

## 3种桂花浸膏的挥发性物质分析

张璟琳<sup>1</sup>, 李娟<sup>2,3</sup>, 黄明泉<sup>2,3\*</sup>, 孙宝国<sup>2,3</sup>, 张玉玉<sup>2,3</sup>

(1. 北京工商大学理学院化学系, 北京 100048; 2. 北京食品营养与人类健康高精尖创新中心, 北京工商大学, 北京 100048; 3. 北京工商大学食品质量与安全北京实验室, 北京 100048)

**摘要:** **目的** 量化分析桂花浸膏的主要挥发性成分, 为规范桂花浸膏的质量标准提供基础数据。 **方法** 利用固相微萃取(SPME)结合气相色谱-质谱(GC-MS)分析3种浸膏中的挥发性成分, 利用谱库、标准品及保留指数对挥发性物质进行定性, 并用2-辛醇做内标物, 对挥发性物质进行半定量分析。 **结果** 共检出51种挥发性物质, 主要的挥发性风味物质为酯类、醇类、酮类, 其中桂花浸膏1中共检出27种, 桂花浸膏2中共检出31种, 桂花浸膏3中共检出20种。半定量结果表明桂花浸膏2中挥发性成分含量最高, 为959.50 mg/g, 桂花浸膏1中挥发性成分含量最低, 为89.37 mg/g。 **结论** 3种浸膏中共有的挥发性风味物质分别为反式芳樟醇氧化物、芳樟醇、2-乙基苯酚、二氢- $\beta$ -紫罗兰酮、二氢- $\beta$ -紫罗兰醇、 $\gamma$ -癸内酯、 $\alpha$ -紫罗兰酮和 $\beta$ -紫罗兰酮。

**关键词:** 桂花浸膏; 挥发性物质; 固相微萃取; 气相色谱-质谱法

### Volatile aroma constituents in 3 kinds of *Osmanthus fragrans* extracts

ZHANG Jing-Lin<sup>1</sup>, LI Juan<sup>2,3</sup>, HUANG Ming-Quan<sup>2,3\*</sup>, SUN Bao-Guo<sup>2,3</sup>, ZHANG Yu-Yu<sup>2,3</sup>

(1. Department of Chemistry, School of Science, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 2. Beijing Higher Institution Engineering Research Center of Food Additives and Ingredients, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 3. Laboratory of Food Quality and Safety, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**ABSTRACT: Objective** To detect volatile aroma constituents in *Osmanthus fragrans* extracts and provide reference data for *Osmanthus fragrans* extracts quality standards. **Methods** The volatile components of *Osmanthus fragrans* extracts were isolated by headspace solid phase microextraction (SPME) and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Standard substances and retention index were taken as the qualitative method, while quantification analysis was done by using 2-octanol (internal standard). **Results** A total of 51 kinds of volatile components were identified, and the main volatile components were esters, alcohol and ketone. Three kinds of *Osmanthus fragrans* extract samples included 27, 31, and 20 kinds of volatile components, respectively. The results showed that sample 2 had the highest amount of volatile components (959.50 mg/g), while sample 1 had the least (89.37 mg/g). **Conclusion** Trans-linalol oxide, linalool, 2-ethylphenol, dihydro- $\beta$ -ionone, dihydro- $\beta$ -ionol,  $\gamma$ -decalactone,  $\alpha$ -ionone and  $\beta$ -ionone were chosen as main volatile flavor compounds of 3 kinds of *Osmanthus fragrans* extracts.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31471665)、北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划项目(201404034)

**Fund:** Supported by the National Natural Science Foundation of China (31471665) and Importation and Development of High-Caliber Talents Project of Beijing Municipal Institutions (201404034)

\*通讯作者: 黄明泉, 副教授, 主要研究方向为香料香精、食品分析与检测。E-mail: hmqsir@163.com

\*Corresponding author: HUANG Ming-Quan, Associate Professor, Beijing Technology and Business University, No.11, Fucheng Road, Haidian District, Beijing 100048, China. E-mail: hmqsir@163.com

**KEY WORDS:** *Osmanthus fragrans* extracts; volatile compounds; solid phase microextraction; gas chromatography-mass spectrometry

## 1 引言

桂花(*Osmanthus fragrans*)是木犀科(*Oleaceae*)木犀属(*Osmanthus*)植物的代表种,是我国的传统名花<sup>[1]</sup>。在长期的演化过程中,在自然选择和人工选择的双重作用下,桂花形成了丰富的变异类型,拥有众多品种<sup>[2]</sup>,因此同为桂花浸膏也因原材料的差异而挥发性物质特征存在差异。我国国标<sup>[3]</sup>中主要依靠人的感官对桂花浸膏的香气质量进行判断,但感官评价往往对人员要求较高且存在较大个体差异,因此量化分析桂花浸膏的主要挥发性成分对规范桂花浸膏的质量标准有着重要意义。

现阶段对桂花的香气成分已有报道,多采用水蒸气蒸馏法<sup>[4]</sup>、动态顶空<sup>[5]</sup>、活性炭吸附丝累积<sup>[6]</sup>、超临界萃取法<sup>[7]</sup>、固相微萃取<sup>[8]</sup>等方法研究桂花、桂花浸膏或净油的挥发性成分,再利用气相色谱-质谱联用(GC-MS)的方法进行检测。Wang等<sup>[8]</sup>利用顶空固相微萃取对桂花挥发油中的香味物质进行分析,其中主要成分为芳樟醇及其氧化物、 $\alpha$ -紫罗兰酮、 $\beta$ -紫罗兰酮、橙花醇、 $\gamma$ -癸内酯、棕榈酸。张坚<sup>[9]</sup>利用固相微萃取法鉴定出桂花中的10种挥发性成分,占峰面积90.34%。其中顺-氧化芳樟醇、氧化芳樟醇、反-氧化芳樟醇、 $\beta$ -紫罗兰酮和二氢- $\beta$ -紫罗兰酮的相对百分含量较高,且为桂花的主要芳香成分。

目前对桂花浸膏的挥发性成分虽有部分研究,但大多研究不够深入。本文意为制定桂花浸膏类香原料产品的质量标准提供基础数据,本实验以3种不同品牌的桂花浸膏作为研究对象,采用固相微萃取的前处理手段,利用GC-MS进行检测,利用内标法进行半定量分析,确认3种浸膏中含有的共有挥发性成分。

## 2 材料与方 法

### 2.1 仪器与试剂

DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器(巩义市予华仪器有限责任公司); T-214 电子天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司); TSQ-8000 气相色谱-质谱联用仪(美国 Thermo 公司); SPME 进样手柄(美国 Supelco 公司); PDMS/DVB SPME 萃取头(美国 Supelco 公司)。

桂花浸膏 1, 桂林市阳朔香精香料有限责任公司; 桂花浸膏 2, 杭州西湖香精香料有限公司; 桂花浸膏 3, 桂林拓普香料有限公司; 2-辛醇(99.8%)、N-N 二甲基甲酰胺(99.8%)、 $\alpha$ -紫罗兰酮(90%)、 $\beta$ -紫罗兰酮(96%)、柠檬酸三乙酯(99%)、十四酸(99%)均购于百灵威科技有限公司; 正构烷烃 C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>(GC)(美国 Supelco 公司)。

### 2.2 试验方法

#### 2.2.1 样品前处理

取 0.300 g 样品溶于 N,N 二甲基甲酰胺, 于 10 mL 容量瓶中定容。移取 3 mL 定容样品于 20 mL 固相微萃取样品瓶中, 加 10  $\mu$ L 2-辛醇(内标物浓度为 105.3 mg/mL), 将样品瓶放入 40  $^{\circ}$ C 恒温水浴锅中, 平衡 30 min。将萃取头插入到样品瓶中的顶空部分并推出纤维, 吸附 40 min 后抽回萃取头。将萃取头拔出, 插入 GC-MS 进样口, 在 230  $^{\circ}$ C 下解吸附 3 min, 每次做样前先将萃取头在 230  $^{\circ}$ C 气相色谱的进样口老化 20 min 至无杂峰。

#### 2.2.2 气相色谱-质谱条件

色谱条件: 色谱柱 HP-5MS 毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25  $\mu$ m); 升温程序: 初温 50  $^{\circ}$ C; 以 5  $^{\circ}$ C/min 升至 140  $^{\circ}$ C, 保持 5 min; 以 10  $^{\circ}$ C/min 升至 280  $^{\circ}$ C, 保持 5 min; 恒流流速 1.0 mL/min; 分流进样, 分流比 50:1; 进样口温度 230  $^{\circ}$ C; 溶剂延迟时间: 6 min; 载气 He(99.999%)。

质谱条件: EI 源; 电子能量 70 eV; 离子源温度 280  $^{\circ}$ C; 传输管线温度: 280  $^{\circ}$ C; 扫描模式 full scan; 质量扫描范围 m/z 40~450。

#### 2.2.3 定性定量方法

定性方法: 挥发性物质的鉴定结果以 NIST 谱库检索, 保留指数及标准品共同定性。保留指数 I 是根据以下公式<sup>[10]</sup>计算得到的, 其中正构烷烃的碳原子数为 C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>。

$$I = 100 \times \left[ n + \frac{\lg t(i) - \lg t'(n)}{\lg t'(n+1) - \lg t'(n)} \right]$$

式中:  $n$  和  $n+1$  分别为未知物流出前后正构烷烃的碳原子数,  $t'(n)$  和  $t'(n+1)$  为相应的正构烷烃的调整保留时间,  $t'(i)$  为待测组分的调整保留时间, 其中  $t'(n) < t'(i) < t'(n+1)$ 。

半定量方法: 默认每个化合物对 2-辛醇的相对相应因子为 1, 计算方式如下:

$$\text{挥发性物质浓度} \left( \frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{内标物质量}(\text{mg}) \times \text{挥发性物质面积}}{\text{内标物面积} \times \text{样品质量}(\text{g})} \times \frac{10}{3}$$

## 3 结果与分析

### 3.1 3种桂花浸膏的挥发性成分分析

桂花浸膏的总离子流图如图 1 所示(由于篇幅所限只列出了 1 种浸膏的总离子流图), 采用 NIST 谱库、保留指数及标准品共同鉴定, 共检出 51 种挥发性物质, 如表 1 所示。由表 1 可见, 桂花浸膏 1 中共检出 27 种, 总含量为 89.37 mg/g; 桂花浸膏 2 中共检出 31 种, 总含量为 959.50 mg/g; 桂花浸膏 3 中共检出 20 种, 总含量为 460.66 mg/g。桂花浸膏 2 的挥发性物质种类更多, 含量也更高。将三种浸膏检测结果进行比较分析, 如表 2 所示。通过表 2 对比发现, 3 种桂

花浸膏中主要的挥发性物质为酯类、醇类、酮类；3种桂花浸膏中共有的挥发性风味物质为8种，分别为：反式芳樟醇氧化物、芳樟醇、2-乙基苯酚、 $\alpha$ -紫罗兰酮、二氢- $\beta$ -紫罗兰

酮、二氢- $\beta$ -紫罗兰醇、 $\gamma$ -癸内酯和 $\beta$ -紫罗兰酮。这与徐继明等<sup>[4]</sup>得到的研究结果——桂花精油主要香味成分为紫罗兰酮、 $\gamma$ -癸内酯、芳樟醇及其氧化物较为一致。

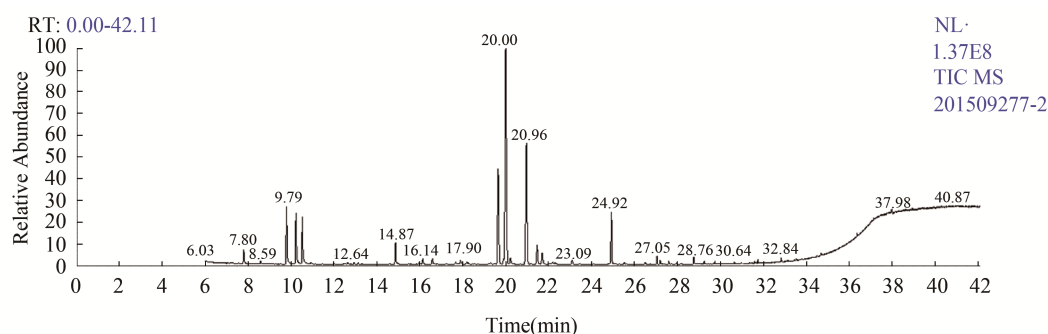


图1 桂花浸膏2的总离子流图

Fig. 1 TIC chromatogram of *Osmanthus fragrans* Lour. extract No.2

表1 桂花浸膏2中挥发性物质的GC-MS定性定量结果

Table 1 Qualitative and quantitative analysis of volatile compounds in three kinds of *Osmanthus fragrans* Lour. extracts by GC-MS

序号	保留时间 min	名称	Cas 号	保留指数		半定量结果 mg/g		
				计算值	文献值	1	2	3
1	7.24	己酸	142-62-1	982	990 <sup>[11]</sup>			
2	7.66	1,3,5-三甲苯	108-67-8	998	998 <sup>[12]</sup>	1.43		
3	7.93	乙酸 4-己烯酯	72237-36-6	1008	1006 <sup>[13]</sup>	-	-	5.18
4	8.59	柠檬烯	5989-54-8	1035	1031 <sup>[14]</sup>	0.54	3.09	-
5	9.79	反式芳樟醇氧化物	34995-77-2	1078	1082 <sup>[15]</sup>	11.37	59.26	53.04
6	10.23	顺式芳樟醇氧化物	5989-33-3	1093	1090 <sup>[16]</sup>	8.63	54.1	-
7	10.53	芳樟醇	78-70-6	1103	1101 <sup>[17]</sup>	4.52	48.63	48.74
8	11.13	1,3,8- $\beta$ -3 甲基三烯	18368-95-1	1126		-	0.25	-
9	12.01	反,顺-2,6-壬二烯醛	557-48-2	1158	1151 <sup>[18]</sup>	-	1.08	-
10	12.45	2-乙基苯酚	90-00-6	1173	1163 <sup>[19]</sup>	0.39	0.47	0.42
11	12.64	环氧芳樟醇	14049-11-7	1180	1183 <sup>[20]</sup>	2.48	3.26	-
12	12.94	丁酸 4-己烯酯	69727-41-9	1190	1203 <sup>[21]</sup>	-	1.23	-
13	13.13	$\alpha$ -松油醇	98-55-5	1196	1196 <sup>[22]</sup>	1.02	1.57	-
14	13.88	1,4-异丙基-2-甲基苯	58502-85-5	1224		1.13	-	-
15	14.10	香茅醇	106-22-9	1233	1236 <sup>[23]</sup>	-	-	15.02
16	14.60	香芹酮	99-49-0	1251	1243 <sup>[24]</sup>	-	0.82	-
17	14.84	香叶醇	106-24-1	1260	1256 <sup>[25]</sup>	0.4	-	4.59
18	14.87	乙酸芳樟酯	115-95-7	1261	1259 <sup>[26]</sup>	-	20.51	-
19	15.38	甲酸香茅酯	105-85-1	1279	1275 <sup>[27]</sup>	-	-	0.75
20	15.48	4-甲基-5-羟乙基噻唑	137-00-8	1282		-	1.09	-
21	15.54	2-甲氧基 4-乙基苯酚	2785-89-9	1284	1280 <sup>[15]</sup>	0.45	-	-
22	15.97	吡啶嗪	274-40-8	1299	-	0.53	1.29	
23	16.08	2-壬炔酸甲酯	111-80-8	1303		-	-	6.49

续表 1

序号	保留时间 min	名称	Cas 号	保留指数		半定量结果 mg/g		
				计算值	文献值	1	2	3
24	16.59	茶香螺烷	36431-72-8	1323	1315 <sup>[28]</sup>	17.79	6.27	-
25	17.23	氨基甲酸酯	134-20-3	1348	1346 <sup>[29]</sup>	2.31	1.50	-
26	17.77	1,5,5-3 甲基-6-(2 乙烯基)-环己烯	71186-24-8	1368	1354 <sup>[30]</sup>	0.64	-	-
27	17.90	对甲氧基苯乙醇	702-23-8	1373	1374 <sup>[31]</sup>	-	5.48	1.00
28	18.28	乙酸薰衣草酯	25905-14-0	1386	-	-	1.23	-
29	18.43	$\beta$ -波旁烯	5208-59-3	1392	1383 <sup>[32]</sup>	-	-	0.82
30	19.07	D-长叶烯	475-20-7	1413	1412 <sup>[33]</sup>	1.47	-	-
31	19.30	二氢- $\alpha$ -紫罗兰酮	31499-72-6	1420	-	0.46	1.78	-
32	19.48	石竹烯	87-44-5	1425	1424 <sup>[34]</sup>	-	1.51	-
33	19.65	$\alpha$ -紫罗兰酮*	127-41-3	1430	1430 <sup>[36]</sup>	0.44	121.52	16.83
34	19.88	4-(2,2,6-三甲基环己基)-2-丁酮	6138-85-8	1437	-	-	-	28.29
35	20.00	二氢- $\beta$ -紫罗兰酮	17283-81-7	1441	1436 <sup>[35]</sup>	14.91	320.56	92.67
36	20.22	二氢- $\beta$ -紫罗兰醇	3293-47-8	1448	-	5.17	7.78	6.41
37	20.96	$\gamma$ 癸内酯	706-14-9	1469	1467 <sup>[36]</sup>	1.22	174.47	53.91
38	21.46	$\alpha$ -异甲基紫罗兰酮	127-51-5	1483	1479 <sup>[37]</sup>	-	27.09	-
39	21.70	$\beta$ -紫罗兰酮*	14901-07-6	1490	1488 <sup>[38]</sup>	3.99	18.29	118.19
40	22.54	$\alpha$ -法尼烯	502-61-4	1514	1509 <sup>[41]</sup>	0.56	-	-
41	23.09	甲基紫罗兰酮;	7779-30-8	1530	-	-	6.28	-
42	23.45	1,4,5-三甲基萘;	2131-41-1	1541	-	-	1.93	-
43	23.50	二氢猕猴桃内酯	17092-92-1	1542	1548 <sup>[39]</sup>	-	-	2.06
44	24.87	苯甲酸叶醇酯	25152-85-6	1581	1580 <sup>[40]</sup>	1.19	-	-
45	24.92	$\gamma$ -十一内酯	104-67-6	1582	1574 <sup>[37]</sup>	-	54.22	3.98
46	25.53	邻苯二甲酸二乙酯	84-66-2	1599	1594 <sup>[41]</sup>	-	1.86	-
47	27.05	柠檬酸三乙酯*	77-93-0	1670	1659 <sup>[38]</sup>	4.45	-	0.99
48	27.95	1,3-2 甲基-5 丙氧基苯	138376-23-5	1716	-	-	1.23	-
49	28.76	十四酸*	544-63-8	1767	1769 <sup>[42]</sup>	0.53	5.73	1.28
50	29.25	十四酸乙酯	124-06-1	1797	1798 <sup>[37]</sup>	-	1.92	-
51	31.74	十六酸乙酯	628-97-7	1997	1994 <sup>[43]</sup>	-	2.2	-

\*表示用标准品定性

表 2 3 种桂花浸膏挥发性物质种类及含量对比分析

Table 2 Comparison of varieties and contents of volatile compounds in three kinds of *Osmanthus fragrans* extracts

化合物	酯	酸	醛	醇	酮	酚	杂环	烃类	总和
1 种类	4	2	-	7	4	2	2	6	27
1 含量(mg/g)	9.17	1.88	0	33.59	19.80	0.84	18.32	5.77	89.37
2 种类	9	1	1	7	7	1	4	4	34
2 含量(mg/g)	259.14	5.73	1.08	180.08	496.34	0.47	9.88	6.78	959.50
3 种类	7	1	-	6	4	1	--	1	20
3 含量(mg/g)	73.36	1.28	0	128.8	255.98	0.42	0	0.82	460.66

酯类挥发性物质在3种桂花浸膏中的种类和含量均较多,其中 $\gamma$ -癸内酯有强烈的椰子 and 桃子样果香香气,是3种桂花浸膏中共有的成分,但含量差异很大,桂花浸膏1含量最低,为1.22 mg/g,桂花浸膏2含量最高,为174.47 mg/g,而桂花浸膏3则为53.91 mg/g。这可能与桂花的种类不同相关。杨秀莲等<sup>[44]</sup>对不同品种桂花的香气进行了分析,得出 $\alpha$ -紫罗兰酮、叶醛、 $\gamma$ -癸内酯在8个桂花品种中的质量分数差异都比较大,其质量分数高的是质量分数低的10倍左右。可见,不同桂花的香成分含量会有较大的差别。另外,在桂花浸膏2中检测出邻苯二甲酸二乙酯,邻苯二甲酸酯类是一种内分泌干扰物质,具有急性毒性、致癌性、生殖毒性<sup>[45]</sup>。这种物质在桂花精油<sup>[4]</sup>中也被检出,因而桂花浸膏的有害物质检测也应加以规范。

桂花浸膏中的酸类和醛类挥发性物质含量较少,3种浸膏中共检测出2种酸,分别为:己酸和十四酸。桂花浸膏2含有醛类物质,为反,顺-2,6-壬二烯醛。反,顺-2,6-壬二烯醛具有强烈的紫罗兰和黄瓜似香气,常见于瓜果<sup>[46]</sup>中。曹慧等<sup>[47]</sup>对新鲜桂花进行了GC-MS分析,并未检测到桂花中含有酸类和醛类物质,因此推测浸膏中的这两类物质很可能为浸膏加工过程中产生的。

醇类和酮类在3种桂花浸膏中均有较高含量,其中芳樟醇、反式芳樟醇氧化物、二氢- $\beta$ -紫罗兰醇为3种桂花浸膏中共有的醇类。芳樟醇和反式芳樟醇氧化物含量较高,是桂花浸膏中的主要成分。酮类物质中的 $\alpha$ -紫罗兰酮、二氢- $\beta$ -紫罗兰酮和 $\beta$ -紫罗兰酮与金荷仙等<sup>[48]</sup>所分析的4个不同桂花品种中主要的酮类挥发性香气组分相一致。紫罗兰酮具有木香、果香、青香、覆盆子味道<sup>[49]</sup>,与桂花香气的香气特征一致。

酚类和杂环类化合物在3类浸膏中含量和种类均较少,2-乙基苯酚和2-甲基-4-乙基苯酚为浸膏中检到的酚类物质,其中2-乙基苯酚为3类桂花浸膏中共有组分。桂花浸膏1的杂环类物质含量高于其他2种桂花浸膏,为17.79 mg/g。

烷烃类化合物因其香味阈值较高,对于挥发性风味物质贡献不大,因此未对烷烃类化合物进行统计。烯烃和芳烃类物质中,含量及种类差异都很大。如桂花浸膏1和桂花浸膏2含量分别为4.34 mg/g和6.78 mg/g,而桂花浸膏3为0.82 mg/g。另外,桂花浸膏3仅含有波旁烯,而桂花浸膏1和桂花浸膏2含有大量其他种类烯烃和芳烃,其中柠檬烯为共有烯烃类化合物。

3种浸膏中共有的挥发性风味物质为8种,分别为:反式芳樟醇氧化物、芳樟醇、2-乙基苯酚、二氢- $\beta$ -紫罗兰酮、二氢- $\beta$ -紫罗兰醇、 $\gamma$ -癸内酯、 $\alpha$ -紫罗兰酮和 $\beta$ -紫罗兰酮。共有物质含量占总挥发性物质含量的比例依次为47.0%、78.3%、84.7%。8种挥发性风味物质占比均较高,可为桂花浸膏的质量标准制定提供参考。

## 4 结论与讨论

利用SPME结合GC-MS分析了3种浸膏中的挥发性成分,共检出51种挥发性物质,主要的挥发性风味物质为酯类、醇类、酮类,其中桂花浸膏1中共检出27种,总含量为89.37 mg/g;桂花浸膏2中共检出31种,总含量为959.50 mg/g;桂花浸膏3中共检出20种,总含量为460.66 mg/g。3种浸膏中共有的挥发性风味物质为反式芳樟醇氧化物、芳樟醇、2-乙基苯酚、二氢- $\beta$ -紫罗兰酮、二氢- $\beta$ -紫罗兰醇、 $\gamma$ -癸内酯、 $\alpha$ -紫罗兰酮和 $\beta$ -紫罗兰酮,其含量占3种浸膏中总挥发性物质含量的比例均在40%以上,为主要挥发性风味物质。

### 参考文献

- [1] 陈洪国,汪华.我国桂花种质资源的研究和利用及咸宁桂花发展现状[J].咸宁学院学报,2002,3:116-118.  
Chen HG, Wang H. The study and the application of *osmanthus* resource and its development in xianning [J]. J Xianning Teach Coll, 2002, 3: 116-118.
- [2] 臧德奎.桂花品种分类研究[D].南京:南京林业大学,2004.  
Zang DK. Studies on the classification of *Osmanthus fragrans* Lour. [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2004.
- [3] GB 1886.24-2015.食品安全国家标准食品添加剂桂花浸膏[S].  
GB 1886.24-2015. National food safety standard food additives *Osmanthus fragrans* Lour. extracts [S].
- [4] 徐继明,吕金顺.桂花精油化学成分研究[J].分析试验室,2007,26(1):37-41.  
Xu JM, Lv JS. A study on chemical composition of the essential oils from *Osmanthus fragrant* flowers [J]. Chin J Anal Lab, 2007, 26(1): 37-41.
- [5] 王呈仲,苏越,郭寅龙.顶空-气相色谱-质谱联用分析桂花和叶中挥发性成分[J].有机化学,2009,29(6):948-955.  
Wang CZ, Su Y, Guo YL. Analysis of the volatile components from flowers and leaves of *Osmanthus fragrans* Lour. by headspace-GC-MS [J]. Chin J Org Chem, 2009, 29(6): 948-955.
- [6] 冯建跃,赵茜,黄巧巧,等.吸附丝色谱-质谱法用于桂花香气研究[J].浙江大学学报:理学版,2001,(6):672-675.  
Feng JY, Zhao J, Huang QQ, et al. Study on aroma components of *Osmanthus* by absorption wire gas chromatography / mass spectrometry [J]. J Zhejiang Univ (Sci Ed), 2001, (6): 672-675.
- [7] 陶清,徐德虚,吕鉴泉.超临界CO<sub>2</sub>萃取桂花油的工艺研究[J].食品研究与开发,2007,28(7):57-60.  
Tao Q, Xu DX, Lv JQ. Study on the supercritical CO<sub>2</sub> fluid extraction of *Osmanthus fragrans* [J]. Food Res Dev, 2007, 28(7): 57-60.
- [8] Wang L, Li M, Jin W, et al. Variations in the components of *Osmanthus fragrans* Lour. essential oil at different stages of flowering [J]. Food Chem, 2009, 114(1): 233-236.
- [9] 张坚.桂花精油的提取与成分分析的研究[D].杭州:浙江工业大学,2006.  
Zhang J. Study on extraction and analysis of *Osmanthus fragrans* Lour. essential oil [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2006.
- [10] 谢建春.现代香味分析技术及应用[M].北京:中国标准出版社,2008.

- Xie JC. Modern analysis technology and application [M]. Beijing: Standards Press of China, 2008 .
- [11] Wu S, Zorn H, Krings U, *et al.* Volatiles from submerged and surface-cultured beefsteak fungus, *Fistulina hepatica* [J]. *Flav Frag J*, 2007, 22(1): 53–60.
- [12] Ramarathnam N, Rubin LJ, Diosady LL. Studies on meat flavor. 4. fractionation, characterization, and quantitation of volatiles from uncured and cured beef and chicken [J]. *J Agric Food Chem*, 1993, 41(6): 939–945.
- [13] Liu SH, Norris DM, Lyne P. Volatiles from the foliage of soybean, *Glycine max*, and lima bean, *Phaseolus lunatus*: their behavioral effects on the insects trichoplusiani and epilachnavarivestis [J]. *J Agric Food Chem*, 1989, 37(2): 496–501.
- [14] Karioti A, Hadjipavlou-Litina D, Mensah M L K, *et al.* Composition and antioxidant activity of the essential oils of *Xylopiiaethiopia* (Dun) A. Rich.(Annonaceae) leaves, stem bark, root bark, and fresh and dried fruits, growing in Ghana [J]. *J Agric Food Chem*, 2004, 52(26): 8094–8098.
- [15] Yu PZ, Ji ML, Yan XU, *et al.* Extraction, preparation and identification of volatile compounds in Changyu XO brandy [J]. *Chin J Chromatogr*, 2008, 26(2): 212–222.
- [16] Miyazawa M, Kawata J. Identification of the key aroma compounds in dried roots of *Rubiocordifolia* [J]. *J Oleo Sci*, 2006, 55(1): 37–39.
- [17] Javidnia K, Miri R, Javidnia A. Constituents of the essential oil of *Scabiosa flavida* from Iran [J]. *Chem Nat Comps*, 2006, 42(5): 529–530.
- [18] Lazari DM, Skaltsa HD, Constantinidis T. Volatile constituents of *cerastium candidissimum*, a greek endemic species [J]. *Flav Frag J*, 2000, 15(3): 174–176.
- [19] Ansorena D, Astiasarán I, Bello J. Influence of the simultaneous addition of the protease flavourzyme and the lipase Novozym 677BG on dry fermented sausage compounds extracted by SDE and analyzed by GC-MS [J]. *J Agric Food Chem*, 2000, 48(6): 2395–2400.
- [20] Kilic A, Kollmannsberger H, Nitz S. Glycosidically bound volatiles and flavor precursors in *Laurusnobilis* L. [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53(6): 2231–2235.
- [21] Yasuda T, Shigehisa S, Yuasa K, *et al.* Sex attractant pheromone of the sorghum plant bug *Stenotusubrovittatus* (Matsumura)(Heteroptera: Miridae) [J]. *Appl Entomol Zool*, 2008, 43(2): 219–226.
- [22] Nickavar B, Salehi-Sormagi MH, Amin G, *et al.* Steam volatiles of *vacciniumarctostaphylos* [J]. *Pharm Biol*, 2002, 40(6): 448–449.
- [23] Shellie RA, Marriott PJ. Comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry analysis of *Pelargonium graveolens* essential oil using rapid scanning quadrupole mass spectrometry [J]. *Analyst*, 2003, 128(7): 879–883.
- [24] Kundakovic T, Fokialakis N, Kovacevic N, *et al.* Essential oil composition of *Achillealingulata* and *A. umbellata* [J]. *Flav Frag J*, 2007, 22(3): 184–187.
- [25] Isidorov VA, Krajewska U, Vinogorova VT, *et al.* Gas chromatographic analysis of essential oil from buds of different birch species with preliminary partition of components [J]. *Biochem System Ecol*, 2004, 32(1): 1–13.
- [26] Lopes D, Strobl H, Kolodziejczyk P. 14-Methylpentadecano-15-lactone (Muscolide): A New Macrocylic Lactone from the Oil of *Angelica archangelical* [J]. *Chem Biodiver*, 2004, 1(12): 1880–1887.
- [27] Pino JA, Mesa J, Muñoz Y, *et al.* Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53(6): 2213–2223.
- [28] Campeol E, Flamini G, Chericoni S, *et al.* Volatile compounds from three cultivars of *Olea europaea* from Italy [J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49(11): 5409–5411.
- [29] Miyazawa M, Marumoto S, Kobayashi T, *et al.* Determination of characteristic components in essential oils from *Wisteria brachybotrys* using gas chromatography-olfactometry incremental dilution technique [J]. *Rec Nat Prod*, 2011, 5(3): 221–227.
- [30] Gomez E, Ledbetter CA, Hartsell PL. Volatile compounds in apricot, plum, and their interspecific hybrids [J]. *J Agric Food Chem*, 1993, 41(10): 1669–1676.
- [31] Alissandrakis E, Tarantilis PA, Harizanis PC, *et al.* Comparison of the volatile composition in thyme honeys from several origins in Greece [J]. *J Agric Food Chem*, 2007, 55(20): 8152–8157.
- [32] Tzakou O, Couladis M. The essential oil of *micromeria graeca benthamet reichenb* growing in greece [J]. *Flav Frag J*, 2001, 16(2): 107–109.
- [33] Cho IH, Namgung HJ, Choi HK, *et al.* Volatiles and key odorants in the pileus and stipe of pine-mushroom (*Tricholomamatsutake* Sing.) [J]. *Food Chem*, 2008, 106(1): 71–76.
- [34] Kouame FPB, Bedi G, Koffi AM, *et al.* Volatiles constituents from leaves of *morindamorindoides* (rubiaceae): a medicinal plant from the ivory coast [J]. *Open Nat Prod J*, 2010, 3: 6–9.
- [35] Flach A, Dondon RC, Singer RB, *et al.* The chemistry of pollination in selected Brazilian *Maxillariinae* orchids: floral rewards and fragrance [J]. *J Chem Ecol*, 2004, 30(5): 1045–1056.
- [36] Isidorov VA, Krajewska U, Dubis EN, *et al.* Partition coefficients of alkyl aromatic hydrocarbons and esters in a hexane-acetonitrile system [J]. *J Chromatogr A*, 2001, 923(1): 127–136.
- [37] Splivallo R, Bossi S, Maffei M, *et al.* Discrimination of truffle fruiting body versus mycelial aromas by stir bar sorptive extraction [J]. *Phytochemistry*, 2007, 68(20): 2584–2598.
- [38] Zhao C, Li X, Liang Y, *et al.* Comparative analysis of chemical components of essential oils from different samples of *Rhododendron* with the help of chemometrics methods [J]. *Chem Intell Labo Systems*, 2006, 82(1): 218–228.
- [39] Qi MX, Hai DC, Hui XZ, *et al.* Chemical composition of essential oils of two submerged macrophytes, *Ceratophyllum demersum* L. and *Vallisneria spiralis* L. [J]. *Flav Frag J*, 2006, 21(3): 524–526.
- [40] Mardarowicz M, Wianowska D, Dawidowicz AL, *et al.* The influence of sample treatment on SPME extracts from conifers. I. Comparison of terpene composition in Engelmann Spruce (*Picea engelmannii*) using hydrodistillation, SPME and PLE [J]. *Ann Univ Mariae Curie Sklodowska, Sectio AA: Chem*, 2004, 59: 25–42.
- [41] Kotowska U, Zalikowski M, Isidorov VA. HS-SPME/GC-MS analysis of volatile and semi-volatile organic compounds emitted from municipal sewage sludge [J]. *Environ Monit Asses*, 2012, 184: 2893–2907.
- [42] Benkaci AF, Baaliouamer A, Meklati BY, *et al.* Chemical composition of seed essential oils from Algerian *Nigella sativa* extracted by microwave and hydrodistillation [J]. *Flav Frag J*, 2007, 22(2): 148–153.
- [43] Quijano CE, Salamanca G, Pino JA. Aroma volatile constituents of colombian varieties of mango (*Mangifera indica* L.) [J]. *Flav Frag J*, 2007,

- 22(5): 401–406.
- [44] 杨秀莲, 施婷婷, 文爱林, 等. 不同桂花品种香气成分的差异分析[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(1): 84–87.  
Yang XL, Shi TT, Wen AL, *et al.* Variance analysis of aromatic components from different varieties of *osmanthusfragrans* [J]. J Northeast Forest Univ, 2015, 43(1): 84–87.
- [45] 陈荣圻. 邻苯二甲酸酯类增塑剂对人类健康的危害[J]. 染料与染色, 2015, 52(6): 52–58.  
Chen RQ. Harmfulness of phthalic acid ester plasticizers to human health [J]. Dyes Color, 52(6): 52–58.
- [46] 何聪聪, 苏柯冉, 刘梦雅, 等. 基于 AEDA 和 OAV 值确定西瓜汁香气活性化合物的比较[J]. 现代食品科技, 2014, 30(7): 279–285.  
He CC, Su KR, Liu MY, *et al.* Identification of aroma-active compounds in watermelon juice by AEDA and OAV calculation [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(7): 279–285.
- [47] 曹慧, 李祖光, 沈德隆. 桂花品种香气成分的 GC/MS 指纹图谱研究[J]. 园艺学报, 2009, 36(3): 391–398.  
Cao H, Li Z G, Shen DL. GC /MS fingerprint analysis of *Osmanthus fragrans* Lour. in different varieties [J]. Acta Horti Sin, 2009, 36(3): 391–398.
- [48] 金荷仙, 郑华, 金幼菊, 等. 杭州满陇桂雨公园 4 个桂花品种香气组分的研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(5): 612–615.  
Jin HX, Zheng H, Jin YJ, *et al.* Research on major volatile components of 4 *Osmanthus fragrance* cultivars in Hangzhou manlongguiyu park [J]. Forest Res, 2006, 19(5): 612–615.
- [49] 孙宝国, 何坚. 香料化学与工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.  
Sun BG, He J. Spices chemistry and technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.

(责任编辑: 金延秋)

## 作者简介



张璟琳, 硕士, 助理实验师, 主要研究方向为食品分析与检测。  
E-mail: zhjinglin0130@163.com



黄明泉, 博士, 副教授, 主要研究方向为香料香精、食品分析与检测。  
E-mail: hmqsir@163.com