

浙江引种无花果营养及活性成分的综合评价

徐瑞英, 刘亚群, 张都海, 贺 亮, 程诗明, 张飞英, 王 进, 韩素芳

(浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

摘要: 2017年8–10月, 采集浙江省武义县引种的11个无花果 *Ficus carica* 品种的成熟果实, 对可溶性糖、磷、钙等十项营养成分及多糖、总黄酮、补骨脂素三项活性成分进行检测分析。结果表明, 营养成分中差异最大的为锰, 相对标准偏差为105.63%, 其次是粗纤维、粗蛋白、锌含量, 含量最高的品种分别为‘美丽亚’($6.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、‘玛斯义陶芬’($2.59 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)、‘布兰瑞克’($2.36 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)、‘波姬红’($5.24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$); 活性成分差异从大到小依次为总黄酮、补骨脂素、多糖, 含量最高的品种分别为‘日本紫果’($0.61 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)、‘新疆早黄’($131.51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、‘绿抗1号’($84.58 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)。采用主成分分析法对11个无花果品种进行营养及活性成分的综合评价, 确立对总方差累计贡献率达85.355%的4个主成分, 建立无花果品种营养及活性成分评价模型, 并计算综合得分。综合排名前六的品种为‘美丽亚’、‘玛斯义陶芬’、‘新疆早黄’、‘绿抗1号’、‘布兰瑞克’、‘日本紫果’。

关键词: 无花果; 营养成分; 活性成分; 综合评价

中图分类号: S663.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776(2019)03-0016-07

Evaluation on Nutritive and Active Ingredients in 11 Cultivars Of *Ficus carica* Introduced in Zhejiang Province

XU Rui-ying, LIU Ya-qun, ZHANG Du-hai, HE Liang, CHENG Shi-ming, ZHANG Fei-ying, WANG Jin, HAN Su-fang

(Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China)

Abstract: During August and October of 2017, fruits were harvested from 11 cultivars of *Ficus carica* introduced in Wuyi, Zhejiang province. Ten nutrient components, such as soluble sugar, phosphorus and calcium, and three active components, polysaccharide, total flavonoids and psoralen were determined from harvested fruits. The result demonstrated that manganese content had the greatest difference among cultivars, with the relative standard deviation of 105.63%, followed by crude fibre, crude protein and zinc. The highest manganese content was in ‘Meiliya’ ($6.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), the highest crude fibre in ‘Masui dauphine’ ($2.59 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$), crude protein in ‘Branswick’ ($2.36 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$), zinc content in ‘Bojihong’ ($5.24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Active ingredients were ordered by flavonoids, psoralen and polysaccharides, with the highest flavonoids content in ‘Violette Solise’ ($0.61 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$), the highest psoralen content in ‘Xinjiang Zaohuang’ ($131.51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), the highest polysaccharides in ‘Lukang NO.1’ ($84.58 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$). Evaluation on Nutrient and active ingredients in eleven cultivars were evaluated by principal component analysis. Four main components contributed 85.355% of the total variance. Comprehensive evaluation model of nutrient and active ingredients of 11 cultivars was established and the comprehensive scores were calculated. The result indicated the top six cultivars ‘Meiliya’, ‘Masui Dauphine’, ‘Xinjiang Zaohuang’, ‘Lukang NO.1’, ‘Branswick’, ‘Violette Solise’.

Key words: *Ficus carica*; nutrition components; active components; comprehensive evaluation

收稿日期: 2019-01-12; 修回日期: 2019-04-08

基金项目: 浙江省科研院所专项 (2015F30002)

作者简介: 徐瑞英, 助理工程师, 从事林业土壤、植物的分析检测工作; E-mail: 1012952753@qq.com。通信作者: 韩素芳, 副研究员, 从事经济林栽培研究; E-mail: hansufang2004@126.com。

无花果 *Ficus carica* 为桑科 Moraceae 榕属 *Ficus* 植物的隐花果, 味甜可食, 其富含的多糖、总黄酮及补骨脂素是具有抗癌功效的重要活性成分^[1]。早在《神农本草经》就记载其有健胃清肠、消食解毒功效, 具有降血压、降血脂、抗氧化、增强免疫力等多种功能, 在临床上可用于治疗糖尿病、咽喉肿痛、肿瘤及免疫功能低下等疾病, 堪称“圣果”^[2-3]。无花果在日本被称为低热量的碱性食品, 营养成分丰富, 鲜无花果蛋白质含量是‘红富士’ *Malus pumila* ‘Red Fuji’苹果的 6 倍, 钙含量是红富士的 32 倍, 铁含量是柑橘 *Citrus reticulata* 的 11 倍, 锌含量是柑橘的 16 倍^[4]。

无花果品种有 1 000 多个, 但具有推广价值的不超过 100 个^[5]。无花果对土壤要求不严, 在砂土、微酸性及盐碱地均可种植, 在我国新疆、山东、江苏、浙江等多地广泛栽培^[6]。浙江省主要在金华、嘉兴及衢州等地规模种植, 主栽品种有‘玛斯义陶芬’、‘绿抗 1 号’等十几个品种^[7]。无花果品种繁杂, 营养及活性成分的评价研究对品种引入、加工方式选择具有重要意义。目前国内对无花果的栽培技术^[8-10]、活性物质的提取^[11-13]及功效研究^[14-15]较多, 品质评价方面主要是针对营养成分的评价^[16-18,4], 但对集营养(含微量元素)及活性成分于一体的营养价值的综合评价研究较少。进行无花果营养及活性成分的综合评价, 并根据营养及活性成分特性进行品种精准化栽培及深加工是浙江省无花果产业发展亟需解决的问题。

主成分聚类分析法是结合主成分分析法及聚类分析法, 把多个指标简化为少数主要的互不相关的综合指标, 利用这些少数的指标对品种进行综合评价, 并进一步利用这些少数指标来进行系统聚类分析的方法, 近年在种质资源综合评价方面具有广泛应用^[19-21]。本研究利用主成分聚类分析法对浙江目前广泛栽培的 11 个无花果品种进行营养及活性成分的综合评价, 以期在无花果引种、品种选育及加工方式精准选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料及试验基地概况

供试材料为浙江引种且主栽的 11 个无花果品种的夏秋果(2017 年 8-10 月采摘)。每个品种随机选择 10 株作为采样株, 采集成熟果实 20~30 个, 带回实验室-60℃冷冻干燥 48h, 粉碎过 80 目筛备用。

试验地位于浙江省武义县桑和水果专业合作社, 119°49′ E, 28°54′ N, 海拔 91m, 酸性红壤, 属中亚热带季风气候, 年均气温 16.9℃, 年降水量 1 445.7mm, 年日照时数 1 963.7h。该试验基地建于 2015 年, 占地 0.13hm², 11 个品种均引自浙江嘉兴神农无花果果园, 每个品种 25 株, 为 1 年生裸根扦插苗, 平均苗高 55cm, 地径 1cm, 按株行距 2.5m×1.0m 分行定植。各品种栽植当年即有产量, 2016 年开始进入稳产期。品种原产地分别为美国、意大利、英国、中国、法国, 见表 1。

1.2 试验方法

可溶性糖含量的测定参照 NY/T 2742-2015; 粗纤维含量的测定参照 GB 5009.88-2014; 蛋白质含量的测定参照 GB 5009.5-2016; 磷、钾含量的测定参照 NY/T 2017-2011; 铜、锌、锰、钙、镁的含量测定参照 LY/T 1270-1999; 总黄酮含量测定参照 NY/T 2010-2011; 多糖含量测定参照 SN/T 4260-2015。

补骨脂素含量测定: 取无花果冻干样约 1 g, 置具塞锥形瓶中, 精密加入分析纯甲醇 50 mL, 称定质量, 超声处理(功率 140W, 频率 42 kHz)45 min, 放冷, 再称定质量, 用甲醇补足减失的质量, 摇匀, 滤过, 滤液用于补骨脂素的测定^[22]。

每份样品重复测定 3 次, 取平均值作为检测结果。

1.3 仪器

Labconco freeze-6 冷冻干燥机(美国 LABCONCO 公司), iCE 3000 原子吸收光谱(赛默飞世尔科技有限

表 1 供试无花果品种信息^[3,5]

Table 1 About cultivars of <i>F. carica</i> for test		
外皮色系	品种	原产地
黄色	‘金傲芬’	美国 加利福尼亚州
	‘美丽亚’	美国 加利福尼亚州
	‘丰产黄’	意大利 阿布鲁佐区
	‘布兰瑞克’	英国 苏格兰区
	‘新疆早黄’	中国 新疆
红色	‘玛斯义陶芬’	美国 加利福尼亚州
	‘日本紫果’	法国 普罗旺斯省
	‘波姬红’	美国 德克萨斯州
	‘中国紫果’	中国 不详
绿色	‘绿抗 1 号’	中国 江苏
	‘B110’	美国 加利福尼亚州

公司), ultimate3000 高效液相色谱仪(赛默飞世尔科技有限公司), VELP FIWE 6 (意大利 VELP 公司), UV1800 分光光度计(日本岛津公司), UDK159 全自动定氮仪(意大利 VELP 公司), SB25-12DTD 超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司)。

1.4 数据分析

从样本营养及药用成分相关矩阵出发,应用 SPSS 软件(IBM SPSS Statistics 19)对 13 项指标的分析结果进行主成分分析,根据累计方差贡献率大于 85%确定主成分的数量。由各指标相关矩阵的特征向量,列出主成分的函数表达式,最后根据主成分得分值计算各品种综合得分,对供试品种进行排序,并利用各主成分得分值进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 11 个无花果品种主要营养成分及活性成分比较

由表 2 可以看出,品种间各指标含量有较大差异。营养成分中差异最大的指标为锰,相对标准偏差为 105.63%;其次是粗纤维、粗蛋白、锌含量,相对标准偏差均在 25%以上。锰含量最高的为‘美丽亚’ 6.00 mg·kg⁻¹,远高于其它品种,最低的为‘日本紫果’仅为 0.70mg·kg⁻¹。粗纤维含量最高的为‘玛斯义陶芬’ 2.59 mg·kg⁻¹,最低的为‘丰产黄’ 0.56 mg·kg⁻¹。活性成分品种间差异从大到小依次为总黄酮、补骨脂素、多糖。总黄酮含量最高的为‘日本紫果’,为最低的‘B110’的 4.4 倍。补骨脂素含量最高的为‘新疆早黄’ 131.51 mg·kg⁻¹,为最低的为‘绿抗 1 号’的 3.2 倍。多糖含量最高的为‘绿抗 1 号’ 84.58 g·100g⁻¹。

山东省被称为我国无花果沿海栽培中心^[6]。本研究将浙江引种无花果与山东引种无花果的微量元素及蛋白质含量进行比较,结果见表 3。由表 3 可知,浙江引种的无花果钙含量和锌含量远低于山东引种的无花果,而蛋白质是山东引种无花果的 10.3 倍。

表 2 11 个无花果品种主要营养及活性成分
Table 2 Main nutrient and active ingredients in 11 cultivars of *F. carica*

品种	可溶性糖 /(g·100g ⁻¹)	粗纤维 /(g·100g ⁻¹)	粗蛋白 /(g·100g ⁻¹)	磷 /(mg·kg ⁻¹)	钾 /(mg·kg ⁻¹)	钙 /(mg·kg ⁻¹)
‘金傲芬’	9.78	0.59	1.25	195.61	1 334.18	125.01
‘美丽亚’	7.12	1.71	1.82	259.77	1 913.02	226.12
‘丰产黄’	12.38	0.56	0.72	191.87	1 244.74	142.08
‘布兰瑞克’	8.37	1.05	2.36	196.84	1 358.82	162.66
‘新疆早黄’	9.46	0.87	1.38	179.33	1 443.24	173.98
‘玛斯义陶芬’	5.67	2.59	1.41	243.04	1 340.72	165.14
‘日本紫果’	12.61	1.15	1.40	205.30	1 401.43	141.56
‘波姬红’	7.83	0.89	1.51	165.14	1 509.19	101.67
‘中国紫果’	9.48	0.68	1.57	183.67	1 201.61	150.16
‘绿抗 1 号’	7.36	1.11	2.14	221.68	1 795.61	119.01
‘B110’	11.06	0.86	1.48	181.48	1 085.60	111.30
平均值	9.19	1.10	1.55	202.16	1 420.74	147.15
相对标准偏差/%	23.94	53.81	28.39	13.79	17.27	24.31

品种	镁 /(mg·kg ⁻¹)	铜 /(mg·kg ⁻¹)	锌 /(mg·kg ⁻¹)	锰 /(mg·kg ⁻¹)	多糖 /(g·100g ⁻¹)	总黄酮 /(g·100g ⁻¹)	补骨脂素 /(mg·kg ⁻¹)
‘金傲芬’	178.99	0.89	3.78	0.74	78.58	0.17	49.14
‘美丽亚’	255.36	0.99	4.54	6.00	72.40	0.18	47.13
‘丰产黄’	211.13	0.77	3.05	0.88	66.98	0.21	58.43
‘布兰瑞克’	229.01	0.87	3.16	0.85	78.62	0.20	52.78
‘新疆早黄’	228.54	0.80	3.67	1.05	36.48	0.46	131.51
‘玛斯义陶芬’	249.13	0.87	2.77	1.33	65.63	0.21	53.63
‘日本紫果’	185.42	0.75	2.52	0.70	38.07	0.61	90.55
‘波姬红’	181.58	0.86	5.24	1.44	80.26	0.22	58.83
‘中国紫果’	202.98	0.81	2.48	1.02	78.86	0.22	53.30
‘绿抗 1 号’	207.18	1.04	2.61	0.73	84.58	0.15	41.20
‘B110’	168.93	0.76	3.44	1.21	69.33	0.14	53.07
平均值	208.93	0.86	3.39	1.45	68.16	0.25	62.69
相对标准偏差/%	14.13	10.92	25.98	105.63	24.04	58.59	41.58

表 3 浙江与山东引种无花果无机元素及蛋白质含量比较

Table 3 Comparison on contents of inorganic elements and protein in 11 cultivars of <i>F. carica</i> introduced in Zhejiang and Shandong province					
数据来源	钙/(mg·kg ⁻¹)	锌/(mg·kg ⁻¹)	铜/(mg·kg ⁻¹)	钾/(mg·kg ⁻¹)	蛋白质/(g·100g ⁻¹)
浙江引种无花果	147.15	3.39	0.86	1 420.74	1.55
山东引种无花果 ^[4, 18]	820.07	10.19	0.64	1 302.40	0.15

注: 表中数据为品种的平均值, 以干样计算; 其中山东引种无花果钾、蛋白质含量由参考文献[18]中无花果平均含水量及鲜样钾、蛋白质平均含量换算而来。

2.2 无花果营养及活性成分主成分分析

由于数据间的差距较大且单位不统一, 会造成大数据掩盖小数据使数据信息丢失, 因此首先采用 SPSS 中的 Z 得分法对数据进行标准化预处理, 处理结果如表 4。

表 4 标准化后 11 个无花果品种主要营养及活性成分

Table 4 Main nutrient and active ingredients in 11 cultivars of *F. carica* after standardization of data

品种	成分												
	Z 可溶性糖	Z 粗纤维	Z 粗蛋白	Z 磷	Z 钾	Z 钙	Z 镁	Z 铜	Z 锌	Z 锰	Z 多糖	Z 总黄酮	Z 补骨脂素
‘金傲芬’	0.27	-0.86	-0.68	-0.10	-0.37	-0.48	-1.01	0.37	0.45	-0.47	0.64	-0.56	-0.52
‘美丽亚’	-0.94	1.04	0.62	2.05	2.00	2.31	1.69	1.41	1.31	2.98	0.26	-0.47	-0.60
‘丰产黄’	1.45	-0.91	-1.89	-0.46	-0.73	-0.20	0.00	-0.94	-0.39	-0.37	-0.07	-0.26	-0.16
‘布兰德克’	-0.37	-0.08	1.84	-0.10	-0.24	0.36	0.67	0.13	-0.26	-0.39	0.64	-0.38	-0.38
‘新疆早黄’	0.12	-0.38	-0.38	-0.81	0.08	0.63	0.67	-0.60	0.32	-0.26	-1.93	1.41	2.64
‘玛斯义陶芬’	-1.60	2.53	-0.32	1.33	-0.33	0.63	1.35	0.18	-0.70	-0.08	-0.15	-0.25	-0.35
‘日本紫果’	1.55	0.09	-0.34	0.26	-0.08	-0.20	-0.67	-1.09	-0.98	-0.49	-1.84	2.45	1.07
‘波姬红’	-0.62	-0.35	-0.09	-1.17	0.37	-1.32	-1.01	0.10	2.11	-0.01	0.74	-0.24	-0.15
‘中国紫果’	0.13	-0.71	0.05	-0.81	-0.90	0.08	-0.34	-0.51	-1.03	-0.49	0.65	-0.22	-0.36
‘绿抗 1 号’	-0.83	0.02	1.34	0.62	1.55	-0.76	0.00	2.00	-0.89	-0.47	1.00	-0.71	-0.82
‘B110’	0.85	-0.40	-0.16	-0.81	-1.35	-1.04	-1.35	-1.06	0.06	-0.16	0.07	-0.78	-0.37

对表 4 中可溶性糖、粗纤维及粗蛋白等成分进行主成分分析, 将 13 项成分转化为 Y_1, Y_2, \dots, Y_{13} 共 13 个主成分, 性状的方差代表了该成分在主成分方向上的分散程度, 方差越大, 主成分在样本数据分析中所起的作用越重要。主成分特征值和贡献率见表 5, 前 4 个主成分 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 对于总方差的累计贡献率已达到 85.355%, 超过性状的累计方差贡献率>85%的标准, 代表了全部性状的 85.355%的综合信息, 可确立为主成分。

表 5 13 个主成分的特征值和方差贡献率

Table 5 Eigenvalue and variance contribution rate of each principal component

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%	主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
Y_1	5.480	42.150	42.150	Y_8	0.086	0.664	98.934
Y_2	3.099	23.842	65.992	Y_9	0.074	0.572	99.506
Y_3	1.418	10.909	76.901	Y_{10}	0.064	0.494	100
Y_4	1.099	8.454	85.355	Y_{11}	3.001×10^{-16}	2.309×10^{-15}	100
Y_5	0.731	5.620	90.975	Y_{12}	1.734×10^{-17}	1.334×10^{-16}	100
Y_6	0.575	4.423	95.398	Y_{13}	-1.140×10^{-16}	-8.772×10^{-16}	100
Y_7	0.373	2.872	98.270				

由表 6 成分相关矩阵可知, 决定主成分 Y_1 大小的主要由可溶性糖、粗纤维、磷、钾、钙、镁、铜及锰等营养成分; Y_2 的大小主要有多糖、总黄酮及补骨脂素等活性成分决定; Y_3 的大小主要为锌; Y_4 的主要为粗蛋白。因此 11 个无花果品种的营养及活性成分含量的主成分分析结果既反映了品种之间的营养成分、活性成分的差异情况, 同时也兼顾了无花果的特征成分含量^[18]。

表 6 各主成分相关矩阵

Table 6 Correlation matrix of principal component

指标	主成分				指标	主成分			
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
可溶性糖(X_1)	-0.821	0.144	0.085	-0.151	铜(X_8)	0.845	-0.286	0.039	0.324
粗纤维(X_2)	0.665	0.362	-0.371	-0.167	锌(X_9)	0.234	-0.142	0.893	-0.060
粗蛋白(X_3)	0.558	-0.213	-0.182	0.607	锰(X_{10})	0.728	0.232	0.463	-0.310
磷(X_4)	0.825	0.309	-0.231	-0.163	多糖(X_{11})	0.400	-0.894	-0.033	-0.092
钾(X_5)	0.770	0.135	0.313	0.397	总黄酮(X_{12})	-0.416	0.794	0.014	0.325
钙(X_6)	0.641	0.608	0.038	-0.258	补骨脂素(X_{13})	-0.442	0.757	0.215	0.313
镁(X_7)	0.736	0.511	-0.164	-0.110					

2.3 无花果品种资源综合评价

由于主成分是原性状的线性组合函数,根据相关矩阵特征向量(表7),建立前4个主成分的函数表达式为:

$$Y_1=-0.150X_1+0.121X_2+0.102X_3++0.150X_4+0.140X_5+0.117X_6+0.134X_7+0.154X_8+0.043X_9+0.133X_{10}+0.073X_{11}-0.076X_{12}-0.081X_{13}$$
$$Y_2=0.047X_1+0.117X_2-0.069X_3+0.1X_4+0.044X_5+0.196X_6+0.165X_7-0.092X_8-0.046X_9+0.075X_{10}-0.288X_{11}+0.256X_{12}+0.244X_{13}$$
$$Y_3=0.06X_1-0.262X_2-0.128X_3-0.163X_4+0.221X_5+0.027X_6-0.115X_7+0.027X_8+0.063X_9+0.326X_{10}-0.023X_{11}+0.01X_{12}+0.152X_{13}$$
$$Y_4=-0.137X_1-0.152X_2+0.553X_3-0.149X_4+0.361X_5-0.234X_6-0.1X_7+0.295X_8-0.054X_9-0.282X_{10}-0.084X_{11}+0.296X_{12}+0.284X_{13}$$

表7 相关矩阵特征向量
Table 7 Correlation matrix eigenvector

指标	主成分				指标	主成分			
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
可溶性糖(X ₁)	-0.150	0.047	0.060	-0.137	铜(X ₈)	0.154	-0.092	0.027	0.295
粗纤维(X ₂)	0.121	0.117	-0.262	-0.152	锌(X ₉)	0.043	-0.046	0.630	-0.054
粗蛋白(X ₃)	0.102	-0.069	-0.128	0.553	锰(X ₁₀)	0.133	0.075	0.326	-0.282
磷(X ₄)	0.150	0.100	-0.163	-0.149	多糖(X ₁₁)	0.073	-0.288	-0.023	-0.084
钾(X ₅)	0.140	0.044	0.221	0.361	总黄酮(X ₁₂)	-0.076	0.256	0.010	0.296
钙(X ₆)	0.117	0.196	0.027	-0.234	补骨脂素(X ₁₃)	-0.081	0.244	0.152	0.284
镁(X ₇)	0.134	0.165	-0.115	-0.100					

Y₁~Y₄较好地综合了不同无花果品种的营养及活性成分特征,但单一的主成分难以对各品种的营养及活性成分含量做出综合评价,因此以表4中Y₁~Y₄各主成分的方差贡献率除以四个主成分的方差贡献率之和作为权重,建立无花果品种资源营养及药用成分综合评价模型:

$$Y=0.493\ 8Y_1+0.279\ 3Y_2+0.127\ 8Y_3+0.099\ Y_4$$

根据评价模型,计算11个品种的综合得分值,结果如表8。综合得分排名前6位的品种为‘美丽亚’、‘玛斯义陶芬’、‘新疆早黄’、‘绿抗1号’、‘布兰瑞克’、‘日本紫果’。Y₁分值较高,即营养成分含量较高的前6个品种为‘美丽亚’、‘玛斯义陶芬’、‘绿抗1号’、‘布兰瑞克’、‘波姬红’、‘金傲芬’。Y₂分值较高,即活性成分含量较高的前6个品种为‘新疆早黄’、‘日本紫果’、‘美丽亚’、‘玛斯义陶芬’、‘丰产黄’、‘布兰瑞克’。Y₃较高即锌含量较高的前6个品种为‘波姬红’、‘美丽亚’、‘新疆早黄’、‘金傲芬’、‘B110’及‘丰产黄’。Y₄较高即蛋白质含量较高的前6个品种为‘绿抗1号’、‘新疆早黄’、‘布兰瑞克’、‘日本紫果’、‘波姬红’、‘玛斯义陶芬’。其中‘玛斯义陶芬’无论是营养成分还是活性成分得分都较高,是目前浙江省规模种植的代表品种。‘新疆早黄’作为在我国药用历史较为悠久的无花果品种^[23],其综合分值、活性成分分值、锌分值及蛋白质分值都较高。‘绿抗1号’综合分值较高,蛋白质分值最高,鲜食口感极佳,根据2017年的调查,其在浙江省的栽培面积在13 hm²以上。

表8 11个无花果各主成分分值及综合分值
Table 8 Principal component value and comprehensive value of the tested cultivars

品种	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y	综合排名
‘金傲芬’	-0.325 2	-0.872 1	0.377 3	-0.598 0	-0.415	8
‘美丽亚’	2.185 3	0.752 1	1.411 9	-0.487 9	1.421	1
‘丰产黄’	-0.897 1	-0.034 4	-0.117 7	-1.795 2	-0.645	10
‘布兰瑞克’	0.379 7	-0.396 1	-0.664 9	0.723 1	0.063	5
‘新疆早黄’	-0.625 1	1.727 9	0.795 8	0.853 4	0.360	3
‘玛斯义陶芬’	0.946 3	0.614 5	-1.468 3	-0.217 0	0.430	2
‘日本紫果’	-1.024 5	1.503 7	-0.641 6	0.714 5	-0.097	6
‘波姬红’	-0.182 8	-1.008 4	1.779 2	0.443 1	-0.101	7
‘中国紫果’	-0.450 7	-0.499 1	-0.682 7	-0.520 8	-0.501	9
‘绿抗1号’	0.886 3	-0.997 5	-0.719 8	1.750 1	0.240	4
‘B110’	-0.892 2	-0.790 5	-0.069 2	-0.865 3	-0.756	11

2.4 聚类分析结果

为进一步揭示11个品种4个主成分的差异,采用表8中四个主成分得分对11个无花果品种营养及活性成分进行系统聚类分析,方法为组内连接,结果如图1。按照类间距离远,类中距离近的原则,在类间距13处,11个无花果品种可划分为5类。综合得分第一的‘美丽亚’自成一类。综合得分第三的‘新疆早黄’和综合得分第六的‘日本紫果’在类间距4.00处聚为一类。综合得分第四的‘绿抗1号’及得分第五的‘布兰瑞克’在

类间距 3.33 处首先聚为一类, 再在类间距 10.00 处与得分第二的‘玛斯义陶芬’归为一类。综合排名第七的‘波姬红’自成一类。‘丰产黄’、‘中国紫果’、‘金傲芬’及‘B110’归为一类。

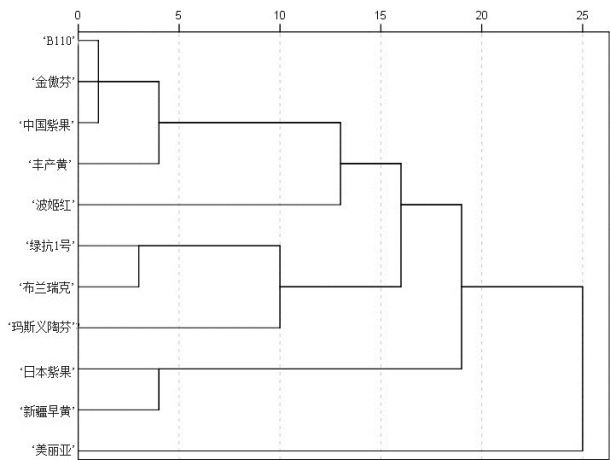


图 1 11 个无花果品种主成分聚类分析结果
Figure 1 Cluster analysis on principal components of 11 cultivars

3 结论与讨论

品种间各指标含量有较大差异。营养成分中差异最大的指标为锰, 相对标准偏差为 105.63%; 其次是粗纤维、粗蛋白、锌含量, 相对标准偏差均在 25%以上。锰含量最高的为‘美丽亚’; 最低的为‘日本紫果’。锰是人体内必需的微量元素之一, 是多种酶的激活剂, 参与体内各种氧化还原过程, 缺锰后部分酶活性降低, 内分泌失调, 免疫功能低下, 而且多数学者认为锰能抑制肿瘤的生长^[23], 我国推荐锰的摄入量为每日 5~10mg, 无花果锰含量较高, 是人体锰的良好来源。粗纤维含量最高的为‘玛斯义陶芬’, 最低的为‘丰产黄’。粗纤维被称为人类的“第七大营养素”, 能帮助肠胃蠕动, 促进食物的消化吸收^[24], 项目组研究发现‘玛斯义陶芬’润肠通便的效果要优于其他品种, 应该与其粗纤维含量高相关, 这有待于下一步深入研究。粗蛋白含量较高的品种有‘布兰瑞克’及‘绿抗 1 号’, 与调查中发现的二者具有香甜口感相符。活性成分品种间差异从大到小依次为总黄酮、补骨脂素、多糖。黄酮能调节身体机能, 清除心血管自由基, 诱导肿瘤细胞凋亡, 高含量黄酮类化合物能修护机体组织, 促进新陈代谢^[25]。总黄酮含量最高的为‘日本紫果’, 为最低的‘B110’的 4.4 倍。补骨脂素具有雌激素样作用, 可调节雌激素受体, 同时还具有抗肿瘤、抗骨质疏松、抗氧化以及保护心血管等类雌激素活性^[26]。补骨脂素含量最高的为‘新疆早黄’131.51 mg·kg⁻¹, 为最低的为‘绿抗 1 号’的 3.2 倍。多糖含量最高的为‘绿抗 1 号’84.58 g·kg⁻¹。活性多糖可刺激免疫活性, 增强网状内皮系统吞噬肿瘤细胞的作用, 促进淋巴细胞转化, 激活 T 细胞和 B 细胞, 并促进抗体的形成^[27]。

因其丰富的营养及活性成分, 近年浙江引种无花果的规模逐渐增大, 据 2016 年浙江省无花果产业协会统计, 全省种植面积有 1 300 多 hm²。对比结果显示浙江引种无花果钙及锌含量分别仅为山东引种无花果的 2/11 及 1/3, 而蛋白质含量为山东的 10.3 倍, 说明浙江引种无花果在适应环境条件的同时, 自身营养价值也发生了改变, 同时说明利用栽培措施进行精准定向栽培具有可行性。

通过对 11 个无花果品种的营养及活性成分的主成分分析, 得到营养成分、活性成分、锌、蛋白质 4 个主成分, 代表了无花果营养及活性指标的 85.355% 的综合信息。11 个无花果品种根据其主成分分值进行综合得分排序, 综合分值最高的为‘美丽亚’(1.421), 分值最低的为‘B110’(-0.756), 表明供试无花果品种资源的营养及活性成分含量具有明显差异。

对 4 个主成分分值进行系统聚类分析, 11 个无花果品种可分为 5 类。主成分分析综合得分第一的‘美丽亚’自成一类, 其磷、钾、钙、镁、铜、锰及粗纤维含量都处于较高的水平。综合得分第三的‘新疆早黄’和综合

得分第六的‘日本紫果’在类间距 4.00 处聚为一类,二者具有相近的活性成分和蛋白质含量。综合得分第四的‘绿抗 1 号’及得分第五的‘布兰瑞克’因锌含量接近在类间距 3.33 处首先聚为一类,再在类间距 10.00 处与得分第二的‘玛斯义陶芬’在归为一类。‘绿抗 1 号’与‘布兰瑞克’主成分 Y_3 得分接近,同时与‘玛斯义陶芬’的 Y_1 得分接近。综合得分第七的‘波姬红’自成一类,其 Y_3 得分在 11 个品种中为最高。剩余的 4 个品种归为一类,其中类间距最小的为‘中国紫果’,‘B110’,‘金傲芬’,三者在 1.0 处聚为一类,在营养成分、活性成分及蛋白质含量方面均具有相近的含量。聚类结果并未按主成分分析的综合评分结果从高到低分类,说明主成分的聚类分析是主成分分析的补充,揭示品种间营养及活性成分的差异及相近性。

‘美丽亚’在营养及活性成分方面具有综合优势,也是营养成分分值最高的品种。‘新疆早黄’活性成分分值最高,与无花果在新疆维吾尔族民间的广泛传统药用相符^[28]。蛋白质含量最高的为‘绿抗 1 号’,符合其鲜食口感香甜的特征。聚类分析中浙江省栽培面积较大的‘玛斯义陶芬’和‘绿抗 1 号’聚为一类,二者具有极为相近的营养成分,而活性成分、锌及蛋白质差别明显,一方面是品种自身的特性决定,另一方面原因应该是两个品种的营养成分与土壤立地条件具有相关性,同一立地条件及统一的栽培管理技术,使得二者具有相近的营养成分,后续将进一步通过田间试验进行深入研究,以期两个品种精准化栽培提供技术数据。

参考文献:

- [1] 黄丹丹,张吟.无花果药用价值研究进展[J].海峡药学,2013,25(12):50-53.
- [2] 浙江植物志编辑委员会.浙江植物志(第二卷)[M].杭州:浙江科学技术出版社,1992,89-90.
- [3] 马会勤.从无花果产业看中国特色农业发展之路[J].中国农村科技,2015(2):32-33.
- [4] 孙锐,贾明,杨莉,等.山东引种无花果氨基酸及矿物元素成分分析与评价[J].食品工业科技,2015,36(19):352-357.
- [5] 姜卫兵.无花果主要品种介绍[J].山西果树,1990(4):27-32.
- [6] 曹尚银.无花果无公害高效栽培[M].北京:金盾出版社,2003,20-36.
- [7] 刘亚群,王燕飞,段柳会,等.浙江省无花果种质资源亲缘关系的 SRAP 分析评价[J].浙江林业科技,2017,37(5):23-28.
- [8] 黎庆斌.无花果育苗及丰产栽培技术[J].花卉,2019(2):17-18.
- [9] 刘亚群,韩素芳,张飞英,等.不同无花果品种大田扦插的生长特性研究[J].浙江林业科技,2016,36(6):8-13.
- [10] 贺佳勇,陈敬坤,彭惠玲,等.斯特拉无花果引种与栽培技术初报[J].中国南方果树,2018,47(1):146-148.
- [11] 李军,王海荣,安淼,等.无花果多糖的提取及分离纯化技术[J].山西农业科学,2018,46(7):1110-1113.
- [12] 潘悠优,花佩,王允祥,等.无花果多糖的提取、分离纯化及生物活性的研究进展[J].食品科学,2016,37(17):289-295.
- [13] 刘焕燕,郑光耀,王衍彬,等.基于 BP 神经网络的微波辅助提取无花果黄酮工艺优化[J].食品工业科技,2017,38(19):197-203.
- [14] 张锦华,徐蔓,白宝清,等.响应面法优化提取无花果干果中多酚和总黄酮物质及其抗氧化活性[J].食品工业科技,2018,39(16):183-212.
- [15] 叶文斌.无花果多糖提取工艺及其功能研究[J].甘肃农业大学学报,2016,51(3):140-149.
- [16] 古丽尼沙·卡斯木,木合塔尔·扎热,张东亚,等.基于因子分析的无花果引进品种果实品质性状综合评价[J].食品科学,2018,39(1):99-104.
- [17] 李金平,段立,张文,等.六个普通型无花果新品种在北京日光温室的引种评价[J].北方园艺,2014(22):48-52.
- [18] 孙锐,孙蕾,贾明,等.山东引种无花果品种营养成分分析[J].经济林研究,2014,32(4):63-67.
- [19] 赵勇,赵培方,胡鑫,等.基于农艺性状分级对 317 份甘蔗种质资源的评价[J].中国农业科学,2019,52(4):602-615.
- [20] 孟旭晖,王俯,戚俐,等.柞蚕主要性状主成分聚类分析与综合评价[J].北方蚕业,2018,39(3):1-13.
- [21] 杨塞,肖亮,王钻,等.南荻种质农艺及品质性状主成分聚类分析与综合评价[J].中国草地学报,2016,38(3):26-33.
- [22] 龚琴丹,陈宗良,陈桂茜.HPLC 法测定仙灵骨葆胶囊中川续断皂苷 VI、补骨脂素及异补骨脂素[J].中草药,2016,47(3):2868-2870.
- [23] 苏斌,李青仁,李春梅,等.微量元素锰与人体健康[J].世界元素医学,2008,15(4):17-20.
- [24] 蔡飞,王阳,等.膳食纤维对人体健康的影响[J].中外食品工业,2014,(11):52.
- [25] 邓斌.有益身心的类黄酮[J].大众医学,2010,(8):40-41.
- [26] 李虎斌,宋忠臣.补骨脂素的植物雌激素样作用研究进展[J].上海交通大学学报(医学版),2019,39(2):203-206.
- [27] 颜道民,尹金晶,唐晋文,等.无花果中功能性成分研究与应用进展[J].广州化工,2019,47(11):20-23.
- [28] 艾沙江·阿不都沙拉木,杨培,买买提江·吐尔逊,等.无花果在阿图什维吾尔族民间的传统应用的调查研究[J].植物分类与资源学报,2015,37(2):214-220.