

# 基于 HS-SPME-GC-MS 剖析三种柑橘-葡萄酒的香气成分

刘琨毅<sup>1</sup>, 王琪<sup>1,\*</sup>, 郑佳<sup>2</sup>, 袁华伟<sup>3</sup>, 吴霞<sup>4</sup>

(1. 宜宾职业技术学院, 宜宾 644003; 2. 五粮液集团技术研究中心, 宜宾 644000; 3. 宜宾学院, 宜宾 644000; 4. 四川工商职业技术学院, 成都 611830)

**摘要:** 采用顶空固相微萃取-气质联用技术对柑橘-巨峰葡萄酒、柑橘-夏黑葡萄酒和柑橘-玫瑰香葡萄酒的香气成分进行分析。结果表明, 在三种柑橘-葡萄酒中共分离鉴定出 43 种香气化合物, 其中包含酯类、醇类、酸类、醛类、酮类等。主要的香气贡献成分是酯类化合物, 相对含量在 43.90% ~ 64.77% 之间, 其中主体香气成分有乙酸乙酯、乳酸乙酯、己酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、丙酸-2-苯乙酯、棕榈酸乙酯、3-甲基-2-丁醇、苯乙醇、异戊醇、乙酸、己酸、2, 3-二甲基-5-异丙烯基-环己酮-1 等, 这些成分是决定柑橘-葡萄酒酒香和果香的重要组分。而柑橘-夏黑葡萄酒中这类化合物含量最高, 与感官审评结果一致。因此, 川南地区宜选夏黑葡萄用于柑橘-葡萄酒的制作。

**关键词:** 柑橘-葡萄酒; 香气成分; 顶空固相微萃取; 气相色谱-质谱分析

中图分类号: TS262.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-2513 (2017) 12-0072-07

## Aroma components analysis in three orange-grape wine by HS-SPME-GC-MS

LIU Kun-yi<sup>1</sup>, WANG Qi<sup>1,\*</sup>, ZHENG Jia<sup>2</sup>, YUAN Hua-wei<sup>3</sup>, WU Xia<sup>4</sup>

(1. Yibin Vocational and Technical College, Yibin 644003; 2. Technical Research Center, Wuliangye Group Co. Ltd., Yibin 644000; 3. Yibin University, Yibin 644000; 4. Sichuan Technology Business College, Chengdu 611830)

**Abstract:** The aroma components in orange-kyoho grape wine, orange-summer black grape wine; orange-muscat grape wine were analyzed by head-space solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). The results showed that a total of 43 aroma components including esters, alcohols, acids, aldehydes and ketones were detected in orange-grape wine, and the major aroma contributors were esters, which has 43.90%-64.77% of the whole aroma. The main body flavor was consisted of Ethyl acetate, ethyl lactate, ethyl caproate, ethyl caprylate, ethyl caprate, propionic acid-2-phenethyl ester, ethyl palmitate, 3-methyl-2-butanol, phenethyl alcohol, isoamyl alcohol, acetic acid, caproic acid, 5-isopropenyl-2-methyl-cyclohex-2-en-1-one. which These were the important components forming the bouquet and fruity aroma in orange-grape wine. These compounds showed the highest content in orange-summer black grape wine, which was the same in the sensory

收稿日期: 2017-08-14

基金项目: 发酵资源与应用四川省高校重点实验室开放基金 (2015GTU005)。

作者简介: 刘琨毅 (1987-), 男, 硕士, 研究方向: 白酒酿造技术; E-mail: liukunyi799@qq.com。

\*通信作者: 王琪 (1989-), 女, 讲师, 硕士, 研究方向: 白酒分析检测; E-mail: rodmanben@foxmail.com。

evaluation. Therefore, summer black grape is suitable to produce orange-grape wine in southern Sichuan.

**Key words:** orange-grape wine; aroma components; head-space solid-phase microextraction; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis

川南地区是我国重要的柑橘及葡萄栽培区<sup>[1-2]</sup>, 柑橘产业及葡萄产业也发展较快。近年来, 随着柑橘种植规模不断扩大, 产量不断提高, 潜在的供需失衡、产销脱节、加工滞后等现实矛盾凸显; 而葡萄产业则面临品种结构较为单一、成熟期集中、耐贮性差及经济效益低的不良局面, 且存在严重的品种同质化现象<sup>[3-5]</sup>。

目前川南地区柑橘及葡萄产业多以种植为主, 而很少涉及产品深加工<sup>[6-7]</sup>。葡萄酒及果酒是一个传统而又新兴的全球性产业, 具有地域聚集性、产业关联性、文化属性和可持续性<sup>[8]</sup>。柑橘酒在酿造过程中容易感染杂菌, 难以处理<sup>[9-10]</sup>, 而葡萄酒在川南地区已经具有一定的产业和技术基础<sup>[4]</sup>。复合果酒是将两种及两种以上水果发酵而成的果酒, 能综合两种及两种以上水果的特点与优势, 弥补单一果酒在色、香、味上的欠缺和营养成分不足等缺陷<sup>[11-13]</sup>。因此寻找到适合川南地区酿造柑橘-葡萄酒所需的柑橘及葡萄品种对川南地区柑橘及葡萄产业结构的调整和优化, 促进产业集群及农村工业化发展具有重大的现实意义。以往主要采用吸附法、萃取等方法分离果酒中的香味物质<sup>[9]</sup>, 存在有机溶剂污染、香味物质易变、耗时等缺点。顶空固相微萃取-气质联用(HS-SPME-GC-MS)技术具有操作方便、结果快速准确和节省样品等优点<sup>[14-15]</sup>, 因此, 本研究采用HS-SPME-GC-MS技术对柑橘-葡萄酒香气化合物进行分析, 以期川南地区柑橘-葡萄酒产品质量控制提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验主要材料

柑橘原料: 2016年宜宾市翠屏区点灯柑橘种植专业合作社; “巨峰(JF)”葡萄、“夏黑(XH)”葡萄和“玫瑰香(MG)”葡萄原料: 2016年宜宾市翠屏区红春水果专业合作社; 酿酒酵母CICC31482: 四川省工业微生物菌种保藏管理中心; 酵母菌活化培养基: 含2%琼脂的麦芽汁培养基(10°Be’); 酵母菌种子液培养基: 麦芽汁培养基(10°Be’); 亚硫酸钠(ACS级)与NaCl(ACS级): 南京试剂有限公司; 4-辛醇(内标): 美国Sigma-Aldrich公司。

### 1.2 主要仪器

DHP-9162型电热恒温培养箱, 上海一恒科学仪器有限公司; DHG-9070A型电热恒温鼓风干燥箱, 海精宏实验设备有限公司; BS210S型电子分析天平, 北京赛多利斯天平有限公司; SW-CJ-2FD型超净工作台, 苏州净化设备有限公司; 723型可见分光光度计, 上海精密科学仪器有限公司; PHs-3c型精密pH计, 上海理达仪器厂; LXJ-IIB低速大容量多管离心机, 郑州长城工贸有限公司; 顶空固相微萃取手柄和50 μm CAR/DVB/PDMS纤维萃取头, 美国Supelco公司; 气质联用仪6890N-5973MSD, 美国Agilent公司。

### 1.3 柑橘-葡萄酒工艺流程

新鲜柑橘→分选→清洗→去皮→榨汁

↓ 柑橘汁按照30%的比例添加

新鲜葡萄→分选→清洗→除梗破碎→调整糖度、pH及添加抗氧化剂→接种酵母→主发酵→皮渣分离→自流酒→苹果酸-乳酸发酵→勾兑、澄清→无菌过滤→成品

操作要点：葡萄除梗破碎后添加 30% 的柑橘汁，调糖度为 20°Bx 及调整 pH 为 4.0 并加入亚硫酸钠 0.2‰；按体积分数 5% 接入经扩大培养后的酵母菌悬液，于一定温度下发酵，发酵 6 天后补加酿酒酵母种子液和蔗糖，保持通气，观察到无气泡后主发酵完成；检测残糖含量不大于 4 g/L，即可结束发酵进行皮渣分离；在自留酒中添加亚硫酸钠 0.2‰，注意及时添酒，保证在满罐、密封条件下进行苹果酸-乳酸发酵。

## 1.4 试验方法

### 1.4.1 理化指标检测

分析经苹果酸-乳酸发酵后酒样的总糖、总酸、酒精体积分数、干浸出物、甲醇等理化指标。总糖采用直接滴定法<sup>[16]</sup>；总酸采用电位滴定法<sup>[17]</sup>；酒精体积分数采用密度瓶法测定<sup>[18]</sup>；干浸出物采用密度瓶法测定<sup>[18]</sup>；甲醇采用比色法测定<sup>[18]</sup>。

### 1.4.2 香气成分检测

#### (1) 试样的制备

吸取 3 mL 馏出液于 20 mL 顶空样品瓶中，加入 NaCl 饱和及特氟龙磁力搅拌子（转速 500 r/min），置于 50 °C 水浴中平衡 15 min，插入萃取头吸附 45 min，随后插入 GC 进样口热解析 5 min，分析其中挥发性成分。

#### (2) GC-MS 分析条件

GC 条件：极性色谱柱 DB-Wax (30.0 m × 0.25 mm × 0.25 μm, J&W)；进样口温度 250 °C，载气 (He) 流速 1 mL/min，不分流模式；气相色谱升温程序为：起始柱温 40 °C，保持 5 min，以 4 °C/min 升至 230 °C，保持 15 min。

MS 条件：质谱 EI 源，电子轰击能量 70 eV；离子源温度 200 °C，四级杆温度 150 °C，质量数扫描范围 35 ~ 350 amu。

#### (3) 挥发性组分的定性定量方法

定性方法：待测样品的质谱图通过与标准谱库美国国家标准技术研究所 (National Institute of Standards and Technology, NIST) 05 比对鉴定，匹配度大于 80% 的结果才予以报道。

定量方法：以 2-辛醇 (1 mg/mL) 作为内标，采用内标法确定各组分相对含量。挥发性

组分含量结果以“平均值 ± 标准偏差”表示 (n=3)。

### 1.4.3 感官评定方法

感官评定由 17 名专业人员组成的感官评定小组参照 GB/T15038—2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》<sup>[18]</sup> 对不同品种所酿造出的柑橘-葡萄酒从色泽 (满分 5 分)、澄清度 (满分 5 分)、香气 (满分 30 分)、滋味 (满分 40 分)、典型性 (满分 20 分) 5 个方面进行感官评定，酒样总分为 5 项得分之和，满分为 100 分。

## 2 结果与分析

### 2.1 理化指标分析

经分析，供试酒样的常规理化指标，包括总糖、总酸、酒精体积分数、干浸出物、甲醇等的数值符合中华人民共和国 GB15037-2006 标准，说明采集酒样均是合格的柑橘-葡萄酒样品。

### 2.2 香气成分分析

应用固相微萃取技术对三种不同葡萄品种所酿造的柑橘-葡萄酒香味物质进行分析，得到总离子流色谱图见图 1。通过质谱解析及与 NIST 05 标准谱图进行比对，鉴定得到各香气成分，结果见表 1。

如表 1，三种柑橘-葡萄酒中共检出 43 种香味物质，其中酯类组分 18 种、醇类组分 10 种、酸类组分 5 种、醛酮类组分 7 种和其他类组分 3 种。其中乙酸乙酯、乳酸乙酯、己酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、丙酸-2-苯乙酯、棕榈酸乙酯、3-甲基-2-丁醇、苯乙醇、异戊醇、乙酸、己酸、2,3-二甲基-5-异丙烯基-环己酮-1 等 13 种化合物在 3 个品种中均有检出，是形成柑橘-葡萄酒的主体香气成分<sup>[19-20]</sup>，XH 中这几类化合物的含量占优，且总含量高达 22.704 mg/L。从表 1 可以看出，在 JF 中分离鉴定出香味物质 42 种，其中含量超过 0.1 mg/L 的主体成分有 25 种；在 XH 中共分离鉴定出 42 种香味物质，相对含量超过 0.1 mg/L 的主体成分有 26 种；在 MG 中共分离鉴定出 40 种香味物质，其中相对含量超过 0.1 mg/L 的主体成分有 23 种。

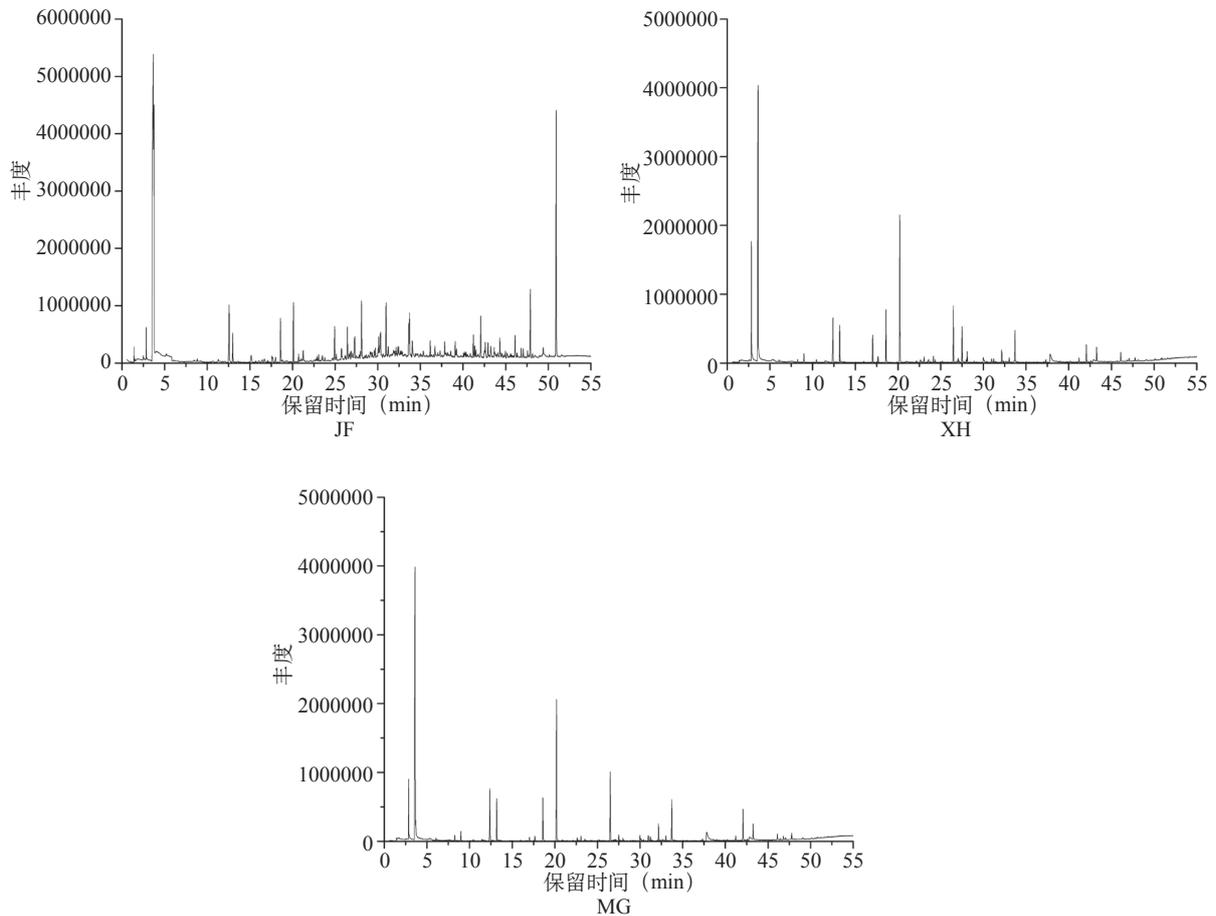


图 1 柑橘-葡萄酒香气成分的总离子流色谱图

Fig. 1 Total ion chromatograms of aroma compounds in orange-grape wine

表 1 柑橘-葡萄酒的香气成分

Table 1 Aroma components contents of orange-grape wine

序号	化合物类型及名称	含量 (mg/L)		
		JF	XH	MG
酯类				
1	乙酸乙酯	1.769±0.532a	5.028±0.743c	3.230±0.568b
2	3-甲基-1-丁醇乙酯	0.122±0.021a	0.356±0.038b	0.445±0.024c
3	2-丁烯酸乙酯	0.003±0.000a	0.177±0.017c	0.103±0.008b
4	乳酸乙酯	0.218±0.073a	2.483±0.120c	0.420±0.095b
5	己酸乙酯	0.935±0.056b	0.814±0.043a	1.258±0.076c
6	辛酸乙酯	1.929±0.437a	4.100±0.873c	3.393±0.951b
7	壬酸乙酯	0.003±0.000a	0.018±0.004c	0.010±0.001b
8	己酸己酯	0.098±0.010b	0.001±0.000a	ND
9	癸酸乙酯	1.041±0.231a	1.560±0.187b	2.380±0.276c
10	苯甲酸乙酯	0.021±0.006a	0.196±0.043c	0.069±0.009b

序号	化合物类型及名称	含量 (mg/L)		
		JF	XH	MG
11	丁二酸二乙酯	0.101±0.047a	1.554±0.238c	0.311±0.057c
12	苯乙酸乙酯	0.005±0.001a	0.077±0.004b	0.096±0.007c
13	2-羟基苯甲酸乙酯	0.004±0.000a	0.154±0.034b	0.334±0.045c
14	丙酸-2-苯乙酯	0.137±0.013a	0.226±0.021b	0.317±0.029c
15	十二酸乙酯	0.224±0.016a	0.330±0.023b	0.543±0.027c
16	苯丙酸乙酯	0.022±0.003a	0.147±0.022b	0.182±0.014c
17	肉豆蔻酸乙酯	0.177±0.055c	0.072±0.0011b	0.059±0.0016a
18	棕榈酸乙酯	1.125±0.084c	0.418±0.036a	0.958±0.101b
	醇类			
1	2-甲基-1-丙醇	0.001±0.000a	0.106±0.013b	0.271±0.026c
2	4-甲基-1-戊醇	0.256±0.042b	0.036±0.006a	0.033±0.010a
3	异戊醇	2.004±0.429c	1.240±0.080a	1.785±0.075b
4	3-甲基-2-丁醇	0.218±0.013a	2.483±0.096c	0.420±0.043b
5	正己醇	0.256±0.017b	0.036±0.003a	0.033±0.005a
6	2-壬醇	0.005±0.0001a	0.093±0.016c	0.015±0.0002b
7	正辛醇	0.016±0.003a	0.099±0.008b	0.011±0.001a
8	3, 7-二甲基-6-辛烯-1-醇	0.357±0.025b	0.026±0.002a	0.028±0.002a
9	苯乙醇	3.033±0.433c	1.702±0.167a	2.825±0.229b
10	3, 7-二甲基-1, 6-辛二烯-3-醇	0.482±0.027a	0.500±0.013b	0.535±0.020c
	酸类			
1	乙酸	1.711±0.127a	1.806±0.103b	2.133±0.078c
2	己酸	0.391±0.015a	0.619±0.019c	0.559±0.011b
3	辛酸	0.002±0.000a	0.148±0.006b	0.155±0.009b
4	2, 2-二甲基戊酸	ND	0.103±0.012b	0.018±0.003a
5	癸酸	0.077±0.004a	0.213±0.077b	0.335±0.051c
	醛酮类			
1	糠醛	0.001±0.000a	0.005±0.000a	0.056±0.002b
2	壬醛	0.097±0.006b	0.001±0.000a	0.001±0.000a
3	癸醛	0.093±0.005a	0.001±0.000a	0.001±0.000a
4	苯甲醛	0.096±0.011	ND	ND
5	苯乙酮	0.157±0.083b	0.003±0.000a	0.001±0.000a
6	植酮	0.258±0.074b	0.001±0.000a	ND
7	2, 3-二甲基-5-异丙烯基-环己酮-1	0.253±0.041b	0.226±0.020a	0.289±0.034c
	其他类			
1	萘	0.180±0.017c	0.001±0.000a	0.034±0.005b
2	萘烯	0.070±0.006b	0.183±0.028c	0.008±0.001a
3	1-甲基萘	0.120±0.023b	0.001±0.000a	0.003±0.000a

注：“ND”表示未检测；不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

将柑橘-葡萄酒中鉴定出的香气物质分为酯类、醇类、酸类、醛酮类和其他类5大类, 各类香气成分含量见图2。三种柑橘-葡萄酒的香气成分在组成上存在一致性, 其中为酯类化合物含量最高, 是柑橘-葡萄酒中的主要香气成分类型。

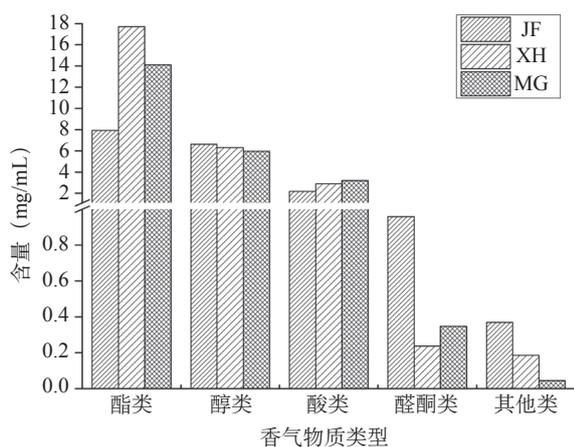


图2 柑橘-葡萄酒的香气化合物类型及比例  
Fig. 2 Classes and relative amounts of aroma components in orange-grape wine

试验中共检出18种酯类物质, 包括乙酸乙酯、乳酸乙酯、己酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、丙酸-2-苯乙酯、十二酸乙酯、棕榈酸乙酯等, 其中乙酸乙酯、己酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯及棕榈酸乙酯含量较高, 为三种柑橘-葡萄酒中主要的酯类物质。

三种柑橘-葡萄酒中酯类化合物含量差异较大(图2), 其中相对含量最高的为XH(17.710 mg/L), 然后依次是NG(14.108 mg/L)、JF(7.933 mg/L)。18种酯类化合物在三种柑橘-葡萄酒中含量差异显著(表1,  $P < 0.05$ ), 其中, 含量较高的组分依次是乙酸乙酯(平均为3.342 mg/L)、辛酸乙酯(平均为3.140 mg/L)、癸酸乙酯(平均为1.660 mg/L)、乳酸乙酯(平均为1.040 mg/L)与己酸乙酯(平均为1.002 mg/L), 这与刘维维<sup>[21]</sup>对葡萄酒中酯类化合物的组成相似。

醇类化合物在三种柑橘-葡萄酒中含量也较高, 其中最高的是JF(6.629 mg/L), 然后依次是XH(6.321 mg/L)与MG(5.957 mg/L)。在3

个品种中均存在的醇类化合物有10种, 其中苯乙醇含量最高(平均为2.520 mg/L), 然后依次为异戊醇(平均为1.676 mg/L)、3-甲基-2-丁醇(平均为1.040 mg/L)、3, 7-二甲基-1, 6-辛二烯-3-醇(平均为0.506 mg/L)、3, 7-二甲基-6-辛烯-1-醇(平均为0.137 mg/L)、2-甲基-1-丙醇(平均为0.126 mg/L)、4-甲基-1-戊醇(平均为0.108 mg/L)、正己醇(平均为0.108 mg/L)、正辛醇(平均为0.042 mg/L)和2-壬醇(平均为0.038 mg/L)。

在三种柑橘-葡萄酒中共检出5种酸类物质, 包括乙酸、己酸、辛酸等, 其中乙酸含量最高(平均为1.883 mg/L), 是主要的酸类物质。其中酸类组分的变化主要源于乙酸相对含量的变化, 沈怡方<sup>[22]</sup>经研究表明, 酵母菌在发酵过程中利用葡萄糖代谢生成乙酸及乙醇, 进而在酵母胞内酯酶作用下生成乙酸乙酯。由此得出, 乙酸对形成葡萄酒风味物质有重要作用。

此外, 醛类、酮类和其他香气化合物的含量在三种柑橘-葡萄酒中差异较大(图2), 但各香气化合物的相对含量较少, 仅2, 3-二甲基-5-异丙烯基-环己酮-1(平均为0.256 mg/L)与萘烯(平均为0.087 mg/L)在三种柑橘-葡萄酒中含量均超过了0.001 mg/L。

### 2.3 感官品质分析

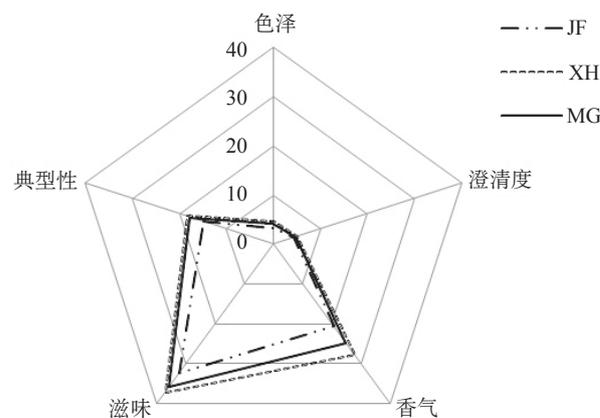


图3 柑橘-葡萄酒的感官评分  
Fig. 3 Sensory score of orange-grape wine

17名专业人员组成的感官评定小组分别对三种柑橘-葡萄酒进行感官评定。由图3知, XH

的感官评分最高为 92.9 分, MG 的 87.4 分感官评分次之, JF 的感官评分最低。即川南地区由柑橘与“夏黑”葡萄所酿造的柑橘-葡萄酒感官品质最优, 其感官特征为: 色泽自然、澄清透明、有一定光泽; 果香与酒香幽雅和谐; 酒体丰满、爽口、回味绵延; 风格幽雅无缺。

### 3 结论

通过对川南地区柑橘与不同葡萄品种混酿而成的柑橘-葡萄酒进行理化指标及香气成分的检测, 并利用葡萄酒、果酒感官评定的方法, 研究了不同葡萄品种对柑橘-葡萄酒品质的影响。结果表明: 在三种柑橘-葡萄酒中共分离鉴定出 43 种香气化合物, 其中包含酯类化合物 18 种、醇类化合物 10 种、酸类化合物 5 种、醛酮类化合物 7 种及其他类化合物 3 种。柑橘-葡萄酒主要香气贡献成分是酯类化合物, 在柑橘-夏黑葡萄酒中高达 64.77%, 然后依次是柑橘-玫瑰香葡萄酒 (59.63%) 和柑橘-巨峰葡萄酒 (43.90%)。柑橘-夏黑葡萄酒的感官评分最高, 其感官特征为: 色泽自然、澄清透明、有一定光泽; 果香与酒香幽雅和谐; 酒体丰满、爽口、回味绵延; 风格幽雅无缺。综上, 川南地区宜选夏黑葡萄用于柑橘-葡萄酒的制作, 且柑橘-葡萄酒的生产具有广阔的应用前景, 如若进一步投入工厂生产, 还需继续做更深入地探讨研究。

#### 参考文献:

[1] 刘忠, 张知锦, 黄明远, 等. 不同促早处理对巨峰葡萄萌芽、坐果及品质的影响 [J]. 北方园艺, 2015 (9): 35-37.  
[2] 李超. 巧橘粉虱对四川三种柑橘品种的选择性及主要防治技术研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2012.  
[3] 王蔷. 四川柑橘产业发展面临的主要挑战与发展选择 [J]. 农村经济, 2015 (8): 38-41.

[4] 张鸿, 刘伟, 陈晓娟, 等. 加快四川酿酒葡萄产业发展的对策研究 [J]. 农业科技管理, 2015, 34 (8): 69-71.  
[5] 任自力, 唐勇, 董学会. 四川乐山市葡萄设施避雨栽培技术 [J]. 中国园艺文摘, 2016 (12): 195-197.  
[6] 郭晓鸣. 四川柑橘产业市场培育及品牌建设的四点建议 [J]. 决策咨询, 2011 (1): 34-35.  
[7] 陈建, 刘晓. 葡萄新品种夏至红在四川成都的引种试验 [J]. 中国果树, 2015 (5): 45-47.  
[8] 张红梅, 曹晶晶. 中国葡萄酒产业的现状和趋势及可持续发展对策 [J]. 农业现代化研究, 2014, 35 (2): 183-187.  
[9] 齐颖. 蜂蜜柑橘酒发酵技术的研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2007.  
[10] 颜雪辉, 吕梅, 史路路, 等. 柑橘酒酿造工艺研究 [J]. 中国酿造, 2013, 32 (11): 98-101.  
[11] 李娜, 孙波. 蓝莓枸杞发酵酒的生产工艺研究 [J]. 酿酒, 2015, 42 (6): 103-104.  
[12] 刘波. 野生山里红与山楂复合果酒的优化工艺 [J]. 食品研究与开发, 2015, 36 (8): 61-64.  
[13] 栗亚男, 宋慧, 强阿娟, 等. 复合果酒发酵工艺的研究 [J]. 中国食品添加剂, 2014 (3): 115-119.  
[14] 赵东, 郑佳, 彭志云, 等. 利用顶空固相微萃取、液液萃取和香气分馏技术鉴定糠壳的挥发性成分 [J]. 酿酒科技, 2016 (12): 31-39.  
[15] 杨春霞, 廖永红, 胡建华, 等. 液液萃取与固相微萃取二锅头香气成分的比较 [J]. 食品工业科技, 2012 (8): 68-74.  
[16] 中华人民共和国卫生部. GB/T5009.1-2003 食品卫生检测方法理化部分总则 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.  
[17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 12456-2008 食品中总酸的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.  
[18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T15038-2006 葡萄酒、果酒通用分析方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.  
[19] 黄六斌, 穆洪霞, 丁雪梅, 等. 柑橘酒酿造过程香气成分变化的研究 [J]. 酿酒科技, 2015 (3): 47-50.  
[20] 于静, 李景明, 吴继红, 等. 顶空固相微萃取法 (SPME) 在红葡萄酒香气成分测定中的应用研究 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2006 (3): 4-9.  
[21] 刘维维. 发酵型葡萄酒风味物质的研究 [D]. 天津: 天津科技大学, 2011.  
[22] 沈怡方. 白酒中四大乙酯在酿造发酵中形成的探讨 [J]. 酿酒科技, 2003 (5): 28-31.

《中国食品添加剂》杂志—中文核心期刊 中国科技核心期刊  
欢迎您通过唯一渠道—本刊在中国知网的期刊编审系统投稿

网 址: <http://zstj.cbpt.cnki.net/>