

冯 勇. 基于主成分和聚类分析的不同品种猕猴桃品质指标综合评价[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(22): 180–186.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.22.033

基于主成分和聚类分析的不同品种猕猴桃 品质指标综合评价

冯 勇^{1,2}

(1. 重庆商务职业学院, 重庆 401331; 2. 冯勇中式烹调技能大师工作室, 重庆 401331)

摘要:为科学评价不同品种猕猴桃果实品质指标,建立猕猴桃品质评价体系,本试验选取 9 个不同品种猕猴桃为原料,采用国标和农业标准测定其外观品质、营养品质和重金属污染等 15 项指标,分析其品质指标的相关性,利用主成分分析法和聚类分析法对猕猴桃品质做出综合评价。结果表明,不同品种猕猴桃品质指标之间均存在明显差异,且品质指标变异系数各不相同,表明不同品种的猕猴桃品质之间呈不同程度的变化。由主成分分析结果可知,15 项品质指标反映 9 种不同猕猴桃品质指标可以用 6 个主成分表示,其累计方差贡献率为 93.182%;根据聚类分析结果可知,单果质量、维生素 C 含量、单宁含量、总酸含量、可溶性固形物含量、Ca 含量、总黄酮含量、可溶性糖含量作为综合评价猕猴桃品质优劣的关键性指标。在 9 种不同猕猴桃品种中,以黄金果的综合品质最佳,翠香的综合品质最差。采用主成分分析和聚类分析综合评价方法获得的试验研究结果为消费有选择营养价值高、口感好、品质优良的猕猴桃品种提供参考依据,对猕猴桃栽培、选择优良品种、提升产业效应、促进产业发展具有重要意义。

关键词:猕猴桃;主成分分析;聚类分析;品质评价;优良品种

中图分类号:S663.401;TS255.2

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2021)22-0180-06

猕猴桃(*Actinidia chinensis* Planch)别称藤梨、羊桃、木子,为侧膜胎座目猕猴桃科猕猴桃属猕猴桃种,落叶藤本植物^[1-3],猕猴桃果汁多、风味宜人,富含维生素 C、氨基酸、糖、挥发性风味物质等多种营养成分^[4-5],具有提升免疫功能、治疗肝脏疾病、消化不良、抑制肿瘤等功效,对人体健康具有促进作用^[6],因此深受消费者喜爱。

目前,关于猕猴桃果实品质评价的方法主要有模糊综合评判法^[7]、主成分分析法^[8]、聚类分析法^[9]、合理-满意度和多维价值理论评价法^[10]等。主成分分析是一种通过降低数据维数,实现综合评价的数学统计方法^[11],已被广泛应用于果蔬品质指标筛选和品质综合评价研究中^[12]。张梦等采用主成分分析和聚类分析法对百合花瓣品质进行了综合分析^[13];傅隆生等采用主成分分析和聚类分析法对海沃德猕猴桃品质指标进行了综合评价^[14];郭家刚等采用主成分与聚类分析法对蓝莓品质进行了综合评价^[15]。目前,市场对高品质猕猴桃

的需求日益增加,很多研究者致力于新品种的选育和改良,培育出一批新品种,但对不同主栽品种尤其是新品种之间果实比较的研究还比较缺乏。本试验通过对 9 种不同品种猕猴桃果实品质指标进行测定和分析,并对其进行综合评价,以期为消费者选择营养价值高、口感好、品质优良的猕猴桃品种提供参考依据。对猕猴桃栽培、选择优良品种、提升产业效应、促进产业发展也具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

试验选用猕猴桃鲜果市售 9 种猕猴桃,分别是红阳、徐香、翠香、脐红 A、瑞玉 X、秦美 A、黄金果、袖珍香 A、金魁 A,随机选取无腐烂、无虫害、无机械损伤的猕猴桃进行品质指标综合评价。

主要试剂有甲醇、丙酮、乙腈(均为色谱纯,德国 Merck 公司),偏磷酸、磷酸三钠、磷酸二氢钾、磷酸(均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司),L-半胱氨酸(优级纯,美国 Agela 公司),十六烷基三甲基溴化铵(色谱纯,天津市天新精细化工开发中心),没食子酸、L(+)-抗坏血酸、芸香苷等标准品(北京贫墨质检标准物质中心),多元标准液(100 μg/mL、50 mL):Fe、Mg、Zn、Ca、Cd、Pb(国家

收稿日期:2021-06-30

基金项目:重庆市教育委员会科学技术研究类青年项目(编号:KJQN201804405)。

作者简介:冯 勇(1984—),男,四川阆中人,讲师,从事烹饪教育改革与饮食文化研究。E-mail:fengyong1984@126.com。

有色金属及电子材料分析测试中心)。

高效液相色谱仪(配有二极管阵列检测器或紫外检测器),购自日本 SHIMADZU 公司;JE703 梅特勒分析天平,购自瑞士梅特勒公司;SPEX 液氮冷冻研磨仪,购自德国莱特公司;CR-400 型色差仪,购自日本美能达公司;UV-2700 紫外可见分光光度计,购自日本 SHIMADZU 公司;iCAPRQ 电感耦合等离子体质谱仪,购自美国 Thermo Fisher 公司;ETHOSLP 高通量密闭微波消解仪,购自意大利 Milestone 公司;DS-360SE1 智能石墨赶酸仪,购自广州格丹纳仪器有限公司;GenPure Pro 超纯水仪(电阻率为 $18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$),购自美国 Thermo Fisher 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 原料前处理 将市售猕猴桃去梗、洗净,用滤纸吸取果实表面水分后,从 9 种猕猴桃品种中分别选取 50 个,尽量挑选大小均匀和成熟度一致的猕猴桃,使其具有各自代表性,立即进行外观品质的测定,分别用 SPEX 液氮冷冻研磨仪打浆,置于 -40°C 冰箱中冷冻保存备用。

1.2.2 不同品种猕猴桃外观品质指标的测定

1.2.2.1 单果质量测定 猕猴桃单果的质量测定参照 NY/T 425—2000《绿色食品 猕猴桃》。

1.2.2.2 果实指数 从样品中随机选取 10 个单果,用水果刀将果实从果蒂至果顶破开,用游标卡尺称量果实的横径与纵径,计算果实指数。

$$\text{果实指数} = \frac{\text{果实纵径}}{\text{果实横径}}。$$

1.2.2.3 色度值的测定 色度值以 L^* 、 a^* 、 b^* 值表示,求出饱和度(c)、色调角(h)、色度值(GIRG)。

$$c = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}; h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right);$$

$$\text{GIRG} = \frac{(180 - h)}{(L^* + c)}。$$

1.2.3 不同品种猕猴桃营养指标及元素的测定

本研究的项目测定方法均以现行有效的国家标准和农业标准方法为参照。可溶性固形物(total soluble solid, 简称 TSS)含量的测定参照 NY/T 2637—2014《水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法》;维生素 C 含量的测定参照 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》中的高效液相色谱法;可溶性糖含量的测定参照 NY/T 2742—2015《水果及制品可溶性糖的测

定 3,5-二硝基水杨酸比色法》;单宁含量的测定参照 NY/T 1600—2008《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定 分光光度法》;总酸含量的测定参照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》;总黄酮含量的测定参照 SN/T 4592—2016《出口食品中总黄酮的测定》;微量元素含量的测定参照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》。

1.3 数据处理

所有数据均为 3 次平行试验的平均值,应用 Microsoft Excel 2016 及 SPSS 19.0 软件对试验数据进行描述性分析、主成分分析、聚类分析,样本之间采用欧氏距离平方,得出聚类树状图。

2 结果与分析

2.1 猕猴桃品质指标的测定结果

由表 1 可知,不同品种猕猴桃在 15 项品质指标中存在差异,其中变异系数最大的是 Zn 元素的含量,其变异系数达到 43.18%,9 种猕猴桃 Zn 元素平均含量为 4.87 mg/kg ,其中,Zn 元素含量最高的猕猴桃品种为袖珍香 A,其值为 8.45 mg/kg ;差异最小的是维生素 C 的含量,其变异系数为 8.10%,9 种不同品种猕猴桃中维生素 C 含量最高的是瑞玉 X,其值为 114.4 mg/100 g ;9 种猕猴桃品种中金魁 A 的单果质量最大,其果实指数接近 1,呈圆形;可溶性固形物与可溶性糖的含量以脐红 A 品种最高,分别达到 20.17%、16.45%;总黄酮因其具有提高人体免疫系统^[16]、清除体内自由基^[17]及抗氧化作用,是人体必需的化合物,不能在人体内合成,只能从外界食物中摄取,试验结果表明,猕猴桃中含有丰富的总黄酮,9 个猕猴桃品种中以翠香猕猴桃含量最丰富,其值为 159.80%;单宁含量为 $698.5 \sim 986.2 \text{ mg/kg}$,以徐香猕猴桃品种含量最高。通过对 9 种不同猕猴桃品种中 6 种矿物质进行测定,其果实均含有丰富的 Ca、Mg、Fe、Zn 等 4 种元素,其中 Ca 含量最高,其平均值为 104.29 mg/kg ,9 个猕猴桃品种中 Ca 含量最丰富的为秦美 A,其含量为 119.50 mg/kg ;此外,还对有害重金属元素 Pb 和 Cd 进行了测定,在部分猕猴桃中虽有检出,但均小于国家限量标准。

2.2 不同品种猕猴桃品质指标的统计分析

2.2.1 不同品种猕猴桃品质指标的相关性分析 相关分析是研究现象之间是否存在某种依存关系,并对具体有依存关系的现象探讨其相关方向以及相

表 1 不同品种猕猴桃品质指标

代号	品质指标	品种							平均值	变异系数 (%)		
		红阳	徐香	翠香	脐红 A	瑞玉 X	秦美 A	黄金果			袖珍香 A	金魁 A
A ₁	单果质量(g)	84.21±1.21	94.25±2.12	78.59±1.01	67.89±0.54	98.11±1.08	78.21±0.87	95.12±0.108	76.25±1.31	99.53±1.89	85.65	12.98
A ₂	果实指数	1.12±0.04	0.98±0.01	1.00±0.02	1.75±0.11	1.56±0.18	0.96±0.09	1.38±0.31	1.42±0.36	1.01±0.41	1.23	25.40
A ₃	色度值	2.13±0.21	2.01±0.18	2.68±0.32	2.03±0.11	3.12±0.31	4.12±0.31	2.45±0.19	2.37±0.39	3.18±0.98	2.68	25.88
A ₄	TSS 含量(%)	13.25±0.37	15.87±0.03	19.45±0.04	20.17±0.24	19.45±0.18	14.45±0.11	19.12±0.03	12.14±0.24	15.11±0.03	16.56	18.35
A ₅	维生素 C 含量(mg/100 g)	101.10±1.24	98.21±2.14	107.20±1.87	96.45±2.14	114.40±2.01	89.65±1.34	96.12±2.01	108.40±1.98	112.10±2.09	102.63	8.10
A ₆	可溶性糖含量(%)	9.78±0.12	10.45±1.87	15.78±0.15	16.45±0.24	11.32±0.34	9.99±0.31	13.45±0.31	15.24±0.26	14.78±0.41	13.03	20.45
A ₇	单宁含量(mg/kg)	798.2±12.1	986.20±10.2	765.20±9.12	698.5±10.2	946.5±9.45	765.2±10.9	901.8±8.45	789.5±2.14	951.2±3.45	844.70	12.15
A ₈	总酸含量(%)	0.987±0.01	0.781±0.04	1.21±0.08	0.891±0.04	0.961±0.05	0.961±0.08	1.140±0.08	1.08±0.97	1.540±0.12	1.06	20.83
A ₉	总黄酮含量(%)	152.50±10.2	112.80±9.58	159.80±9.45	95.45±8.45	108.12±10.9	98.05±8.07	107.10±11.5	118.50±12.08	109.45±13.91	117.97	19.33
A ₁₀	Mg 含量(mg/kg)	62.45±1.12	89.45±3.25	78.95±2.45	69.45±1.09	94.56±1.36	77.89±1.92	102.20±1.09	69.94±1.09	88.91±1.06	81.53	16.10
A ₁₁	Ca 含量(mg/kg)	92.45±1.45	108.45±1.94	112.40±2.12	89.56±1.23	109.60±2.74	119.50±2.07	94.56±1.03	112.50±1.95	99.56±1.65	104.29	10.08
A ₁₂	Fe 含量(mg/kg)	5.45±0.081	4.45±0.051	8.12±0.111	6.12±0.051	5.26±0.021	9.45±0.095	8.45±0.074	4.65±0.045	3.69±0.011	6.18	32.62
A ₁₃	Zn 含量(mg/kg)	2.58±0.092	4.13±0.032	5.12±0.064	4.23±0.024	2.45±0.037	3.45±0.054	5.78±0.078	8.45±0.065	7.62±0.078	4.87	43.18
A ₁₄	Pb 含量(mg/kg)	—	0.012±0.001	—	—	0.045±0.004	—	0.034±0.002	0.059±0.004	—	—	—
A ₁₅	Cd 含量(mg/kg)	—	—	0.038±0.003	—	—	0.058±0.004	0.068±0.004	—	—	—	—

注:“—”表示未检出。

关程度,是研究随机变量之间相关关系的一种统计方法^[18]。本研究采用 Pearson 相关系数分析 9 种猕猴桃中 15 项品质指标之间的相关性,表 2 反映了不同品种猕猴桃品质性状的相关性,且部分品质指标之间呈显著相关或极显著差异。果实单质量与果实指数呈极显著负相关,而与单宁含量和重金属 Pb 含量呈极显著正相关;果实指数与可溶性固形物含量呈显著正相关,与总黄酮含量呈显著负相关;可溶性固形物含量与 Fe 元素含量呈极显著正相关,与总酸含量呈显著负相关;维生素 C 含量与重金属 Pb 含量呈显著负相关;可溶性糖含量与总酸含量呈显著正相关;总酸含量与 Zn 元素含量呈极显著正相关。上述相关分析结果表明,猕猴桃外观品质、营养品质和重金属 Pb、Cd 含量各指标之间存在一定的相关性,且各指标测定值的信息出现重叠现象,因此可以应用主成分分析和聚类分析的方法对不同品种猕猴桃的品质指标通过降维来简化数据结构,进而提高不同品种猕猴桃品质特性综合评价的准确性。

2.2.2 不同品种猕猴桃品质指标主成分分析及综合评价

2.2.2.1 猕猴桃品质指标主成分分析 一般认为,当主成分特征值大于 1,且累计方差贡献率大于 85%时,就可以利用提取的主成分表示原始变量大部分主要信息^[19]。对 9 种不同品种猕猴桃品质指标进行测定,其测定值标准化后进行主成分分析,其结果见表 3、载荷图见图 1,由表 3 可知,前 6 个主成分特征值大于 1,且累计贡献率达到 93.182%,其中,第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 主成分、第 4 主成分、第 5 主成分、第 6 主成分的方差贡献率分别为 22.972%、21.742%、16.857%、14.744%、9.020%、7.848%,表明前 6 个主成分在猕猴桃品质指标评价中起主导作用,且能全面反映猕猴桃品质特性综合评价的主要信息。

第 1 主成分特征值为 3.44,单果质量、维生素 C 含量、单宁含量、总酸含量、Mg 含量、Pb 含量有较高的载荷值,其值分别为 0.956、0.349、0.929、0.399、0.883、-0.480;单果质量、维生素 C 含量、单宁含量、总酸含量、Mg 含量均在第 1 主成分中起正向作用,Pb 含量在第 1 主成分中起负向作用。表明第 1 主成分很大时,单果质量、维生素 C 含量、单宁含量、总酸含量、Mg 含量在猕猴桃中升高,而 Pb 含量降低;第 2 主成分包含了原来信息量的 21.742%,

表 2 猕猴桃品质指标的相关性分析结果

指标	相关系数														
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅
A ₁	1.000														
A ₂	-0.307 **	1.000													
A ₃	0.136	-0.366	1.000												
A ₄	0.040	0.403 *	-0.105	1.000											
A ₅	0.390	0.049	-0.027	0.022	1.000										
A ₆	-0.385	0.338	-0.254	0.356	0.303	1.000									
A ₇	0.954 **	-0.291	0.023	-0.001	0.371	-0.355	1.000								
A ₈	0.293	-0.386	0.299	-0.074 *	0.499	0.463 *	0.160	1.000							
A ₉	-0.089	-0.354 *	-0.283	-0.136	0.287	-0.004	-0.179	0.174	1.000						
A ₁₀	0.784	-0.065	0.211	0.456	0.144	-0.079	0.761	0.210	-0.370	1.000					
A ₁₁	-0.020	-0.373	0.598	-0.252	0.084	-0.223	0.054	-0.081	0.019	0.089	1.000				
A ₁₂	-0.322	-0.036	0.413	0.319 **	-0.615	-0.074	-0.460	-0.123	0.016	0.087	0.236	1.000			
A ₁₃	-0.019	-0.109	-0.076	-0.293	0.305	0.657	0.052	0.636 **	-0.077	0.073	0.048	-0.271	1.000		
A ₁₄	0.414 **	0.080	-0.264	0.281	-0.357 *	-0.067	0.384	-0.034	-0.205	0.658	-0.289	0.303	0.114	1.000	
A ₁₅	-0.022	-0.191	0.435	0.235	-0.541	-0.071	-0.161	0.104	-0.059	0.368	0.222	0.912	-0.022	0.563	1.000

注：“**”“*”分别表示在 0.01、0.05 水平显著相关。

表 3 猕猴桃品质指标的主成分载荷矩阵、特征值和方差贡献率

指标	各主成分载荷值					
	1	2	3	4	5	6
单果质量	0.956	0.079	0.010	-0.228	-0.068	0.100
果实指数	-0.345	0.035	0.739	-0.082	0.417	-0.011
色度值	0.238	0.398	-0.630	0.242	0.489	0.026
TSS 含量	0.088	0.407	0.657	0.149	0.275	0.553
维生素 C 含量	0.349	-0.754	-0.051	0.149	0.250	0.402
可溶性糖含量	-0.225	0.357	0.422	0.768	0.129	0.033
单宁含量	0.929	0.162	0.034	-0.307	-0.011	-0.045
总酸含量	0.399	-0.347	-0.187	0.731	-0.128	0.095
总黄酮含量	-0.197	0.261	-0.294	0.051	-0.613	0.618
Mg 含量	0.883	0.303	0.277	0.091	0.155	0.064
Ca 含量	0.101	0.210	-0.699	0.081	0.385	0.026
Fe 含量	-0.217	0.893	-0.082	0.317	-0.058	0.194
Zn 含量	0.177	0.424	0.009	0.718	-0.095	-0.467
Pb 含量	-0.480	0.185	0.522	0.087	-0.414	-0.209
Cd 含量	0.126	-0.861	-0.072	0.436	-0.182	0.039
特征值	3.446	3.261	2.528	2.212	1.353	1.177
贡献率(%)	22.972	21.742	16.857	14.744	9.020	7.848
累计贡献率(%)	22.972	44.714	61.571	76.314	85.334	93.182

可溶性固形物含量、色度值、Fe 元素含量的正向载荷权数较大,其值分别为 0.407、0.398、0.893,Cd 含量负向载荷权数较大,其值为 -0.861,正向作用品质指标数远多于负向作用品质指标数,因此,第 2 主成分主要反映了果实营养品质,而非重金污染元素;第 3 主成分包含了原来信息量的 16.857%,与果实指数呈很大的正相关;第 4 主成分包含了原来信息量的14.744%,与Zn元素呈很大正相关,与单

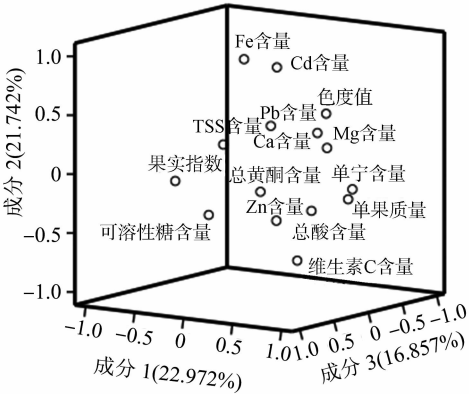


图1 猕猴桃品质指标的主成分分析载荷

宁含量呈很大负相关;第 5 主成分、第 6 主成分分别包含了原来信息量的 9.020%、7.848%。综合分析 6 个主成分主要代表相关性,已涵盖了猕猴桃品质性状的所有信息,结合图 1 与表 3 的分析结果,应选取前 6 个主成分作为猕猴桃品质评价的分析指标。
2.2.2.2 主成分得分及综合评价 由表 4 可知,根据表 4 的因子得分系数矩阵及其对应的主成分,可以计算出每个主成分因子得分,其得分表达式如下:

$$F_1 = 0.277X_1 - 0.100X_2 + 0.069X_3 + 0.026X_4 + 0.101X_5 - 0.065X_6 + 0.270X_7 + 0.116X_8 - 0.057X_9 + 0.256X_{10} + 0.029X_{11} - 0.063X_{12} + 0.051X_{13} + 0.139X_{14} + 0.037X_{15};$$

$$F_2 = -0.024X_1 - 0.011X_2 + 0.122X_3 + 0.094X_4 + 0.094X_5 - 0.231X_6 - 0.109X_7 - 0.050X_8 - 0.100X_9 + 0.069X_{10} + 0.026X_{11} + 0.274X_{12} - 0.130X_{13} + 0.149X_{14} + 0.264X_{15};$$

$$F_3 = 0.004X_1 + 0.292X_2 - 0.249X_3 + 0.260X_4 - 0.020X_5 + 0.167X_6 + 0.014X_7 - 0.074X_8 - 0.116X_9 + 0.110X_{10} - 0.277X_{11} - 0.032X_{12} + 0.003X_{13} + 0.207X_{14} - 0.208X_{15};$$

$$F_4 = -0.100X_1 + 0.069X_2 + 0.026X_3 + 0.101X_4 - 0.100X_5 + 0.347X_6 - 0.139X_7 + 0.331X_8 + 0.023X_9 + 0.041X_{10} + 0.037X_{11} + 0.143X_{12} + 0.325X_{13} + 0.039X_{14} + 0.197X_{15};$$

$$F_5 = -0.100X_1 + 0.069X_2 + 0.026X_3 + 0.101X_4 - 0.100X_5 - 0.100X_6 + 0.069X_7 + 0.026X_8 + 0.101X_9 - 0.100X_{10} - 0.100X_{11} + 0.069X_{12} + 0.026X_{13} + 0.101X_{14} - 0.100X_{15};$$

$$F_6 = 0.085X_1 - 0.010X_2 + 0.022X_3 + 0.470X_4 + 0.341X_5 + 0.028X_6 - 0.038X_7 + 0.081X_8 + 0.525X_9 + 0.054X_{10} + 0.022X_{11} + 0.165X_{12} - 0.396X_{13} - 0.177X_{14} + 0.033X_{15}。$$

式中： $X_1 \sim X_{15}$ 分别表示单果质量、果实指数、色度值、TSS 含量、维生素 C 含量、可溶性糖含量、单宁含量、总酸含量、总黄酮含量、Mg 含量、Ca 含量、Fe 含量、Zn 含量、Pb 含量、Cd 含量等 15 个品质指标； $F_1 \sim F_6$ 分别表示各主成分得分。

结合主成分因子得分公式并以主成分方差贡献率为权重,构建猕猴桃品质综合评价得分(F)函数,公式如下:

$$F = 0.229F_1 + 0.217F_2 + 0.168F_3 + 0.147F_4 + 0.902F_5 + 0.0784F_6;$$

式中: F 为不同品种猕猴桃品质指标的综合得分。

表 4 因子得分系数矩阵表

指标	各主成分因子得分系数					
	1	2	3	4	5	6
单果质量	0.277	-0.024	0.004	-0.100	-0.100	0.085
果实指数	-0.100	-0.011	0.292	0.069	0.069	-0.010
色度值	0.069	0.122	-0.249	0.026	0.026	0.022
TSS 含量	0.026	0.094	0.260	0.101	0.101	0.470
维生素 C 含量	0.101	-0.231	-0.020	-0.100	-0.100	0.341
可溶性糖含量	-0.065	-0.109	0.167	0.347	-0.100	0.028
单宁含量	0.270	-0.050	0.014	-0.139	0.069	-0.038
总酸含量	0.116	-0.100	-0.074	0.331	0.026	0.081
总黄酮含量	-0.057	0.069	-0.116	0.023	0.101	0.525
Mg 含量	0.256	0.026	0.110	0.041	-0.100	0.054
Ca 含量	0.029	0.101	-0.277	0.037	-0.100	0.022
Fe 含量	-0.063	0.274	-0.032	0.143	0.069	0.165
Zn 含量	0.051	-0.130	0.003	0.325	0.026	-0.396
Pb 含量	0.139	0.149	0.207	0.039	0.101	-0.177
Cd 含量	0.037	0.264	-0.208	0.197	-0.100	0.033

根据综合评价得分函数可计算出不同品种猕猴桃品质的综合得分及其排序,其中 F 越大,表明该品种猕猴桃品质越好。就 9 种不同猕猴桃综合品质排名(表 5)而言,黄金果品种的猕猴桃综合品质得分最高,即其综合品质最好;其次是脐红 A、瑞玉 X、徐香,红阳、翠香、金魁 A 的综合品质得分均为负值,且排名靠后,表明这 3 个品种的猕猴桃品质特性较差,其中翠香的综合品质得分最低,故品质最差。

表 5 因子得分与综合得分

名称	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F	排名
红阳	-0.509	-0.434	0.839	-1.079	-1.363	-0.972	-1.535	8
徐香	0.956	-0.233	0.544	-0.956	0.319	-0.912	0.335	3
翠香	-0.571	0.410	-0.558	0.614	-1.825	0.991	-1.614	9
脐红 A	-1.531	-0.255	1.201	-0.143	1.291	1.190	1.033	2
瑞玉 X	0.925	-0.982	-0.699	-0.808	0.315	1.313	0.149	4
秦美 A	-0.583	1.341	-1.888	-0.846	0.505	-0.831	0.106	6
黄金果	1.096	1.831	0.985	0.497	0.622	0.611	1.496	1
袖珍香 A	-0.822	-0.829	0.039	1.047	0.444	-0.874	0.124	5
金魁 A	1.038	-0.845	-0.464	1.675	-0.310	-0.516	-0.097	7

2.3 猕猴桃品质的聚类分析

聚类分析是根据研究对象的特征按照一定标准对研究对象进行分类的一种分析方法,其结果具有综合性、客观性和科学性^[20-21]。在聚类分析中对变量的聚类称为 R 型聚类。本试验在主成分分析的基础上,采用聚类分析方法对猕猴桃的 15 个品质指标进行 R 型聚类,采用组间连接法,聚类结果如

图 2 所示。由图 2 可知,以欧氏距离平方为准则采用 Between - Groups Linkage 连接聚类,当聚类距离为 15 时,可将猕猴桃品质指标分为 3 大类,第 1 大类为色度值、Fe 含量、TSS 含量、单果质量、Mg 含量、单宁含量、可溶性糖含量;第 2 大类为维生素 C 含量、Cd 含量、果实指数、总黄酮含量;第 3 大类为 Ca 含量、Zn 含量、总酸含量、Pb 含量;同时结合主成

分载荷分析结果可知,最终选用单果质量、维生素 C 含量、单宁含量、总酸含量、TSS 含量、Ca 含量、总黄酮含量、可溶性糖含量作为综合评价猕猴桃品质优劣的关键性指标。

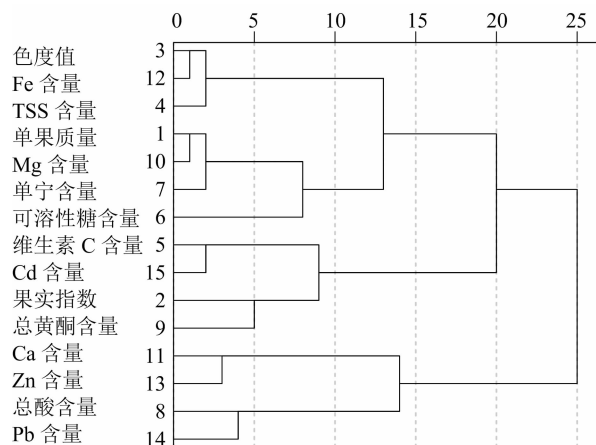


图2 猕猴桃品质指标聚类分析结果

3 结论与讨论

通过对 9 种不同品种猕猴桃的外观品质、营养品质和重金属污染情况等指标进行描述性分析和相关性分析,发现各项品质之间存在显著差异。同时,采用主成分分析法和聚类分析法对 9 种不同猕猴桃的 15 项品质指标进行系统分析,最终确定单果质量、维生素 C 含量、单宁含量、总酸含量、TSS 含量、Ca 含量、总黄酮含量、可溶性糖含量作为综合评价猕猴桃品质优劣的关键性指标。通过主成分分析,提取了 6 个主成分,累计方差贡献率为 93.182%;结合猕猴桃品质指标评价函数分析结果可知,黄金果品种的猕猴桃综合品质得分最高,即其综合品质最好;其次是脐红 A、瑞玉 X、徐香,红阳、翠香、金魁 A 的综合品质得分均为负值,且排名靠后,表明这 3 个品种的猕猴桃品质特性较差,其中翠香的综合品质得分最低,故品质最差。采用主成分分析和聚类分析综合评价方法获得的试验研究结果为消费者选择营养价值高、口感好、品质优良的猕猴桃品种提供了参考依据。对猕猴桃栽培、选择优良品种、提升产业效应、促进产业发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] Liu Z L, Wei Z Y, Vidyarthi S K, et al. Pulsed vacuum drying of kiwifruit slices and drying process optimization based on artificial neural network[J]. *Drying Technology*, 2021, 39(3): 405–417.
- [2] Azadbakht M, Rezaeiasl A, Mahmoodi M J, et al. Evaluation of

- ambient light and moisture, and edible coatings in different storage period, on pressurized kiwifruit antioxidant properties[J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2021, 15(1): 697–706.
- [3] Thomidis T, Prodromou I. Evaluation of the effectiveness of three fungicides against pathogens causing postharvest fruit rot of kiwifruit[J]. *Australasian Plant Pathology*, 2018, 47(5): 485–489.
- [4] 金花林, 王子博, 贾佳林, 等. 软枣猕猴桃表型性状与植物保护系统对海拔的响应[J]. *延边大学农学报*, 2021, 43(2): 7–12.
- [5] 孙 阳, 慈志娟, 刘振盼, 等. 不同软枣猕猴桃品种果实品质和香气成分差异分析[J]. *中国果树*, 2021(5): 52–55, 60.
- [6] 吴晓晗, 李学峰, 范明智, 等. 软枣猕猴桃不定根总黄酮提取工艺的优化[J]. *延边大学农学报*, 2021, 43(1): 18–23.
- [7] Sharma T, Litoria P K, Bajwa B S, et al. Appraisal of groundwater quality and associated risks in Mansa district (Punjab, India)[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2021, 193(4): 1–21.
- [8] 刘孟宜, 田博宇, 王滢颖, 等. 基于主成分分析的不同小麦品种制作的韧性饼干品质评价[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(10): 44–53.
- [9] 石延榜, 林秀敏, 王胜超, 等. 基于主成分分析-聚类分析法的不同商品规格白芍饮片片 5 种成分比较及质量评价研究[J]. *中国现代应用药学*, 2020, 37(22): 2708–2714.
- [10] 吴亚楠, 刘 婷, 刘惠民. 运用多维价值理论评价引种黄金果猕猴桃果实品质[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(12): 111–113.
- [11] 张 成, 许云华, 魏 智. 基于主成分和模糊综合评价法对安徽省资源环境承载力的研究[J]. *哈尔滨师范大学自然科学学报*, 2021, 37(4): 12–19.
- [12] 陈淑一, 赵全明, 董大明. 对比主成分分析的近红外光谱测量及其在水果农药残留识别中的应用[J]. *光谱学与光谱分析*, 2020, 40(3): 917–921.
- [13] 张 梦, 张遥遥, 胡 悦, 等. 基于主成分分析和聚类分析的百合花瓣品质综合分析与评价[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(3): 232–238, 245.
- [14] 傅隆生, 宋思哲, 邵玉玲, 等. 基于主成分分析和聚类分析的海沃德猕猴桃品质指标综合评价[J]. *食品科学*, 2014, 35(19): 6–10.
- [15] 郭家刚, 杨 松, 伍玉茜, 等. 基于主成分与聚类分析的蓝莓品质综合评价研究[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(12): 53–60.
- [16] 毛昶晨, 方 晟, 王珍珍, 等. 基于主成分分析和聚类分析的火龙果酵素抗氧化功能评价[J]. *发酵科技通讯*, 2018, 47(1): 27–32.
- [17] 王 伟, 吕旭健, 张 玉, 等. 基于聚类分析和主成分分析法的杨梅营养品质评价研究[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(1): 278–280, 286.
- [18] 刘冰芳, 刘金璐, 周文晴. 基于主成分聚类分析的地区农产品电子商务发展分析[J]. *南方农村*, 2015, 31(5): 64–67, 72.
- [19] 宋江峰, 李大婧, 刘春泉, 等. 甜糯玉米软罐头主要挥发性物质主成分分析和聚类分析[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(10): 2122–2131.
- [20] 樊树雷, 李和孟, 邱宝财, 等. 基于主成分及聚类分析的 10 个杨梅品种生产性状综合评价[J]. *江苏农业科学*, 2020, 48(14): 170–173.
- [21] 刘佳梦, 林丽静, 刘义军, 等. 基于主成分分析的不同品种龙眼干品质综合评价[J]. *保鲜与加工*, 2021, 21(5): 127–133.

李超,高丽,康利平,等.不同产地艾叶及土壤中矿物元素的测定与分析[J].江苏农业科学,2021,49(22):186-192.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.22.034

不同产地艾叶及土壤中矿物元素的测定与分析

李超¹,高丽¹,康利平²,刘大会³,王旭³,崔占虎⁴,张超云¹,黄显章¹

(1. 南阳理工学院/河南省张仲景方药与免疫调节重点实验室,河南南阳 473000;

2. 中国中医科学院中药资源中心道地药材国家重点实验室培育基地,北京 100700;

3. 湖北中医药大学,湖北武汉 430000; 4. 福建农林大学,福建福州 350002)

摘要:为建立不同产地艾叶及土壤中矿物元素的分析方法和评价体系,采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)对国内5个主产区75份艾叶样品及土壤中钾、钠、钙、镁、磷、铁、锰、锌、钼、镍、铜、铅、砷、镉、汞等元素的含量进行测定,并借助方差分析、主成分分析等计量学方法进行统计和分析。结果表明,不同产地艾叶中有12种元素的含量存在显著差异($P < 0.05$),镉、钼、砷、钠等元素变异系数较高,铜元素含量超出规定限度;不同产地土壤中有6种元素的含量存在显著差异,钼、汞、钙、镁等元素的变异系数较高,各重金属元素含量符合土壤污染风险管控标准;各产地艾叶均对磷、钠、镉等元素富集能力较强,对铁、锰、铅、镍、砷等元素相对贫化;在艾叶规范化种植生产中,应注意磷肥的减施,且应控制土壤及周围环境中镉的含量,避免艾叶对镉过度富集引起重金属超标。本研究为探索艾叶与土壤中矿物元素的分布态势和作用规律提供科学依据,也为艾叶药材道地性评价和种植适宜区选择提供有益参考。

关键词:艾叶;土壤;矿物元素;分布特征;富集特征

中图分类号: S567.23⁺9.01;S567.23⁺9.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)22-0186-06

药用植物中矿物元素的种类和含量是中药材质量评价的重要指标,与中药材的生长发育、药用物质的形成以及临床疗效的发挥密切相关,矿物元素对药效发挥的协同作用不容忽视^[1-5]。土壤矿物元素是药用植物生长最主要的环境因子之一,能够直接影响根系营养及生理代谢,并对药材的品质产生较大影响^[6-7]。因此,开展中药材及土壤中矿物元素特征分析对药材品质评价及种植适宜区的选择具有重要意义。

艾叶为菊科植物艾(*Artemisia argyi* Levl. et Vant.)的干燥叶,性温,味苦、辛,归肝、脾、肾经,具有散寒止痛、温经止血、理气安胎等功效,是我国传统常用中药材之一^[8-11]。艾叶既可内服,也可外洗,以所含艾绒为原料制成的灸条是中医灸法的主要原材料,临床应用十分广泛^[12]。历代本草中明确记载“蕲艾”“北艾”“海艾”及“祁艾”为道地药材,

即现在湖北省蕲春县、河南省汤阴县、浙江省宁波市及河北省安国市等地所产艾叶^[13]。现如今,河南省南阳市已成为国内最大的艾叶生产和集散地,产业规模居全国之首。因此,开展以上产区艾叶及土壤中矿物元素的研究能够涵盖我国目前艾叶主产区的整体情况,具有一定的指导意义。

到目前为止,国内外学者对艾叶的研究主要集中在化学成分及药理作用方面^[14-18],而对不同产地艾叶及土壤中矿物元素的分布特征、富集特性、环境安全性评价等方面的研究尚未见报道。本研究旨在分析不同主产区艾叶及土壤中矿物元素的吸收特性及变异规律,进而探讨艾叶与土壤中矿物元素的作用关系,研究结果可为艾叶药材的道地性评价及种植适宜区的选择提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 样品采集

艾叶及土壤样品于2019年5—6月在河南省南阳市、湖北省蕲春县、河南省安阳市、浙江省宁波市及河北省安国市等地采集,经南阳理工学院黄显章教授鉴定为菊科蒿属植物艾。将艾叶样品去杂、干燥、剪碎、混匀后备用。土壤样品取自对应种植区0~20 cm耕作层,设置3个平行,每个产区土壤样

收稿日期:2021-05-26

基金项目:国家自然科学基金(编号:81803661);河南省科技攻关项目(编号:202102310512、182102110361)。

作者简介:李超(1987—),男,河南南阳人,博士,讲师,主要从事中药资源学方向的研究。E-mail:lichaoctm@126.com。

通信作者:黄显章,博士,教授,主要从事中药品质评价方向的研究。
E-mail:nylgzyx@126.com。