

琯溪蜜柚蒸馏酒香气特征及风味成分分析

李睿¹, 倪辉^{1,2,3}, 李婷¹, 张婷¹, 李利君^{1,2,3}, 杨远帆^{1,2,3}, 李清彪^{1,2,3,*}

(1.集美大学食品与生物工程学院, 福建 厦门 361021;

2.集美大学福建省食品微生物与酶工程重点实验室, 福建 厦门 361021;

3.厦门市食品与生物工程技术研究中心, 福建 厦门 361021)

摘要: 研究由琯溪蜜柚汁所制成的蒸馏酒的品质特征, 运用感官检验、气相色谱-质谱 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 联用仪、气相色谱火焰离子化检测-嗅闻 (gas chromatography-flame ionization detector-olfactory, GC-FID-O) 联用分析琯溪蜜柚蒸馏酒的主要香气轮廓及风味成分。感官分析结果表明, 琯溪蜜柚蒸馏酒的主体香气是果香和柑橘香。GC-MS结果共鉴定出40种挥发性物质, 其中醇类8种, 酯类14种, 萜烯类10种, 其他8种。通过制定标准曲线进行定量分析, 发现含量较多的挥发性成分为癸酸乙酯 (744.73 $\mu\text{g/L}$)、己酸乙酯 (524.74 $\mu\text{g/L}$) 和月桂酸乙酯 (193.42 $\mu\text{g/L}$)。GC-FID-O分析显示: 戊酸乙酯、D-柠檬烯、己酸乙酯是琯溪蜜柚蒸馏酒香气轮廓的主要贡献成分。本实验可为研究琯溪蜜柚蒸馏酒及其他柑橘果酒的香气质量提供参考依据。

关键词: 蜜柚汁; 蒸馏酒; 气相色谱-质谱联用仪; 嗅闻仪; 香气; 挥发性成分

Aroma Characteristics and Volatile Components of Liquor from Fermented Guanxi Honey Pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) Juice

LI Rui¹, NI Hui^{1,2,3}, LI Ting¹, ZHANG Ting¹, LI Lijun^{1,2,3}, YANG Yuanfan^{1,2,3}, LI Qingbiao^{1,2,3,*}

(1. College of Food and Biology Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Fujian Provincial Key Laboratory of Food Microbiology and Enzyme Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

3. Research Center of Food Biotechnology of Xiamen, Xiamen 361021, China)

Abstract: This study was aimed to analyze the main volatile compounds and aroma profiles of a liquor made from the juice of Guanxi honey pomelo (*Citrus grandis*). The volatiles were analyzed by headspace solid phase micro-extraction (HP-SPME) coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and gas chromatography-flame ionization detector-olfactory (GC-FID-O). In addition, the aroma profile was measured using sensory evaluation. A total of 40 volatile components, including 8 alcohols, 14 esters, 10 terpenes and 8 others, were identified from the liquor. The quantitative analysis showed that the main volatile components were ethyl caprate (744.73 $\mu\text{g/L}$), ethyl caproate (524.74 $\mu\text{g/L}$) and ethyl laurate (193.42 $\mu\text{g/L}$). Sensory evaluation showed that fruity and citrus-like notes were the main odors of the liquor. The GC-olfactory analysis indicated that D-limonene, ethyl valerate and ethyl caproate were the main aroma-active components. These results provide an experimental basis for future studies on the aroma of wine and liquor products made from pomelo and other citrus fruits.

Keywords: pomelo juice; liquor; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); olfactory; aroma; volatile components

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180302-026

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2019) 12-0232-05

引文格式:

李睿, 倪辉, 李婷, 等. 琯溪蜜柚蒸馏酒香气特征及风味成分分析[J]. 食品科学, 2019, 40(12): 232-236. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180302-026. <http://www.spkx.net.cn>

LI Rui, NI Hui, LI Ting, et al. Aroma characteristics and volatile components of liquor from fermented Guanxi honey pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) juice[J]. Food Science, 2019, 40(12): 232-236. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180302-026. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2018-03-02

基金项目: 福建省自然科学基金项目 (2017J01448)

第一作者简介: 李睿 (1994—) (ORCID: 0000-0002-4094-0043), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品科学。

E-mail: 348685890@qq.com

*通信作者简介: 李清彪 (1963—) (ORCID: 0000-0002-2973-6690), 男, 教授, 博士, 研究方向为生物化学工程。

E-mail: qbli@jmu.edu.cn

柚子, 又名文旦、朱栾、内紫等, 是芸香科植物柚的成熟果实, 产于我国福建、江西、湖南、广东、广西、浙江、四川等南方地区。柚子清香、酸甜、凉润, 营养丰富, 药用价值很高, 是人们喜食的水果之一, 也是医学界公认的最具食疗效果的水果^[1]。琯溪蜜柚为最著名的柚子品种之一, 产自福建省平和县。其果大无核质优, 适应性强, 高产, 商品性佳, 至今已有500多年的栽培历史。

蜜柚酒是用蜜柚果汁发酵生产的含酒精饮品, 分为蜜柚酿造酒和蜜柚蒸馏酒。李睿晓^[2]研究了柚子酒的脱苦技术, 用发酵制得的柚苷酶粗酶液在pH 3.5、培养温度28℃时处理柚子汁, 脱苦效果最好, 脱苦率达到47.12%。游玉明^[3]研究了柚子酒的快速陈酿技术, 即在温度50℃、超声频率28 kHz、处理15 min, 再经50℃加热处理6 d后, 柚子酒品质接近自然陈酿一年的水平。香气品质是决定酒类产品市场价值和售价的关键因素^[4], 不同原料制作的蒸馏酒香气特征不同, 只有明确蜜柚酒产品的香气特征, 才能更好地完善产品质量, 从而获得消费者的认可和喜爱。相关研究者虽然对柚子酒做了大量研究, 但主要都是针对脱苦技术和制备工艺, 鲜见对柚子酒的香气品质进行系统研究。

本实验以琯溪蜜柚发酵蒸馏酒为研究对象, 综合运用气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用仪和气相色谱火焰离子化检测-嗅闻(gas chromatography-flame ionization detector-olfactory, GC-FID-O)联用仪等现代技术探索琯溪蜜柚蒸馏酒的风味特征, 为深入研究柚子及由其他柑橘类果酒的香气质量提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

琯溪蜜柚蒸馏酒为福建省平和江氏酿酒有限公司生产, 为琯溪蜜柚果汁加酒曲发酵后蒸馏获得的蒸馏酒。

环己酮(纯度99%)、正构烷烃($C_8 \sim C_{20}$, 纯度100%)、正己醇(纯度100%)、苯甲酸乙酯(纯度100%)、癸醛(纯度97%)、 α -萜品醇(纯度98%)、辛酸乙酯(纯度99%)、香芹酮(纯度99%)、98%己酸己酯(纯度98%)、橙花叔醇(纯度97%)美国Sigma公司; 月桂烯(纯度90%)、柠檬烯(纯度97%)英国Alfa Aesar公司。

1.2 仪器与设备

QP-2010 Plus GC-MS联用仪、Rtx-5 MS (60 m $\times$ 0.32 mm, 0.25 μ m) 色谱柱、FID 日本岛津公司; OP275嗅闻仪 日本GL Science公司; 57330-U手动固相微萃取进样器 美国Supelco公司; HH-1数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 琯溪蜜柚蒸馏酒制作工艺

以鲜榨琯溪蜜柚果汁为原料, 用蔗糖调节糖度为16 g/100 mL, 接种6 g/100 mL的酒母(用酒曲对琯溪蜜柚进行酵母培养的产物, 28℃培养96 h) 20~22℃发酵15 d, 压榨后在15℃后发酵20 d, 80~90℃蒸馏, 冷凝温度为40~60℃, 控制蒸馏产物中体积分数为45%左右。

1.3.2 琯溪蜜柚蒸馏酒气味的感官评价

参考文献[5-6]和EN ISO 8589-2010《感官分析 实验室设计的一般指南》对琯溪蜜柚蒸馏酒进行感官评价。先配制一系列具有不同香气和强度的标准溶液, 让10名评价员依次嗅其气味, 其中最低含量标准溶液为1分, 中间含量的标准溶液为4分, 最高含量的标准溶液为9分(表1)^[7]。随后评价员各吸取1 mL酒样至闻香瓶, 经90 s后进行评价。评价过程中, 室温保持在(20 $\pm$ 3)℃之间, 相对湿度在50%~75%之间, 室内无其他气体干扰并保持通风。

表1 琯溪蜜柚蒸馏酒的香气特征与强度
Table 1 Odor characteristics and intensity of Guand honey pomelo liquor

标准品	气味特征	含量/(μ L/L)		
		强度1分	强度4分	强度9分
柠檬烯	柑橘香	400	1 600	3 600
β -月桂烯	花香	10	40	90
顺-3-己烯基丁酸酯	果香	840	3 360	7 560
顺-3-己烯醇	青草香	70	280	630
柠檬烯氧化物	甜香	50	200	450

1.3.3 琯溪蜜柚蒸馏酒挥发性成分的固相微萃取

将固相微萃取头插入气相色谱进样口中老化3 min, 老化温度为250℃, 载气流量为3 mL/min, 老化时间为25 min。量取29 mL超纯水置于50 mL萃取瓶中, 加入1 mL琯溪蜜柚蒸馏酒样品和100 μ L质量浓度为1 mg/mL的环己酮作为内标物, 然后将萃取瓶放入60℃水浴锅中预热5 min, 将老化后的固相微萃取头插入萃取瓶中, 使萃取头停留在萃取瓶顶空, 吸附20 min。

1.3.4 琯溪蜜柚蒸馏酒挥发性成分的GC-MS分析

色谱条件: 气相色谱柱为Rtx-5 MS (60 m $\times$ 0.32 mm, 0.25 μ m)。载气为高纯氮气(纯度99.999%), 柱流量3 mL/min, 分流比1:5。升温程序: 30倍稀释的琯溪蜜柚蒸馏酒, 程序升温, 进样口温度为250℃, 初始温度50℃保持3 min, 以5℃/min的升温速度升温至200℃, 在200℃保持1.5 min。

质谱条件: 离子源温度250℃, 电离方式: 电子电离, 电离能量70 eV, 接口温度250℃, 扫描范围29~500 m/z, 溶剂延迟时间3.5 min。

定性: 利用质谱数据库(NIST08、NIST08s、FFNSC1.3)进行相似度检索及特征峰分析, 并参考有关

文献报道的保留指数进行综合定性，与标准品对比进行准确定性。

定量：有标准品的成分通过标准曲线用外标法定量。其余无标准品的成分通过内标环己酮定量。内标法定量公式如下：

待测物浓度=环己酮浓度× $\frac{\text{待测物峰面积}}{\text{环己酮峰面积}}$

1.3.5 琯溪蜜柚蒸馏酒挥发性成分的GC-FID-O分析

气相色谱条件同1.3.4节。FID条件为温度250℃，氢气与空气流量比例为1:10，尾吹流量30.0 mL/min。嗅闻仪条件为空气流速50 mL/min，加热线温度200℃。流出成分在毛细管末端以1:1的分流比流入闻香器。

参考Fan Wenlai等^[8]的方法，采用香气萃取稀释法分析琯溪蜜柚蒸馏酒中的香气物质。用超纯水按1:3比例逐步稀释样品，由3名经过闻香训练的人员进行GC-O闻香分析，记录保留时间及香气特征。用香气稀释因子（flavor dilution factor, FD）表示香气强度^[9]。

1.4 统计分析

参考相关研究^[8-9]，使用Excel 2016（微软公司，美国）对琯溪蜜柚蒸馏酒成分进行统计分析，制作相关图表。

2 结果与分析

2.1 琯溪蜜柚蒸馏酒的感官评价

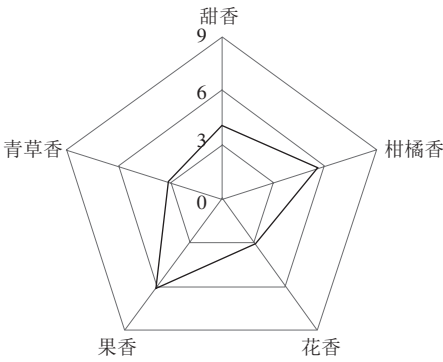


图1 琯溪蜜柚蒸馏酒感官评价结果

Fig. 1 Sensory evaluation of Guanxi honey pomelo liquor

如图1所示，显著性分析结果如表2所示。该结果表明琯溪蜜柚蒸馏酒的柑橘香和果香得分显著高于甜香、花香和青草香，故该酒样主要表现为柑橘香和果香。邓星星等^[10]研究出果酒的主要呈香类型为果香、花香和酒香。Fan Wenlai等^[8]研究表明中国特色蒸馏酒的典型香气有甜香和青草香。因此，琯溪蜜柚蒸馏酒中不仅具有蒸馏酒的典型香气，还具有果酒特有的柑橘香和花香，这些特征香气成分相互作用，使蜜柚蒸馏酒成为一种具有特殊香气的果酒。表2表明在显著水

平为95%情况下，果香与柑橘香、花香与青草香均差异不显著，其余均差异显著。

表2 琯溪蜜柚蒸馏酒感官评价显著性分析

Table 2 Significance analysis of sensory evaluation of Guanxi honey pomelo liquor

香气	甜香	柑橘香	花香	果香	青草香
感官评分	4.1±0.54 ^b	5.6±0.49 ^a	3.1±0.54 ^c	6.1±1.04 ^a	3.1±0.70 ^c

注：不同字母表示差异显著（P<0.05）。

2.2 琯溪蜜柚蒸馏酒的挥发性成分定性分析

表3 琯溪蜜柚蒸馏酒中挥发性成分的鉴定结果

Table 3 Identification of volatile compounds of Guanxi honey pomelo liquor

序号	挥发性物质	计算保留指数	文献保留指数	特征离子碎片 (m/z)	鉴定依据
1	乙酸乙酯	—	<709	43、61、88	MS、P ^[12]
2	杂醇油	—	—	55、70	MS
3	正己醇	862	867	56、43、69	MS、P ^[13] 、Std
4	戊酸乙酯	898	900	57、60、88	MS、P ^[12]
5	β-月桂烯	987	991	136、93	MS、P ^[13] 、Std
6	己酸乙酯	997	998	88、144	MS、P ^[12]
7	杜烯	1020	1087	119、134	MS、P ^[14]
8	D-柠檬烯	1025	1031	68、136、93	MS、P ^[13] 、Std
9	芳樟醇氧化物	1069	1065	59、170	MS、P ^[15]
10	2-萜烯	1085	1021	93、136	MS、P ^[16]
11	庚酸乙酯	1096	1100	88、158	MS、P ^[17]
12	紫苏烯	1098	1102	69、150	MS、P ^[13]
13	β-蒎品醇	1142	1144	85、154	MS、P ^[14]
14	苯甲酸乙酯	1168	1170	105、150、71	MS、P ^[18] 、Std
15	芳樟醇乙醚	1170	—	71、182	MS
16	(-)-4-蒎品醇	1175	1169	71、154	MS、P ^[12]
17	蒎	1179	1178	128、128	MS、P ^[19]
18	α-蒎品醇	1188	1190	109、94	MS、P ^[13] 、Std
19	辛酸乙酯	1195	1195	88、127	MS、P ^[20] 、Std
20	癸醛	1203	1209	57、43	MS、P ^[12] 、Std
21	五甲基苯	1206	—	133、148	MS
22	茨烯	1226	951	93、136	MS、P ^[21]
23	香茅醇酯酸	1231	—	137、194	MS
24	(+)-香芹酮	1242	1246	82、150	MS、P ^[13] 、Std
25	癸醇	1270	1262	70、158	MS、P ^[22]
26	香叶醇	1285	1270	69、154	MS
27	α-甲基萘	1290	—	142、142	MS
28	壬酸乙酯	1294	1296	88、186	MS、P ^[16] 、Std
29	己酸己酯	1383	1388	43、117、84	MS、P ^[23] 、Std
30	癸酸乙酯	1394	1399	88、200	MS、P ^[17]
31	姜黄烯	1481	1481	132、202	MS、P ^[15]
32	朱桉倍半萜	1493	1490	161、204	MS、P ^[24]
33	α-萜澄茄油烯	1514	1351	119、202	MS、P ^[25]
34	δ-萜澄茄烯	1523	1391	161、204	MS、P ^[25]
35	橙花叔醇	1561	1564	69、41	MS ^[13] 、Std
36	辛酸己酯	1579	1583	88、228	MS、P ^[22]
37	月桂酸乙酯	1591	1596	88、256	MS、P ^[17]
38	十四酸乙酯	1690	—	149、278	MS
39	邻苯二甲酸二异丁酯	1867	—	88、284	MS
40	棕榈酸乙酯	—	1992	88、228	MS、P ^[17]

注：保留时间、保留指数为Rtx-5MS色谱柱结果。Std为标准品鉴定；MS为质谱检测；P为参考文献。

对琯溪蜜柚酒中的挥发性物质进行GC-MS分析, 如表3、图2所示。根据谱库检索、标准品比对以及查阅相关文献共鉴定出40种挥发性成分(表3), 其中醇类8种, 酯类14种, 萜烯类10种, 其他化合物8种。文献[11]表明, 白酒中的挥发性物质大致分为有机酸、酯类、醇类、羰基化合物, 其中酯类含量最多, 且主要以乙酯的形式存在。因此, 琯溪蜜柚蒸馏酒与其他白酒的挥发性物质的种类具有一定的相似性。

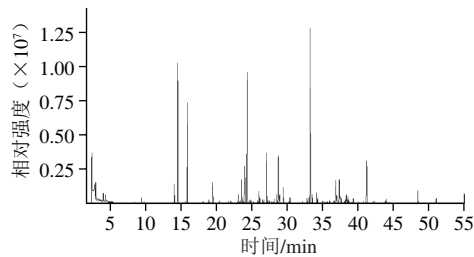


图2 琯溪蜜柚蒸馏酒中挥发性成分的总离子流图

Fig. 2 Total ion current (TIC) chromatograms of volatile compounds of Guanxi honey pomelo liquor

2.3 琯溪蜜柚蒸馏酒的挥发性成分定量分析

表4 琯溪蜜柚蒸馏酒挥发性成分的定量分析结果
Table 4 Quantification of volatile compounds of Guanxi honey pomelo liquor

序号	挥发性物质	质量浓度/($\mu\text{g/L}$)	标准曲线
醇类			
1	正己醇	1.87 ± 0.04	$Y=0.004\ 79X-0.001\ 43$
2	癸醇	6.43 ± 0.57	A
3	杂醇油	35.31 ± 0.71	A
4	β -萜品醇	6.81 ± 0.14	A
5	4-萜品醇	14.89 ± 0.50	A
6	α -萜品醇	40.66 ± 1.54	$Y=0.003\ 74X-0.001\ 31$
7	香叶醇	25.31 ± 0.76	A
8	橙花叔醇	0.48 ± 0.09	$Y=0.014\ 42X-0.003\ 73$
萜烯类			
9	β -月桂烯	0.18 ± 0.01	$Y=0.447\ 39X-0.409\ 37$
10	杜烯	6.53 ± 0.19	A
11	D-柠檬烯	0.65 ± 0.03	$Y=0.529\ 62X-0.067\ 64$
12	2-萜烯	9.94 ± 0.67	A
13	紫苏烯	18.16 ± 0.19	A
14	茨烯	13.28 ± 0.46	A
15	姜黄烯	83.57 ± 11.55	A
16	朱桉倍半萜	98.51 ± 14.36	A
17	α -萜澄茄油烯	11.35 ± 1.40	A
18	δ -萜澄茄烯	25.71 ± 2.91	A
酯类			
19	乙酸乙酯	85.83 ± 11.59	A
20	戊酸乙酯	7.12 ± 0.14	A
21	己酸乙酯	524.74 ± 11.75	A
22	庚酸乙酯	88.55 ± 0.72	A
23	苯甲酸乙酯	0.06 ± 0.00	$Y=0.178\ 67X+0.003\ 03$
24	辛酸乙酯	1.63 ± 0.01	$Y=0.295\ 15X+0.004\ 34$
25	壬酸乙酯	31.80 ± 0.41	A
26	己酸己酯	0.04 ± 0.00	$Y=0.350\ 28X-0.007\ 52$

续表4

序号	挥发性物质	质量浓度/($\mu\text{g/L}$)	标准曲线
27	癸酸乙酯	744.73 ± 34.14	A
28	辛酸己酯	6.11 ± 1.47	A
29	月桂酸乙酯	193.42 ± 38.39	A
30	十四酸乙酯	59.77 ± 10.62	A
31	邻苯二甲酸二异丁酯	22.47 ± 2.50	A
32	棕榈酸乙酯	41.14 ± 12.70	A
其他类			
33	芳樟醇氧化物	11.36 ± 0.18	$Y=0.302\ 22X-0.005\ 98$
34	芳樟醇乙醚	37.36 ± 0.53	A
35	萘	105.06 ± 4.81	A
36	癸醛	2.90 ± 0.08	$Y=0.003\ 70X+0.004\ 09$
37	五甲基苯	12.85 ± 0.38	A
38	香茅醇醋酸	31.13 ± 16.19	A
39	香芹酮	1.23 ± 0.07	$Y=0.012\ 10X-0.000\ 56$
40	α -甲基萘	215.13 ± 11.53	A

注: A为内标法定量物质, 计算方法为1.3.4节定量方法中无标准品的物质使用内标法定量的公式计算。

进一步测定挥发性成分的含量(表4), 结果表明琯溪蜜柚蒸馏酒中酯类物质含量最多, 且最主要的成分为癸酸乙酯($744.73\ \mu\text{g/L}$)、己酸乙酯($524.74\ \mu\text{g/L}$)和月桂酸乙酯($193.42\ \mu\text{g/L}$), 这与Zhang Mingxia等^[26]对琯溪蜜柚汁的研究结果一致。琯溪蜜柚蒸馏酒中醇类物质中具有较高含量的是 α -萜品醇和杂醇油, 分别为 $40.66\ \mu\text{g/L}$ 和 $35.31\ \mu\text{g/L}$ 。杂醇油含量过高会引起头痛^[26], 所检测的琯溪蜜柚蒸馏酒中杂醇油含量与王松磊等^[27]研究的果酒相比含量较低, 不会引起人体不适。此外, 萜烯类物质中朱桉倍半萜($98.51\ \mu\text{g/L}$)和姜黄烯($83.57\ \mu\text{g/L}$)含量较高。朱桉倍半萜是柑橘类植物中主要的致香成分^[28]。琯溪蜜柚蒸馏酒中醛类物质只检测到癸醛($2.90\ \mu\text{g/L}$)且与文献[13]相比含量相似。研究指出, 酒中醛类物质的含量较高, 会对饮用者的身体造成一定的伤害^[27]。通过定量分析可知, 琯溪蜜柚蒸馏酒中各成分含量与琯溪蜜柚汁^[26]和各种果酒成分含量相似, 表明琯溪蜜柚蒸馏酒既保留了琯溪蜜柚原有的成分, 又有白酒中的成分。

2.4 琯溪蜜柚蒸馏酒的GC-O结果分析

表5 琯溪蜜柚蒸馏酒香气成分GC-O分析结果
Table 5 GC-O analysis of odor components of Guanxi honey pomelo liquor

序号	保留时间/min	保留指数	挥发性成分	香味描述	FD
1	7.20	897	戊酸乙酯	水果香味	256
2	11.615	997	己酸乙酯	甜香	64
4	12.975	1 024	D-柠檬烯	柑橘香	256
5	16.53	1 095	庚酸乙酯	菠萝香	16
6	19.135	1 115	杜烯	酒香	16
7	24.10	1 188	α -萜品醇	柑橘香	64
7	24.815	1 202	癸醛	青草香	16
9	28.73	1 285	香叶醇	甜花香	64
10	30.495	1 383	己酸己酯	草莓味	16
12	39.395	1 591	月桂酸乙酯	花香	4

由表5可知,共检测到12种香气物质($FD \geq 1$),其中5种香气成分($FD \geq 64$)对琯溪蜜柚蒸馏酒的风味有较大贡献,分别为戊酸乙酯(果香味)、*D*-柠檬烯(柑橘香)、己酸乙酯(甜香)、 α -萜品醇(柑橘香)和香叶醇(甜花香)。戊酸乙酯是一种具有水果香的挥发性物质,GB 2760—1996《食品添加剂使用卫生标准》规定为允许使用的食品用香料和香精。*D*-柠檬烯具有柠檬、柑橘的味道,赋予琯溪蜜柚蒸馏酒清新的果香和诱人的柑橘香^[29];Xiao Zuobing等^[12]研究表明柑橘类果汁中柠檬烯是主要香气轮廓的组成成分。己酸乙酯具有类似菠萝的果香味,是我国白酒的主体香^[29]。萜烯类物质风味丰富,多为有特殊气味的挥发性油状液体,例如萜品醇,具有柑橘味^[30];香叶醇具有温和、甜的玫瑰花香。琯溪蜜柚蒸馏酒该结果与感官评价中果香和柑橘香分数较高相一致。

3 结论

琯溪蜜柚蒸馏酒主要风味轮廓为果香和柑橘香,其主要挥发性成分为癸酸乙酯、己酸乙酯和月桂酸乙酯,主要风味贡献成分是戊酸乙酯和*D*-柠檬烯,此外己酸乙酯、 α -萜品醇和香叶醇也是极重要的风味贡献成分。其中,己酸乙酯和戊酸乙酯为蒸馏酒的典型香气成分, α -萜品醇和*D*-柠檬烯是琯溪蜜柚的特征香气成分,这使琯溪蜜柚蒸馏酒既具有蒸馏酒的特殊香气又有琯溪蜜柚的独特香味。本实验可为进一步优化工艺,提高琯溪蜜柚蒸馏酒及其他果酒的风味品质提供了参考。

参考文献:

- [1] SUN H, NI H, YANG Y F, et al. Investigation of sunlight-induced deterioration of aroma of pummelo (*Citrus maxima*) essential oil[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(49): 11818-11830. DOI:10.1021/jf504294g.
- [2] 李睿晓. 柚子酒的微生物脱苦技术研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010: 47-48.
- [3] 游玉明. 柚子果酒快速陈酿技术的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009: 59-60.
- [4] 牛云蔚. 樱桃酒的特征风味及品质调控研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012: 2-29.
- [5] 孙宝国. 食用调香术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 59-63.
- [6] NGUYEN H, CAMPI E M, JACKSON W R, et al. Effect of oxidative deterioration on flavour and aroma components of lemon oil[J]. Food Chemistry, 2009, 112(1): 388-393. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.05.090.
- [7] NI H, HONG P, JI H F, et al. Comparative analyses of aromas of fresh, naringinase-treated and resin-absorbed juices of pummelo by GC-MS and sensory evaluation[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2015, 30(3): 245-253. DOI:10.1002/ffj.3239.
- [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. DOI:10.1021/jf052635t.
- [9] GROSCH W. Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission[J]. Chemical Senses, 2001, 26(5): 533-545. DOI:10.1093/chemse/26.5.533.
- [10] 邓星星, 江英, 马越, 等. 无花果及其果酒挥发性成分的研究[J]. 中国酿造, 2016, 35(3): 98-103. DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2016.03.022.
- [11] NIU Y W, YAO Z M, XIAO Q. Characterization of the key aroma compounds in different light aroma type[J]. Food Chemistry, 2017, 233(10): 204-215. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.04.103.
- [12] XIAO Z B, WU Q Y, NIU Y W, et al. Characterization of the key aroma compounds in five varieties of mandarins by gas chromatography-olfactometry, odor activity values, aroma recombination, and omission analysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(38): 8392-8401. DOI:10.1021/acs.jafc.7b02703.
- [13] LIU C H, CHENG Y J, ZHANG H Y, et al. Volatile constituents of wild citrus Mangshanyegan (*Citrus nobilis lauro*) peel oil[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(10): 2617-2628. DOI:10.1021/jf2039197.
- [14] Flavour net[DB/OL]. [2018-02-10]. <http://www.flavornet.org/flavornet.html>.
- [15] 刘廷竹, 黄明泉, 邹青青, 等. GC-O与GC-MS结合分析牛肉香精中的挥发性成分[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 92-98. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201602016.
- [16] 靳巧丽. 速溶乌龙茶粉加工过程中挥发性成分变化研究[D]. 厦门: 集美大学, 2015: 22-30.
- [17] 柯苑. 金门高粱酒香气成分分析[D]. 厦门: 集美大学, 2016: 17-20.
- [18] JORDÁN M J, MARGARÍA C A, SHAW P E, et al. Volatile components and aroma active compounds in aqueous essence and fresh pink guava fruit puree (*Psidium guajava* L.) by GC-MS and multidimensional GC/GC-O[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(5): 1421-1426. DOI:10.1021/jf020765l.
- [19] ANSORENA D, GIMENO O, ASTIASARÁN I, et al. Analysis of volatile compounds by GC-MS of a dry fermented sausage: chorizo de Pamplona[J]. 2001, 34(1): 67-75. DOI:10.1016/S0963-9969(00)00133-2.
- [20] LIN J, ZHANG P, PAN Z Q, et al. Discrimination of oolong tea (*Camellia sinensis*) varieties based on feature extraction and selection from aromatic profiles analysed by HS-SPME/GC-MS[J]. Food Chemistry, 2013, 141(24): 259-265. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.02.128.
- [21] 李源栋, 段焰青, 王红霞, 等. GC/MS法结合保留指数分析鼠尾草油中香味成分[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(3): 65-68. DOI:10.3969/j.issn.1008-9578.2016.03.017.
- [22] 袁源, 刘洋洋, 林丽静, 等. HS-SPME-GC-MS结合保留指数法分析百香果粉的风味成分[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(16): 132-135. DOI:10.3969/j.issn.1008-9578.2016.03.017.
- [23] ZHANG L, ZENG Z D, ZHAO C X. A comparative study of volatile components in green, oolong and black teas by using comprehensive two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry and multivariate data analysis[J]. Journal of Chromatography A, 2013, 32: 245-252. DOI:10.1016/j.chroma.2013.06.022.
- [24] 孙浩, 陈峰, 倪辉, 等. 制备工艺对柚皮精油产品香味特征及挥发性成分的影响[J]. 中国食品学报, 2014, 14(9): 116-124. DOI:10.16429/j.1009-7848.2014.09.038.
- [25] 申明月, 刘玲玲, 聂少平, 等. 顶空-气相色谱-四极杆质谱结合保留指数法测定普洱茶香气成分[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 103-106. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201406021.
- [26] ZHANG M X, LI L B, WU Z W, et al. Volatile composition in two pummelo cultivars (*Citrus grandis* L. Osbeck) from different cultivation regions in China[J]. Molecules, 2017, 22(5): 716. DOI:10.3390/molecules22050716.
- [27] 王松磊, 杨华峰, 于淑娟, 等. 不同品种甘蔗汁酿造的银朗姆酒中杂醇油含量测定[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 137-140. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201402025.
- [28] 夏新中, 张道明, 刘连生. 纽荷尔脐橙皮挥发油的GC-MS分析[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(8): 1924-1926. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2013.08.005.
- [29] DHARMAWAN J, KASAPIS S, CURRAN P. Characterization of volatile compounds in selected citrus fruits from Asia. Part I: freshly-squeezed juice[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2007, 42(22): 228-232. DOI:10.1002/ffj.1790.
- [30] KRAUJALYT V, PELVAN E, ALASALVAR C. Volatile compounds and sensory characteristics of various instant teas produced from black tea[J]. Food Chemistry, 2016, 194(5): 864-872. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.08.051.