基于气相色谱指纹图谱的香蕉酒质量 评价方法研究

李海冬1*,潘家丽1,蒋红芝1,韦 璐2,黄 杰2

(1. 广西农业职业技术大学药学系,南宁 530007; 2. 广西农业职业技术大学食品工程系,南宁 530007)

摘 要:目的 基于气相色谱指纹图谱建立一种香蕉酒质量评价方法。**方法** 采集不同年份的香蕉酒香气成 分的气相色谱数据,并对数据结果进行对比匹配及相似度评价,建立香蕉酒气相色谱对照指纹图谱。对香蕉酒 气相色谱图的共有峰数据进行聚类分析和主成分分析,揭示不同年份香蕉酒的香气成分差异。**结果** 根据谱 图的相似度评价结果将 2016—2021 年产的香蕉酒样品分为两组,并按组生成两个对照指纹图谱。聚类分析结 果显示,生产日期越相近的样品其香气成分特征越相似。主成分分析结果表明,2018—2021 年产的香蕉酒样品 可能以品种香和发酵香为香气特征,2016—2017 年产的香蕉酒样品可能以陈酿香为香气特征。**结论** 气相色 谱指纹图谱结合聚类分析和主成分分析对评价香蕉酒的质量具有一定的可行性。 关键词:香蕉酒; 气相色谱法;指纹图谱;聚类分析;主成分分析

Quality evaluation method of banana wine based on gas chromatography fingerprint spectrum

LI Hai-Dong^{1*}, PAN Jia-Li¹, JIANG Hong-Zhi¹, WEI Lu², HUANG Jie²

(1. Department of Pharmacy, Guangxi Agricultural Vocational University, Nanning 530007, China; 2. Department of Food Engineering, Guangxi Agricultural Vocational University, Nanning 530007, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the quality evaluation of banana wine based on gas chromatography fingerprint spectrum. **Methods** The gas chromatographic data of aromatic compositions of banana wine in different years were collected, and the data results were compared and matched, and the similarity of the data results was evaluated, and the gas chromatographic fingerprint spectrum of banana wine were established. Cluster analysis and principal component analysis were carried out on the common peak data of the gas chromatograms to reveal the difference of aroma components in banana wine from different years. **Results** According to the results of similarity evaluation, samples of banana wine from 2016 to 2021 were divided into 2 groups, and 2 control fingerprint spectra were generated. The results of cluster analysis showed that the more similar the date of production, the more similar the characteristics of aroma components. The results of principal component analysis showed that the aroma characteristics of 2018—2021 banana wine might be varietal aroma and fermented aroma, and that of 2016—2017 banana wine might be aged aroma. **Conclusion** Gas chromatography fingerprint spectrum combined with cluster analysis and principal component analysis are feasible to evaluate the quality of banana wine.

基金项目: 广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(2019KY1395)

Fund: Supported by the Department of Education of Guangxi Zhuang Autonomous Region (2019KY1395)

^{*}通信作者:李海冬,硕士,主管药师,主要研究方向为食品药品质量检测。E-mail: 2037852472@qq.com

^{*}Corresponding author: LI Hai-Dong, Master, Pharmacist, Department of Pharmacy, Guangxi Agricultural Vocational University, Nanning 530007, China. E-mail: 2037852472@qq.com

KEY WORDS: banana wine; gas chromatography; fingerprint spectrum; cluster analysis; principal component analysis

0 引 言

香蕉是世界上产量和贸易额排名第一的水果, 但每年 因腐烂变质导致的香蕉鲜果损失率却高达 25%, 其加工率 低于 20%, 其深加工水平也远低于其他水果, 因此香蕉的深 加工技术研究及高附加值香蕉产品开发十分必要[1-2]。香蕉 酒作为香蕉的一种高附加值产品已实现了工业化生产[3],但 对其质量及品质控制的研究并不多。相关报道主要集中于按 照国家关于果酒的相关质量标准检测香蕉酒的理化指标如 酒精度、总酸、总酯等,再结合感官评价来衡量香蕉酒的质 量与品质^[4-8],但感官评价受主观因素影响较大^[9]。目前,采 用现代仪器分析技术来评价果酒的质量与品质已有较多的 研究,如利用气相色谱-质谱法^[10-13]、指纹图谱法^[13-14]、核 磁共振法[14-15]、动态拉曼光谱法[16]、近红外光谱法[17]、神 经网络技术法^[18]等。其中,色谱指纹图谱鉴别技术在我国中 药质量控制领域也有较多的应用^[19-23],《中国药典》(2020 年版)一部记载采用中药色谱指纹图谱进行鉴别的品种就多 达几十种,属于较成熟的一种质量控制技术。而目前对香蕉 酒香气成分的研究也有一些报道。柳素洁等^[24]研究发现,香 蕉酒风味成分主要是酯类和醇类物质; CHEN 等^[25]对不同发 酵期的香蕉酒挥发性成分进行了研究,在主发酵期和后发酵 期样品中分别发现了 24 个和 30 个挥发性成分。韦璐等[26-27] 揭示了香蕉酒香气成分在发酵过程中的变化规律。但以香蕉 酒香气成分作为品质评价参考指标的研究鲜有报道。

本研究以香蕉酒香气成分作为品质评价的参考指标, 采用气相色谱法分析香蕉酒香气成分并建立色谱对照指纹 图谱,结合统计学方法,建立一种基于色谱指纹图谱的香 蕉酒质量评价方法,为香蕉酒品质评价提供新方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

本研究共 15 个香蕉酒样品,其中 9 个样品由广西南 宁绿悦食品有限责任公司提供,6 个样品由本课题组成员 用相同的生产工艺制备,各样品信息见表 1。

乙酸乙酯(分析纯,光华化学试剂厂);无水硫酸钠(分 析纯,天津博迪化工股份有限公司)。

1.2 仪器与设备

Nexis GC-2030 气相色谱仪(配氢火焰离子化检测器)、 SH-Rtx-5 毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)(日本岛津公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 供试品溶液的制备 取香蕉酒样品 40 mL, 先后用 8、5 和 3 mL 乙酸乙酯 萃取 3 次, 合并有机相。用无水硫酸钠干燥, 0.22 μm 滤膜 过滤, 即得到供试品溶液^[28]。

	表1 香蕉酒样品来源							
	Table 1	Sour	ce of banana wine samples					
样品	生产年份		样品来源					
S1	2016年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S2	2016年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S 3	2017 年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S4	2017 年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S 5	2018 年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S 6	2018 年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S 7	2019 年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S 8	2020年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S 9	2020年		广西南宁绿悦食品有限责任公司					
S10	2021 年		实验室制备					
S11	2021 年		实验室制备					
S12	2021 年		实验室制备					
S13	2021 年		实验室制备					
S14	2021 年		实验室制备					
S15	2021 年		实验室制备(验证对照指纹图谱用)					

1.3.2 GC 色谱条件

SH-Rtx-5 毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm), 载气为 N₂, 载气流速 1 mL/min, 进样量 1 μL, 分流比 10:1, 进样口温度 230°C, 起始柱温 50°C, 保持 5 min, 以 8°C/min 程序升温至 114°C, 继续以 10°C/min 程序升温至 220°C, 保持 25 min, 氢 火焰离子化检测器温度 250°C, H₂ 流速 30 mL/min, 空气流速 200 mL/min, 尾吹气流速 24 mL/min^[28]。

1.3.3 数据处理

因色谱图中萃取溶剂乙酸乙酯的峰过大(峰面积占 比>99%),其保留时间约为 3.35 min,因此在使用中药色谱指 纹图谱相似度评价系统(2012 年版)分析前,先去除前 4 min 的 色谱峰,主要包括乙醇(保留时间约为 2.61 min)、乙酸乙酯等 物质的峰,然后再计算其相似度,并将与所生成对照指纹图 谱的相似度在 0.85 以上的样品归为一类,其他样品重新生成 新的对照指纹图谱并进行相似度分析后再归类。采用 SPSS 26.0 软件对其共有峰数据进行聚类分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 香蕉酒 GC 指纹图谱的建立

2.1.1 香蕉酒样品的初步分类

将 S1~S14 样品色谱图的美国分析仪器协会 (Analytical Instrument Association, AIA)规定的色谱通用数 据格式文件导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 年版)中,根据 1.3.3 所述的方法,以 S1 为参照图谱,采用 多点校正后进行全谱峰匹配,系统自动生成对照指纹图谱 并计算相似度。各样品相似度结果见表 2。从表 2 数据可 知, S5~S14 与对照指纹图谱的相似度均大于 0.85, 因此将 其归为第一类。而 S1~S4 的相似度均小于 0.85, 因此按上 述方法对其再次进行相似度分析, 结果见表 3。

表 2 14 个香蕉酒样品指纹图谱相似度结果 Table 2 Similarity results of fingerprint spectra of 14 samples of banana wine

样品	S1	S2	S 3	S4	S5	S 6	S 7	S 8	S 9	S10	S11	S12	S13	S14	对照指纹
															图谱
S1	1.000	0.763	0.850	0.774	0.291	0.436	0.293	0.359	0.266	0.233	0.225	0.247	0.232	0.241	0.633
S2	0.763	1.000	0.844	0.846	0.424	0.574	0.428	0.566	0.491	0.441	0.447	0.484	0.426	0.434	0.763
S3	0.850	0.844	1.000	0.958	0.294	0.463	0.298	0.431	0.338	0.292	0.295	0.328	0.282	0.290	0.694
S4	0.774	0.846	0.958	1.000	0.493	0.642	0.496	0.581	0.506	0.479	0.488	0.507	0.465	0.470	0.816
S5	0.291	0.424	0.294	0.493	1.000	0.917	0.999	0.868	0.913	0.924	0.887	0.856	0.930	0.930	0.863
S6	0.436	0.574	0.463	0.642	0.917	1.000	0.922	0.875	0.875	0.868	0.859	0.879	0.865	0.867	0.914
S 7	0.293	0.428	0.298	0.496	0.999	0.922	1.000	0.877	0.918	0.923	0.886	0.864	0.929	0.930	0.866
S 8	0.359	0.566	0.431	0.581	0.868	0.875	0.877	1.000	0.958	0.906	0.887	0.940	0.891	0.906	0.901
S9	0.266	0.491	0.338	0.506	0.913	0.875	0.918	0.958	1.000	0.953	0.931	0.955	0.941	0.948	0.882
S10	0.233	0.441	0.292	0.479	0.924	0.868	0.923	0.906	0.953	1.000	0.981	0.941	0.988	0.984	0.872
S11	0.225	0.447	0.295	0.488	0.887	0.859	0.886	0.887	0.931	0.981	1.000	0.947	0.971	0.958	0.861
S12	0.247	0.484	0.328	0.507	0.856	0.879	0.864	0.940	0.955	0.941	0.947	1.000	0.918	0.929	0.864
S13	0.232	0.426	0.282	0.465	0.930	0.865	0.929	0.891	0.941	0.988	0.971	0.918	1.000	0.987	0.865
S14	0.241	0.434	0.290	0.470	0.930	0.867	0.930	0.906	0.948	0.984	0.958	0.929	0.987	1.000	0.869
对照指															
纹图谱	0.633	0.763	0.694	0.816	0.863	0.914	0.866	0.901	0.882	0.872	0.861	0.864	0.865	0.869	1.000

从表 3 数据可知,各样品色谱图与新生成的对照指纹 图谱的相似度均大于 0.85,因此将 S1~S4 归为第二类。根 据表 1 信息可知,第一类为 2018—2021 年产的 10 个香蕉 酒样品,而第二类为 2016—2017 年产的 4 个香蕉酒。

2.1.2 香蕉酒对照指纹图谱的建立

(1) 2018—2021 年产香蕉酒对照指纹图谱的建立

按 2.1.1 的方法建立 2018—2021 年产香蕉酒的对照指 纹图谱(见图 1),并对 S5~S14 进行数据匹配和相似度计算, 得到共有峰 28 个,各样品色谱图与对照指纹图谱的相似 度均大于 0.9,详见表 4,各样品叠加指纹图谱见图 2。

表 3 S1~S4 香蕉酒样品指纹图谱相似度结果 Table 3 Similarity results of fingerprint spectra of S1-S4 banana wine samples

样品	S1	S2	S3	S4	对照指纹 图谱
S1	1.000	0.763	0.850	0.774	0.909
S2	0.763	1.000	0.973	0.983	0.960
S3	0.850	0.973	1.000	0.958	0.986
S4	0.774	0.983	0.958	1.000	0.961
对照指 纹图谱	0.909	0.960	0.986	0.961	1.000







图 2 2018—2021 年产香蕉酒样品叠加指纹图谱 Fig.2 Superimposed fingerprint of banana wine samples of 2018—2021

因保留时间约 26.35 min 的共有峰对应的保留时间的 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 0.02%, 峰面积 RSD 为 7.35%,峰面积适中且稳定,因此以该峰为 参照,计算各共有峰的相对峰面积,结果见表 5。 (2) 2016—2017 年产香蕉酒对照指纹图谱的建立 按照 2.1.1 所述方法建立 2016—2017 年产香蕉酒对照 指纹图谱(见图 3),并对 S1~S4 进行数据匹配,得到共有峰
62 个,各样品叠加指纹图谱见图 4。

表 5 2018—2021 年产香蕉酒样品共有峰相对峰面积 Table 5 Relative peak areas of common peaks in banana wine samples of 2018—2021

Tuble of relative peak areas of common peaks in banana wine samples of 2010 2021										
峰号	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
3	78.831	51.471	80.136	38.720	56.640	82.844	86.901	49.126	92.447	76.750
4	17.923	11.985	17.653	7.143	9.506	14.204	15.495	8.805	16.957	14.323
5	0.868	1.308	0.850	0.826	1.057	1.363	1.714	1.364	1.010	1.240
7	11.740	19.610	12.192	10.612	17.652	27.651	45.905	28.967	24.310	18.096
8	3.154	5.946	3.220	11.809	5.875	8.365	15.270	8.961	6.714	5.280
17	6.224	17.494	5.980	1.675	3.339	13.662	14.776	9.726	19.181	11.693
20	14.839	8.648	15.265	4.906	4.839	11.496	11.287	6.728	17.730	13.100
21	28.487	27.990	29.623	0.363	1.248	1.052	1.687	0.901	1.970	2.527
22	1.375	1.483	1.318	0.401	0.582	3.467	2.440	2.439	2.309	2.557
25	2.949	2.060	3.088	1.076	1.151	2.830	3.335	1.375	4.845	2.845
27	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

注: 表中仅列出相对峰面积较大的色谱峰数据。





同样以保留时间约 26.35 min (RSD 为 0.03%)的共有 峰为参照, 计算各共有峰的相对峰面积, 结果见表 6。 2.1.3 香蕉酒指纹图谱鉴别样品年份类别的验证实验

将 S15 样品的色谱图分别与上述两个对照指纹图谱进 行分析检验, 计算其相似度, 结果显示, 其与 2018—2021 年 产香蕉酒对照指纹图谱的相似度为 0.924, 而与 2016—2017 年产香蕉酒对照指纹图谱的相似度为 0.370。由此可以判断, S15 应属于 2018—2021 年产的香蕉酒样品,推断结果与实际情况一致。可见,利用气相色谱指纹图谱鉴别香蕉酒的年份类别,其分类结果准确,具有一定的应用价值。

2.2 聚类分析

将 S5~S14、S1~S4 两组香蕉酒样品的共有峰相对面积 分别做标准化处理,采用 SPSS 26.0 软件,以组间联接法、 平方欧氏距离≤16时, S5~S14组香蕉酒分为4类, S5、S6、 S7聚为一类, S8、S9聚为一类, S10、S11、S12聚为一类, S13、 S14聚为一类; S1~S4组香蕉酒分为2类, S2、S3、S4聚为 一类, S1为一类。从分类结果看, 尽管同组样品的色谱指纹 图谱相似度很高, 但其香气成分特征还是有所不同, 生产时 间越接近的样品, 其香气成分特征就越相似。但聚类分析方 法还不能完全按年份把各香蕉酒样品进行准确地归类, 其 可能原因有两点: 一是香蕉酒储存过程中, 因外界因素如温 度、光线等的影响, 各样品的香气成分变化速率或规律有所 不同, 造成同一年份的样品其香气成分特征存在差异, 样品 储存时间越长就越容易发生这种情况; 二是在酿制过程中, 因香蕉本身香气成分的差异或生产工艺参数控制存在的差 异, 导致同一年份的香蕉酒样品其香气特征有差别。

表 6	2016—2017 年产香蕉酒样品共有峰相对峰面积
Table 6	Relative peak areas of common peaks in banana wine
	samples of 2016—2017

		I		
峰号	S1	S2	S3	S4
1	32.109	29.461	26.727	41.797
2	8.936	6.727	5.902	6.972
5	6.225	24.153	21.472	31.368
6	7.077	6.280	7.653	10.059
7	1.410	1.157	1.088	1.001
10	173.291	86.197	140.590	100.073
11	2.769	2.034	2.632	3.591
19	1.010	0.925	1.063	1.440
22	1.322	2.011	1.722	1.807
23	5.519	2.938	3.955	5.084
31	8.968	4.480	5.709	7.287
34	33.318	0.991	1.905	17.273
37	4.638	4.209	4.953	4.212
44	1.529	0.947	1.493	2.598
60	1.000	1.000	1.000	1.000

注: 表中仅列出相对峰面积较大的色谱峰数据。



图 5 S5~S14 (a)和 S1~S4 (b)聚类分析树状图 Fig.5 Cluster analysis tree diagram of S5~S14 (a) and S1~S4 (b)

2.3 主成分分析

分别以已做标准化处理的 S5~S14、S1~S4 两组香蕉 酒样品的共有峰相对面积为指标,采用 SPSS 26.0 软件进 行主成分分析。结果显示, S5~S14 组提取出 5 个主成分,累 积方差贡献率为 91.766%,提示这 5 个主成分能反映 S5~S14 组样品共有峰的大部分信息; S1~S4 组提取出 3 个 主成分,累积方差贡献率为 100.000%,提示这 3 个主成分 能反映 S1~S4 组样品共有峰的全部信息。两组主成分的初 始特征值和方差贡献率详见表 7、8,各主成分中因子载荷 系数较高的共有峰信息分别见表 9、10。

根据各样品主成分因子得分计算其综合得分并排序, 两组结果分别见表 11 表 12。

表 7 S5~S14 组主成分特征值与方差贡献率 Table 7 Principal component eigenvalues and variance

contributions of 85-814								
主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%					
1	10.186	37.726	37.726					
2	5.737	21.249	58.975					
3	4.975	18.425	77.401					
4	2.642	9.787	87.187					
 5	1.236	4.579	91.766					

表 8 S1~S4 组主成分特征值与方差贡献率 Table 8 Principal component eigenvalues and variance contributions of S1-S4

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	30.665	48.674	48.674
2	22.310	35.412	84.087
3	10.025	15.913	100.000

从表 11 数据结果分析, 排名前 4 位的均为 2021 年的 香蕉酒样品, 说明在 2018—2021 年产的样品组中, 2021 年 产的香蕉酒其香气成分更具有代表性。

从表 12 数据结果分析, 排名第 1 和第 4 的是 2016 年产的样品, 2017 年产的 2 个样品分别排第 2 和第 3 名, 说明 S1样品的香气成分在 2016—2017 年产的样品组中最具代表性。

根据文献报道,果酒的香气可分为3类,一类是由酿 酒水果自身带来的,即品种香;二类是发酵过程中产生的, 即发酵香;三类是陈酿过程中产生的,即陈酿香。果酒的 香气成分是动态的,随着时间的推移,品种香和发酵香会 逐渐减退,而陈酿香会逐渐增强^[29–30]。根据果酒香气变化 的规律,结合各样品主成分综合得分排序结果,可以初步 判断,2018—2021 年产的香蕉酒可能以品种香和发酵香为 主要香气特征,而 2016—2017 年产的香蕉酒可能以陈酿 "按生产日期划分,以4年为香为主要香气特征,但这需要进一步研究证实。至于能否 特征"也需进一步研究证实。

"按生产日期划分,以4年为界限来判断香蕉酒的香气成分 特征"也需进一步研究证实。

Table 7 First 5 common peaks of 55–514 group with nigher factor loading coefficient								
序号	参数	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		
1	保留时间/min	8.321	4.745	5.103	6.746	7.720		
1	因子载荷系数	0.767	0.815	0.799	0.604	0.500		
2	保留时间/min	13.078	5.271	5.811	9.08	8.321		
2	因子载荷系数	0.868	0.722	0.748	0.511	0.307		
2	保留时间/min	15.894	10.151	6.078	10.38	10.380		
3	因子载荷系数	0.805	0.705	0.769	0.558	0.324		
4	保留时间/min	18.525	14.422	9.080	13.991	15.894		
4	因子载荷系数	0.916	0.692	0.686	0.453	0.308		
5	保留时间/min	22.974	15.572	13.991	22.974	17.964		
3	因子载荷系数	0.796	0.745	0.586	0.400	0.384		

表 9 S5~S14 组各主成分中因子载荷系数较高的前 5 个共有峰 Table 9 First 5 common peaks of S5~S14 group with higher factor loading coefficient

表 10 S1~S4 组各主成分中因子载荷系数较高的前 10 个共有峰 Table 10 First 10 common peaks of S1-S4 group with higher factor loading coefficient

Table 10 This 10 common peaks of 51 54 group with higher factor foading coefficient								
序号	参数	第1主成分	第2主成分	第3主成分				
	保留时间/min	8.336	6.112	5.154				
1	因子载荷系数	0.952	0.985	0.786				
2	保留时间/min	12.631	7.323	5.278				
2	因子载荷系数	0.995	0.916	0.783				
2	保留时间/min	13.157	9.648	6.546				
3	因子载荷系数	0.985	0.887	0.745				
4	保留时间/min	14.441	10.048	6.804				
4	因子载荷系数	0.962	0.978	0.504				
5	保留时间/min	15.585	11.353	10.965				
5	因子载荷系数	0.952	0.966	0.738				
6	保留时间/min	15.815	12.503	14.029				
0	因子载荷系数	0.975	0.987	0.560				
7	保留时间/min	22.012	18.529	14.207				
7	因子载荷系数	0.960	0.848	0.670				
0	保留时间/min	22.148	19.849	16.516				
8	因子载荷系数	0.999	0.946	0.949				
0	保留时间/min	22.448	20.789	23.100				
9	因子载荷系数	0.996	0.981	0.789				
10	保留时间/min	23.404	21.222	23.645				
10	因子载荷系数	0.962	0.903	0.835				

表 11 85~814 各样品主成分因子得分、综合得分及排序 Table 11 Principal component factor scores, synthesis scores and ranking of 85-814

					-		
样品	第1主成分得分	第2主成分得分	第3主成分得分	第4主成分得分	第5主成分得分	综合得分	排序
S5	-0.78496	1.13585	-1.09014	-0.94584	0.52195	-0.324	8
S6	-1.09666	1.11496	0.99029	2.04264	-0.18925	0.197	5
S 7	-0.68923	0.92200	-0.88712	-0.47693	0.47639	-0.252	7
S 8	-1.14073	-1.66985	0.02038	-0.17150	-0.95850	-0.842	10
S9	-0.68963	-1.10760	-0.10034	-0.12019	-0.21735	-0.536	9
S10	0.67676	-0.05305	0.43530	-0.87511	0.81805	0.276	3
S11	0.91952	0.65241	1.90018	-0.79703	-0.44590	0.737	1
S12	0.14203	-0.84534	0.63860	-0.13787	1.15678	0.031	6
S13	1.15812	0.39818	-0.89467	-0.01529	-2.10052	0.259	4
S14	1.50477	-0.54757	-1.01246	1.49712	0.93834	0.454	2

表 12 S1~S4 各样品主成分因子得分、综合得分及排序 Table 12 Principal component factor scores, synthesis scores and ranking of S1-S4

		8			
样具	第1主成分	第2主成分	第3主成分	综合	排它
14-111	得分	得分	得分	得分	3HF) 1,
S 1	1.44076	-0.41146	-0.07000	0.544	1
S2	-0.85538	-1.06777	-0.61497	-0.892	4
S3	-0.39563	0.19350	1.43389	0.104	3
S4	-0.18975	1.28574	-0.74891	0.244	2

3 结 论

本研究通过气相色谱法对 2016—2021 年的 14 个香蕉 酒样品的香气成分进行检验,分析结果使用中药色谱指纹 图谱相似度评价系统(2012 年版)进行数据匹配和相似度计 算。根据相似度结果将样品分成 2 组, 其中 2018—2021 年 产的10个样品为一组、2016—2017年产的4个样品为一组。 通过该软件分别建立了两组香蕉酒的对照指纹图谱。使用这 两个对照指纹图谱鉴别新制香蕉酒样品的年份类别,分析 结果与实际情况一致。应用 SPSS 26.0 软件分别对两组香蕉 酒样品的共有峰相对面积进行聚类分析和主成分分析。结果 表明,生产时间越接近的样品其香气成分特征越相似; 2018—2021 年产的香蕉酒其香气成分可能以水果香气和发 酵香气为主要香气特征, 2016—2017 年产的香蕉酒其香气 成分可能以陈酿香气为主要香气特征。结果显示,利用香蕉 酒的色谱指纹图谱来评价香蕉酒品质是一种可行的方法, 能为香蕉酒品质评价提供更科学、更客观的结果,具有较高 的应用价值。

但因本研究的香蕉酒品种数量有限,还不能确定"能 否按生产日期划分,以4年为界限来判断香蕉酒的香气成 分特征"。本研究也没有对由不同成熟度、不同品种、不同 产区的香蕉及不同生产工艺所酿制的香蕉酒香气成分进行 研究,这可能是下一步的研究方向。

参考文献

 黄媛媛,徐小俊.全球香蕉产业现状与发展趋势[J]. 热带农业工程, 2021, 45(5): 34-38.
 HUANG YY, XU XJ. Current situation and development trend of banana

industry in global [J]. Trop Agric Eng, 2021, 45(5): 34–38.

 [2] 孙健,何雪梅,唐雅园,等.香蕉加工研究进展[J]. 热带作物学报, 2020,41(10):2022-2033.

SUN J, HE XM, TANG YY, *et al.* Research progress of banana processing [J]. Chin J Trop Crops, 2020, 41(10): 2022–2033.

[3] 杨昌鹏. 优质香蕉酒加工技术中试[Z]. 广西南宁绿悦食品有限责任公司, 2018.

YANG CP. Pre-production test of high quality banana wine [Z]. Guangxi Nanning Luyue Food Co., Ltd, 2018.

[4] 郝俊光, 王云岑, 王合意, 等. 带皮香蕉酿制香蕉果酒的研究[J]. 食品 研究与开发, 2020, 41(22): 86–92. HAO JG, WANG YC, WANG HY, *et al.* Study on the brewing procedure of banana wine from banana with peel [J]. Food Res Dev, 2020, 41(22): 86–92.

- [5] 纪峰. 香蕉酒生产工艺研究进展[J]. 现代食品, 2021, (2): 55-60.
 - JI F. Research progress on production technology of banana wine [J]. Mod Food, 2021, (2): 55–60.
- [6] 杨东升,曾凯.影响香蕉酒中甲醇和高级醇形成的主要因素分析[J]. 中国酿造, 2017, 36(6): 89–94.

YANG DS, ZENG K. Analysis of main influencing factors on methanol and higher alcohols formation in banana wine [J]. China Brew, 2017, 36(6): 89–94.

[7] 郝德兰. 香蕉采后催熟调控及低度香蕉酒的研制[D]. 上海: 上海应用 技术大学, 2019.

HAO DL. Regulation of post-harvest ripening of banana and development of low-alcoholic banana wine [D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2019.

[8] 柏建玲, 莫树平, 张菊梅, 等. 香蕉酒发酵及胶清工艺技术研究[J]. 酿 酒科技, 2019, (6): 86–90.

BAI JL, MO SP, ZHANG JM, *et al.* Fermentation and clarification technology of banana wine [J]. Liquor-making Sci Technol, 2019, (6): 86–90.

[9] 徐雨涵. 基于统计分析模型的葡萄酒评价[J]. 现代食品, 2021, (18): 214-216.

XU YH. Evaluation of wine based on statistical analysis models [J]. Mod Food, 2021, (18): 214–216.

- [10] DE MMS, DE SGM, OLEGARIO L, et al. Identification of chemical markers of commercial tropical red wine candidates for the São Francisco Valley geographical indication [J]. Food Anal Methods, 2022, 15: 1237–1255.
- [11] YAO Y, CHEN K, YANG X, et al. Comparative study of the key aromatic compounds of Cabernet Sauvignon wine from the Xinjiang region of China [J]. J Food Sci Technol, 2021, (58): 2109–2120.
- [12] KARIMALI D, KOSMA I, BADEKA A. Varietal classification of red wine samples from four native Greek grape varieties based on volatile compound analysis, color parameters and phenolic composition [J]. Eur Food Res Technol, 2020, (246): 41–53.
- [13] 虎虓真.基于多指纹图谱技术的中国赤霞珠葡萄酒产地溯源及年份识 别[D].上海:上海海洋大学, 2019.

HU XZ. Geographical origin, vintage discrimination of Chinese Cabernet Sauvignon wines based on multiple fingerprinting technologies [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.

[14] 樊双喜. 葡萄酒产地与品种真实性鉴别技术研究[D]. 北京: 中国矿业 大学, 2018.

FAN SX. The study on the identification technology of wine origin and variety authenticity [D]. Beijing: China University of Mining and technology, 2018.

- [15] HU B, GAO J, XU S, et al. Quality evaluation of different varieties of dry red wine based on nuclear magnetic resonance metabolomics [J]. Appl Biol Chem, 2020, (63): 24.
- [16] ZHANG ZY, LIU J. Dynamic raman fusion spectroscopy for rapid quality discriminant analysis of red wine [J]. J Appl Spectrosc, 2020, (87): 99–104.
- [17] CHEN J, LIAO S, YAO L, et al. Rapid and simultaneous analysis of

- [18] KHALAFYAN AA, TEMERDASHEV ZA, KAUNOVA AA, et al. Determination of the wine variety and geographical origin of white wines using neural network technologies [J]. J Anal Chem, 2019, (74): 617–624.
- [19] 陈旺, 詹雁, 王美慧, 等. 马甲子总三萜的 HPLC 指纹图谱建立、聚类 分析和主成分分析及含量测定[J]. 中国药房, 2021, 32(2): 201–205. CHEN W, ZHAN Y, WANG MH, *et al.* Establishment of HPLC fingerprint, cluster analysis, principal component analysis and content determination of *Paliurus ramosissimus* total triterpenes [J]. J Chin Pharm, 2021, 32(2): 201–205.
- [20] 裴艺菲. 滇重楼多光谱指纹图谱结合化学计量学鉴别研究[D]. 昆明: 云南中医药大学, 2020.

FEI YF. Identification researching of *Paris polyphylla* Smith var. Yunnanensis based on multi-spectral fingerprint combined with chemometrics [D]. Kunming: Yunnan University of Chinese Medicine, 2020.

- [21] 张永昕,李莎恩,段付军,等.补中益气丸(水丸)的中药指纹图谱研究
 [J].中国药业,2019,23(28):4-8.
 ZHANG YX, LI SEN, DUAN FJ, *et al.* Fingerprint of traditional Chinese medicine of *Buzhongyiqi pills* (water-bindered pills) [J]. J Chin Pharm, 2019, 23(28):4-8.
- [22] 赵娟,谢世静,赵兴华,等.中药指纹图谱质控方法研究进展[J].云南中医中药杂志,2020,41(1):82-86.
 ZHAO J, XIE SJ, ZHAO XH, *et al.* Research progress of quality control methods for fingerprint of traditional Chinese medicine [J]. Yunnan J Tradit Chin Med Mater Med, 2020, 41(1): 82-86.
- [23] 田甜, 韩蕊莲, 梁宗锁. 不同产地和不同年限黄芩 HPLC 指纹图谱研究[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(3): 370–376, 379.
 TIAN T, HAN RL, LIANG ZS. HPLC fingerprint of *Scutellaria baicalensis* Georgi from different habitats and years [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2018, 59(3): 370–376, 379.
- [24] 柳素洁, 杜金华, 任玲玲, 等. 酵母对香蕉蒸馏酒品质影响及香气成分研究[J]. 酿酒, 2012, 39(1): 40–44.
 LIU SJ, DU JH, REN LL, *et al.* Effects of yeast on the quality of banana

distillation wine and aroma component [J]. Liquor Mak, 2012, 39(1):

40-44.

- [25] CHEN LH, LI DN, HAO DL, et al. Study on chemical compositions, sensory properties, and volatile compounds of banana wine [J]. J Food Process Preserv, 2020, 44: e14924.
- [26] 韦璐,杨昌鹏,孙钦菊,等.香蕉果酒低温发酵过程中挥发性香气成分的变化[J]. 食品工业科技,2020,41(18):231–238.
 WEI L, YANG CP, SUN QJ, *et al.* Changes of volatile flavor substances in fermentation process of banana wine produced by low temperature fermentation [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(18): 231–238.
- [27] 韦璐,孙钦菊,黄杰,等.香蕉果酒发酵过程中主要成分变化规律的研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(23): 37–43.
 WEI L, SUN QJ, HUANG J, *et al.* Change rules of major components in banana wine fermentation [J]. Food Res Dev, 2020, 41(23): 37–43.
- [28] 李海冬, 潘家丽, 蒋红芝, 等. 香蕉酒香气成分的萃取及其气相色谱检测条件的优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(24): 9574–9581.
 LI HD, PAN JL, JIANG HZ, *et al.* Extraction of volatile flavor substances from banana wine and optimization of detection conditions by gas chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(24): 9574–9581.
- [29] 孔程仕, 徐兴英. 气质联用技术(GC-MS)在葡萄酒香气成分分析中研究进展[J]. 饮料工业, 2012, 15(3): 43-46.
 KONG CS, XU XY. Advances in research on determination of aroma components in wine by GC-MS [J]. Beverage Ind, 2012, 15(3): 43-46.
- [30] 郑青. 不同陈酿年份、葡萄品种和葡萄产地葡萄酒香气成分的研究[D].
 南昌:南昌大学, 2015.
 ZHENG Q. Researching of aroma components in grape wine from different aging vintages, grape varieties and grape origins [D]. Nanchang:

(责任编辑: 郑 丽 张晓寒)

作者简介

Nanchang University, 2015.



李海冬,硕士,主管药师,主要研究方 向为食品药品质量检测。 E-mail: 2037852472@qq.com