

# 枇杷酒陈酿期间香气成分的变化

蒲彪<sup>1</sup>, 张瑶<sup>1</sup>, 刘云<sup>2</sup>

(1.四川农业大学食品学院, 四川 雅安 625014; 2.西南林业大学林学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 为探讨陈酿对枇杷酒香气形成的影响, 采用顶空固相微萃取与气相色谱-质谱联用技术检测枇杷酒陈酿期间香气成分的变化, 并用面积归一化法计算各成分的相对含量。结果表明: 在陈酿期间, 共检出 27 种香气成分; 正己醇、正庚醇、1-辛醇等 19 种为共有成分, 其中 1-壬醇、乙酸戊酯、辛酸乙酯等 8 种成分相对含量较高; 陈酿各阶段, 虽各类香气成分的相对含量高低依次均为酯类、醇类、酸类、萜烯类和醛类, 但香气成分种类、主要香气组分及其相对含量均有不同; 醇类和醛类香气成分相对含量总体有所减少; 酯类、酸类和萜烯类香气成分相对含量总体有所增加。不同陈酿时期香气组分的不同使枇杷酒呈现不尽相同的香气表现。

**关键词:** 枇杷; 陈酿; 香气; 顶空固相微萃取; 气相色谱-质谱联用

## Changes of Aroma Components in Loquat Wine during Aging Process

PU Biao<sup>1</sup>, ZHANG Yao<sup>1</sup>, LIU Yun<sup>2</sup>

(1. College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;

2. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of natural aging process on aroma components in loquat wine, headspace solid phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) was used to analyze the aroma components in original and naturally aged samples of loquat wine. Quantification was performed by the area normalization method. The results indicated that 27 aroma components were identified in wine samples aged for 0, 3, 6, 9 months, of which 19 such as 1-hexanol, n-heptanol, 1-octanol and so on were found in all of the four samples and 8 such as 1-nonanol, amyl acetate, ethyl caprylate and otherwise were the predominant compounds. At the four aging stages, esters were the most predominant aroma components, followed by alcohols, acids, terpenoids and aldehydes, and the types of aroma components and major aroma components and their relative contents revealed differences. The relative contents of alcohols and aldehydes exhibited a downward trend, and of esters, acids and terpenoids an upward trend. Difference aroma composition provided loquat wine with different aroma performance at different aging stages.

**Key words:** loquat; aging; aroma; HS-SPME; GC-MS

中图分类号: TS262.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)14-0293-05

枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl.)为蔷薇科枇杷属多年生常绿小乔木<sup>[1]</sup>, 起源并主要分布于我国。全世界枇杷属植物种类有 34 个, 原产于我国的有 21 个<sup>[2]</sup>。枇杷果实色泽金黄, 富含膳食纤维、有机酸、矿质元素及维生素等营养成分<sup>[3]</sup>, 具有润肺化痰、消除疲劳、预防衰老等功效<sup>[4]</sup>。据资料显示, 我国枇杷的种植面积和产量均居世界首位, 除鲜食外, 主要用于加工果汁、果肉饮料等。近年, 在倡导枇杷产业多元化发展的指引下, 精深加工产品枇杷酒不仅体现了枇杷的特有风味, 而且保持其部分营养和保健功效, 并以独特的生物功能性受到消费者的喜爱。因此, 对枇杷酒的研究

有利于枇杷产业的可持续发展。

香气成分是构成和影响果酒品质及典型性的主要因素之一<sup>[5]</sup>, 也是衡量果酒质量的重要指标。果酒中的香气可分为品种香、发酵香和陈酿香, 分别来源于果实、发酵和陈酿。刚酿制出的枇杷酒口感粗糙、香味不足, 经过陈酿期间的氧化还原、酯化和聚合沉淀等作用后, 一些不良风味物质减少, 芳香物质得到加强, 酒体变得圆润、协调, 典型性突出。

目前, 有关枇杷酒陈酿期间香气成分变化的研究未见报道。本研究拟采用顶空固相微萃取法, 并结合气相色谱-质谱联用技术, 对枇杷原酒、陈酿 3 个月、陈

收稿日期: 2010-09-16

作者简介: 蒲彪(1956—), 男, 教授, 博士, 研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail: pubiao2002@yahoo.com.cn

酿6个月及陈酿9个月枇杷酒的香气成分进行研究,以期探索陈酿期间枇杷酒香气的变化,进而为枇杷果业的持续发展、枇杷酒的精深加工提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂与仪器

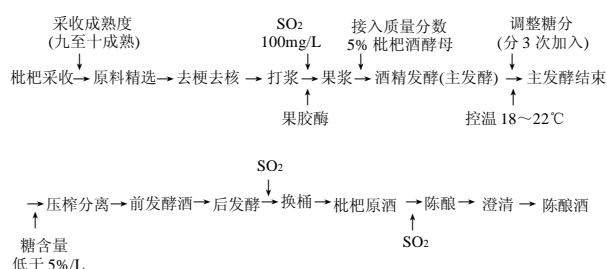
枇杷鲜果于2009年5月13日采自四川省泸州市,品种为“五星”,成熟度良好。采摘当天常温运至雅安,并按照果酒酿造工艺进行枇杷酒的酿制,乙醇体积分数为12%。酿酒酵母为四川农业大学食品学院果蔬加工实验室自行分离筛选的果酒酵母。

氯化钠、偏重亚硫酸钾等(均为分析纯);复合果胶酶(30000U/g) 成都市科龙试剂有限公司;白砂糖(食品级) 市售。

GCMS-QP2010Plus 气质联用仪(配有 GCMS-QP2010 化学工作站和 NIST 05 标准谱库)日本岛津公司;SPME 手动进样手柄、100  $\mu\text{m}$  PDMS(聚甲基硅氧烷)萃取头、15mL 带聚四氟乙烯瓶盖的棕色样品瓶 美国 Supelco 公司;HJ-3 数显恒温磁力搅拌器 常州国华仪器有限公司;DNP-9162 型电热恒温培养箱 上海精宏试验仪器有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 枇杷酒的酿制工艺流程<sup>[6-7]</sup>



#### 1.2.2 枇杷酒的陈酿

发酵结束后,将枇杷酒转入盛装容器玻璃储酒瓶中,在环境温度( $20 \pm 2$ ) $^{\circ}\text{C}$ 条件下避光、隔氧进行陈酿,定期取样进行测定。陈酿期间,根据酒脚沉降情况适时进行倒酒;每次取样和倒酒后需用同酒龄的枇杷酒添酒;同时,根据对酒样二氧化硫的测定结果进行补加,使游离二氧化硫的含量控制在 $20 \sim 30 \text{mg/L}$ <sup>[8]</sup>。

#### 1.2.3 枇杷酒香气成分萃取

量取8.5mL枇杷酒于15mL样品瓶中,按0.25g/mL加入氯化钠,磁力搅拌速度为800r/min<sup>[9]</sup>,于38.0 $^{\circ}\text{C}$ 平衡20min<sup>[10]</sup>,插入固相微萃取头于液面上方20mm处,40 $^{\circ}\text{C}$ 吸附32.5min,然后立即将萃取头插入气质联用仪进样口解吸4min,进行GC-MS分析。取样量、萃取温度及萃取时间参数由萃取条件优化试验分析确定。

### 1.2.4 GC-MS 检测

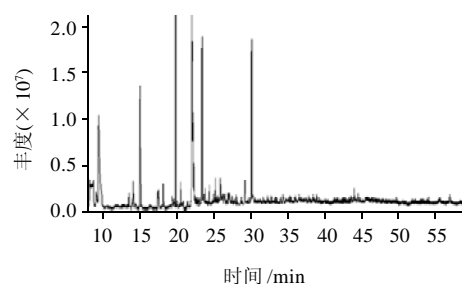
GC 条件: DB-5MS 石英弹性毛细管色谱柱(30m  $\times$  0.25mm, 0.25  $\mu\text{m}$ ),不分流进样,进样口温度260 $^{\circ}\text{C}$ 。升温程序<sup>[10]</sup>: 40 $^{\circ}\text{C}$ 保持5min,以5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至220 $^{\circ}\text{C}$ ,保持10min。载气He,恒流1mL/min。

MS 条件: EI<sup>+</sup> 离子源,电子能量70eV,灯丝流量0.20mA,离子源温度250 $^{\circ}\text{C}$ ,质谱接口温度260 $^{\circ}\text{C}$ ,扫描范围30~500u。

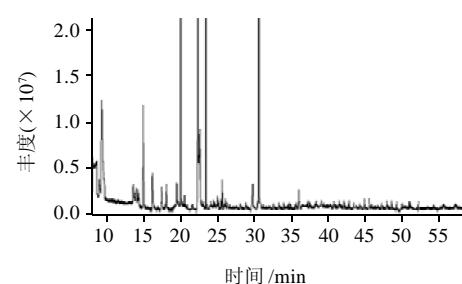
## 2 结果与分析

### 2.1 不同陈酿时期枇杷酒香气成分的总离子流图

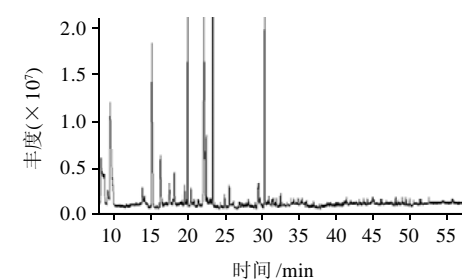
采用顶空固相微萃取法(headspace solid phase microextraction, HP-SPME)对不同陈酿时期枇杷酒的香气成分进行萃取,经气相色谱-质谱联用仪分析鉴定,由GCMS-QP2010 工作站绘出枇杷原酒、陈酿3个月、陈酿6个月和陈酿9个月枇杷酒香气成分的总离子流图见图1。



A. 枇杷原酒



B. 陈酿3个月



C. 陈酿6个月

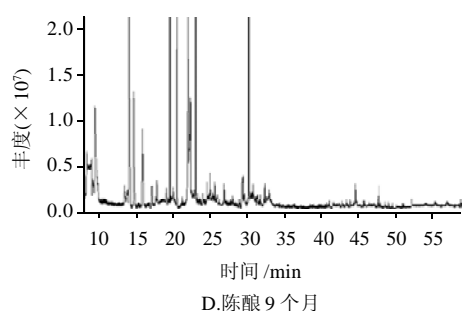


图1 不同陈酿时期枇杷酒香气成分总离子流图

Fig.1 GC-MS total ion chromatogram of aroma components in loquat wine with various aging periods

## 2.2 不同陈酿时期枇杷酒香气成分及其相对含量

通过 GCMS-QP2010 工作站检索 NIST 05 标准谱库,并结合有关文献标准谱图进行核对分析<sup>[11]</sup>,再采用气相

色谱峰面积归一化法定量计算出各香气成分的相对含量,结果见表1。可知从枇杷原酒、陈酿3个月、陈酿6个月及陈酿9个月枇杷酒中依次分离鉴定出21、21、21种和24种香气成分,分别占各自香气总量的93.50%、94.98%、94.99%和95.41%。

由表1可知,从枇杷酒中共检出香气成分27种。枇杷原酒主要香气成分及其相对含量分别为1-壬醇22.88%、乙酸戊酯14.47%、辛酸乙酯14.28%、正己酸乙酯10.18%、苯乙醇5.83%、辛酸5.37%、癸酸乙酯3.15%、2-甲基丁酸乙酯2.16%、丁二酸二乙酯2.13%等;陈酿3个月枇杷酒主要香气成分及其相对含量分别为癸酸乙酯23.01%、1-壬醇16.27%、乙酸戊酯11.95%、辛酸乙酯10.45%、正己酸乙酯7.11%、辛酸4.60%、苯乙醇3.52%、柠檬烯2.44%、丁二酸二乙酯2.14%等;陈酿6个月枇杷酒主要香气成分及其相对含量分别为癸酸乙酯19.50%、

表1 不同陈酿时期枇杷酒香气成分组成及相对含量

Table 1 Aroma compositions and their relative contents in original loquat wine and naturally aged wine

序号	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对含量(以峰面积计)/%			
				1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>
醇类	1* 正己醇 1-hexanol	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	102	1.49	0.78	1.20	1.30
	2* 正庚醇 n-heptanol	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> O	116	1.34	0.99	1.13	1.15
	3* 1-辛醇 1-octanol	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	130	1.31	1.35	1.23	0.78
	4* 里那醇 linalool	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	0.85	1.29	1.11	0.29
	5* 苯乙醇 phenylethyl alcohol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	122	5.83	3.52	6.09	8.88
	6* 1-壬醇 1-nonanol	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O	144	22.88	16.27	16.08	13.81
	7 橙花叔醇 nerolidol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222		1.13		
酯类	1* 2-甲基丁酸乙酯 ethyl 2-methylbutyrate	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	2.16	1.85	1.93	2.24
	2* 乙酸戊酯 amyl acetate	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	14.47	11.95	11.69	10.31
	3* 正己酸乙酯 ethyl caproate	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	10.18	7.11	7.19	7.56
	4* 辛酸甲酯 methyl caprylate	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158	1.10	0.42	1.01	1.37
	5* 丁二酸二乙酯 diethyl succinate	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	174	2.13	2.14	2.77	4.20
	6* 辛酸乙酯 ethyl caprylate	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	14.28	10.45	8.69	16.66
	7* 苯乙酸乙酯 ethyl phenylacetate	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	0.39	0.45	0.52	0.54
	8* 乙酸苯酯 phenethyl acetate	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164	1.20	1.14	1.02	0.88
	9 壬酸乙酯 ethyl nonanoate	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	186				0.56
	10* 癸酸乙酯 ethyl decanoate	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	3.15	23.01	19.50	7.71
	11 丁香酸乙酯 ethyl syringate	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>	226			0.54	0.56
	12 邻苯二甲酸二辛酯 dioctyl phthalate	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	390				0.65
	13 棕榈酸乙酯 ethyl palmitate	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284				0.71
酸类	1* 2-甲基丁酸 2-methyl butyric acid	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	102	0.79	0.95	1.14	1.20
	2* 己酸 hexanoic acid	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	1.75	1.29	1.31	1.43
	3* 辛酸 octanoic acid	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	5.37	4.60	5.07	5.98
	4* 癸酸 decanoic acid	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	1.80	1.85	1.89	2.15
醛类	1 壬醛 1-nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142	0.45			
	2 癸醛 decanal	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	156	0.58			
萜烯类	1 柠檬烯 limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136		2.44	3.88	4.49

注: 1<sup>#</sup>. 枇杷原酒; 2<sup>#</sup>. 陈酿3个月酒; 3<sup>#</sup>. 陈酿6个月酒; 4<sup>#</sup>. 陈酿9个月酒。\*. 不同陈酿时期枇杷酒中共有的香气成分。

1- 壬醇 16.08%、乙酸戊酯 11.69%、辛酸乙酯 8.69%、正己酸乙酯 7.19%、苯乙醇 6.09%、辛酸 5.07%、柠檬烯 3.88%、丁二酸二乙酯 2.77% 等; 陈酿 9 个月枇杷酒主要香气成分及其相对含量分别为辛酸乙酯 16.66%、1- 壬醇 13.81%、乙酸戊酯 10.31%、苯乙醇 8.88%、癸酸乙酯 7.71%、正己酸乙酯 7.56%、辛酸 5.98%、柠檬烯 4.49%、丁二酸二乙酯 4.20%、2- 甲基丁酸乙酯 2.24%、癸酸 2.15% 等。不同陈酿时期, 共同的香气成分为正己醇、正庚醇、1- 辛醇、里那醇、苯乙醇、1- 壬醇、2- 甲基丁酸乙酯、乙酸戊酯、正己酸乙酯、辛酸乙酯、丁二酸二乙酯、辛酸乙酯、苯乙酸乙酯、乙酸苯乙酯、癸酸乙酯、2- 甲基丁酸、己酸、辛酸和癸酸共 19 种, 由此表明, 在陈酿的过程中, 枇杷酒香气在发生变化的同时也保持了前后的同源性。而在这 19 种共有香气成分中, 相对含量较高的为 1- 壬醇、乙酸戊酯、辛酸乙酯、正己酸乙酯、癸酸乙酯、苯乙醇、辛酸、丁二酸二乙酯 8 种, 可见, 这几类香气化合物对枇杷酒香气的贡献最大。不同陈酿时期, 不同的香气成分多为相对含量较低的成分。

陈酿期间, 从枇杷原酒、陈酿 3 个月和陈酿 6 个月枇杷酒中检出的香气成分总数虽均为 21 种, 但在香气化合物的种类和相对含量方面存在一定的差异; 陈酿 9 个月枇杷酒香气成分在香气化合物总数、种类和相对含量方面较前 3 个阶段差异明显。枇杷原酒检出的 21 种香气成分中有 19 种在陈酿 3 个月、陈酿 6 个月和陈酿 9 个月枇杷酒中均有检出, 壬醛和癸醛仅在枇杷原酒中检出, 相对含量较高的香气化合物为 1- 壬醇 22.88%、乙酸戊酯 14.47%、辛酸乙酯 14.28%、正己酸乙酯 10.18%; 陈酿 3 个月枇杷酒中除共同的 19 种香气成分外, 还检出橙花叔醇和柠檬烯, 其中柠檬烯在陈酿 6 个月和陈酿 9 个月枇杷酒中均有检出, 相对含量较高的香气化合物为癸酸乙酯 23.01%、1- 壬醇 16.27%、乙酸戊酯 11.95%、辛酸乙酯 10.45%, 与枇杷原酒相对含量较高化合物的种类不同、相对含量相差较大, 说明陈酿 3 个月枇杷酒的香气表现较枇杷原酒已有所不同; 陈酿 6 个月枇杷酒中除与陈酿 3 个月枇杷酒相同的香气成分外, 还检出丁香酸乙酯, 并在陈酿 9 个月酒中也有检出, 相对含量较高的香气化合物为癸酸乙酯 19.50%、1- 壬醇 16.08%、乙酸戊酯 11.69%、辛酸乙酯 8.69%, 与陈酿 3 个月枇杷酒相对含量较高化合物的种类相同、相对含量接近, 说明这两个陈酿阶段枇杷酒的香气表现比较相似; 陈酿 9 个月枇杷酒中除与陈酿 6 个月枇杷酒相同的香气成分外, 还检出壬酸乙酯、邻苯二甲酸二辛酯和棕榈酸乙酯, 相对含量较高的香气化合物为辛酸乙酯 16.66%、1- 壬醇 13.81%、乙酸戊酯 10.31%、苯乙醇 8.88%, 与前 3 个陈酿阶段相对含量较高化合物的种类不同、相对

含量相差较大, 说明陈酿 9 个月枇杷酒的香气表现较前 3 个阶段枇杷酒均有所不同。由此可见, 在陈酿的过程中, 枇杷酒中的香气成分发生着生成、更替、消失的动态变化过程, 从而使不同时期的酒呈现出不尽相同的风味特征。

### 2.3 不同陈酿时期枇杷酒香气成分分类分析

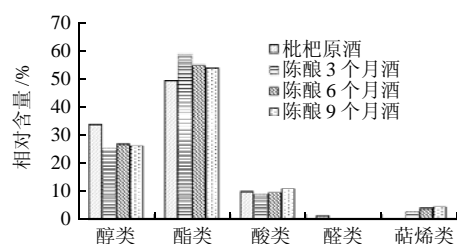


图 2 不同陈酿时期枇杷酒中香气成分类型及其含量

Fig.2 Relative contents of aroma component groups in original loquat wine and naturally aged wine

枇杷酒中香气成分按化合物结构分为醇类、酯类、酸类、醛类和萜烯类, 各类香气物质的相对含量见图 2。在枇杷原酒、陈酿 3 个月、陈酿 6 个月和陈酿 9 个月枇杷酒中各类香气成分的相对含量高低依次均为酯类、醇类、酸类、萜烯类和醛类, 其中又以酯类和醇类的相对含量较高。而对于各类香气物质的种类和相对含量在不同陈酿阶段则呈现不同的变化趋势。

#### 2.3.1 不同陈酿时期醇类香气物质的变化

结合图 2 和表 1 可知, 醇类相对含量仅次于酯类, 对枇杷酒香气的贡献较大。在枇杷原酒、陈酿 3 个月、陈酿 6 个月和陈酿 9 个月枇杷酒中依次检出 6、7、6 种和 6 种香气成分, 相对含量依次为 33.70%、25.33%、26.84% 和 26.21%, 总体呈减少的趋势。在陈酿期间, 相对含量最高的两种醇类物质均为 1- 壬醇和苯乙醇; 除苯乙醇相对含量有所增加外, 其余几种醇类物质的相对含量有总体减少的趋势; 萜烯醇类物质橙花叔醇仅在陈酿 3 个月的枇杷酒中有检出。研究表明, 少量高级醇能够赋予果酒优雅的香气, 同时这些物质又是其他香气物质的良好溶剂; 芳香醇类由于它们的嗅觉阈值一般都很低, 所以其香气值(浓度/阈值)很高, 对总体香气的形成有不可忽视的作用<sup>[12]</sup>, 本实验中测得的不同陈酿时期枇杷酒中的苯乙醇相对含量均较高, 因此其应为构成该酒主要特征香气的组分之一。

#### 2.3.2 不同陈酿时期酯类香气物质的变化

酯类相对含量在所有物质中最高, 其在丰富枇杷酒香气的同时对香气的贡献也是最大的。在枇杷原酒、陈酿 3 个月、陈酿 6 个月和陈酿 9 个月枇杷酒中依次检出 9、9、10 种和 13 种香气成分, 相对含量依次为 49.06%、

58.52%、54.86% 和 53.95%，可见酯类化合物的种类及相对含量均有所增加，由此表明，在陈酿的过程中，酯类香气逐渐变得复杂浓郁。在枇杷原酒中酯类物质以乙酸戊酯和辛酸乙酯相对含量最高，在陈酿 3 个月和陈酿 6 个月枇杷酒中以癸酸乙酯和乙酸戊酯相对含量最高，而在陈酿 9 个月枇杷酒中则以辛酸乙酯和乙酸戊酯相对含量最高，由此表明，在陈酿的过程中，酯类香气在产生并加强的同时主要特征香气也在发生着更替。由表 1 还可知，在陈酿的过程中，除乙酸苯乙酯和癸酸乙酯相对含量有所减少外，其他乙醇酯类香气物质的相对含量均有增加的趋势。

### 2.3.3 不同陈酿时期酸类香气物质的变化

酸类相对含量较酯类和醇类明显减少，但其对枇杷酒香味有着不可替代的作用。在枇杷原酒、陈酿 3 个月、陈酿 6 个月和陈酿 9 个月枇杷酒中检出的 4 种香气成分均相同且均为脂肪酸，相对含量依次为 9.71%、8.69%、9.41% 和 10.76%。在陈酿的过程中，4 种挥发性脂肪酸的相对含量变化不大，总体略有增加的趋势。

### 2.3.4 不同陈酿时期醛类和萜烯类香气物质的变化

对于醛类香气物质，仅在枇杷原酒中检出，相对含量为 1.03%，即壬醛 0.45% 和癸醛 0.58%。研究表明，醛类物质在果实中的种类和含量较多，而在果酒中，由于陈酿过程中发生氧化作用而使醛类物质转化减少。对于萜烯类香气物质，仅在陈酿 3 个月、陈酿 6 个月和陈酿 9 个月枇杷酒中检出，且仅柠檬烯 1 种，相对含量略有增加。

## 3 结 论

采用顶空固相微萃取法与气相色谱-质谱联用技术检测了陈酿期间枇杷酒中香气成分。通过对不同陈酿时期香气成分的分析结果来看，共有的香气组分为正己醇、正庚醇、1-辛醇、里那醇、苯乙醇等 19 种，其中 1-壬醇、乙酸戊酯、辛酸乙酯、正己酸乙酯等 8 种

相对含量较高，对枇杷酒香气的贡献也较大。在陈酿各阶段，虽各类香气成分的相对含量高低依次均为酯类、醇类、酸类、萜烯类和醛类，但各个时期香气成分的种类、主要香气组分及相对含量均不同，因此不同陈酿时期的枇杷酒香气表现也不尽相同。

经过陈酿后，酒中的香气成分经历了平衡、稳定和成熟的微妙动态变化，从而使酒体变得澄清剔透、口感柔顺、细腻醇厚、丰满协调，典型性突出。本研究对陈酿过程中枇杷酒香气成分的变化进行分析，为深入研究枇杷酒香气物质奠定基础，为我国枇杷酒品质评价的构建以及枇杷酒的生产实践提供了科学依据。

## 参考文献：

- [1] 章恢志. 中国果树志·枇杷卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996: 104-128.
- [2] 林顺权, 杨向晖, 刘成明, 等. 中国枇杷属植物的自然地理分布[J]. 园艺学报, 2004, 31(5): 569-573.
- [3] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 53-54.
- [4] 张玉, 王建清. 枇杷的营养及功能成分研究进展[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 602-604.
- [5] 李华. 现代葡萄酒工艺学[M]. 西安: 陕西人民出版社, 2000: 20-25.
- [6] 朱宝镛. 葡萄酒工业手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995: 89-92.
- [7] 叶顺君, 蒲彪. 枇杷果酒酿造工艺研究[J]. 酿酒, 2007, 34(1): 87-89.
- [8] 朱宝镛. 葡萄酒工业手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995: 298-305.
- [9] DEMYTTENAERE J C R, MARTINEZ J I S, VERHE R, et al. Analysis of volatiles of malt whisky by solid-phase microextraction and stir bar sorptive extraction[J]. Journal of Chromatography A, 2003, 985 (1/2): 221-232.
- [10] BAPTISTA J A B, TAVARES J F P, CARVALHO R C B, et al. Comparison of polyphenols and aroma in red wines from Portuguese mainland versus Azores Island[J]. Journal of Food Research International, 2001, 34(4): 345-355.
- [11] 丛浦珠, 苏克曼. 化学手册: 第九组 质谱分析[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2000: 27-51.
- [12] 胡博然, 徐文彪. 霞多丽干白葡萄酒品种香和发酵香成分变化的比较研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 191-194.