

王洋, 汪兰, 李怡诺, 等. 基于主要功能成分含量的不同品种枇杷叶评价 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(14): 93–98. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120028

WANG Yang, WANG Lan, LI Yinuo, et al. Evaluation of Loquat Leaves of Different Varieties Based on the Content of Main Functional Components [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(14): 93–98. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120028

· 研究与探讨 ·

# 基于主要功能成分含量的 不同品种枇杷叶评价

王 洋, 汪 兰, 李怡诺, 庞同汇, 包俊文, 鲁周民\*

(西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 为探明不同品种枇杷叶中主要功能成分含量差异, 给枇杷叶的加工利用提供理论参考, 以生长在陕南安康的 14 个品种枇杷叶为材料, 通过测定总黄酮、总酚、三萜酸、多糖、维生素 C 等主要成分含量以及 ABTS 阳离子自由基清除率和 FRAP 值指标, 并运用主成分分析法对枇杷叶品质进行综合评价。结果表明: ‘佳伶’、‘培优’和‘麦后黄’叶片中总黄酮、总酚和三萜酸含量较高, 抗氧化活性较强, 具有更好的药用价值和功能性。‘西农枇杷 2 号’和‘津云’叶片中多糖和维生素 C 含量较高, 具有较好的营养价值。主成分分析评价结果, 综合排名前三的品种依次为‘佳伶’、‘麦后黄’、‘培优’。

**关键词:** 陕南安康, 枇杷叶, 功能成分, 品质, 主成分分析

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)14-0093-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120028

## Evaluation of Loquat Leaves of Different Varieties Based on the Content of Main Functional Components

WANG Yang, WANG Lan, LI Yinuo, PANG Tonghui, BAO Junwen, LU Zhoumin\*

(College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** In order to explore the difference of main functional components in leaves of different varieties of loquat, theoretical reference was provided for the grafting utilization of loquat leaves. The leaves of 14 loquat cultivars growing in Ankang, southern Shaanxi Province were used as materials to evaluate the quality of loquat leaves by measuring the contents of total flavonoids, total phenols, triterpenoid acids, polysaccharides, vitamin C, ABTS cations free radical scavenging rate and FRAP value. The results showed that, the leaves of ‘Jialing’, ‘Peiyou’ and ‘Maihouhuang’ had higher contents of total flavonoids, total phenols and triterpenoid acids, stronger antioxidant activity, and better medicinal value and function. The content of polysaccharide and vitamin C in the leaves of ‘Xinong Loquat 2’ and ‘Jinyun’ were higher, which had better nutritional value. The results of principal component analysis showed that the top three varieties were ‘Jialing’, ‘Maihouhuang’ and ‘Peiyou’.

**Key words:** Ankang in southern Shaanxi; loquat leaf; functional ingredients; quality; principal component analysis

枇杷 (*Eriobotrya japonica* Lindl.) 叶味苦、性平无毒<sup>[1]</sup>, 有抗病毒<sup>[2]</sup>、抗炎<sup>[3]</sup>、止咳化痰、抗肺纤维化、抗氧化和衰老、降血糖和血脂等作用<sup>[4]</sup>, 是一味传统中药材, 2014 年批准成为新食品原料, 药食兼用<sup>[5]</sup>。

目前, 有关枇杷叶功能成分及药理作用的研究成为本领域研究热点。研究表明, 叶中总黄酮成分能较好的抑制大肠杆菌和枯草芽孢杆菌的繁殖<sup>[6]</sup>, 三萜酸类物质具有抗氧化<sup>[7]</sup>、抗肿瘤<sup>[8-9]</sup>、降血脂<sup>[10]</sup>、止咳化痰、

收稿日期: 2020-12-04

基金项目: 财政部“以大学为依托的农业科技推广模式建设”项目 (XTG2020014)。

作者简介: 王洋 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 经济林产品加工利用, E-mail: 2466877875@qq.com。

\* 通信作者: 鲁周民 (1966-), 男, 硕士, 研究员, 研究方向: 经济林栽培及产品加工利用与技术推广, E-mail: lzm@nwsuaf.edu.cn。

抑制细菌<sup>[11]</sup> 以及良好的免疫调节作用, 能提高机体免疫能力<sup>[12-14]</sup>。以枇杷叶为原料提取的三萜酸具有抵御 EBVEA 肿瘤病毒的能力, 其中 2a,19a-二羟基-3-O-乌苏酸单体具有抑制 HIV 病毒活性的作用<sup>[15]</sup>, 提取物科罗索酸有降血糖和调血脂作用<sup>[16]</sup>, 熊果酸具有抗炎、抗肿瘤、抑菌、抗 HIV 病毒、抗疟疾等生理活性<sup>[17]</sup>。枇杷叶多糖在抗氧化、抗疲劳和免疫调节上有一定功效<sup>[18-19]</sup>。目前有关枇杷叶药理作用研究的文献几乎为采自某处经鉴定的枇杷叶, 而针对不同品种枇杷叶的主要功能成分含量比较研究鲜见报道, 关于生长在同一地区的不同品种枇杷叶间功能成分含量差异尚不清楚。

作为加工食品、保健品或中药材的植物原料, 其质量优劣取决于原料中关键成分的含量, 进而影响加工成品的品质。在植物生长过程中, 功能成分含量除了受环境条件影响, 在很大程度上受其本身遗传因子的影响<sup>[20]</sup>。不同品种枇杷叶中存在较为明显的遗传分化现象, 对枇杷叶中熊果酸、齐墩果酸含量有明显影响<sup>[21]</sup>。为探明枇杷叶中主要功能成分含量在不同品种间的差异, 以生长在陕南安康地区的 14 个品种枇杷叶为材料, 分析测定了主要功能成分含量及抗氧化活性, 并采用相关性分析和主成分分析法进行综合评价, 旨在为枇杷叶开发利用中的品种选取提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

枇杷叶 品种为‘津云’、‘西农枇杷 2 号’、‘ADVANCE’、‘白茂木’、‘福原早生’、‘森本’、‘长崎早生’、‘长生早生’、‘瑞穗’、‘大五星’、‘麦后黄’、‘佳伶’、‘培优’、‘马克’, 其中‘大五星’、‘佳伶’、‘培优’和‘马克’为 7a 生, 其余品种为 18a 生, 采自西北农林科技大学安康北亚热带经济林果树试验示范站; 水溶性 V<sub>E</sub>(Trolox)(色谱纯) 美国 Sigma 公司; 过硫酸钾、三氯化铁、福林-酚试剂、苯酚、浓硫酸、冰醋酸、浓盐酸、高氯酸、香草醛、氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸铝、碳酸钠、三水合醋酸钠、无水乙醇、维生素 C、葡萄糖、熊果酸、没食子酸、芦丁、2,2'-联氮-双-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline6-sulfonic acid) diammonium salt, ABTS)、三吡啶基三嗪(trypyridyltriazine, TPTZ) 均为分析纯。

DGG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱 上海森信实验仪器有限公司; KH-500DE 型数控超声清洗器

昆山禾创超声仪器有限公司; LS 220SCS 型电子天平 瑞士普利赛斯公司; H1850 型台式高速离心机 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司; JYL-C022 型料理机 九阳集团; UHH-S4 型恒温水浴锅

北京科伟永兴仪器有限公司; UV-1240 型紫外-可见分光光度计 日本岛津公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 样品提取方法 2019 年 5 月底, 每个品种选取生长健康的 3 棵树, 在外围枝条下端采集老叶, 每个枝条采 1 片叶, 每个品种共采集 30 片, 运回实验室洗净、阴干, 粉碎至 80 目, 保存备用。准确称取样品 0.500 g 样品 2 份, 1 份用 30.0 mL 70% 乙醇溶液提取, 离心取上清液用于总酚、总黄酮、总三萜酸、ABTS 阳离子自由基清除率和 FRAP 值的测定, 另 1 份用 25.0 mL 蒸馏水提取, 离心取上清液用于多糖和维生素 C 的测定。共三次重复。

1.2.2 指标测定方法 多糖含量测定采用苯酚-硫酸法<sup>[22-23]</sup>。维生素 C 含量测定采用紫外分光光度法, 参考文献<sup>[24-25]</sup>中方法。总黄酮含量的测定采用硝酸铝-氢氧化钠显色法<sup>[26]</sup>; 总酚含量的测定采用福林-酚法<sup>[27-28]</sup>; 三萜酸含量的测定采用香草醛-冰醋酸法<sup>[29]</sup>。抗氧化活性指标 ABTS 阳离子自由基清除率和 FRAP 值的测定参考文献<sup>[30-32]</sup>中的方法。

### 1.3 数据处理

采用 Excel、SPSS 26.0 软件与 Origin 2019 软件进行统计分析, 结果用平均值±标准差(SD)表示, 并进行单因素方差分析(ANOVA),  $P<0.05$  具有统计学意义。采用相关性分析、主成分分析法、聚类热图进行枇杷叶的综合品质评价。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种枇杷叶主要成分含量分析结果

对 14 个品种枇杷叶总黄酮、总酚、三萜酸、多糖、维生素 C 含量的测定结果见表 1。可以看出, 不同品种枇杷叶中总黄酮、总酚、三萜酸含量均存在差异。‘佳伶’的叶片中总黄酮、总酚含量最高, 分别为 141.80 和 62.50 mg/g, ‘长生早生’叶片中总黄酮、总酚含量最低, 分别为 108.66 和 47.43 mg/g。‘培优’叶片中三萜酸含量最高, 为 114.18 mg/g, ‘佳伶’和‘麦后黄’次之, ‘长生早生’叶片中三萜酸含量最低, 为 71.61 mg/g。由表 1 中结果可知, ‘佳伶’、‘培优’和‘麦后黄’3 个品种枇杷叶中, 总黄酮、总酚和三萜酸含量明显高于其他品种, 因此, ‘佳伶’、‘培优’和‘麦后黄’3 个品种的枇杷叶具有更好的药用价值和功能性。

多糖和维生素 C 含量在不同品种枇杷叶中均存在差异。‘西农枇杷 2 号’叶片中多糖含量高于其他品种( $P<0.05$ ), 为 85.36 mg/g, ‘津云’次之, 为 79.19 mg/g, ‘长崎早生’最低, 含量为 51.66 mg/g。‘培优’叶片中维生素 C 含量最高, 为 2.37 mg/g, ‘西农枇杷 2 号’和‘津云’次之, 3 个品种叶片中维生素 C 含量明显高于其它品种。‘ADVANCE’叶片中维生素 C 含量最低, 为 1.38 mg/g。从对不同品种枇杷叶中多糖和维生素 C 含量分析结果可知, ‘西农枇杷 2 号’、‘培优’和‘津云’中多糖和维生素 C 含量显著高于其他品种, 具有较好的营养价值。

表 1 不同品种枇杷叶中总黄酮、总酚、三萜酸、多糖、维生素 C 含量(mg/g)

Table 1 Contents of total flavonoids, total phenols, triterpenoid acids, polysaccharide and vitamin C in loquat leaves of different varieties (mg/g)

品种	总黄酮含量	总酚含量	三萜酸含量	多糖含量	维生素C含量
津云	114.08±4.06 <sup>ef</sup>	50.96±4.37 <sup>ef</sup>	74.72±1.78 <sup>de</sup>	79.19±3.98 <sup>ab</sup>	2.26±0.30 <sup>a</sup>
西农枇杷2号	118.19±2.56 <sup>de</sup>	51.46±2.95 <sup>ef</sup>	76.71±2.85 <sup>cde</sup>	85.36±5.50 <sup>a</sup>	2.33±0.43 <sup>a</sup>
ADVANCE	118.02±2.86 <sup>de</sup>	52.37±3.40 <sup>def</sup>	76.54±2.39 <sup>cde</sup>	58.90±4.65 <sup>def</sup>	1.38±0.06 <sup>d</sup>
白茂木	129.04±3.23 <sup>bc</sup>	57.48±5.15 <sup>abcd</sup>	84.43±0.36 <sup>c</sup>	75.99±6.00 <sup>abc</sup>	2.16±0.25 <sup>ab</sup>
福原早生	134.13±3.97 <sup>ab</sup>	59.87±0.46 <sup>ab</sup>	79.82±2.02 <sup>cde</sup>	67.61±5.23 <sup>cd</sup>	1.98±0.31 <sup>abcd</sup>
森本	129.07±3.94 <sup>bc</sup>	54.19±2.23 <sup>bcde</sup>	82.26±4.69 <sup>cd</sup>	62.86±2.79 <sup>de</sup>	1.39±0.02 <sup>d</sup>
长崎早生	122.10±2.08 <sup>cde</sup>	52.01±3.66 <sup>def</sup>	78.24±3.76 <sup>cde</sup>	51.66±3.04 <sup>f</sup>	1.40±0.16 <sup>cd</sup>
长生早生	108.66±3.91 <sup>f</sup>	47.43±2.67 <sup>f</sup>	71.61±2.43 <sup>e</sup>	54.60±2.48 <sup>ef</sup>	2.14±0.34 <sup>abc</sup>
瑞穗	134.17±8.65 <sup>ab</sup>	61.99±2.40 <sup>a</sup>	81.98±6.00 <sup>cd</sup>	63.51±5.27 <sup>de</sup>	2.10±0.70 <sup>abcd</sup>
大五星	126.78±7.41 <sup>bcd</sup>	53.38±3.74 <sup>cde</sup>	79.88±1.85 <sup>cde</sup>	58.26±6.65 <sup>def</sup>	1.80±0.15 <sup>abcd</sup>
麦后黄	140.04±5.54 <sup>a</sup>	61.43±1.62 <sup>a</sup>	109.29±7.00 <sup>ab</sup>	67.64±4.37 <sup>cd</sup>	1.92±0.38 <sup>abcd</sup>
佳伶	141.80±5.08 <sup>a</sup>	62.50±1.78 <sup>a</sup>	111.93±5.71 <sup>a</sup>	63.28±4.83 <sup>de</sup>	1.99±0.69 <sup>abcd</sup>
培优	141.49±2.59 <sup>a</sup>	59.58±1.03 <sup>ab</sup>	114.18±7.40 <sup>a</sup>	75.29±0.60 <sup>bc</sup>	2.37±0.39 <sup>a</sup>
马克	128.95±2.73 <sup>bc</sup>	58.47±0.13 <sup>abc</sup>	101.11±7.74 <sup>b</sup>	54.61±5.55 <sup>ef</sup>	1.47±0.09 <sup>bcd</sup>

注: 同列中不同小写字母代表差异显著( $P<0.05$ )。表2同。

## 2.2 不同品种枇杷叶抗氧化活性分析结果

对 14 个品种枇杷叶的抗氧化指标测定结果见表 2。可以看出, 对 ABTS 阳离子自由基清除率和

表 2 不同品种枇杷叶抗氧化性

Table 2 Antioxidant capacity of loquat leaves of different varieties

品种	ABTS阳离子自由基清除率(%)	FRAP(μmol/L)
津云	12.00±0.97 <sup>a</sup>	61.21±5.72 <sup>de</sup>
西农枇杷2号	11.03±0.35 <sup>ab</sup>	62.68±2.24 <sup>cde</sup>
ADVANCE	10.37±0.43 <sup>ab</sup>	57.41±3.09 <sup>de</sup>
白茂木	10.80±0.54 <sup>ab</sup>	62.08±4.29 <sup>cde</sup>
福原早生	12.06±0.64 <sup>a</sup>	64.10±1.50 <sup>cde</sup>
森本	12.26±2.09 <sup>a</sup>	67.26±3.82 <sup>cd</sup>
长崎早生	9.54±1.36 <sup>b</sup>	60.10±4.79 <sup>de</sup>
长生早生	9.58±0.79 <sup>b</sup>	56.23±2.24 <sup>e</sup>
瑞穗	11.68±1.04 <sup>a</sup>	65.79±5.86 <sup>cde</sup>
大五星	11.23±1.25 <sup>ab</sup>	65.62±9.39 <sup>cde</sup>
麦后黄	12.29±0.83 <sup>a</sup>	79.84±3.00 <sup>ab</sup>
佳伶	11.71±0.77 <sup>a</sup>	84.76±9.54 <sup>a</sup>
培优	10.72±0.26 <sup>ab</sup>	72.18±3.26 <sup>bc</sup>
马克	10.65±0.91 <sup>ab</sup>	67.42±3.03 <sup>cd</sup>

FRAP 值在不同品种枇杷叶中存在差异。‘麦后黄’枇杷叶对 ABTS 阳离子自由基清除率最高, 达到 12.29%, ‘森本’和‘福原早生’次之, 3 个品种枇杷叶对 ABTS 阳离子自由基清除率显著高于‘长崎早生’和‘长生早生’( $P<0.05$ ), ‘长崎早生’的清除率最低, 仅达到 9.54%。FRAP 值以‘佳伶’最高, 达到 84.76  $\mu\text{mol/L}$ , ‘麦后黄’次之, 2 个品种 FRAP 值显著高于其他品种 ( $P<0.05$ ), 而以‘长生早生’的 FRAP 值最低, 为 56.23  $\mu\text{mol/L}$ 。结合表 1 结果, 对 ABTS 阳离子自由基清除率以及 FRAP 值高的品种, 黄酮、总酚、三萜酸含量也较高。这与廖圆圆等<sup>[33]</sup>、付晓丹等<sup>[34]</sup>对枇杷中总黄酮、总酚的体外抗氧化性能研究结果一致; 与戴云等<sup>[35]</sup>对三萜酸与抗氧化性能研究结果一致。

## 2.3 相关性分析

对 14 个品种枇杷叶主要成分含量以及抗氧化性能 7 个指标进行相关性分析, 结果见表 3 所示。可以看出, 在枇杷叶中总黄酮、总酚和三萜酸含量 3 个指标间呈现极显著的正相关关系( $P<0.01$ ), 表明在这 3 个指标数据含量间关联性较大。枇杷叶中多糖和维生素 C 含量呈现极显著的正相关关系( $P<0.01$ ),

表 3 各测定指标相关性分析

Table 3 Correlation analysis of each measurement index

指标	总黄酮含量	总酚含量	三萜酸含量	多糖含量	维生素C含量	ABTS <sup>+</sup> 清除率	FRAP值
总黄酮含量	1						
总酚含量	0.938 <sup>**</sup>	1					
三萜酸含量	0.820 <sup>**</sup>	0.743 <sup>**</sup>	1				
多糖含量	0.079	0.086	0.062	1			
维生素C含量	0.068	0.109	0.107	0.733 <sup>**</sup>	1		
ABTS <sup>+</sup> 清除率	0.500	0.522	0.246	0.413	0.160	1	
FRAP值	0.835 <sup>**</sup>	0.763 <sup>**</sup>	0.878 <sup>**</sup>	0.095	0.116	0.539 <sup>*</sup>	1

注: \*表示相关性显著( $P<0.05$ ); \*\*表示相关性极显著( $P<0.01$ )。

相关系数为 0.733。FRAP 值表示枇杷叶对铁离子的还原力, 数值越大表明抗氧化能力越强。结果表明, FRAP 值与枇杷叶总黄酮含量、总酚含量、三萜酸含量呈现极显著的正相关关系( $P<0.01$ ), 相关系数分别为 0.835、0.763、0.878; ABTS 阳离子自由基清除率和 FRAP 值呈现显著的正相关关系( $P<0.05$ ), 相关系数为 0.539。表明枇杷叶的抗氧化活性主要来源于总黄酮、总酚和三萜酸 3 种成分的含量。

## 2.4 主成分分析结果

对 14 个品种枇杷叶样本 5 个主要成分和 2 种抗氧化值共 7 个功能指标进行主成分分析, 结果见表 4、表 5。

表 4 主成分特征值及方差贡献率

Table 4 Eigenvalue and variance contribution rates

主成分	特征值	方差贡献率(%)	累计方差贡献(%)
1	3.850	55.003	55.003
2	1.761	25.150	80.154
3	0.763	10.896	91.049
4	0.316	4.515	95.565
5	0.217	3.100	98.665
6	0.053	0.753	99.418
7	0.041	0.582	100.000

表 5 因子负荷矩阵

Table 5 Component matrix

指标	主成分		主成分(旋转后)	
	1	2	1	2
总黄酮含量(mg/g)	0.945	-0.185	0.962	0.035
总酚含量(mg/g)	0.916	-0.143	0.924	0.071
三萜酸含量(mg/g)	0.864	-0.207	0.889	-0.004
多糖含量(mg/g)	0.254	0.912	0.038	0.945
维生素C含量(mg/g)	0.228	0.853	0.027	0.883
ABTS 阳离子自由基清除率(%)	0.633	0.292	0.549	0.429
FRAP(μmol/L)	0.925	-0.136	0.932	0.079

根据特征值大于 1.0 的原则, 提取前 2 个主成分, 其累计贡率 80.154%, 这 2 个指标可以表现原有指标的大部分信息。其因子负荷矩阵和旋转后因子载荷矩阵见表 5。

旋转后第 1 主成分(PC1)主要受总黄酮、总酚和三萜酸含量以及 FRAP 值的正向影响, 即 PC1 越大, 以上指标越大; 第 2 主成分(PC2)主要受多糖、维生素 C 的正向影响。

按照 2 个主成分的大小依次排序, 可以比较直观地判断出每个因子在各品种中的重要性。根据主成分归类, 计算 14 个品种枇杷叶的综合得分, 结果见表 6。

可以看出, 14 个枇杷品种中因子 PC1 得分前 3 名排序为‘佳伶’>‘麦后黄’>‘培优’; 因子 PC2 得分前 3 名排序为‘西农枇杷 2 号’>‘津云’>‘白茂木’。

主成分综合方程:  $F_{\text{综}}=0.55F_1+0.25F_2$ 。在主成分分析得出的结果的基础上, 根据主成分综合得分方

表 6 不同品种枇杷叶品质预测评价结果  
Table 6 Prediction and evaluation results of loquat leaf quality of different varieties

品种	F1(排名)	F2(排名)	F <sub>综</sub>	综合排名
津云	-1.19 (11)	2.24 (2)	-0.09	8
西农枇杷2号	-1.04 (10)	2.45 (1)	0.05	7
ADVANCE	-2.15 (12)	-1.15 (12)	-1.47	12
白茂木	-0.02 (8)	1.09 (3)	0.27	6
福原早生	0.71 (5)	0.42 (5)	0.50	5
森本	0.01 (7)	-0.77 (11)	-0.19	9
长崎早生	-2.16 (13)	-1.89 (14)	-1.67	13
长生早生	-3.37 (14)	0.04 (7)	-1.84	14
瑞穗	0.94 (4)	0.17 (6)	0.56	4
大五星	-0.64 (9)	-0.52 (9)	-0.48	11
麦后黄	2.99 (2)	-0.25 (8)	1.58	2
佳伶	3.31 (1)	-0.71 (10)	1.64	1
培优	2.27 (3)	0.76 (4)	1.44	3
马克	0.33 (6)	-1.88 (13)	-0.29	10

程计算不同品种枇杷叶的综合得分。综合排名从 1 到 14 的品种依次为‘佳伶’、‘麦后黄’、‘培优’、‘瑞穗’、‘福原早生’、‘白茂木’、‘西农枇杷 2 号’、‘津云’、‘森本’、‘马克’、‘大五星’、‘ADVANCE’、‘长崎早生’、‘长生早生’。

## 2.5 聚类热图分析结果

根据 14 个品种枇杷叶 7 个指标的测定数据, 通过聚类分析, 得出聚类热图, 见图 1。由图 1 可见 14 个品种枇杷叶 7 项指标呈现出一定的聚类性特征, 在欧氏距离 2 处指标可以划分为 2 类: 第 I 类为总黄酮、总酚、三萜酸、FRAP 值、ABTS 阳离子自由基清除率, 为主要功能性指标, 5 项指标相关性较强。第 II 类为多糖、维生素 C, 为主要营养成分指标。在欧氏距离 1 处可以将 14 个品种枇杷叶划分为 4 类: 第 I 类为‘培优’、‘佳伶’、‘麦后黄’; 第 II 类为‘长生早生’; 第 III 类为‘马克’、‘大五星’、‘森本’、‘长崎早生’、‘ADVANCE’; 第 IV 类为‘瑞穗’、‘福原早生’、‘白茂木’、‘西农枇杷 2 号’、‘津云’。聚类结果与主成分分析结果、相关性分析结果基本一致。

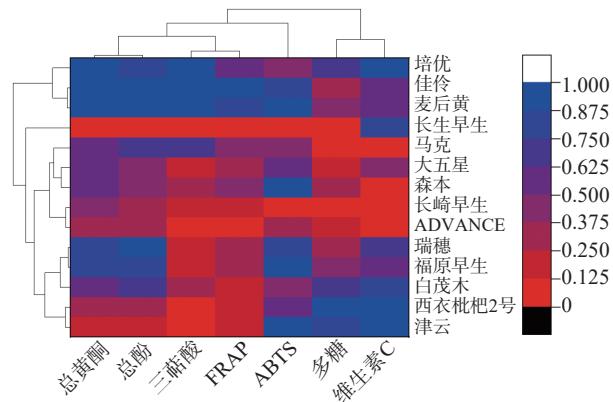


图 1 14 个品种枇杷叶 7 项指标聚类热图  
Fig.1 Clustering heat map of 7 indices of 14 cultivars loquat leaves

### 3 讨论与结论

枇杷叶作为食品原料及药材, 主要成分含量决定其品质优劣, 进而影响到加工食品及成品药的质量。有研究表明, 作为主要功能成分的三萜酸及总黄酮, 在枇杷叶中含量仅次于枇杷花<sup>[36]</sup>, 因此, 枇杷叶有极高的加工利用价值。影响枇杷叶中主要功能成分含量的因素主要有自身遗传因子和生态环境因子 2 大类, 本试验材料选取于在相同环境条件下生长的叶片, 主要研究遗传因子的影响, 比较不同品种间的差异。研究结果显示, 在不同品种间, 主要功能成分含量存在差异; 其中黄酮、总酚、三萜酸及 FRAP 值 4 个指标相互之间呈现极显著正相关关系( $P<0.01$ ), ABTS 阳离子自由基清除率和 FRAP 值之间呈显著正相关关系( $P<0.05$ ), 这与文献 [33–34] 中对枇杷总黄酮、总酚的体外抗氧化研究结果一致; 与戴云等<sup>[35]</sup>对三萜酸与抗氧化研究结果一致。

现代药理研究证明, 枇杷叶中黄酮类和三萜酸类成分是止咳化痰、抗氧化、抗菌作用的主要成分, 直接影响枇杷叶食品及药材品质<sup>[37]</sup>。植物多酚具有抗氧化、抗衰老、抗癌症、抗病毒、抗心脑血管疾病等多种功能<sup>[38]</sup>。对 14 个品种的试验结果表明, ‘佳伶’、‘麦后黄’和‘培优’3 个品种叶片中总黄酮、总酚和三萜酸含量明显高于其他多数品种, 综合排在前三名。这一结果与霍宇航等<sup>[39]</sup>针对 6 个枇杷品种的研究结果存在偏差, 这主要可能是由于在采样时间、采样叶位选取以及检测指标体系不同引起。

对 14 个品种枇杷叶的综合评价结果表明, 综合排名依次为‘佳伶’、‘麦后黄’、‘培优’、‘瑞穗’、‘福原早生’、‘白茂木’、‘西农枇杷 2 号’、‘津云’、‘森本’、‘马克’、‘大五星’、‘ADVANCE’、‘长崎早生’、‘长生早生’。其中‘佳伶’、‘麦后黄’和‘培优’3 个品种枇杷叶中总黄酮、总酚和三萜酸含量较高, 抗氧化活性较强, 品质更好, 具有更好的药用价值和功能性。‘西农枇杷 2 号’和‘津云’2 个品种叶片中多糖、维生素 C 含量较高, 具有较好的营养价值。研究结果对于枇杷叶在不同类型产品加工利用时的品种选取具有一定参考。

### 参考文献

- [1] 叶长平, 商洪涛. 关于单味中药枇杷叶研究的思考 [J]. 中医临床研究, 2018, 10(16): 8–10.
- [2] Tian Xuyan, Tang Lipeng, Wei Fengjiao, et al. Pentacyclic triterpene compounds from loquat leaves reduce skin inflammation and epidermal hyperplasia in psoriasis via inhibiting the Th17 cells [J]. Molecular Immunology, 2021, 132: 11.
- [3] 胡蔚, 李嵐. 枇杷叶提取物对卵清蛋白诱导的哮喘小鼠气道炎症和气道重塑的影响 [J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(1): 20–27.
- [4] 肖旭坤, 王翰华, 阮洪生. 枇杷叶化学成分和药理活性研究进展 [J]. 中医药导报, 2019, 25(21): 60–66.
- [5] 卿樱露, 孔钰婷, 何丹, 等. 新食品原料——枇杷叶研发现状与展望 [J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(1): 145–148.
- [6] 陈军, 赵立, 李雅洁. 枇杷叶总黄酮的超声波辅助提取及其抑菌效果研究 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52(10): 2383–2385, 2388.
- [7] Kou X H, Chen Q, Li X H, et al. Quantitative assessment of bioactive compounds and the antioxidant activity of 15 jujube cultivars [J]. Food Chemistry, 2015, 173: 1037–1044.
- [8] Qiao A M, Wang Y H, Xiang L M, et al. Triterpenoids of sour jujube show pronounced inhibitory effect on human tumor cells and antioxidant activity [J]. Fitoterapia, 2014, 98: 137–142.
- [9] Xiao S L, Tian Z Y, Wang Y F, et al. Recent progress in the antiviral activity and mechanism study of pentacyclic triterpenoids and their derivatives [J]. Medicinal Research Reviews, 2018, 38(3): 951–976.
- [10] Wang Z H, Hsu C C, Huang C N, et al. Anti-glycative effects of oleanolic acid and ursolic acid in kidney of diabetic mice [J]. European Journal of Pharmacology, 2010, 628(1): 255–260.
- [11] 罗吉庆, 张永杰, 江丽慧, 吴艾频, 夏敏. 枇杷营养价值和功能价值的应用研究 [J]. 农产品加工, 2021(4): 83–87.
- [12] Li Feng, Li Yijia, Li Qingxian, et al. Eriobotrya japonica leaf triterpenoid acids ameliorate metabolic syndrome in C57BL/6J mice fed with high-fat diet [J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2020, 132: 1.
- [13] Butros L J, Bussel J B. Intracranial hemorrhage in immune thrombocytopenic purpura: A retrospective analysis [J]. Journal of Pediatric Hematology/oncology, 2003, 25(8): 660–664.
- [14] Wu Dingtao, Fu Yuan, Guo Huan, et al. *In vitro* simulated digestion and fecal fermentation of polysaccharides from loquat leaves: Dynamic changes in physicochemical properties and impacts on human gut microbiota [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020 (prepublish).
- [15] Shoko Taniguchi, Yoko Imayoshi, Eri Kobayashi, et al. Production of bioactive triterpenes by *Eriobotrya japonica* calli [J]. Phytochemistry, 2002, 59(3): 315–323.
- [16] 宋星, 王婷婷, 杨晓丹, 等. 枇杷叶中含科罗索酸提取物的分离纯化及降血糖活性研究 [J]. 中国新药杂志, 2017(2): 214–219.
- [17] 林国荣, 郭养浩. 枇杷叶中熊果酸和科罗索酸分离工艺优化 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(24): 304–307, 341.
- [18] 徐建国. 枇杷干叶的多糖和总黄酮提取及其抗氧化活性研究 [J]. 林业建设, 2015(5): 42–53.
- [19] 黄素华, 邱丰艳, 戴婉妹, 等. 枇杷叶多糖纯化工艺及抗氧化活性研究 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(5): 205–209.
- [20] 曹海禄, 曹国番, 魏建和, 等. 遗传和环境因子对药用植物品质的影响 [J]. 中草药, 2007, 38(5): 785–788.
- [21] 李婷. 枇杷叶的 ISSR 遗传差异分析及化学成分含量相关性研究 [D]. 福建: 福建中医药大学, 2012.
- [22] 张颖, 潘俊羽. 枇杷叶多糖水提醇沉法的提取条件优化 [J]. 贵州农业科学, 2014, 42(6): 161–163, 167.
- [23] 段国峰, 余伯阳, 邬瑞斌, 等. 枇杷叶多糖的组分及含量分析 [J]. 海峡药学, 2009, 21(2): 50–53.

- [ 24 ] 王海佳. 紫外分光光度法研究维生素 C 的稳定性及蔬果和果汁中含量的测定 [D]. 山西: 山西医科大学, 2015.
- [ 25 ] 冯广福, 李珂. 两个产地猕猴桃中 V<sub>C</sub> 含量的测定 [J]. 饮食保健, 2019, 6(5): 281–282.
- [ 26 ] 洪燕萍. 枇杷属植物叶片成分及抗氧化活性研究 [D]. 广东: 华南农业大学, 2007.
- [ 27 ] 刘玉明, 李珂娴, 何颖, 等. 枇杷花水提液总酚含量的 Folin-Ciocalteu 法测定 [J]. 时珍国医国药, 2017, 28(4): 838–840.
- [ 28 ] Coklar H, Akbulut M. Anthocyanins and phenolic compounds of *Mahonia aquifolium* berries and their contributions to antioxidant activity [J]. Journal of Functional Foods, 2017, 35: 166–174.
- [ 29 ] 汪世浩, 闫其朋, 周玉波. 枇杷叶及其炮制品中总三萜的含量分析 [J]. 中国民族民间医药, 2017, 26(12): 22–23, 27.
- [ 30 ] Ercisli S, Gozlekci S, Sengul M, et al. Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant capacity of loquat (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.) fruits from Turkey [J]. Scientia Horticulturae (Amsterdam), 2012, 148: 185–189.
- [ 31 ] Garcia-Cruz L, Duenas M, Santos-Buelgas C, et al. Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya (*Stenocereus* spp.) fruit from two species (*S. pruinosus* and *S. stellatus*) [J]. Food Chemistry, 2017, 234 (Nov. 1): 111–118.
- [ 32 ] 张文娜. 枇杷果实酚类物质组分分析及其生物活性评价 [D]. 杭州: 浙江大学, 2015: 13–14.
- [ 33 ] 廖圆圆, 王燕新, 郭晓农, 等. 枇杷叶总黄酮提取及体外抗氧化的研究 [J]. 西北民族大学学报 (自然科学版), 2020, 41(1): 60–64.
- [ 34 ] 付晓丹, 汤春丰, 刘壤莲, 等. 枇杷叶黄酮提取物的抗氧化作用研究 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(1): 135–139.
- [ 35 ] 戴云, 邱晓燕, 何耀莹, 等. 齐墩果酸和熊果酸对 DPPH 自由基的清除作用 [J]. 云南民族大学学报 (自然科学版), 2012, 21(6): 395–398.
- [ 36 ] 吴媛琳, 赵听, 张凯煜, 等. 枇杷不同部位主要有效成分含量及抗氧化活性比较 [J]. 西北林学院学报, 2015, 30(1): 196–201.
- [ 37 ] 马哲龙, 吴增艳, 蒋福升, 等. 塘栖产枇杷叶的药材品质分析 [J]. 中国医药导报, 2018, 15(30): 111–114.
- [ 38 ] 王建超. 枇杷叶多酚提取、纯化及其抗氧化、抑菌活性研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2015.
- [ 39 ] 霍宇航, 李檐堂, 赵小娜, 等. 基于叶序变化的枇杷叶抗氧化性研究 [J]. 西北林学院学报, 2019, 34(6): 120–125.