

兰考泡桐花的挥发性成分分析研究



ZHANG Yu-yu

张玉玉, 孙宝国, 黄明泉*, 陈海涛

(北京工商大学 化学与环境工程学院, 北京 100048)

摘 要: 采用同时蒸馏萃取(SDE)和顶空固相微萃取(HS-SPME)法, 结合气质联用仪(GC-MS), 分析了兰考泡桐花的挥发性香成分, 共鉴定出 67 种挥发性化合物: 其中酯 10 种、醛 9 种、酮 4 种、酚 2 种、烃 36 种、醇 5 种、酰胺化合物 1 种。3 种方法鉴定出的共有组分主要有 1-辛烯-3-醇、1,4-二甲氧基苯、(Z)-3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯、苯甲酸甲酯、2-羟基苯甲酸甲酯、1-甲氧基-4-(1-丙

烯基)苯等 10 种。

关键词: 兰考泡桐花; 同时蒸馏萃取; 顶空固相微萃取; 挥发性成分

中图分类号: TQ351.0; O626.12

文献标识码: A

文章编号: 0253-2417(2010)03-0088-05

Analysis of the Volatile Compounds from the Flower of *Paulownia elongata*

ZHANG Yu-yu, SUN Bao-guo, HUANG Ming-quan, CHEN Hai-tao

(School of Chemical and Environmental Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: Volatiles of *Paulownia elongata* S. Y. Hu were extracted by simultaneous distillation extraction (SDE) and head space-solid-phase micro-extraction (HS-SPME), and analyzed by gas chromatography and mass spectrometry (GC-MS). Sixty-seven compounds were identified including 10 esters, 9 aldehydes, 4 ketones, 2 phenols, 36 hydrocarbons, 5 alcohols, and 1 amide. The major compounds were: 1-octen-3-ol, 4-dimethoxy-benzene, (*E*)-3,7-dimethyl-1,3,6-octatriene, benzoic acid methyl ester, 2-hydroxy-benzoic acid methyl ester and 1-methoxy-4-(1-propenyl)-benzene, etc. The result will provide valuable information for further study on *P. elongata*.

Key words: flower of *Paulownia elongata* S. Y. Hu; simultaneous distillation extraction; head space-solid-phase micro-extraction; volatile constituents

兰考泡桐(*Paulownia elongata* S. Y. Hu)为玄参科泡桐属落叶大乔木,树高达 10 m 以上,树冠宽圆锥形,主要分布于河北、河南、山西、陕西、山东、湖北、安徽、江苏,多数为栽培,河南有野生;泡桐属植物均为高大乔木,材质优良,轻而韧,具有很强的防潮隔热性能,在工农业、国防上用途广泛^[1]。泡桐的花、果、叶、根均有不同的抑菌作用,对平喘、降压、解毒、消肿都有较好的疗效^[2]。近年来,相继有人对泡桐花的挥发性成分进行了报道^[3-5],如郑敏燕等^[3]用固相微萃取法分析了毛泡桐花的挥发性成分,鉴定出 58 种挥发性成分,但目前对兰考泡桐花的分析研究报道很少。作者采用同时蒸馏萃取(SDE)^[6]和顶空固相微萃取(HS-SPME)^[7]两种提取方法,结合气质联用(GC-MS)技术,对兰考泡桐花中的挥发性成分进行了分离鉴定,力求较为全面地反映其香气组成,以期为进一步研究兰考泡桐花的开发利用提供参考。

1 实验

1.1 材料

兰考泡桐(*Paulownia elongata* S. Y. Hu)花,2009 年 4 月采自北京工商大学校园。

收稿日期:2009-08-04

基金项目:北京市“高层次人才资助计划”项目(PXM2009-014213-073687)

作者简介:张玉玉(1982-),女,山东栖霞人,硕士生,从事香精香料研究

* 通讯作者:黄明泉(1977-),男,讲师,博士生,主要从事香料香精的研究工作;E-mail:hmqsir@163.com。

1.2 仪器

Agilent 6890N-5973i 气质联用仪;50/30 μm 灰色萃取头二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷混合涂层(pivinylnbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane, PVB/CAR/PDMS,用于大范围内的挥发性成分分析)、65 μm 蓝色萃取头聚二甲基硅氧烷/二乙烯基苯混合涂层(PDMS/DVB,用于极性挥发性物质、醇、胺类等成分分析)、固相微萃取手柄,北京八方世纪科技有限公司;DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器,河南予华仪器有限公司;同时蒸馏萃取装置,北京玻璃仪器厂;RE-52 A 型旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂。

1.3 实验方法

1.3.1 顶空固相微萃取(HS-SPME) 将兰考泡桐花瓣剪碎,取 8 g 放入 35 mL 的样品瓶中,用封口膜封好,将样品瓶放入 60 ℃ 水浴中平衡 20 min,然后将老化好的萃取针头插入样品瓶中,60 ℃ 恒温萃取 20 min 后,插入 GC-MS 进样口进行检测分析。

1.3.2 同时蒸馏萃取(SDE) 称取剪碎的兰考泡桐花瓣 120 g,放入 1000 mL 圆底烧瓶中,加入 450 mL 去离子水以磁力搅拌子搅拌,置于同时蒸馏萃取仪的一端,用油浴加热至沸腾;装置的另一端为盛有 50 mL 乙醚的 100 mL 圆底烧瓶,加入适量沸石,用 50 ℃ 恒温水浴加热至沸腾。提取 3 h 后分离乙醚相,用适量的无水硫酸钠干燥,所得萃取液经旋转蒸发器浓缩至 8~10 mL,用氮气吹扫浓缩至 0.5 mL,用于气-质联机分析。

1.3.3 检测分析条件 质谱条件:EI 电离源,电子轰击能量 70 eV;离子源温度 230 ℃;四极杆温度 150 ℃;质量扫描范围 25~450 u;辅助温度 280 ℃。

色谱条件:DB-5MS 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm 毛细管柱;载气为氦气,流速 1 mL/min;程序升温起始温度 40 ℃ (保留 2 min),以 10 ℃/min 升至 120 ℃,再以 6 ℃/min 升至 200 ℃,最后以 15 ℃/min 升至 300 ℃(保持 3 min)。

其它条件:SDE 法:进样口温度为 260 ℃,进样量 2 μL,分流比为 20:1,溶剂延迟 2.5 min。SPME 法:进样口温度 260 ℃萃取头 PDMS/DVB;270 ℃萃取头 DVB/CAR/PDMS;不分流进样,解析 5 min。

1.3.4 挥发性化合物的鉴定 挥发性成分的鉴定结果以 NIST05 谱库检索结果和保留指数为主,结合人工图谱解析共同确定,化合物相对含量确定采用面积归一化法。保留指数的计算方法参考文献[8]。

2 结果与分析

采用同时蒸馏萃取法和固相微萃取法从兰考泡桐的花瓣中分离、鉴定出的挥发性化合物种类及其 GC 含量见表 1,3 种提取方法的 GC-MS 总离子流图见图 1。

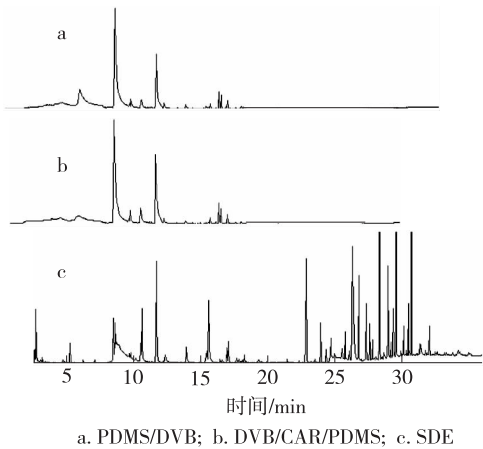


图 1 GC-MS 分析的 3 种不同方法提取的兰考泡桐挥发性成分的总离子流图

Fig.1 Total ion current chromatograms of the volatiles in flowers of *P. elongata* extracted and analyzed by three different methods and GC-MS

表 1 兰考泡桐花挥发性成分的 GC-MS 分析结果¹⁾

Table 1 Analyzed results of volatiles in the flower of *P. elongate* by GC-MS

序号 No.	保留时 间/min RT	组分名称 constituents	分子式 molecular formula	M_r	GC 含量/% GC content			匹配度 match quality	保留 指数 RI	鉴定 方式 Id
					SDE	DVB/ CAR/ PDMS	PDMS/ DVB			
1	2.71	乙酸乙酯 ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	88	1.31	—	—	72	609	MS, RI
2	3.21	环己烷 cyclohexane	C ₆ H ₁₂	84	0.14	—	—	68	656	MS, RI
3	4.13	1,1-二乙氧基乙烷 ethane, 1,1-diethoxy-	C ₆ H ₁₄ O ₂	118	0.02	—	—	83	728	MS, RI

(续表 1)

序号 No.	保留时 间/min RT	组分名称 constituents	分子式 molecular formula	M_r	GC 含量/% GC content			匹配度 match quality	保留 指数 RI	鉴定 方式 Id
					SDE	DVB/ CAR/ PDMS	PDMS/ DVB			
4	4.73	甲苯 toluene	C ₇ H ₈	92	0.11	—	—	93	766	MS, RI
5	5.26	辛烷 octane	C ₈ H ₁₈	114	0.62	—	—	58	799	RI
6	5.57	糠醛 furfural	C ₅ H ₄ O ₂	96	0.04	—	—	94	816	MS, RI
7	5.95	1,2-丙二醇 propylene glycol	C ₃ H ₈ O ₂	76	—	—	19.32	72	837	MS
8	6.26	反-2-己烯醛 <i>trans</i> -2-hexenal	C ₆ H ₁₀ O	98	0.14	—	—	97	854	MS, RI
9	7.11	庚醛 heptanal	C ₇ H ₁₄ O	114	0.15	—	—	90	901	MS, RI
10	8.38	苯甲醛 benzaldehyde ^[4]	C ₇ H ₆ O	106	—	0.27	—	95	972	MS
11	8.49	1-辛烯-3-酮 1-octen-3-one	C ₈ H ₁₄ O	126	1.57	—	—	59	978	RI
12	8.60	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol	C ₈ H ₁₆ O	128	11.21	39.34	40.75	80	984	MS, RI
13	9.51	(<i>E</i>)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯 (<i>E</i>)-1,3,6-octatriene, 3,7-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₆	136	—	0.59	0.64	76	1038	MS
14	9.70	(<i>Z</i>)-3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯 (<i>Z</i>)-1,3,7-octatriene, 3,7-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₆	136	0.49	0.74	0.77	97	1049	MS, RI
15	9.78	反-3,5-二甲基-1,6-辛二烯 <i>trans</i> -3,5-dimethyl- 1,6-octadiene ^[3]	C ₁₀ H ₁₈	138	0.88	—	—	72	1054	MS
16	9.80	<i>cis</i> -2,6-二甲基-2,6-辛二烯 <i>cis</i> -2,6-dimethyl-2,6-octadiene	C ₁₀ H ₁₈	138	—	2.21	1.90	72	1055	MS
17	10.55	苯甲酸甲酯 benzoic acid, methyl ester ^[3]	C ₈ H ₈ O ₂	136	0.77	4.87	0.97	95	1100	MS, RI
18	10.61	壬醛 nonaldehyde ^[4]	C ₉ H ₁₈ O	142	2.64	—	1.74	90	1104	MS, RI
19	11.70	1,4-二甲氧基苯 ^[4] 1,4-dimethoxy-benzene	C ₈ H ₁₀ O ₂	138	4.51	18.72	14.13	96	1167	MS, RI
20	12.34	2-羟基苯甲酸甲酯 benzoic acid, 2-hydroxy-, methyl ester ^[3]	C ₈ H ₈ O ₃	152	0.72	1.25	1.39	96	1204	MS, RI
21	13.93	1-甲氧基-4-(1-丙烯基)苯 1-methoxy-4-(1-propenyl)-benzene	C ₁₀ H ₁₂ O	148	0.77	0.71	1.14	98	1292	MS
22	15.37	丁香香酚 eugenol ^[5]	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164	1.00	—	0.19	97	1370	MS, RI
23	15.47	1,2,4-三甲氧基苯 1,2,4-trimethoxybenzene ^[3-5]	C ₉ H ₁₂ O ₃	168	—	0.15	0.67	98	1375	MS
24	15.61	4-甲氧基苯甲酸甲酯 benzoic acid, 4-methoxy-, methyl ester	C ₉ H ₁₀ O ₃	166	3.95	—	0.55	95	1382	MS, RI
25	15.79	α-柏木烯 di-epi-α. cedrene ^[3]	C ₁₅ H ₂₄	204	—	0.70	0.68	90	1392	MS, RI
26	16.44	[3 <i>R</i> -(3α,3αβ,7β,8αα)]-2,3,4,7,8,8a-六氢-3,6,8,8-四甲基-1 <i>H</i> -3 <i>a</i> ,7-亚甲基甘菊环 1 <i>H</i> -3 <i>a</i> ,7-methanoazulene, 2,3,4,7,8,8a-hexahydro-3,6,8,8-tetramethyl-, [3 <i>R</i> -(3α,3αβ,7β,8αα)]-	C ₁₅ H ₂₄	204	0.17	2.25	2.04	99	1426	MS, RI
27	16.61	[3 <i>R</i> -(3α,3αβ,7β,8αα)]-八氢-3,8,8-三甲基-6-亚甲基-1 <i>H</i> -3 <i>a</i> ,7-亚甲基甘菊环 1 <i>H</i> -3 <i>a</i> ,7-methanoazulene, octahydro-3,8,8-trimethyl-6-methylene-, [3 <i>R</i> -(3α,3αβ,7β,8αα)]-	C ₁₅ H ₂₄	204	0.12	1.44	1.33	93	1435	MS, RI
28	16.95	(<i>E</i>)-6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮 5,9-undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (<i>E</i>)- ^[5]	C ₁₃ H ₂₂ O	194	0.62	0.21	0.42	94	1453	MS, RI
29	17.08	2,6,10,14-四甲基十七烷 heptadecane, 2,6,10,14-tetramethyl	C ₂₁ H ₄₄	296	0.72	—	—	90	1460	MS
30	17.59	1-(1,5-二甲基-4-己烯基)-4-甲基苯 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl- benzene	C ₁₅ H ₂₂	202	—	0.11	0.08	96	1487	MS
31	17.68	4-(2,2,6-三甲基-7-氧杂双环[4.1.0]庚-1-基)-3-丁烯-2-酮 4-(2,2,6-trimethyl-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-1-yl)-3-buten-2-one	C ₁₃ H ₂₀ O ₂	208	0.23	—	—	80	1492	MS
32	17.79	十五烷 pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	212	0.08	—	—	94	1497	MS, RI
33	18.08	(<i>S</i>)-1-甲基-4-(5-甲基-1-亚甲基-4-己烯基)环己烯 (<i>S</i>)-1-methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-cyclohexene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.11	0.31	0.15	98	1513	MS, RI

(续表 1)

序号 No.	保留时 间/min RT	组分名称 constituents	分子式 molecular formula	M_r	GC 含量/% GC content			匹配度 match quality	保留 指数 RI	鉴定 方式 Id
					SDE	DVB/ CAR/ PDMS	PDMS/ DVB			
34	18.13	二丁基羟基甲苯 dibutyl hydroxytoluene	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.07	—	0.31	94	1516	MS,RI
35	18.25	4-乙烯基-3-(1-甲基-1-丙烯基)-环己烯 4-ethenyl-3-(1-methyl-1-propenyl)-cyclohexene	C ₁₂ H ₁₈	162	0.32	—	0.22	72	1522	MS
36	19.31	(E)-3,7,11-三甲基-1,6,10-十二碳三烯-3-醇 (E)-3,7,11-trimethyl-1,6,10-dodecatrien-3-ol ^[3]	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.33	—	—	91	1579	MS,RI
37	19.93	1,1-十二烷二醇二乙酸酯 1,1-dodecanediol, diacetate	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	286	0.04	—	—	86	1612	MS
38	21.46	十六烷 hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	226	0.12	—	—	90	1697	MS
39	21.86	香叶醛 3,7-dimethyl-2,6-octadienal	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.03	—	—	64	1719	MS
40	22.33	(E,E)-3,7,11-三甲基-2,6,10-十二烷三烯醛 2,6,10-dodecatrienal,3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.10	—	—	90	1746	MS
41	22.87	苯甲酸苄酯 benzyl benzoate ^[3,5]	C ₁₄ H ₁₂ O ₂	212	4.29	—	—	97	1777	MS,RI
42	23.53	肉豆蔻醛 tetradecanal	C ₁₄ H ₂₈ O	212	0.13	—	—	91	1817	MS
43	23.97	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮 2-pentadecanone,6,10,14-trimethyl- ^[3]	C ₁₈ H ₃₆ O	268	1.18	—	—	90	1848	MS,RI
44	24.36	邻苯二甲酸二异丁酯 1,2-benzenedicarboxylic acid,bis(2-methylpropyl) ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	0.43	—	—	83	1874	MS
45	24.70	十九烷 nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	268	1.53	—	—	81	1898	MS
46	24.98	7,11-二甲基-2,6,10-三烯-1-十二醇 7,11-dimethyldodeca-2,6,10-trien-1-ol	C ₁₄ H ₂₄ O	208	1.02	—	—	64	1922	MS
47	25.56	(E)-2-甲基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯丙酸酯 propanoic acid,2-methyl-,3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (E)-	C ₁₄ H ₂₄ O ₂	224	1.12	—	—	80	1973	MS
48	25.79	十六酸乙酯 hexadecanoic acid,ethyl ester	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	0.73	—	—	94	1993	MS,RI
49	25.85	二十烷 eicosane	C ₂₀ H ₄₂	282	0.22	—	—	96	1998	MS
50	26.09	十八醛 octadecanal	C ₁₈ H ₃₆ O	268	0.53	—	—	91	2023	MS,RI
51	26.31	橙花叔醇 nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	11.36	—	—	86	2047	MS
52	26.79	2,6,10,15-四甲基十七烷 heptadecane,2,6,10,15-tetramethyl-	C ₂₁ H ₄₄	296	1.69	—	—	95	2098	MS
53	27.33	亚油酸乙酯 linoleic acid ethyl ester	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308	1.46	—	—	99	2164	MS,RI
54	27.60	10-甲基二十烷 10-methyl-eicosane	C ₂₁ H ₄₄	296	0.66	—	—	90	2198	MS
55	27.82	1,19-二十烷二烯 1,19-eicosadiene	C ₂₀ H ₂₈	278	0.39	—	—	91	2228	MS
56	28.35	二十三烷 tricosane ^[4-5]	C ₂₃ H ₄₈	324	11.72	—	—	97	2302	MS,RI
57	28.98	二十四烷 tetracosane ^[4-5]	C ₂₄ H ₅₀	338	1.83	—	—	87	2398	MS,RI
58	29.36	7-己基二十烷 7-hexyl-eicosane	C ₂₆ H ₅₄	366	1.16	—	—	90	2462	MS
59	29.59	二十五烷 pentacosane ^[4]	C ₂₅ H ₅₂	352	6.45	—	—	91	2500	MS
60	29.93	2-甲基二十三烷 2-methyl-tricosane	C ₂₄ H ₅₀	338	0.30	—	—	87	2561	MS
61	30.14	二十六烷 hexacosane ^[4]	C ₂₆ H ₅₄	366	0.92	—	—	90	2598	MS
62	30.36	1,21-二十二烷二烯 1,21-docosadiene	C ₂₂ H ₄₂	306	0.35	—	—	96	2636	MS
63	30.50	8-己基十五烷 8-hexyl-pentadecane ^[3]	C ₂₁ H ₄₄	296	1.04	—	—	95	2660	MS
64	30.59	1-二十二烯 1-docosene	C ₂₂ H ₄₄	308	0.30	—	—	80	2675	MS
65	30.72	二十七烷 heptacosane ^[4]	C ₂₇ H ₅₆	380	2.96	—	—	87	2697	MS
66	31.42	(Z)-9-十八碳烯酰胺 (Z)-9-octadecenamide	C ₁₈ H ₃₅ NO	281	1.12	—	—	83	2707	MS
67	32.05	二十八烷 octacosane ^[4]	C ₂₈ H ₅₈	394	0.84	—	—	83	2796	MS

1) MS 表示质谱与 NIST 05 质谱数据库保持一致;RI 表示与 NIST 02 数据库中文献的保留指数一致 MS,mass spectrum agreed with Nist 05 Mass Spectral Database; RI,compared with retention index of literatures in Nist 02 Database.

从表 1 中可以看出,SDE 及 PDMS/DVB 和 DVB/CAR/PDMS 萃取头从兰考泡桐花中共鉴定出 67 种挥发性成分,其中酯 10 种、醛 9 种、酮 4 种、酚 2 种、烃 36 种、醇 5 种、酰胺化合物 1 种。

3 种提取方法鉴定出的共有组分 10 种,包括 1-辛烯-3-醇、(Z)-3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯、苯甲酸甲酯、1,4-二甲氧基苯、2-羟基苯甲酸甲酯、1-甲氧基-4-(1-丙烯基)苯、[3R-(3α,3αβ,7β,8αα)]-2,3,4,7,8,8a-六氢-3,6,8,8-四甲基-1H-3a,7-亚甲基甘菊环、[3R-(3α,3αβ,7β,

8a α)]-八氢-3,8,8-三甲基-6-亚甲基-1H-3a,7-亚甲基甘菊环、(*E*)-6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮和(*S*)-1-甲基-4-(5-甲基-1-亚甲基-4-己烯基)环己烯。在这 10 种共有组分中,以 1-辛烯-3-醇和 1,4-二甲氧基苯的含量最高,在 SDE、DVB/CAR/PDMS 萃取头、PDMS/DVB 萃取头 3 种分离方法中,1-辛烯-3-醇的质量分数分别为 11.21 %、39.34 % 和 40.75 %;1,4-二甲氧基苯的质量分数分别为 4.51 %、18.72 % 和 14.13 %。从兰考泡桐花中鉴定出的 67 种挥发性成分,其中有 20 种与先前报道的兰考泡桐的同属植物毛泡桐花的挥发性成分相同。

用 SDE 法共检测出 123 个峰,鉴定出 60 种成分,其总质量分数为 89.83 %,其中包括酯 10 种(14.82 %),醛 8 种(3.76 %),酮 4 种(3.60 %),酚 2 种(1.07 %),烃 31 种(41.54 %),醇 4 种(23.92 %),酰胺化合物 1 种(1.12 %)。

用 DVB/CAR/PDMS 萃取头共检测出 36 个峰,鉴定出 16 种成分,总质量分数为 73.87 %,其中包括酯 2 种(6.12 %),醛 1 种(0.27 %),酮 1 种(0.21 %),烃 11 种(27.93 %),醇 1 种(39.34 %)。

用 PDMS/DVB 萃取头共检测出 42 个峰,鉴定出 21 种成分,其总质量分数为 89.39 %,其中包括酯 3 种(2.91 %),醛 1 种(1.74 %),酮 1 种(0.42 %),酚 2 种(0.50 %),烃 12 种(23.75 %),醇 2 种(60.07 %)。

SPME 法(分别用 DVB/CAR/PDMS 和 PDMS/DVB 萃取头)比 SDE 法分离鉴定的挥发性成分少,但鉴定出 7 种 SDE 法没有检测到的挥发性成分,包括:1,2-丙二醇、苯甲醛、(*E*)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯、*cis*-2,6-二甲基-2,6-辛二烯、1,2,4-三甲氧基苯、 α -柏木烯、1-(1,5-二甲基-4-己烯基)-4-甲基苯。

3 结 论

3.1 用同时蒸馏萃取(SDE)法共检测出 123 个峰,鉴定出 60 种成分,其总质量分数为 89.83 %,其中包括酯 10 种(14.82 %),醛 8 种(3.76 %),酮 4 种(3.60 %),酚 2 种(1.07 %),烃 31 种(41.54 %),醇 4 种(23.92 %),酰胺化合物 1 种(1.12 %)。

3.2 顶空固相微萃取(HS-SPME)法比 SDE 法分离鉴定的挥发性成分少,其中用 DVB/CAR/PDMS 萃取头共检测出 36 个峰,鉴定出 16 种成分,总质量分数为 73.87 %,其中包括酯 2 种(6.12 %),醛 1 种(0.27 %),酮 1 种(0.21 %),烃 11 种(27.93 %),醇 1 种(39.34 %)。用 PDMS/DVB 萃取头共检测出 42 个峰,鉴定出 21 种成分,其总质量分数为 89.39 %,其中包括酯 3 种(2.91 %),醛 1 种(1.74 %),酮 1 种(0.42 %),酚 2 种(0.50 %),烃 12 种(23.75 %),醇 2 种(60.07 %)。但鉴定出 7 种 SDE 法没有检测到的挥发性成分,如苯甲醛、(*E*)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯等,可见将若干种样品前处理方法结合起来才能更全面的反映兰考泡桐花的挥发性香成分,而用其它方法分析其香成分有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1979,67(2):28-45.
- [2] 谢宗万. 全国中草药汇编. 上册[M]. 2 版. 北京:人民卫生出版社,1996:477-478.
- [3] 郑敏燕,魏永生,古元梓. 固相微萃取-气相色谱-质谱法分析毛泡桐花挥发性成分[J]. 质谱学报,2009,30(2):88-93.
- [4] 王晓,程传格,刘建华,等. 泡桐花精油化学成分分析[J]. 林产化学与工业,2005,25(2):99-102.
- [5] 魏希颖,张延妮,白玲玲,等. 泡桐花油的 GC-MS 分析及抑菌作用研究[J]. 天然产物研究与开发,2008,20(1):87-90.
- [6] LEE S J, AHN B. Comparison of volatile components in fermented soybean pastes using simultaneous distillation and extraction (SDE) with sensory characterisation[J]. Food Chemistry, 2009(114):600-609.
- [7] CORTÉS-Aguado S, SÁNCHEZ-Morito N, ARREBOLA F J, et al. Fast screening of pesticide residues in fruit juice by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2008(107):1314-1325.
- [8] 谢建春. 现代香味分析技术及应用[M]. 北京:中国标准出版社,2008:17-18.