

文章编号:1673-1689(2008)05-0102-06

## 4 种果酒中的挥发性成分分析比较

张影陆<sup>1,2</sup>, 范文来<sup>1,2</sup>, 姜文广<sup>1,2</sup>, 徐岩<sup>\*1,2</sup>

(1. 江南大学 工业生物技术教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214122)

**摘要:**应用顶空固相微萃取法(HS-SPME)和气质联用(GC-MS)快速测定果酒中的挥发性微量成分。在 4 种果酒中共检测出 113 种挥发性成分, 鉴定出 80 种, 在苹果酒(CW)中 49 种, 荔枝酒(LW)、木瓜酒(PW)和桑椹酒(MW)中分别检测出 40 种、49 种、51 种化合物。检测结果显示, 有 20 种化合物是 4 种果酒中共有的成分; 在 CW 中 9 种成分是特有的, 4、5 和 9 种成分分别只在 LW、PW 和 MW 中检测出; 酯类和醇类化合物是果酒主要组分, 4 种果酒的主要成分差异较大。

**关键词:**固相微萃取; 气质联用; 苹果酒; 荔枝酒; 木瓜酒; 桑椹酒

中图分类号: O 656. 21

文献标识码: A

### Comparison of Volatile Compounds in Four Fruit Wines Using Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SPME) Followed by Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS)

ZHANG Ying-lu<sup>1,2</sup>, FAN Wen-lai<sup>1,2</sup>, JIANG Wen-guang<sup>1,2</sup>, XU Yan<sup>\*1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;  
2. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** The volatile compounds in four fruit wines were rapidly determined using headspace solid phase microextraction (HS-SPME) coupled to capillary gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). A total of 113 volatiles were detected in seven fruit wines, and 80 volatile compounds were identified by GC-MS. There were 49, 40, 49 and 51 kinds of volatile compounds identified in cider wine (CW), lichee wine (LW), pawpaw wine (PM), and mulberry wine (MW), respectively. And 20 compounds were in common in all samples. 9 compounds were specific to CW, and 4, 5, and 9 were only identified in LW, PW and MW, respectively. The esters and alcohols were the main volatile groups. The compounds, which had higher contents, had a great difference in four fruit wines.

**Key words:** headspace solid phase microextraction (HS-SPME); gas chromatography mass spectrometry (GC-MS); cider; lichee wine; pawpaw wine; mulberry wine

收稿日期: 2008-07-05.

基金项目: 长江学者与创新团队发展计划项目(IRT0532).

作者简介: 张影陆(1968-), 女, 江苏泰州人, 讲师.

\* 通讯作者: 徐岩(1962-), 男, 安徽合肥人, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事酿酒科学与工程研究.

Email: yxu@jiangnan.edu.cn

果酒是以各种人工种植的果品和野生的果实为原料,经过破碎、发酵或者浸泡等工艺精心调配酿制而成的低度饮料酒,酒度一般在12%(乙醇体积分数)左右<sup>[1]</sup>。经过加工的果酒,水果营养成分保留在果酒中,不仅含有丰富的维生素和人体所需的氨基酸,还具有许多保健功能,比如果酒里含有大量的多酚,可以起到抑制脂肪在人体中堆积的作用,而且还有生津止渴、润肺和补肝安神的效果。据全国食品工业协会统计,目前,我国果酒的年消费量正以15%的速度递增,发展果酒市场前景十分广阔。果酒的兴盛时期是在20世纪80年代末,大小厂家推出了各种品牌果酒,但最终因质量、口味等得不到消费者的认可,许多厂家最终退出市场。因此,当前各厂家均把果酒质量和口感作为研究重点<sup>[2,3]</sup>。

不同水果酿制的果酒的感官品质存在较大差异,这主要是挥发性成分尤其是香气成分的种类、含量、感觉阈值及其之间的相互作用决定的。果酒中的挥发性成分种类繁多,主要来源于水果果实和发酵过程,包括醇类、萜烯类、羰基化合物、酯类、含氮化合物等<sup>[4]</sup>。各组分质量浓度差别较大,最大的可近1 g/L、最小的为10 ng/L左右<sup>[2-5]</sup>。

作者选取了4种国内市场比较畅销的果酒—苹果酒、荔枝酒、木瓜酒及桑椹酒为研究对象。采用HS-SPME和GC-MS来快速检测4种果酒中的挥发性成分,分析比较找出它们之间的共性和差异。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 样品** 苹果酒(CW):烟台张裕葡萄酒股份有限公司产品;荔之陈酒(LW):广东惠来帝浓酒业有限公司产品;宣木瓜干白(PW):安徽奇瓜王宣木瓜有限公司产品;桑椹酒(MW):宁波天官庄园果汁果酒有限公司产品。

**1.1.2 试剂** NaCl:分析纯,购自中国医药(集团)上海化学试剂公司;标准品:购自Sigma-Aldrich(上海)贸易有限公司。

**1.1.3 主要仪器** Agilent 6890 N气相色谱仪和5975质谱仪(GC-MS);Agilent公司产品;色谱柱(DB-Wax 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);J&W Scientific公司产品;Gerstel MPS多用途进样器:德祥科技有限公司提供。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 样品制备** 取10 mL酒样,加入20 mL的

顶空瓶中,再加入3 g NaCl,振荡后盖紧瓶盖。

**1.2.2 SPME 条件** 采用CAR/DVB/PDMS萃取头,样品预热5 min,50℃萃取30 min。

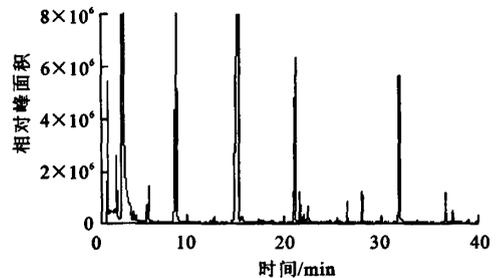
**1.2.3 GC-MS 分析** 色谱条件:进样口温度250℃,程序升温:初温50℃,保持2 min,以3℃/min升至230℃,保持10 min;载气He;进样量1 μL。

各个组分经NIST05a谱库检索(MS)、标准品保留指数(RI)对比以及参考文献(RIL)对比进行定性。待测组分保留指数(RI<sub>x</sub>)根据文献计算<sup>[6]</sup>。

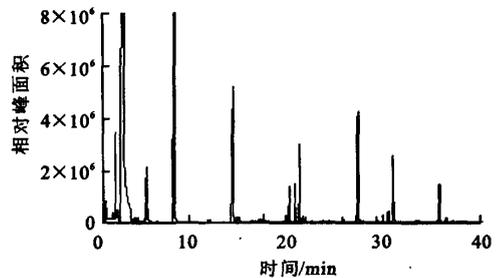
采用TIC峰面积归一化定量计算出各化学成分在果酒中的相对质量分数。

## 2 结果与分析

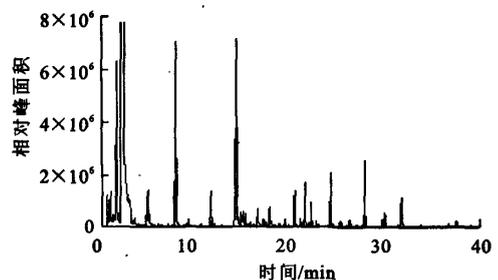
图1为CW,LW,PW和MW 4种果酒中挥发性成分的GC-MS总离子图,经谱库检索和RI值对比,所确定的挥发性成分见表1。



(a) 苹果酒



(b) 荔之陈酒



(c) 宣木瓜酒

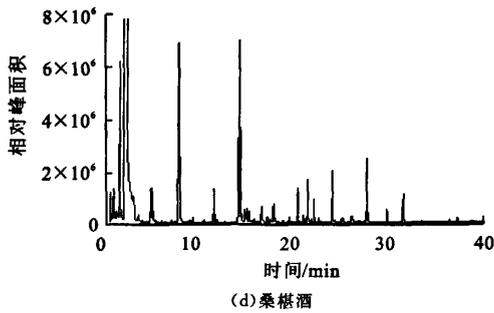


图1 (a)苹果酒,(b)荔枝陈酒,(c)宣木瓜酒和(d)桑椹酒挥发性成分的气相色谱-质谱总离子图

Fig. 1 GC - MS total ionic chromatogram of volatiles in (a) cider, (b) lichee wine, (c) pawpaw wine, (d) mulberry wine

表1 采用HS-SPME和GC-MS技术在4种果酒中检测到的挥发性成分

Tab. 1 The identification of volatile compounds in four fruit wines using HS-SPME and GC - MS

RTx	化合物名称	确定方式 <sup>a</sup>	相对质量分数/% <sup>b</sup>			
			CW	LW	PW	MW
酸类 acids						
1445	乙酸 acetic acid	MS, RI, RIL	0.30	1.21	0.41	3.56
1556	2-甲基丙酸 2-methylpropanoic acid	MS, RI, RIL	0.04	ND	0.08	0.10
1840	己酸 hexanoic acid	MS, RI, RIL	0.92	0.48	0.49	2.35
1962	庚酸 heptanoic acid	MS, RI, RIL	ND	ND	3.68	0.10
2051	辛酸 octanoic acid	MS, RI, RIL	5.76	1.89	0.63	0.64
2142	山梨酸 sorbic acid	MS	0.09	0.15	ND	11.37
2264	癸酸 decanoic acid	MS, RI, RIL	1.27	0.31	2.22	0.40
2246	苯甲酸 benzoic acid	MS, RI, RIL	0.03	0.04	0.09	0.07
2467	月桂酸 dodecanoic acid	MS, RI, RIL	ND	ND	0.11	0.07
2682	棕榈酸 hexadecanoic acid	MS, RI, RIL	ND	ND	0.09	0.05
醇类 alcohols						
1029	1-丙醇 1-propanol	MS, RI, RIL	0.30	1.10	0.35	0.22
1091	2-甲基-1-丙醇 2-methyl-1-propanol	MS, RI, RIL	0.78	2.37	4.16	0.35
1138	1-丁醇 1-butanol	MS, RI, RIL	0.10	ND	ND	ND
1076	2-甲基-1-丁醇 2-methyl-1-butanol	MS, RI, RIL	ND	2.09	3.71	0.71
1078	3-甲基-1-丁醇 3-methyl-1-butanol	MS, RI, RIL	9.55	11.75	21.50	3.53
1034	1-己醇 1-hexanol	MS, RI, RIL	0.25	0.07	0.08	0.09
1352	反-3-己烯-1-醇 (E)-3-hexen-1-ol	MS, RI, RIL	ND	ND	ND	0.12
1371	顺-3-己烯-1-醇 (Z)-3-hexen-1-ol	MS, RI, RIL	ND	ND	ND	1.62
1483	2-乙基-1-己醇 2-ethyl-1-hexanol	MS, RI, RIL	ND	0.15	ND	0.16
1515	2,3,4-三甲基-3-戊醇 2,3,4-trimethyl-3-pentanol	MS	0.04	ND	ND	ND
1532	2,3-丁二醇 2,3-butanediol	MS, RI, RIL	0.03	0.64	ND	0.14
1548	1-辛醇 1-octanol	MS, RI, RIL	0.10	0.15	0.11	ND
1861	苯甲醇 benzyl alcohol	MS, RI, RIL	0.01	0.13	0.02	0.07
1898	$\beta$ -苯乙醇 $\beta$ -phenylethyl alcohol	MS, RI, RIL	1.26	4.07	6.30	2.94
酯类 esters						
892	乙酸乙酯 ethyl acetate	MS, RI, RIL	2.35	7.58	3.93	7.03
915	丙酸乙酯 ethyl propanoate	MS, RI, RIL	ND	ND	13.10	ND
1032	丁酸乙酯 ethyl butyrate	MS, RI, RIL	0.36	0.44	0.26	0.57
1037	2-甲基丁酸乙酯 ethyl 2-methylbutyrate	MS, RI, RIL	0.38	ND	0.26	0.31
1051	3-甲基丁酸乙酯 ethyl 3-methylbutyrate	MS, RI, RIL	0.26	ND	0.34	0.21
1113	乙酸-3-甲基丁酯 3-methylbutyl acetate	MS, RI, RIL	1.05	2.11	1.34	0.71

从表1可以看出,采用HS-SPME和GC-MS技术在4种果酒共检测出80种挥发性成分和半挥发性成分,主要包括14种醇类、29种酯类、3种醛酮类、10种酸类、3种酚类、15种萜烯类和降类异戊二烯类、5种呋喃类以及1种硫化物。在CW、LW、PW和MW中分别鉴定出49、40、49和51种挥发性成分和半挥发性成分。

据图2所示,酯类、醇类和酸类是4种果酒中主要的组分,酯类和醇类组分尤为突出。

续表1

RTx	化合物名称	确定方式 <sup>a</sup>	相对质量分数/% <sup>b</sup>			
			CW	LW	PW	MW
1228	己酸乙酯 ethyl hexanoate	MS, RI, RIL	4.14	0.13	ND	7.00
1262	乙酸己酯 hexyl acetate	MS, RI, RIL	0.39	ND	ND	0.14
1289	3-己烯酸乙酯 ethyl 3-hexenoate	MS, RIL	0.01	ND	0.32	ND
1326	庚酸乙酯 ethyl heptanoate	MS, RI, RIL	0.03	ND	0.03	ND
1329	2-己烯酸乙酯 ethyl 2-hexenoate	MS, RIL	ND	ND	ND	0.22
1331	2-羟基丙酸乙酯 ethyl 2-hydroxypropanoate	MS, RI, RIL	ND	0.04	0.18	1.07
1424	辛酸乙酯 ethyl octanoate	MS, RI, RIL	42.57	17.36	10.94	1.42
1467	4-辛烯酸乙酯 ethyl 4-octenoate	MS, RIL	ND	ND	0.11	ND
1501	2,4-己二烯酸乙酯 ethyl 2,4-hexadienoate	MS, RI, RIL	0.10	0.11	0.17	9.25
1521	壬酸乙酯 ethyl nonanoate	MS, RI, RIL	0.03	ND	ND	ND
1550	辛酸异丁酯 isobutyl actanoate	MS, RIL	0.12	ND	ND	ND
1628	丁内酯 butyrolactone	MS, RI, RIL	0.04	ND	ND	0.09
1630	癸酸乙酯 ethyl decanoate	MS, RI, RIL	9.64	2.51	2.40	0.19
1647	苯甲酸乙酯 ethyl benzoate	MS, RI, RIL	1.39	0.59	2.40	0.14
1662	丁二酸二乙酯 diethyl succinate	MS, RI, RIL	0.38	2.50	4.42	1.04
1685	9-癸烯酸乙酯 ethyl 9-decenoate	MS, RI, RIL	0.69	ND	0.46	ND
1757	2-羟基苯甲酸甲酯 methyl 2-hydroxybenzoate	MS, RI, RIL	ND	0.09	0.08	ND
1766	$\beta$ -苯乙酸乙酯 ethyl $\beta$ -phenylacetate	MS, RI, RIL	0.09	ND	0.09	ND
1805	乙酸 $\beta$ -苯乙酯 $\beta$ -phenylethyl acetate	MS, RI, RIL	0.16	0.44	0.11	ND
1835	月桂酸乙酯 ethyl dodecanoate	MS, RI, RIL	ND	ND	0.02	ND
1878	苯丙酸乙酯 ethyl benzenepropanoate	MS, RI, RIL	ND	ND	ND	0.17
2162	肉桂酸乙酯 ethyl cinnamate	MS, RI, RIL	0.03	0.04	0.06	0.05
2250	棕榈酸乙酯 ethyl hexadecanoate	MS, RI, RIL	0.04	0.07	0.05	0.09
	醛酮类 aldehydes and ketones					
1378	2-壬酮 2-nonanone	MS, RI, RIL	ND	ND	0.06	ND
1502	苯甲醛 benzaldehyde	MS, RI, RIL	0.22	ND	0.14	0.67
1570	2-十一酮 2-undecanone	MS, RI, RIL	0.06	ND	ND	ND
	萜烯类和降类异戊二烯 terpenes and norisoprenoids					
1201	d-柠檬油精 d-limonene	MS, RI, RIL	ND	0.22	ND	ND
1369	反式-玫瑰氧化物 trans-rose oxide	MS, RIL	ND	0.20	ND	ND
1553	里哪醇 linalool	MS, RI, RIL	ND	1.28	ND	ND
1593	4-萜品醇 4-terpinenol	MS, RI, RIL	ND	ND	0.05	0.14
1606	$\beta$ -环柠檬醛 $\beta$ -cyclocitral	MS, RIL	ND	ND	ND	0.22
1736	$\alpha$ -萜品醇 $\alpha$ -terpinenol	MS, RI, RIL	ND	1.41	0.41	0.19
1713	萘 naphthalene	MS, RI, RIL	ND	0.24	0.15	0.09
1729	1,2-二氢-1,1,6-三甲基萘(TDN) 1,2-dihydro-1,1,6-trimethylnaphthalene	MS, RI, RIL	0.10	ND	0.09	ND
1780	$\beta$ -香茅醇 $\beta$ -citronellol	MS, RI, RIL	ND	3.07	ND	ND
1811	$\beta$ -大马酮 $\beta$ -damascenone	MS, RI, RIL	0.12	ND	ND	ND
1824	1-甲基萘 1-methylnaphthalene	MS, RIL	0.01	ND	ND	ND
1848	$\alpha$ -紫罗兰酮 $\alpha$ -ionone	MS, RIL	ND	ND	ND	0.12
1924	$\beta$ -紫罗兰酮 $\beta$ -ionone	MS, RI, RIL	ND	ND	ND	0.29
2023	橙花叔醇 nerolidol	MS, RI, RIL	0.09	ND	ND	ND
2203	$\epsilon$ -桉叶醇 $\epsilon$ -eudesmol	MS, RIL	ND	ND	0.14	ND
	酚类 phenols					
2006	苯酚 phenol	MS, RI, RIL	ND	0.04	ND	0.09
2178	4-乙基苯酚 4-ethylphenol	MS, RI, RIL	ND	ND	ND	0.24
2187	4-乙基愈创木酚 2-methoxy-4-vinylphenol	MS, RI, RIL	0.04	ND	ND	ND

续表 1

RTx	化合物名称	确定方式 <sup>a</sup>	相对质量分数/% <sup>b</sup>			
			CW	LW	PW	MW
	硫化物 sulfides					
937	二甲基硫 dimethyl sulfide	MS, RI, RIL	ND	1.85	ND	ND
	呋喃类 furans					
1453	糠醛 furfural	MS, RI, RIL	0.38	1.23	0.46	ND
1611	2-呋喃酸乙酯 ethyl 2-furoate	MS, RI, RIL	ND	0.15	0.12	0.19
1649	2-呋喃醇 2-furanmethanol	MS, RI, RIL	ND	ND	ND	0.22
1987	2,5-呋喃醛 2,5-furfural	MS, RI, RIL	0.04	ND	ND	0.17
2199	5-(羟甲基)-2-糠醛 5-(hydroxymethyl)-2-furfural	MS	0.17	ND	ND	0.29

注:<sup>a</sup> MS:通过质谱解图确定的成分;RI:通过与标准样品对比确定的成分;RIL:通过与文献报道的 RI 值相比较确定的成分。<sup>b</sup> ND:未检测出的。

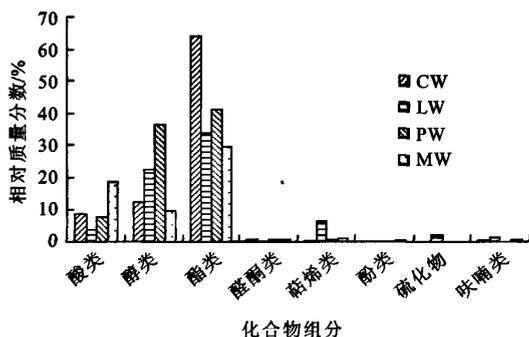


图2 4种果酒中各组分含量柱状图

Fig. 2 Histogram of compound contents in four fruit wines

### 2.1 酸类组分的比较分析

果酒中酸类组分主要来自水果原料和发酵过程,是果酒中的一种重要的风味物质,其各成分含量的高低对果酒的感官品质有较大影响。在4种果酒中共检测出10种挥发性有机酸,其中乙酸、己酸、辛酸、癸酸以及苯甲酸是所有果酒中共有的。乙酸、辛酸和癸酸是4种果酒中含量较高的成分,CW中辛酸和癸酸质量分数较高(5.76%和1.27%),LW中乙酸和辛酸质量分数较高(1.21%和1.85%),而在PW中为癸酸和庚酸(3.68%和2.22%),MW中为山梨酸、己酸和乙酸(11.37%、2.35%和3.56%)。在MW中检测出10种酸类化合物,相对质量分数最高,达到18.72%。庚酸、月桂酸和棕榈酸只在PW和MW检测出来,在CW和LW没发现。

### 2.2 醇类组分的比较分析

醇类组分是果酒中重要挥发性物质,主要来自果酒发酵过程。在CW,LW,PW和MW中分别检测出10,10,8和11种醇类化合物。LW和PW中醇类组分质量分数最高(22.52%和36.22%)。1-丙醇、3-甲基-1-丁醇、1-己醇、苯甲醇以及 $\beta$ -苯乙醇等5种挥发性成分在4种果酒中均存在,其中3-甲基-1-丁醇和 $\beta$ -苯乙醇相对质量分数都很高,尤其是

在PW中达到21.50%和6.30%,是4种果酒中主要醇类物质。1-丁醇和2,3,4-三甲基-3-戊醇只在CW中检测出,反-3-己稀-1-醇和顺-3-己稀-1-醇是MW所特有的。

### 2.3 酯类组分的比较分析

在7种果酒中检测到大量的酯类,共29多种,而在4种酒中有10种成分相同,它们是乙酸乙酯、丁酸乙酯、乙酸-3-甲基丁酯、辛酸乙酯、2,4-己二烯酸乙酯、癸酸乙酯、苯甲酸乙酯、丁二酸二乙酯、肉桂酸乙酯以及棕榈酸乙酯。酯类化合物是果酒中主要的风味物质,具有极高的相对质量分数,如CW和PW中高达60.24%和41.05%。酯类物质如乙酸-3-甲基丁酯、辛酸乙酯和癸酸乙酯等具有浓郁的水果香气<sup>[9,10]</sup>是果酒中一类重要的香气物质。在CW中质量分数最高的物质为辛酸乙酯(41.25%),其次为癸酸乙酯(9.64%)、己酸乙酯(4.14%)和乙酸乙酯(2.35%)等。在LW中辛酸乙酯(17.13%)、乙酸乙酯(7.58%)、癸酸乙酯(2.51%)和丁二酸二乙酯(2.50%)质量分数较高。丙酸乙酯是PW中特有的成分,在PW中质量分数最高(13.10%),其次依次为辛酸乙酯(10.94%)、丁二酸二乙酯(4.42%)和乙酸乙酯(3.93%)。2,4-己二烯酸乙酯在MW中最高(9.25%),乙酸乙酯(7.03%)和己酸乙酯(7.00%)次之。

### 2.4 萜烯类和降类异戊二烯组分的比较分析

萜烯类和降类异戊二烯化合物是果酒中的重要香气物质。这类化合物具有令人愉悦的芳香气味和极低的阈值<sup>[11,12]</sup>。共有15种萜烯类和降类异戊二烯化合物在4种果酒中被检测出来,但没有任何一种成分是4种果酒中共有的。CW中检测出4种,在LW,PW和MW中分别检测出6,5和6种。 $\beta$ -大马酮、1-甲基萜和橙花叔醇是CW中特有的。LW中该组分质量分数最高(6.42%),D-柠檬油精、反式-玫瑰氧化物、里哪醇和 $\beta$ -香茅醇在其他

果酒没有检测出来。LW中 $\beta$ -香茅醇(3.07%)、 $\alpha$ -萜品醇(1.41%)和里哪醇(1.28%)质量分数较高。因此,该3种成分可能是荔枝酒中重要的品种香气成分。*c*-桉叶醇只在PW中检测出来,1,2-二氢-1,1,6-三甲基萜(TDN)是CW和PW中特有的。 $\beta$ -环柠檬醛、 $\alpha$ -紫罗兰酮和 $\beta$ -紫罗兰酮三种降类异戊二烯化合物是MW独有的,这些化合物的阈值极低<sup>[12,13]</sup>,可能是MW中重要的香气成分。

### 2.5 其他组分的比较分析

在果酒中还检测出3种醛酮类、3种酚类、5种呋喃类,以及1种硫化物。2-十一酮和4-乙烯愈创木酚只在CW中检测出;糠醛在LW中具有较高峰面积(1.23%);2-壬酮为PW中特有的成分;4-乙基苯酚和2-呋喃醇是MW特有的成分。虽然各类组分的化合物的种类比较少、相对质量分数也较低,但考虑到这些化合物的阈值,它们也可能是各类果酒中重要的风味物质<sup>[10-12]</sup>。

## 3 结 语

采用HS-SPME和GC-MS对我国4种果酒

的挥发性成分进行检测,共检测出80种成分,其中20种成分是4种酒中都存在的成分,如3-甲基-1-丁醇、 $\beta$ -苯乙醇、乙酸乙酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、丁二酸二乙酯、乙酸、己酸和辛酸等。1-丁醇、2,3,4-三甲基-3-戊醇、壬酸乙酯、辛酸异丁酯、 $\beta$ -大马酮、1-甲基萜、橙花叔醇、2-十一酮和4-乙烯愈创木酚只在CW中检测出。D-柠檬油精、反式-玫瑰氧化物、里哪醇和 $\beta$ -香茅醇等是LW中特有的成分。丙酸乙酯、4-辛酸乙酯、月桂酸乙酯、*c*-桉叶醇和2-壬酮等为PW中特有的成分。2-己烯酸乙酯、苯丙酸乙酯、反-3-己稀-1-醇、顺-3-己稀-1-醇、 $\beta$ -环柠檬醛、 $\alpha$ -紫罗兰酮、 $\beta$ -紫罗兰酮、4-乙基苯酚和2-呋喃醇等是MW所特有的。酯类、酸类和醇类化合物是4种果酒中主要的组分。在CW中辛酸乙酯、癸酸乙酯、3-甲基-1-丁醇、辛酸和己酸乙酯具有较高峰面积;LW中辛酸乙酯、3-甲基-1-丁醇、乙酸乙酯、 $\beta$ -苯乙醇和 $\beta$ -香茅醇较高;PW中3-甲基-1-丁醇、丙酸乙酯、辛酸乙酯、 $\beta$ -苯乙醇和丁二酸二乙酯较高;MW中为山梨酸、2,4-己二烯酸乙酯、乙酸乙酯、己酸乙酯和乙酸。

## 参考文献(References):

- [1] 奚惠萍. 中国果酒[M]. 北京:轻工业出版社,1991.
- [2] 李华,涂正顺,王华,等. 猕猴桃果酒香气成分的气相色谱/质谱分析[J]. 分析化学,2002,30(6):695-698.  
LI Hua, TU Zheng-shun, WANG hua, et al. Analysis of aroma components of kiwifruit wine by gas chromatography/mass spectrometry[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2002, 30(6): 695-698. (in Chinese)
- [3] 汪立平,徐岩,王栋,等. 苹果酒香气成分研究进展[J]. 食品与发酵工业,2002,28(7):59-65.  
WANG Li-ping, XU Yan, WANG Dong, et al. Research Progress on Aroma Components of Cider[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2002, 28(7): 59-65. (in Chinese)
- [4] 何义,林杨,张伟,等. 果酒研究进展[M]. 酿酒科技,2006(4):91-95.  
HE Yi, LIN Yang, ZHANG Wei, et al. Research progress in fruit wines[J]. *Liquor-Making Science & Technology*, 2006 (4):91-95. (in Chinese)
- [5] WANG L, XU Y, ZHAO G. Rapid analysis of flavor volatiles in apple wine using headspace solid-phase microextraction [J]. *Journal of the Institute of Brewing*, 2004, 110(1):57-65.
- [6] Majdak A, Herjavec S, Orlic S. Comparison of wine aroma compounds produced by *saccharomyces paradoxus* and *saccharomyces cerevisiae* strains[J]. *Food Technology and Biotechnology*, 2002, 40(2): 103-108.
- [7] Fan W L, Qian M C. Headspace solid phase microextraction and gas chromatography-olfactometry dilution analysis of young and aged Chinese "Yanghe Daqu" liquors[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(20):7931-7938.
- [8] Fan W L, Qian M C. Characterization of aroma compounds of Chinese "Wuliangye" and "Jiannanchun" liquors by aroma extract dilution analysis[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54(7):2695-2704.
- [9] Pena R M, Barciela J, Herrero C, et al. Optimization of solid-phase microextraction methods for GC-MS determination of terpenes in wine[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005, 85(7):1227-1234.
- [10] Cullere L, Escudero A, Cacho J, et al. Gas chromatography-olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of six premium quality Spanish aged red wines[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(6): 1653-1660.
- [11] Kotseridis Y, Baumes R. Identification of impact odorants in Bordeaux red grape juice, in the commercial yeast used for its fermentation, and in the produced wine[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48(2): 400-406.
- [12] Salinas M, Zalacain A, Pardo F. Stir bar sorptive extraction applied to volatile constituents evolution during *Vitis vinifera* ripening[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(15): 4821-4827. (责任编辑:朱明)