

不同产地香榧假种皮精油组分分析

Effects of origin on the compositions of essential oil from fresh aril
of *Torreya grandis* cv. Merrilli prepared by hydro-distillation

朱海东 曾茂茂 何志勇 秦 昉 陈 洁

ZHU Hai-dong ZENG Mao-mao HE Zhi-yong QIN Fang CHEN Jie

(江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122)

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:采用水蒸气蒸馏法分别对磐安香榧、嵊州 2 号香榧、嵊州 1 号香榧、诸暨香榧、黄山香榧假种皮中的精油进行提取, 比较得率并采用 GC-MS 对提取的精油成分进行分析。结果表明, 不同产地香榧假种皮精油含量差别较大, 磐安香榧假种皮精油得率最高 (3.89 ± 0.03)%, 其次为诸暨、嵊州 1 号和嵊州 2 号 ($2.08\% \sim 2.21\%$), 黄山香榧精油得率最低 (1.21 ± 0.01)%。磐安、嵊州 2 号、嵊州 1 号、诸暨、黄山香榧假种皮精油分别含有 53, 57, 63, 57, 56 种成分。香榧精油中主要成分有 α -蒎烯、 β -蒎烯、月桂烯、柠檬烯、异松油烯、大根香叶烯 D、 α -石竹烯及 Δ -石竹烯。这 8 种主要组分在磐安、嵊州 2 号、嵊州 1 号、诸暨、黄山的香榧精油中总相对含量分别为 81.58%, 86.52%, 30.64%, 77.86%, 44.08%。磐安、嵊州 2 号及诸暨精油中柠檬烯含量超过 37%, α -蒎烯、月桂烯次之。嵊州 1 号、黄山香榧中的柠檬烯含量低于 18%, 大根香叶烯 D、 Δ -杜松烯次之。5 种香榧精油中均检出烯烴类、醇类、醛酮类、羧酸酯类化合物, 烯烴类含量最高, 接近 90%, 醛酮类含量最低, 小于 0.1%。产地对精油中烯烴类、羧酸酯类及醛酮类含量影响不大, 但对醇类成分影响显著, 嵊州 1 号香榧最高 (11.40%), 其次为黄山香榧 (5.96%)、诸暨香榧 (3.72%)、嵊州 2 号香榧 (1.28%), 磐安香榧 (0.55%) 最低。

关键词: 香榧; 假种皮; 产地; 水蒸气蒸馏; 精油

Abstract: The yield and chemical compositions of essential oils of five origin of *Torreya grandis* cv. Merrillii prepared from fresh aril by hydro-distillation were determined and compared. The results showed that the Panan *Torreya grandis* cv. Merrillii had the

highest yield of the essential oil (3.89 ± 0.03)%, followed by the Zhuji, Shengzhou I and Shengzhou II (2.08% to 2.21%), the Huangshan *Torreya grandis* cv. Merrillii Aril had the lowest yield of the essential oil (1.21 ± 0.01)%. The volatile organic components were measured by GC-MS, and 53, 57, 63, 57, 56 components were identified in essential oils from Shengzhou II, Zhuji, Shengzhou I, Panan and Huangshan, respectively. The main components were α -Pinene, β -Pinene, Myrcene, Limonene, Terpinolene, Germacrene D, α -Caryophyllene and δ -Caryophyllene, which total relative contents were 81.58%, 86.52%, 30.64%, 77.86%, 44.08%, following the above order. The Limonene in essential oils from Panan and Shengzhou II was more than 30%, and α -pinene, laurylene were followed. However, the Limonene was less than 18% in essential oils from Huangshan and Shengzhou I, and Germacrene D, δ -Caryophyllene were more less. These compounds belong to olefin, alcohol, aldoketones, Carboxylic acid esters, in which olefin compounds were the highest (almost 90%), and aldoketones was the lowest (less than 0.1%). The origin of *Torreya grandis* cv. Merrillii only influence its alcohol concentration, Shengzhou I (11.4%) was the most, then were Shengzhou II (1.28%), Zhuji (3.72%), Panan (0.55%) and Huangshan (5.96%).

Keywords: *Torreya grandis* cv. Merrillii; aril; hydro-distillation; essential oil

香榧 (*Torreya grandis* cv. Merrillii) 为红豆杉科 (*Taxaceae*) 榧属常绿乔木, 是中国特有的珍贵经济树种。香榧又称榧子、玉榧、玉山果、赤果、细榧等, 呈核果状, 其种子包被于肉质中, 成熟前假种皮呈绿色, 熟时为暗紫色或紫褐色^[1]。香榧不仅具有很高的食用价值, 还具有很高的药用价值^[2]。其种子中含有丰富的优质油脂、蛋白质、维生素等矿物质, 同时还含有烟酸、叶酸、维生素 B₂ 等, 具有美容、增进食欲等功效^[3]。研究^[4-5]发现, 香榧子油具有显著的降血脂作用, 对动脉粥样硬化形成有明

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (编号: 2013AA102200)

作者简介: 朱海东, 男, 江南大学在读硕士研究生。

通信作者: 陈洁 (1969—), 女, 江南大学教授, 博士生导师, 博士。

E-mail: chenjie@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2021-05-02

显的预防作用。

香榧假种皮是香榧种子外层的较厚的肉质种皮,占种子鲜重的 50%~60%^[6]。在香榧种子充分利用的同时,其假种皮绝大多数被当作工业废弃物丢弃,这不仅造成了资源浪费,还污染环境^[7]。植物精油又称香精油或挥发油,是萃取植物特有的一类具有芳香气味的油状液体的总称^[8]。香榧假种皮富含精油成分,但现有研究^[9-10]主要比较不同提取方法对香榧假种皮精油的影响,而对不同产地的香榧假种皮精油的提取和利用还鲜有研究。水蒸气蒸馏法是常用的并且传统的植物精油提取方法^[11-12]。研究拟采用水蒸气蒸馏法提取磐安、嵊州 2 号、嵊州 1 号、诸暨及黄山香榧精油,采用 GC-MS 对精油进行成分分析,旨在比较不同品种的香榧精油组分,为香榧假种皮的开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

香榧:于 2014 年 9 月分别采自安徽黄山、浙江诸暨、浙江嵊州(1 号、2 号)、浙江磐安;

蒸馏水:实验室自制;

乙醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

电子天平:JB5374-91 型,瑞士梅特勒—托利多仪器有限公司;

气相色谱—质谱联用仪:SCIONSQ-456-GC 型,美国布鲁克公司;

萃取头:50/30 μm DVB/CAR/PDMS 型,上海安普科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 水蒸气蒸馏法 称取过 40 目筛的香榧假种皮粉末 100 g,按 $V_{\text{蒸馏水}}:m_{\text{香榧假种皮粉}}=10:1$ (mL/g)加入蒸馏水,放入水蒸气蒸馏装置进行加热,水蒸气蒸馏 5 h 后收集提取液,分液去除蒸馏水后获得香榧假种皮精油,使用无水硫酸钠干燥后,4 $^{\circ}\text{C}$ 避光密封保存。每组试验重复 3 次^[13]。

1.2.2 香榧假种皮精油得率的计算 按式(1)计算。

$$c=\frac{m_1}{m_2}\times 100\%, \tag{1}$$

式中:

c ——提取率,%;

m_1 ——精油质量,g;

m_2 ——假种皮质量,g。

1.2.3 香榧假种皮精油成分分析 水蒸气蒸馏得到的 5 种香榧精油,通过固相微萃取技术直接进样分析^[14]。

(1) 气相色谱条件:采用美国布鲁克公司的 SCIONSQ-456-GC 仪器。毛细管色谱柱为 HP-5 (0.25 $\mu\text{m}\times 0.25\text{ }\mu\text{m}\times 30\text{ m}$);程序升温:初始温度为 60 $^{\circ}\text{C}$,5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 270 $^{\circ}\text{C}$,保持 35 min;进样口温度

250 $^{\circ}\text{C}$;载气为高纯氦气,流速为 1.0 mL/min,进样量为 0.1 μL ,分流比为 20:1。

(2) 质谱条件:电离方式为 EI,轰击能量为 70 eV;接口温度为 200 $^{\circ}\text{C}$,三重四级杆温度为 150 $^{\circ}\text{C}$,电子倍增器电压为 1.88 kV;扫描范围为 35~500 emu。

1.2.4 数据分析 采用 MAINLIB、REPLIB 及 WILEY 3 个质谱库进行串联检索,并结合相关参考文献,采用面积归一化求得各成分的相对含量。

2 结果与讨论

2.1 不同产地香榧假种皮水蒸气蒸馏法所得精油性状及得率

采用水蒸气蒸馏法分别对产自磐安、嵊州、诸暨、黄山的同种香榧的假种皮进行精油提取,其精油性状及得率如表 1 所示。由表 1 可知,在精油性状方面,不同产地的香榧所提取出来的精油均为油状透明液体,具有很好的流动性,并带有清凉的刺激香气。其中磐安香榧精油颜色最浅,接近无色,诸暨香榧精油、嵊州 1 号香榧精油、嵊州 2 号香榧精油、黄山香榧精油颜色依次递增。黄山香榧精油颜色最深,为深黄色透明的油状液体。在得率方面,方差分析和多重比较结果表明:磐安香榧精油得率最高,诸暨、嵊州 1 号、嵊州 2 号香榧精油得率相差不大,黄山香榧精油得率最少。

2.2 不同产地香榧假种皮精油的成分

采用 GC-MS 分别对磐安香榧、嵊州 2 号香榧、嵊州 1 号香榧、诸暨香榧、黄山香榧精油主要成分和相对含量进行分析,结果如表 2 所示。

由表 2 可知,磐安、嵊州 2 号、嵊州 1 号、诸暨、黄山的香榧假种皮精油中分别鉴定出 53,57,63,57,56 种化学成分。主要成分均为单萜、倍半萜类物质。5 种不同产地的香榧精油中主要成分有 α -蒎烯、 β -蒎烯、月桂烯、柠檬烯、异松油烯、大根香叶烯 D、 α -石竹烯及 Δ -杜松烯等,且不同产地的香榧假种皮精油的化学组分及含量存在明显差异。为了比较香榧假种皮精油组分的差异,分析这 8 种

表 1 不同产地香榧假种皮精油的得率及性状[†]
Table 1 The yield and characteristics of essential oil from *Torreya grandis* cv. merrillii Aril from different regions obtained by hydro-distillation

种类	提取物性状	得率/%
磐安香榧	浅黄绿色透明油状液体(接近无色)	3.89 $\pm$ 0.03 ^C
嵊州 2 号香榧	黄色透明油状液体	2.13 $\pm$ 0.02 ^A
嵊州 1 号香榧	浅黄色透明油状液体	2.21 $\pm$ 0.02 ^A
诸暨香榧	浅黄色透明油状液体	2.08 $\pm$ 0.05 ^A
黄山香榧	深黄色透明油状液体	1.21 $\pm$ 0.01 ^B

[†] 大写字母不同表示在 0.05 水平上有显著性差异。

表 2 不同产地香榧假种皮精油成分分析

Table 2 Compositions comparison of essential oil from *Torreya grandis* cv. *Merrillii* aril from different regions obtained by hydro-distillation

保留时间/min	化合物名称	相对含量/%				
		磐安	嵊州 2 号	嵊州 1 号	诸暨	黄山
6.69	α -葑烯	0.10	—	—	—	—
6.92	茨烯	0.84	0.29	—	0.36	—
7.92	α -蒎烯	29.63	16.22	1.83	15.20	0.52
8.02	β -蒎烯	3.32	1.72	0.20	1.17	—
8.44	桉烯	0.59	—	0.06	0.55	—
9.80	月桂烯	8.13	8.62	0.90	5.04	1.29
10.05	松油烯	—	—	—	—	0.04
10.86	(±)-柠檬烯	27.84	—	10.50	—	—
10.90	(-)-柠檬烯	9.35	—	—	—	17.08
10.90	右旋柠檬烯	—	50.52	—	42.51	—
10.98	β -水芹烯	0.87	—	0.14	—	0.22
11.04	2-己烯醛	—	—	0.08	—	—
11.04	2-己烯醛	—	—	0.08	—	—
11.90	(E)- β -罗勒烯	3.18	0.92	0.37	—	0.69
11.95	α -侧柏烯	0.01	—	—	—	—
11.99	γ -松油烯	0.12	0.16	0.04	—	—
12.13	罗勒烯	—	—	—	—	2.73
13.02	异松油烯	2.35	2.37	0.74	2.33	1.36
13.43	1-辛烯-3-酮	—	0.01	0.06	—	0.02
13.75	乙酸香芹酯	0.01	—	—	—	0.09
13.94	4-乙基-1-辛炔-3-醇	—	—	—	—	0.02
14.29	甲基庚烯酮	—	—	0.06	—	—
14.59	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	—	0.01	—	—	0.09
14.73	正己醇	—	—	0.05	—	0.02
15.10	别罗勒烯	0.79	0.26	0.05	0.23	0.74
15.23	1-辛烯-3-醇乙酸酯	—	0.01	0.03	0.01	—
15.41	2-壬酮	—	0.01	0.03	0.01	—
15.50	5-十四碳烯-3-炔	—	—	0.02	—	—
15.51	十四碳烯-3-炔	—	0.14	—	0.15	—
15.52	1,2,6,6-四甲基-1,3-环己二烯	0.06	—	—	—	—
15.56	3-辛醇	—	—	0.12	—	0.07
15.66	甲基丙烯酸戊酯	—	—	—	0.01	—
15.75	1,3,5-十一烷三烯	—	—	—	0.01	—
15.75	未知	—	0.01	—	—	—
15.96	2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯	—	0.02	—	—	0.07
15.98	紫苏醛	—	0.01	—	—	—
16.10	未知	0.01	0.03	—	0.03	0.03
16.28	2,4-二甲基苯乙烯	0.02	0.06	0.04	0.08	0.10
16.33	2-甲基-5-(2-丙烯基)-2-环己烯-1-醇乙酸酯	—	—	—	0.01	—
16.55	1-辛烯-5-醇	—	—	—	—	—

续表 2

保留时间/min	化合物名称	相对含量/%				
		磐安	嵊州 2 号	嵊州 1 号	诸暨	黄山
16.56	1-辛烯-3-醇	—	0.08	1.10	0.10	0.28
16.96	δ -榄香烯	—	0.13	0.22	0.10	—
17.12	环榄香烯	0.08	0.56	2.17	1.05	1.14
17.36	合欢欢醇	—	0.16	0.38	0.25	—
17.64	左旋樟脑	—	—	0.12	—	—
17.88	1,1,4,7-四甲基-1H-环丙烯	—	0.07	0.01	0.16	—
18.07	芳樟醇	—	—	—	—	—
18.21	乙酸芳樟酯	—	0.01	—	—	—
18.23	α -古巴烯	0.05	1.03	1.54	2.08	0.89
18.32	牛儿烯	0.28	0.46	1.77	0.85	1.64
18.34	3,7-二甲基-6-辛烯酸甲酯	—	0.04	0.22	0.05	—
18.43	α -葑烯茄油烯	0.07	—	—	—	1.73
18.43	松香芹酮	—	—	—	—	0.02
18.61	β -古巴烯	0.75	0.14	0.44	1.11	1.44
18.61	乙酸冰片酯	0.12	—	—	—	—
18.90	α -榄香烯	0.21	—	—	—	0.01
18.90	(+)-香橙烯	0.03	0.14	0.24	0.12	0.14
18.94	1-石竹烯	0.16	0.85	10.24	—	15.17
19.26	水合蒎烯	—	—	—	—	0.09
19.28	β -依兰烯	0.08	0.70	2.79	—	—
19.41	(E)- β -金合欢烯	0.44	—	12.63	—	—
19.64	6,6-二甲基-2-亚甲基-二环庚-3-醇乙酸酯	—	—	—	—	0.03
19.67	大根香叶烯 D	0.59	3.33	9.28	6.40	8.79
19.70	大根香叶烯	0.05	1.88	5.73	—	2.71
19.75	γ -依兰油烯	0.08	—	—	1.33	—
19.79	1,2,4a,5,6,8a-六氢-1-异丙基-4,7-二甲基萘	0.05	0.77	2.13	—	—
19.83	顺- β -金合欢烯	—	2.48	—	4.64	13.13
19.92	α -石竹烯	0.05	0.71	3.77	1.11	6.92
20.08	金合欢烯	0.11	—	—	—	—
20.17	α -松油醇	—	—	4.86	—	2.77
20.25	(+)-喇叭烯	0.03	0.18	—	0.28	—
20.27	异龙脑	0.70	—	10.91	—	—
20.84	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二烷四烯	—	—	—	0.01	—
20.95	L-香芹醇	—	—	—	1.22	—
20.98	橙花叔醇	—	—	0.59	—	0.36
21.00	Δ -杜松烯	0.32	3.03	3.42	4.10	8.12
21.02	α -依兰油烯	0.32	0.90	4.31	2.58	4.37
21.14	α -法尼烯	0.01	0.01	0.04	—	0.02
21.15	—	0.03	0.09	—	0.16	0.29
21.31	橙花醇	0.03	—	—	—	—
21.58	顺-十二碳烯酸	—	0.01	0.05	—	—
21.64	开环柠檬烯	—	—	—	0.01	—
21.74	马鞭草烯酮	—	—	—	0.01	—

续表 2

保留时间/min	化合物名称	相对含量/%				
		磐安	嵊州 2 号	嵊州 1 号	诸暨	黄山
21.75	1-卡拉烯	0.06	0.11	0.51	0.15	0.19
21.76	(一)-反式-松香芹醇	—	—	0.05	—	—
21.85	对甲基苯异丙醇	0.01	—	—	—	—
21.97	橙化基丙酮	—	—	—	0.01	—
22.07	1-十一醇	—	0.04	0.08	0.05	—
22.10	顺-香芹醇	—	—	—	—	0.03
22.28	新异长叶烯	—	—	—	0.01	—
22.68	α -白菖考烯	0.01	0.01	0.05	0.02	—
22.79	白菖醇	0.06	0.05	0.20	—	—
22.87	喇叭茶醇	0.01	—	—	—	—
22.91	喇叭茶醇	—	—	0.19	0.21	0.04
23.16	月桂醇	—	0.07	0.20	0.08	0.05
23.27	6,6-二甲基二环[3.1.1]庚-2-烯-2-甲醇	—	—	—	0.01	—
23.28	桃金娘烯醇	—	0.01	—	—	—
23.29	6,6-二甲基二环[3.1.1]庚-2-烯-2-甲醇	—	—	—	0.01	—
23.40	葵烯	—	0.05	—	0.06	—
23.48	顺-7-十四碳乙酸酯	—	0.05	0.12	—	—
23.68	1-羟基-1,7 二甲基-4-异丙基-2,7-环葵二烯	0.01	0.02	—	0.05	—
23.81	氧化石竹烯	—	—	—	0.03	0.09
23.88	反式-橙花叔醇	—	—	0.34	—	—
23.90	未知	0.20	0.39	1.30	0.69	0.44
24.10	12-杂双环-十二烷-3,7-烯烃	—	—	0.08	—	—
24.24	荜澄茄油烯醇	0.19	0.29	1.34	0.67	0.70
24.46	红没药醇	—	—	—	0.01	—
24.47	—	—	—	—	—	0.01
24.65	β -桉叶醇	0.01	—	—	—	—
24.81	桉油烯醇	0.02	0.05	0.19	0.13	0.10
24.96	α -菖蒲醇	—	—	—	0.01	—
25.01	γ -亚麻酸	—	—	—	—	0.06
25.25	松烷醇	—	0.01	0.06	0.02	0.06
25.52	Δ -毕澄茄醇	—	—	—	—	0.65
25.56	α -毕澄茄醇	0.01	0.02	0.14	0.08	0.19
26.41	氧化喇叭茶烯二	—	—	0.09	—	0.06
26.74	香叶基芳樟醇	—	—	0.14	—	0.06
28.06	西松烯	—	—	0.10	—	0.04

主要成分在 5 种产地的香榧假种皮精油中的含量,见图 1。

由图 1 可知,磐安、嵊州 2 号、嵊州 1 号、诸暨、黄山的香榧假种皮精油 8 种主要组分的总相对含量分别为 81.58%,86.52%,30.64%,77.86%,44.08%,差异明显。8 种成分含量差异也很大,5 种产地香榧假种皮精油中成分含量最高的均为柠檬烯,磐安、嵊州 2 号及诸暨香榧精

油中柠檬烯含量超过 37%, α -蒎烯、月桂烯次之。而嵊州 1 号、黄山香榧中的柠檬烯含量低于 18%,大根香叶烯 D、 Δ -杜松烯次之。据报道^[15-16],柠檬烯具有抗肿瘤、抑菌、镇咳、止痛、增加香气等功效,已被广泛应用于医学、食品、化工等领域,因此,优先考虑嵊州 2 号香榧作为生产柠檬烯的主要原料,其次选择诸暨、磐安香榧。在医学上, α -蒎烯已被广泛地作为合成抗肿瘤、抑菌药物的前体

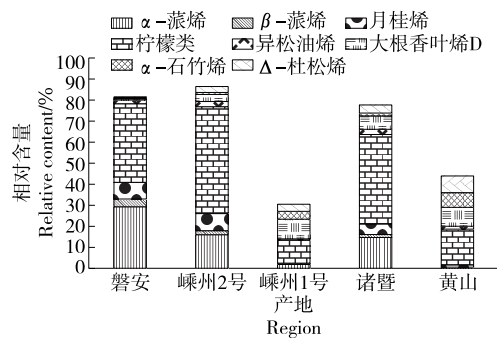


图1 不同产地的香榧假种皮精油中主要成分的相对含量
Figure 1 The relative content of main components in essential oil from *Torreya grandis* cv. Merrillii aril from different regions

物质。考虑到 α -蒎烯的用量,则优先选择磐安香榧,其次为嵊州2号、诸暨香榧。如果需要提取、富集大根香叶烯D,则选择嵊州1号、黄山香榧作为原材料。

植物精油香气组分受多种因素的影响^[17],气候、土质、品种、栽培技术、采摘时间等条件均会对精油的组分及含量造成影响。精油的香气成分主要来源于香榧果实的香气,品种差异会导致果实香气的成分组成存在差异。同一品种成熟度不同的果实香气也具有差异^[18]。磐安、

诸暨、黄山、嵊州地区不同,土质、气候、栽培技术自然也不同,这些因素可能也会导致香榧假种皮精油组分的差异,这些因素可控性较低,很难得出一套科学、全面的香榧精油评估系统,香榧精油中的键合态特征香气成分的种类、含量与呈香组分的相关性及其生物合成途径还有待进一步研究。

从表3可以看出,5种不同产地的香榧精油中均检出烯烴类、醇类、醛酮类、羧酸酯类化合物,烯烴类成分含量最高,接近90%,是香榧精油的主要组成成分,醛酮类成分含量最低,小于0.1%。其原因主要是由于烯烴类化合物沸点低,极性小,一般不溶于水或者溶解度很小,易与水蒸气一起蒸出^[19-20]。烯烴类、羧酸酯类以及醛酮类,各产地差异不大,但是醇类在含量上差异显著。其中嵊州1号香榧最高(11.4%)、其次为黄山香榧(5.96%)、诸暨香榧(3.72%)、嵊州2号香榧(1.28%),磐安香榧(0.55%)最低。可以看出嵊州1号的主要香气成分是以烯烴类及醇类成分为主。烯烴类、羧酸酯类以及醛酮类,各产地差异不大,但是醇类在含量上差异显著。该结果与于勇杰等^[21]的研究结果相似。其中 α -蒎烯、柠檬烯、异松油烯、牛儿烯、 Δ -杜松烯等19种物质是5种不同产地香榧精油共同特征香气成分。

表3 不同产地香榧假种皮水蒸气提取物成分的分类

Table 3 The composition classify of *Torreya grandis* cv. Merrillii aril from different regions obtained by hydro-distillation

产地	烯烴		醇类		醛酮类		羧酸、酯类	
	数量	含量/%	数量	含量/%	数量	含量/%	数量	含量/%
磐安	42	91.74	12	0.55	1	0.01	2	0.12
嵊州2号	36	94.88	15	1.28	4	0.03	5	0.12
嵊州1号	35	87.34	19	11.40	6	0.38	4	0.42
诸暨	33	93.93	19	3.72	4	0.02	3	0.06
黄山	32	91.83	19	5.96	2	0.03	2	0.15

3 结论

采用水蒸气蒸馏法获取5种不同产地同种香榧假种皮精油,比较了精油得率,并采用固相微萃取结合GC-MS技术比较了不同产地香榧精油的组成差异。结果表明:磐安香榧精油得率最高(3.89±0.03)%,品质最优。GC-MS共检测出118种化学成分,磐安、嵊州2号、嵊州1号、诸暨、黄山的香榧精油中分别鉴定出53,57,63,57,56种。5种不同产地的香榧精油中主要成分有 α -蒎烯、 β -蒎烯、月桂烯、柠檬烯、异松油烯、大根香叶烯D、 α -石竹烯及 Δ -杜松烯。这8种主要组分在磐安、嵊州2号、嵊州1号、诸暨、黄山的香榧精油中总相对含量分别为81.58%,86.52%,30.64%,77.86%,44.08%。磐安、嵊州

2号及诸暨香榧精油中柠檬烯含量超过37%, α -蒎烯、月桂烯次之。嵊州1号、黄山香榧中的柠檬烯含量低于18%,大根香叶烯D、 Δ -杜松烯次之。产地对精油中烯烴类、羧酸酯类及醛酮类含量影响不大,但对醇类成分影响显著,嵊州1号香榧最高(11.40%),其次为黄山香榧(5.96%)、诸暨香榧(3.72%)、嵊州2号香榧(1.28%),磐安香榧(0.55%)最低。由于试验仪器灵敏度及试验操作的影响,少量的挥发性成分未检出,其中是否包含未知特征香气组分,还有待进一步研究。

参考文献

[1] 李彪,倪伟超,倪穗.响应面法优化壳聚糖/香榧假种皮精油复

- 合涂膜保鲜剂的配方[J]. 中国野生植物资源, 2018, 37(3): 27-33.
- [2] 徐立伟, 马佳慧, 于森. 香榧的营养和功能成分研究进展[J]. 食品工业, 2020, 41(8): 210-214.
- [3] 田鑫, 穆文碧, 张建永. 香榧不同部位的化学成分和药理活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(4): 691-715, 637.
- [4] 孙小红, 王国夫, 周瑾. 超声波法提取香榧籽油工艺及其理化特性[J]. 食品工业, 2019, 40(6): 38-41.
- [5] NI Qin-xue, GAO Qian-xin, YU Wei-wu, et al. Supercritical carbon dioxide extraction of oils from two *Torreya grandis* varieties seeds and their physicochemical and antioxidant properties[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 60(2): 1 226-1 234.
- [6] 冯孝杰, 沈倩婷, 孙小红, 等. 响应面法优化纤维素酶提取香榧假种皮多酚类物质[J]. 食品工业, 2020, 41(2): 54-59.
- [7] 陈盛. 施肥, 坡向, 林龄对香榧叶片碳氮磷化学计量及精油成分的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2019.
- [8] 敬思群, 王德萍, 周苗苗, 等. 茴香精油微胶囊在辣椒丝中的应用[J]. 食品科技, 2019, 44(3): 283-288.
- [9] 江学平, 陈文煊, 邵海燕. 香榧假种皮提取物的研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(3): 54-58.
- [10] 王晶晶. 香榧叶片精油成分变异特点及代谢物对养分调控的响应机制[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2020.
- [11] BELOUSOVA N I, DOMRACHEV D V, FURSA N S, et al. Composition of essential oil from *rhododendron caucasicum*[J]. Chemistry of Natural Compounds, 2017, 53(3): 574-575.
- [12] MALAKA Mpho Sandra, NAIDOO Kersch, KABUBA John. Extraction of *siphonochilus aethiopicus* essential oil by steam distillation[J]. Chemical Engineering Communications, 2017, 204(7): 813-819.
- [13] 苏瑾, 潘兆平, 肖媛, 等. 玳玳花精油的成分及其抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 165-170.
- [14] 曹雪丹, 方修贵, 李二虎, 等. 宽皮橘精油挥发性成分的电子鼻和 GC-MS 分析[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 48-53.
- [15] 蒋书歌, 侯宇豪, 刘坚, 等. 柑橘精油纳米乳的制备及对金黄色葡萄球菌的抑制活性研究[J]. 食品与机械, 2021, 37(3): 144-149.
- [16] 刘洋, 吉燕华, 雒昕昕, 等. 柠檬烯应用的研究现状[J/OL]. 中药药理与临床. [2021-06-08]. <https://doi.org/10.13412/j.cnki.zyyi.20210607.002>.
- [17] 李娜, 刘小杰, 梅俊, 等. 药食同源植物精油在食品保鲜中的应用进展[J/OL]. 食品与发酵工业. [2021-06-08]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.026689>.
- [18] 黄苏婷, 杭方学, 陆海勤, 等. 水果挥发性香气成分研究进展[J]. 轻工科技, 2019, 35(2): 1-4.
- [19] PANJAITAN R, MAHFUD M, CAHYATIE D, et al. The study of parameters of essential oil extraction from black pepper seed using microwave hydrodistillation by modeling[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 749(1): 012032.
- [20] 张凤兰, 贾利霞, 杨忠仁, 等. 沙芥果实精油提取工艺优化及 GC-MS 分析[J/OL]. 食品研究与开发. [2021-05-09]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1231.TS.20210408.0916.002.html>.
- [21] 于勇杰, 张晶, 戴智慧, 等. 不同方法提取香榧假种皮提取物成分的 GC-MS 分析[J]. 核农学报, 2014(8): 1 421-1 429.
- (上接第 61 页)
- [8] 江玉婷, 秦昉, 陈洁, 等. 天然花色苷色素稳定化研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(5): 213-218, 236.
- [9] 李甜, 王越, 安家彦. 紫薯酒发酵过程颜色变化规律及颜色特征[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 48-52.
- [10] 郭孝萱, 柳嘉, 陆雪娇, 等. 紫薯发酵前后总酚、总黄酮、花色苷、抗氧化性和抗癌作用比较[J]. 中国食品学报, 2017, 17(3): 289-295.
- [11] 魏好程, 米聪, 王瑞芳, 等. 大孔树脂吸附法纯化紫薯花色苷的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(8): 3 186-3 191.
- [12] 于聪, 李艳. 响应面法优化紫甘薯发酵酒的工艺条件[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(11): 133-140.
- [13] 陈文, 裴彰明, 刘晓宇, 等. LC-MS/MS 分析测定紫薯花色苷方法研究[J]. 中国食品添加剂, 2015(3): 191-194.
- [14] 王昶森, 杨志伟, 刘亚新, 等. UPLC-MS/MS 方法在葡萄酒花色苷鉴定过程中对两种锦葵色素同分异构体的分离[J]. 酿酒科技, 2018(6): 72-75.
- [15] TIAN Q, KONCZAK I, SCHWARTZ S J. Probing anthocyanin profiles in purple sweet potato cell line (*Ipomoea batatas* L. Cv. Ayamurasaki) by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization tandem mass spectrometry[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2005, 53(16): 6 503-6 509.
- [16] SUDA I, OKI T, MASUDA M, et al. Physiological functionality of purple-fleshed sweet potatoes containing anthocyanins and their utilization in foods[J]. Japan Agricultural Research Quarterly, 2014, 37(3): 167-173.
- [17] ISLAM M S, YOSHIMOTO M, TERAHARA N, et al. Anthocyanin compositions in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves[J]. Bioscience Biotechnology & Biochemistry, 2014, 66(11): 2 483-2 486.
- [18] TRUONG V D, DEIGHTON N, THOMPSON R T, et al. Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purple-fleshed sweet potatoes by HPLC-DAD/ESI-MS/MS[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2010, 58(1): 404-410.
- [19] 刘海英, 邢子毅, 王加华, 等. 不同有机酸体系中紫薯花色苷热降解稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(10): 320-324, 334.
- [20] 梁敏, 包怡红. 蓝靛果酒发酵工艺优化及发酵过程对花色苷的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(10): 151-157.