mL 容量瓶中, 用纯水定容混匀待测, 并做空白对照, 做平行样。结果超出标注曲线的样品, 适当稀释后进样。

#### 1.2.2 仪器工作参数

ICP-MS 仪器工作参数: 射频功率 1550 W, 采样深度 10 mm, 载气 1.15 L/min, 泵速 0.1 r/min, 峰型 3 点, 重复次数 3 次, 扫描模式单四极杆, 载气流速 He 4.3 mL/min, 检测元素及质量数  $^9\text{Be}$ 、 $^{27}\text{Al}$ 、 $^{47}\text{Ti}$ 、 $^{51}\text{V}$ 、 $^{52}\text{Cr}$ 、 $^{55}\text{Mn}$ 、 $^{59}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Ni}$ 、 $^{63}\text{Cu}$ 、 $^{75}\text{As}$ 、 $^{88}\text{Sr}$ 、 $^{111}\text{Cd}$ 、 $^{121}\text{Sb}$ 、 $^{137}\text{Ba}$ 、 $^{201}\text{Hg}$ 、 $^{205}\text{Tl}$ 、 $^{208}\text{Pb}$ ; 使用前需进行调谐。

ICP-OES 仪器工作参数: 射频功率 1200 W, 雾化气流量 0.7 L/min, 辅助气流量 1.0 L/min, 等离子体气流量 12.0 L/min, 蠕动泵转速 12 r/min, 观测高度 8 mm, 观测方式径向, 检测元素及波长 Ca(317.933 nm)、Fe(259.940 nm)、K(766.491 nm)、Mg(279.553 nm)、Na(589.592 nm)、P(213.618 nm)、Zn(213.857 nm); 使用前需波长校正。

#### 1.2.3 标准曲线配制及线性等方法学

参照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》<sup>[11]</sup>略有修改, 将标准溶液分别用 2%硝酸逐级稀释至相应的浓度。确保各元素线性关系良好, 相关系数均在 0.995 以上, 可满足检测要求。进行 2 次平行测定, 结果取平均值, 偏差符合标准规定的精密度要求。

#### 1.2.4 数据处理方法

用 SPSS 25.0 软件对数据进行皮尔逊相关性分析, 做因子分析, 得到主成分的方差贡献表, 并进行系统聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 元素含量分析

对 6 产地的明日叶新鲜样品分别进行测定, 元素含量如表 1 所示, 参考 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》<sup>[12]</sup>叶菜蔬菜限量。

表 1 不同产地明日叶元素含量(mg/kg)  
Table 1 Element content in *Angelica keiskei* from different habitats (mg/kg)

样品名称	日照茎	日照叶	日照根	青岛茎	青岛叶	青岛根	江苏茎	江苏叶	江苏根	广西茎	广西叶	广西根	浙江茎	浙江叶	浙江根	福建茎	福建叶	福建根
Be	0	0.003	0.026	0.002	0.004	0.006	0.002	0.006	0.040	0.002	0.005	0.021	0	0.011	0.025	0	0.009	0.017
Al	3.784	67.483	620.967	15.396	75.414	227.678	31.487	171.075	909.571	39.078	109.370	1045.175	8.444	41.632	591.329	7.349	124.604	774.936
Ti	0.250	5.926	61.743	0.777	4.213	10.369	2.124	9.479	29.360	1.614	5.119	27.945	0.333	1.919	12.222	0.249	5.683	9.269
V	0.007	0.168	1.266	0.029	0.141	0.405	0.060	0.364	2.517	0.084	0.197	1.614	0.012	0.053	0.481	0.007	0.134	0.517
Cr	0.022	0.405	1.693	0.131	0.370	0.614	0.156	0.920	1.788	0.189	0.179	0.977	0.037	0.204	0.543	0.029	0.309	0.482
Mn	4.898	58.668	27.659	1.958	26.016	9.817	1.291	9.361	15.632	5.798	39.016	22.915	20.679	165.754	30.264	8.630	29.043	25.601
Co	0.009	0.057	0.344	0.011	0.043	0.104	0.012	0.072	0.333	0.015	0.055	0.213	0.048	0.067	0.146	0.055	0.150	0.231
Ni	0.215	2.490	1.788	0.000	0.508	0.807	0.000	0.249	0.869	0.000	0.353	0.726	0.011	0.902	0.412	0.000	0.708	0.436
Cu	0.680	1.461	1.876	0.222	0.849	0.824	0.129	0.573	1.896	0.515	1.533	1.804	0.227	1.649	0.870	0.552	2.420	2.853
As	0.001	0.029	0.129	0.006	0.037	0.065	0.009	0.060	0.179	0.017	0.054	0.375	0.011	0.096	0.224	0.003	0.045	0.058
Sr	4.963	21.934	10.340	3.555	16.568	7.173	6.223	15.837	11.367	1.100	2.025	2.108	5.891	11.536	5.102	4.732	8.667	7.047
Cd	0.022	0.021	0.091	0.037	0.032	0.129	0.002	0.003	0.032	0.065	0.030	0.221	0.103	0.071	0.115	0.008	0.010	0.058
Sb	0.000	0.007	0.004	0.000	0.005	0.001	0.000	0.003	0.012	0.000	0.007	0.024	0.000	0.005	0.004	0	0.003	0
Ba	3.922	19.282	15.980	4.700	20.097	13.115	3.297	10.044	10.315	6.855	12.414	13.613	5.715	11.899	10.843	13.288	17.265	38.760
Hg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tl	0.001	0.002	0.026	0.001	0.002	0.007	0.000	0.002	0.012	0.002	0.003	0.033	0.007	0.007	0.030	0.010	0.010	0.094
Pb	0.016	0.310	0.394	0.040	0.256	0.155	0.030	0.198	0.475	0.098	0.231	1.080	0.082	0.219	0.674	0.077	0.258	1.195
Ca	879	5307	1120	835	6238	1070	1554	4814	1669	882	3296	786	1626	4031	591	852	2883	755
Fe	5	115	522	16	94	163	27	166	597	31	78	548	6	43	224	4	63	250
K	1618	1931	2313	1112	2181	3008	899	1932	2884	3838	6782	8080	2377	5185	3748	2224	5990	4486
Mg	138	558	451	87	384	351	81	396	769	52	242	223	61	189	152	65	312	279
Na	568	1337	854	755	1361	853	938	1321	1188	19	22	78	337	805	376	33	79	272
P	189	448	302	192	458	479	186	573	909	170	420	663	171	661	456	241	747	1339
Zn	3.320	10.874	7.413	0.750	5.803	3.755	0.590	4.923	13.947	1.163	6.641	6.273	10.365	16.971	6.225	5.380	11.622	20.768
Se	0.307	0.404	2.555	2.515	1.934	1.362	0	0.968	1.790	4.460	0	0	1.112	0	2.578	5.896	0.823	0

由表 1 可以看出, 明日叶根部 Be、Al、Ti、V、Cr、Co、As、Cd、Pb、Fe 元素明显高于茎、叶元素分布, 且部分样品根部铬、镉、铅元素超过叶菜限量, 因明日叶主食部位为茎、叶, 食用时应去除根部; 江苏地区明日叶铬含量明显高于其他地区, 且超过国标要求, 初步怀疑为种植土壤或灌溉用水存在铬元素污染, 后期需要继续对环境因素进行采样分析; 浙江地区叶片中 Mn 元素含量明显高于其他地区; 日照地区 Ni 元素均明显高于其他地区。研究提示, 明日叶产品开发时需要关注重金属污染。

叶片中钠含量北方区域明显高于南方区域, 钾元素则南方高于北方, 这可能是由于暖温带和亚热带的气候差异所导致。南方区域的明日叶具有高钾低钠特性, 适宜于高血压、肾脏疾病高发人群食用<sup>[13-14]</sup>。

## 2.2 营养质量指数分析

通过对明日叶叶片的营养质量指数的计算分析<sup>[14-16]</sup>, 如表 2 所示, 钙、铁、钾、镁、磷、锌元素 INQ 值均大于 1, 叶片 INQ 值明显大于茎部, 表明食用明日叶叶片可起到补充部分矿物质元素的作用。

## 2.3 各元素间相关性分析

剔除数据结果含有 0 的元素, 对其他元素进行皮尔逊相关性分析, 见表 3。结果表明, 元素 P、Zn、Cu、Ba、Co 与其他元素基本成正相关, Ca、Na 与其他元素基本成负相关。

## 2.4 主成分因子分析

由表 3 可知, 不同产地、部位的样品, 元素含量存在一定相关性, 经主成分因子分析, 由表 4 可知, 前 4 个主成分的累积方差贡献率达到 87.22%, 能够代替原始变量评价不同产地、部位差异。由表 5 可知, 第一主

成分的代表元素是 Al、Ti、V、Cr、Co、Cu、As、Ba、Tl、Pb、Fe、Mg、P、Zn, 方差贡献率 44.78%; 第二主成分的代表元素是 Sr、Ca、Mg、Na, 方差贡献率 18.94%; 第三主成分的代表元素是 Ba、Zn, 方差贡献率 16.03%; 总方差的 79.76%来源于第一、第二、第三主成分, 且第三主成分包含于第一主成分, 因此 Al、Ti、V、Cr、Co、Cu、As、Ba、Tl、Pb、Fe、Mg、P、Zn、Sr、Ca、Mg、Na 是特征元素。

将主成分分析获得的第一、第二主成分做为新变量, 做主成分分析散点图(图 1)。由图可知, 各产区明日叶样品无法在主成分分析中区分开, 说明元素在地域性不明显; 但可以明显区分根、茎、叶含量差异。

## 2.5 聚类分析

将不同产地明日叶样品特征元素采用平方欧氏距离进行聚类分析, 结果请参见图 2。由图可知, 距离为 4 处, 根、茎、叶各自归为不同类; 其中叶部, 距离为 1 处, 青岛与日照最为相似, 同纬度地区, 环境条件相似; 距离为 2 处, 青岛、日照、江苏、广西归为一类, 浙江、福建归为一类。

## 3 结 论

本研究采用 ICP-MS 和 ICP-OES 法, 对 6 个产地明日叶进行元素分析, 发现重金属元素在根部含量较高, 具有安全风险, 食用及产品加工时应避免使用根部。部分产地明日叶铬含量明显高于其他地区, 后期需对环境因素如种植土壤、灌溉用水进行采样分析, 合理采用栽培措施, 减少重金属污染。

通过对营养元素含量及 INQ 值分析, 发现叶片部位可起到更好元素补充作用, 南方产区种植的明日叶产品具有低钠高钾的特性, 更适宜于高血压、肾脏疾病高发人群食用。

表 2 不同产地明日叶 7 种矿物质元素 INQ 值  
Table 2 INQ values of 7 mineral elements in *Angelica keiskei* from different habitats

样品产地	Ca	Fe	K	Mg	Na	P	Zn
日照	57.7	74.9	6.3	10.1	4.4	4.9	4.7
青岛	67.8	61.3	7.1	7.0	4.4	5.0	2.5
江苏	52.3	108.4	6.3	7.2	4.3	6.2	2.1
广西	35.8	50.9	22.1	4.4	0.1	4.6	2.9
浙江	43.8	27.9	16.9	3.4	2.6	7.2	7.4
福建	31.3	41.0	19.5	5.7	0.3	8.1	5.1

表 3 元素间皮尔逊相关性分析  
Table 3 Pearson correlation analysis of elements

	Al	Ti	V	Cr	Mn	Co	Cu	As	Sr	Cd	Ba	Tl	Pb	Ca	Fe	K	Mg	Na	P	Zn
Al	1.000																			
Ti	0.700**	1.000																		
V	0.868**	0.758**	1.000																	
Cr	0.759**	0.890**	0.899**	1.000																
Mn	-0.080	-0.051	-0.101	-0.079	1.000															
Co	0.868**	0.860**	0.855**	0.875**	0.007	1.000														
Cu	0.605**	0.441	0.463	0.436	0.351	0.711**	1.000													
As	0.839**	0.579*	0.728**	0.598**	0.127	0.624**	0.396	1.000												
Sr	-0.085	0.106	0.052	0.279	0.323	0.095	0.171	-0.129	1.000											
Cd	0.568*	0.391	0.378	0.267	0.086	0.347	0.144	0.747**	-0.346	1.000										
Ba	0.404	0.177	0.121	0.172	0.175	0.439	0.751**	0.100	0.311	0.043	1.000									
Tl	0.671**	0.291	0.288	0.236	0.012	0.567*	0.643**	0.353	-0.139	0.332	0.778**	1.000								
Pb	0.863**	0.412	0.536*	0.423	0.076	0.652**	0.697**	0.712**	-0.046	0.535*	0.688**	0.869**	1.000							
Ca	-0.349	-0.200	-0.218	-0.055	0.420	-0.253	0.058	-0.214	0.791**	-0.395	0.182	-0.360	-0.199	1.000						
Fe	0.925**	0.870**	0.955**	0.929**	-0.067	0.910**	0.537*	0.793**	0.090	0.489*	0.261	0.422	0.660**	-0.203	1.000					
K	0.425	0.124	0.243	0.069	0.349	0.289	0.616**	0.584*	-0.339	0.500*	0.305	0.335	0.555*	-0.045	0.290	1.000				
Mg	0.450	0.530*	0.662**	0.760**	0.083	0.623**	0.514*	0.260	0.685**	-0.108	0.352	0.059	0.252	0.411	0.637**	-0.019	1.000			
Na	-0.067	0.153	0.159	0.365	0.108	0.034	-0.154	-0.118	0.814**	-0.295	-0.032	-0.293	-0.204	0.578*	0.147	-0.598**	0.610**	1.000		
P	0.630**	0.191	0.450	0.386	0.253	0.595**	0.828**	0.367	0.230	0.093	0.769**	0.724**	0.757**	0.093	0.472*	0.462	0.500*	0.022	1.000	
Zn	0.383	0.133	0.268	0.218	0.575*	0.500*	0.776**	0.168	0.332	0.031	0.683**	0.597**	0.541*	0.179	0.279	0.362	0.403	-0.003	0.801**	1.000

注: \*\*. 在 0.01 级别(双尾), 相关性显著。\*. 在 0.05 级别(双尾), 相关性显著。

表 4 因子分析初始解对原有变量总体描述  
Table 4 Factor analysis initial solution for a general description of the original variables

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积/%	总计	方差百分比	累积/%
1	8.957	44.783	44.783	8.957	44.783	44.783
2	3.788	18.940	63.722	3.788	18.940	63.722
3	3.208	16.039	79.762	3.208	16.039	79.762
4	1.493	7.465	87.227	1.493	7.465	87.227
5	0.815	4.075	91.302			
6	0.651	3.255	94.557			
7	0.485	2.425	96.983			
8	0.212	1.061	98.044			
9	0.132	0.659	98.703			
10	0.095	0.476	99.179			
11	0.068	0.342	99.521			
12	0.047	0.233	99.753			
13	0.025	0.127	99.880			
14	0.018	0.090	99.970			
15	0.003	0.017	99.987			
16	0.002	0.010	99.997			
17	0.001	0.003	100.000			
18	0.000	0.000	100.000			
19	0.000	0.000	100.000			
20	0.000	0.000	100.000			

表 5 成分载荷系数矩阵  
Table 5 Component load coefficient matrix

	成分			
	1	2	3	4
Al	0.943	-0.206	-0.164	-0.059
Ti	0.735	0.037	-0.500	0.005
V	0.830	0.023	-0.462	0.035
Cr	0.787	0.244	-0.532	-0.019
Mn	0.126	0.300	0.490	0.657
Co	0.929	0.034	-0.198	-0.132
Cu	0.798	0.127	0.453	-0.008
As	0.757	-0.304	-0.223	0.426
Sr	0.111	0.944	0.023	0.066
Cd	0.478	-0.552	-0.130	0.409
Ba	0.575	0.218	0.616	-0.329
Tl	0.685	-0.258	0.448	-0.416
Pb	0.853	-0.222	0.289	-0.076
Ca	-0.150	0.803	0.224	0.356
Fe	0.908	0.001	-0.410	0.036
K	0.489	-0.409	0.432	0.496
Mg	0.598	0.695	-0.233	-0.020
Na	-0.001	0.840	-0.365	0.000
P	0.754	0.193	0.496	-0.153
Zn	0.591	0.295	0.617	0.006

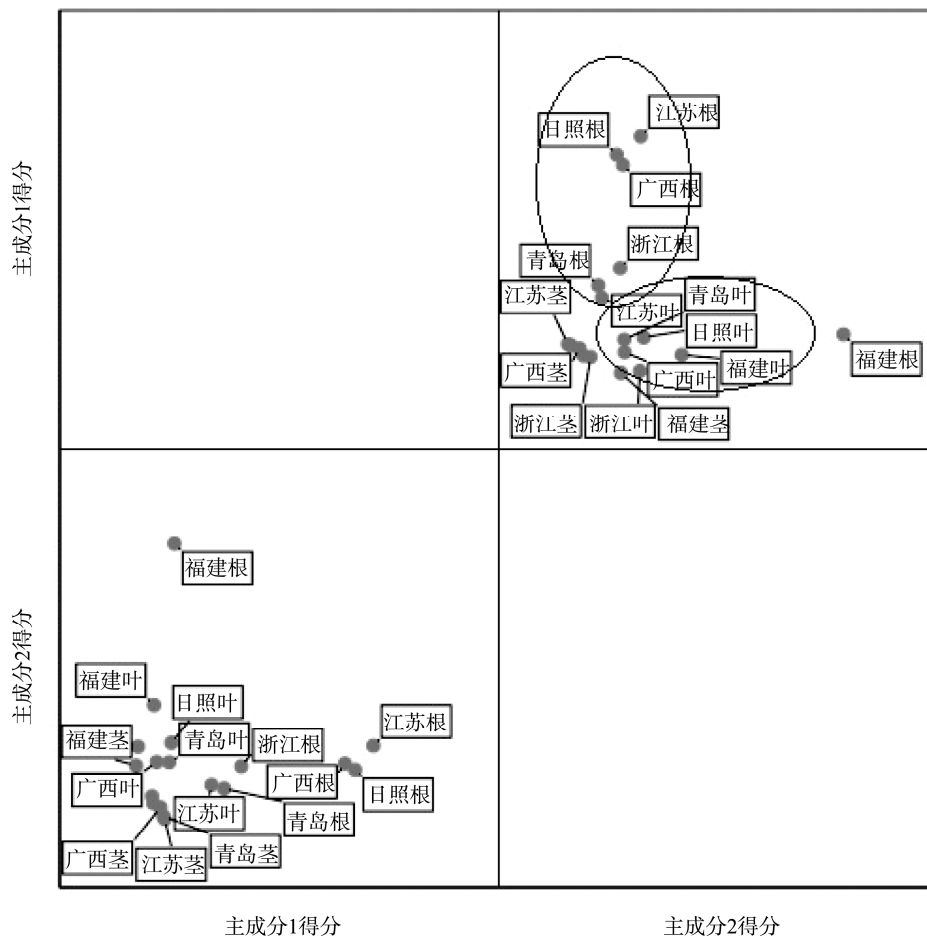


图 1 不同产地明日叶元素主成分分析图  
Fig.1 Main component analysis of elements in from different habitats

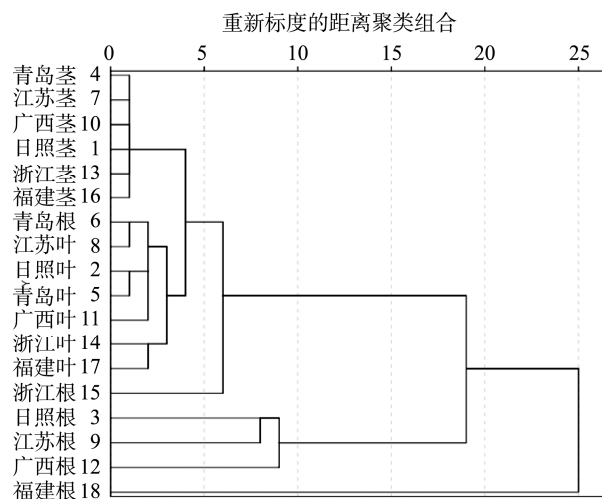


图 2 不同产地明日叶样品聚类图  
Fig.2 Clustering diagram of *Angelica keiskei* from different habitats

运用 SPSS 25.0 中的因子分析和聚类分析研究, 结果表明 Al、Ti、V、Cr、Co、Cu、As、Ba、Tl、Pb、Fe、Mg、P、Zn、Sr、Ca、Mg、Na 可以作为明日叶特征元素;

根、茎、叶部元素含量具有较大差异; 青岛、日照、江苏、广西叶部元素含量相似, 福建、浙江相似。研究结果可为明日叶这种新型食品原料的种植、推广、使用、溯源等提供数据支撑。

参考文献

[1] 榆林市卫生健康委员会. 关于弯曲乳杆菌等 24 种“三新食品”的公告 (2019 年第 2 号)[EB/OL]. (2019-05-30). [2020-11-15]. <http://wjw.yl.gov.cn/index.php?a=show&id=16077&m=Article>.  
Yulin Health Committee. Announcement on 24 kinds of "three new foods" including *Lactobacillus* *Campylobacter* (No.2, 2019) [EB/OL]. (2019-05-30). [2020-11-15]. <http://wjw.yl.gov.cn/index.php?a=show&id=16077&m=Article>.

[2] Does Ashitaba Have Health Benefits? [EB/OL]. (2020-08-25). [2020-11-15]. <https://selfhacked.com/blog/ashitaba/>.

[3] 食品安全标准与监测评估司. 解读《关于弯曲乳杆菌等 24 种“三新食品”的公告》(2019 年第 2 号)[EB/OL]. (2019-05-29). [2020-11-15]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3586/201905/1d57841b763146bab817524d0d8f8378.shtml>.  
Department of food Safety Standards. Monitoring and Evaluation. Interpretation of the announcement on 24 kinds of "three new foods" including *Lactobacillus* *Campylobacter* (No.2, 2019) [EB/OL].

- (2019-05-29). [2020-11-15]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3586/201905/1d57841b763146bab817524d0d8f8378.shtml>.
- [4] LINDSAY C, JOSHUA JK, OLAV MK, *et al.* Integration of biochemometrics and molecular networking to identify bioactive constituents of *Ashitaba* (*Angelica keiskei* Koidzumi) [J]. *Cech Planta Med*, 2018, 84(9-10): 721–728.
- [5] NAOKI O, GEN-ICHI A, SEIMA U, *et al.* *Ashitaba* (*Angelica keiskei*) exerts possible beneficial effects on metabolic syndrome [J]. *OBM Integr Complement Med*, 2019, 4(1): 1901005.
- [6] 赵海燕, 郭波莉, 张波, 等. 小麦产地矿物元素指纹溯源技术研究[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(18): 3817–3823.
- ZHAO HY, GUO BL, ZHANG B, *et al.* The Application of multi-element analysis to determine the geographical origin of wheat [J]. *Sci Agric Sin*, 2010, 43(18): 3817–3823.
- [7] 赵瑞蕊, 何结望, 王海明, 等. 基于主成分和聚类分析的湖北烤烟物理质量指标综合评价[J]. *中国烟草科学*, 2012, 33(4): 90–94.
- ZHAO RR, HE W, WANG HM, *et al.* Comprehensive evaluation of main physical indices of flue-cured tobacco based on principal component and cluster analysis [J]. *Chin Tobacco Sci*, 2012, 33(4): 90–94.
- [8] 潘少香, 孟晓萌, 郑晓冬, 等. 基于 ICP-MS 的不同品种柑橘中矿物元素的差异性分析[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(8): 333–339.
- PAN SX, MENG XM, ZHENG XD, *et al.* Determination of trace elements in species of citrus from different growing areas by microwave digestion-ICP-MS and their difference analysis [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2020, 36(8): 333–339.
- [9] 贾雪峰, 朱思明, 王强, 等. 新疆不同产地甜菜块根中元素含量的主成分和聚类分析[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(7): 302–308.
- JIA XF ZHU SM, WANG Q, *et al.* Principal component analysis and cluster analysis of the elements in sugar beet roots of different geographical origins in Xinjiang [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2015, 31(7): 302–308.
- [10] 钱丽丽, 李平惠, 杨义杰, 等. 不同产地芸豆中矿物元素的因子分析与聚类分析[J]. *食品科学*, 2015, 36(14): 102–106.
- QIAN LL, LI PH, YANG YJ, *et al.* Factor analysis and clustering analysis of trace elements in kidney beans from different producing areas [J]. *Food Sci*, 2015, 36(14): 102–106.
- [11] 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 food [S].
- [12] 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-Limit of pollutants in food [S].
- [13] 陈娟, 阚建全, 张荣, 等. 蜂蜜桑椹酒主要成分的分析[J]. *食品与发酵工业*, 2011, (2): 118–124.
- CHEN J, KAI JQ, ZHANG R, *et al.* Analysis of main components in honey mulberry wine [J]. *Food Ferment Ind*, 2011, (2): 118–124.
- [14] 庞敏. 明日叶中 7 种矿物质元素含量测定及营养质量指数分析[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(20): 253–257.
- PANG M. Quantitative determination and index of nutritional quality of seven minerals in *ashitaba* stem and leaf [J]. *Food Ferment Ind*, 2020, 46(20): 253–257.
- [15] MEXT-JAPAN. Standard tables of food composition in Japan-2015 (Seventh revised edition) [EB/OL]. (2015-12-22) [2020-03-17]. [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/syokuhinseibun/1365295.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365295.htm).
- [16] 邓梦雅, 朱丽, 吴东慧, 等. 蔬菜中矿物质含量测定、营养评价及风险评估[J]. *食品研究与开发*, 2018, (9): 97–102.
- DENG MY, ZHU L, WU DH, *et al.* Mineral content and nutritional value evaluation and risk assessment in vegetables [J]. *Food Res Dev*, 2018, (9): 97–102.

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介

张 磊, 高级工程师, 主要研究方向为食品、药品检测。  
E-mail: zl87zl@163.com

张凤艳, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。  
E-mail: qdzjszfy@163.com