

超临界 CO₂ 流体萃取 - GC - MS 分析 南北五味子挥发油成分

刘亚敏¹, 刘玉民^{1,*}, 李鹏霞²

(1. 西南大学资源环境学院, 西南大学三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400716 ;

2. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏 南京 210014)

摘 要 : 采用超临界 CO₂ 流体萃取南北五味子中的挥发油, 采用气相色谱-质谱法鉴定两种挥发油的化学成分, 并用面积归一法确定各组分的相对含量。南北五味子的挥发油主要组成均为萜类化合物, 分别占到 62.97% 和 73.05%。南五味子挥发油中相对含量较高的成分有 - 雪松烯(7.88%)、2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)二环[3,1,1]庚-2-烯(6.44%)、- 榄香烯(6.39%)等; 北五味子挥发油中相对含量较高的成分有 - 依兰烯(19.09%)、- 姜黄烯(16.03%)、- 雪松烯(7.71%)等。

关键词 : 南五味子; 北五味子; 挥发油; 成分分析

Composition Analysis of Volatile Oils from *Schisandra spenanthera* Rehd. et Wils. and *Schisandra chinensis* (Turcz) Baill. by Supercritical CO₂ Fluid Extraction and GC-MS

LIU Ya-min¹, LIU Yu-min^{1,*}, LI Peng-xia²

(1. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-environments, Ministry of Education, College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China ;

2. Institute of Agro-food Science Technology, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract : Volatile oils extracted from the fruits of *Schisandra spenanthera* Rehd. et Wils. and *Schisandra chinensis* (Turcz) Baill. with supercritical CO₂ fluid were analyzed for their chemical composition by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) based on area normalization. Results indicated that the major components in volatile oils were terpenoids with relative contents of 62.97% and 73.05%. The major compounds in volatile oil extracted from *Schisandra spenanthera* -himachalene (7.88%), 2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl) bicyclo [3,1,1] hep-2-ene (6.44%), and -elemene (6.39%). The major compounds in volatile oil extracted from *Schisandra chinensis* were -ylangene (19.09%), -curcumene (16.03%) and -himachalene (7.71%).

Key words : *Schisandra spenanthera* Rehd. et Wils. ; *Schisandra chinensis* (Turcz) Baill. ; volatile oil ; composition analysis

中图分类号 : TS207.3 ; R282

文献标识码 : A

文章编号 : 1002-6630(2011)06-0204-05

五味子为木兰科植物的干燥果实, 是我国传统的滋补性中药, 由于产地的不同有南五味子和北五味子之分, 南五味子为木兰科华中五味子(*Schisandra spenanthera* Rehd. et Wils.)的干燥成熟果实, 北五味子为木兰科五味子(*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.)的干燥果实。南五味子和北五味子均具有收敛固涩、益

气生津、补肾宁心等功效。用于久咳痰喘、梦遗滑精、遗尿尿频、久泻不止、自汗、盗汗、津伤口渴、短气脉虚、内热消渴、心悸失眠等症^[1]。五味子为作为我国传统的滋补性中药, 始载于《神农本草经》, 被列为上品, 迄今已有两千多年的应用历史^[2]。现代研究表明, 五味子中的木质素及挥发油均为五味子中有效成

收稿日期 : 2010-06-05

基金项目 : 中央高校基本科研业务费专项(XDJK2010C042) ; 国家林业局公益性行业科研专项(201104043) ;

重庆市科技攻关重点项目(CSTC2009AB1115) ; 西南大学生态学重点学科“211工程”建设项目

作者简介 : 刘亚敏(1976—), 女, 讲师, 硕士, 主要从事药用植物利用研究。E-mail : yaminliu0511@163.com

* 通信作者 : 刘玉民(1973—), 男, 副教授, 硕士, 主要从事植物培育与利用研究。E-mail : yuminliu@163.com

分,五味子中的木质素类具有保肝、降酶、保护中枢神经、抗艾滋病病毒、抗癌等多种药理活性,挥发油具有镇咳作用^[3-5]。目前对五味子的研究多集中于木质素类成分,对挥发油的研究较少,本工作拟利用超临界CO₂流体萃取设备提取南北五味子的挥发油,应用气相色谱-质谱(GC-MS)分析其化学成分,为五味子这一药用资源的深入开发提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

南五味子购自陕西柞水五味子种植基地,经鉴定为华中五味子(*Schisandra sphenanthera* Rehd. et Wils.)的干燥果实;北五味子购自吉林平泰天然五味子种植基地,经鉴定为五味子(*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.)的干燥果实。

CO₂为食品级;无水硫酸钠、乙醚(均为分析纯)。

1.2 仪器与设备

HA121-50-01型超临界CO₂流体萃取装置 南通市华安超临界萃取有限公司;6890/5973GC/MSD型气相色谱-质谱联用仪 美国惠普公司。

1.3 仪器条件

1.3.1 色谱条件

色谱柱:HP-1,石英毛细柱(50m × 0.25mm, 0.25 μm);升温程序:120 保持3min,以20 /min升至280 ,保持4min;载气(He)流速1.4mL/min,压力2.4kPa,进样量0.5 μL;分流比50:1。

1.3.2 质谱条件

电子轰击(EI)离子源;电子能量70eV;传输线温度260 ;离子源温度230 ;母离子 m/z 285;激活电压1.5V;质量扫描范围 m/z 20~450。

1.4 挥发油的提取方法

将南五味子和北五味子药材粉碎后,过20目筛,称取500g粉末进行超临界CO₂萃取,萃取压力30MPa,萃取温度40 ,分离压力8MPa,分离温度30 ,萃取时间2h。收集南北五味子挥发油,挥发油经乙醚溶解稀释后进行GC-MS分析。

1.5 挥发油的检测方法

经超临界CO₂萃取法提取所得挥发油,采用GC-MS联用技术,在设定条件下对挥发油进行分离。采用计算机数据分析处理和NIST 08标准库自动检索,结合相关文献鉴定挥发油的各个化学成分,采用峰面积归一化法进行定量分析,分别求得各化学成分在挥发油中的相对含量。

2 结果与分析

图1及表1显示,南五味子挥发油鉴定出51个化合

物,占挥发油色谱总峰面积的75.83%。已鉴定出成分中脂肪族化合物4个,占挥发油总量的3.06%;芳香族化合物6个,占挥发油总量的9.60%;杂环化合物1个,占挥发油总量0.20%;萜类化合物40个,占挥发油总量62.97%,其中单萜及其衍生物3个,占挥发油总量的1.40%,倍半萜及其衍生物37个,占挥发油总量的61.57%。

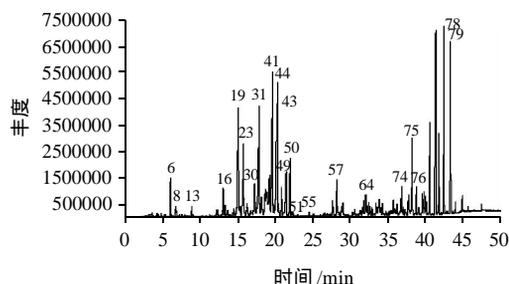


图1 南五味子 GC-MS 总离子流图

Fig.1 Total ion chromatogram for GC-MS analysis of volatile oil from *Schisandra sphenanthera* Rehd et Wils.

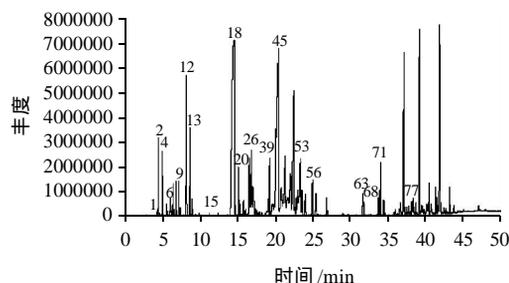


图2 北五味子 GC-MS 总离子流图

Fig.2 Total ion chromatogram for GC-MS analysis of volatile oil from *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.

南五味子挥发油中相对含量较高的成分有: - 雪松烯(7.88%)、2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)二环[3,1,1]庚-2-烯(6.44%)、- 榄香烯(6.39%)、- 檀香醇(5.75%)、- 古巴烯(5.50%)、- 杜松油烯(4.76%)、异香树烯氧化物(4.59%)、- 石竹烯(3.99%)、- 大叶香根烯(2.29%)、- 没红药烯(1.90%)、2-异丙基-5-甲基-9-亚甲基-双环[4,4,0]十一碳-1-烯(2.10%)、花侧柏烯(1.91%)、- 木罗烯(1.29%)、- 甲基紫穗槐烯(1.20%)、- 大叶香根烯(1.13%)、法尼醇(1.12%)、8-乙烯基-3,4,4a,5,6,7,8,8-八氢-5-亚甲基-2-萘甲酸(1.08%)、- 依兰烯(1.04%)。

图2及表1显示,北五味子挥发油中鉴定出40个化合物,占挥发油色谱峰总面积的77.29%。其中脂肪族化合物4个,占挥发油总量的2.88%;芳香族化合物1个,占挥发油总量的1.36%;萜类化合物35个,占挥发油总量73.05%,其中单萜及其衍生物16个,占挥发油总量的11.46%,倍半萜及其衍生物19个,占挥发油总量的61.59%。

表1 南五味子和北五味子挥发油成分比较分析

Table 1 Comparison of volatile oils from fruits of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill and *Schisandra sphenanthera* Rehd. et Wils.

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对含量/%	
					南五味子	北五味子
1	4.26	三环烯 tricyclene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.05
2	4.43	-蒎烯 -pinene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	1.00
3	4.87	-葑烯 -fenchene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.02
4	5.01	莰烯 camphene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.90
5	5.6	-蒎烯 -pinene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.22
6	6.07	-月桂烯 -myrcene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.72	0.48
7	6.26	-3-萜烯 -3-carene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.10
8	6.55	-水芹烯 -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.11
9	6.82	-松油烯 -terpinene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.37	0.50
10	7.19	柠檬烯 limonene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.50
11	7.38	桉烯 sabinene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.19
12	8.18	-松油烯 -terpinene	C ₁₀ H ₁₆	136	-	3.06
13	8.64	1-甲基-4-(1-甲基乙基)苯 1-methyl-4-(1-methylethyl)benzene	C ₁₀ H ₁₄	134	-	1.36
14	8.94	-萜品油烯 -terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.31	0.30
15	11.24	2-壬酮 2-nonanone	C ₉ H ₁₈ O	142	-	0.04
16	13.72	1-丁基-1 <i>H</i> -吡咯 1-butyl-1 <i>H</i> -pyrrole	C ₈ H ₁₃ N	123	0.20	-
17	14.48	6,10,11,11-四甲基三环[6,3,0,1(2,3)]十一碳-7-烯 6-,10,11,11-tetramethyl-tricyclo[6,3,0,1(2,3)]undec-1(7)ene	C ₁₆ H ₂₆	218	0.34	-
18	14.50	-依兰烯 -ylangene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.04	19.09
19	15.08	2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)二环[3,1,1]庚-2-烯 2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)bicyclo[3,1,1]hept-2-ene	C ₁₅ H ₂₄	204	6.44	-
20	15.12	石竹烯氧化物 caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.12	0.90
21	15.26	-波旁烯 -bourbonene	C ₁₅ H ₂₄	204	-	0.39
22	15.34	香柠檬烯 bergamotene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.42	-
23	15.79	-石竹烯 -caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	204	3.99	0.34
24	16.05	香树烯 aromadendrene	C ₁₅ H ₂₅	204	-	0.22
25	16.25	1,3,5-三异丙基苯 1,3,5-tris(1-methylethyl)benzene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.67	-
26	16.56	乙酸异龙脑酯 bornyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	-	2.14
27	16.77	1-甲基-2-苯基环丙烷 1-methyl-2-phenylcyclopropane	C ₁₀ H ₁₂	132	0.24	-
28	16.93	-花柏烯 -chamigrene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.20	-
29	17.01	4-松油烯醇 terpinene-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	154	-	1.33
30	17.25	2-异丙基-5-甲基-9-亚甲基-双环[4,4,0]十一碳-1-烯 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-Bicyclo[4,4,0]dec-1-ene	C ₁₅ H ₂₆	206	2.10	-
31	17.90	-榄香烯 -elemene	C ₁₅ H ₂₄	204	6.39	-
32	18.17	-木罗烯 -muurolene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.29	-
33	18.22	罗汉柏烯 thujopsene	C ₁₅ H ₂₅	204	-	0.15
34	18.62	花柏烯 chamigrene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.80	-
35	18.75	-大叶香根烯 -germacrene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.13	-
36	18.91	-甲位紫穗槐烯 -amorphene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.20	1.69
37	19.07	反-香柠檬烯(Z)-bergamotene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.54	-
38	19.09	香茅醇乙酸酯 citronellyl acetate	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198	-	0.56
39	19.26	-没药烯 -bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.90	2.17
40	19.64	反-法尼烯 trans-farnesene	C ₁₅ H ₂₄	204	-	1.03
41	19.66	-雪松烯 -himachalene	C ₁₅ H ₂₄	204	7.88	7.71
42	19.91	长蠕孢吉码烯 helminthogermacrene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.32	-
43	20.24	-古巴烯 -copaene	C ₁₅ H ₂₄	204	5.50	-
44	20.32	-杜松油烯 -cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204	4.76	-
45	20.44	-姜黄烯 -curcumene	C ₁₅ H ₂₄	204	-	16.03
46	20.46	-姜黄烯 -curcumene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.45	-
47	20.75	-木罗烯 -muurolene	C ₁₅ H ₂₄	204	-	1.38
48	21.27	3,3,7-三甲基-11-亚甲基-螺环[5,5]十一碳-2-烯 3,3,7-trimethyl-11-methylene-spiro[5,5]undec-2-ene	C ₁₅ H ₂₄	204	-	3.29
49	21.48	-大叶香根烯 -germacrene	C ₁₅ H ₂₄	204	2.29	-
50	21.97	花侧柏烯 cuparene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.91	1.15

续表 1

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对含量/%	
					南五味子	北五味子
51	22.18	菖蒲烯 calamenene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.10	-
52	23.04	-杜松油烯 -cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204	-	1.12
53	23.36	菖蒲二烯 acoradiene	C ₁₅ H ₂₄	204	-	2.65
54	23.56	倍半水芹烯 -sesqui-phellandrene	C ₁₅ H ₂₄	204	-	0.76
55	24.55	-甜旗烯 -calacorene	C ₁₅ H ₂₀	200	0.15	-
56	24.96	2-十三烷酮 2-tridecanone	C ₁₃ H ₂₆ O	198	-	1.08
57	28.21	法尼醇 farnesol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	1.12	-
58	28.36	反-溴白檀醇 Z-lanceol	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.32	-
59	28.83	-荜澄茄苦素 -cubebene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.32	-
60	29.00	1,2,3,4,4a,7-六氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)萘 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.41	-
61	30.59	匙叶桉油烯醇 spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.28	-
62	31.35	氧化喇叭烯 ledene oxide	C ₁₅ H ₂₆ O	220	0.15	-
63	31.75	橙花叔醇 3,7,11-trimethyl-1,6,10-dodecatrien-3-ol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.46	1.40
64	32.07	双环-倍半水芹烯 bicyclosesquiphellandrene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.87	-
65	32.22	反-没红药烯环氧化物 Z- -bisabolene epoxide	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.41	-
66	33.18	-杜松油烯 -cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.27	-
67	33.44	-没红药萜醇 -bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.57	-
68	33.65	2-十五烷酮 2-pentadecanone	C ₁₅ H ₃₀ O	226	-	0.51
69	33.82	t-木罗醇 t-muurolol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.85	-
70	33.94	2,3-二氢法尼醇 2,3-dihydrofarnesol	C ₁₅ H ₂₈ O	224	0.15	-
71	34.03	十六烷酸 hexadecanoic acid	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.15	1.25
72	35.72	1,11-二甲基-4-亚甲基三环[6,3,1,0(6,11)]十一碳-6(7)-烯 1,11-dimethyl-4-methylenetricyclo[6,3,1,0(6,11)]undec-6(7)-ene	C ₁₄ H ₂₂	190	0.47	-
73	36.55	香树烯氧化物 aromadendrene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.15	-
74	36.81	8-乙烯基-3,4,4a,5,6,7,8,8a-八氢-5-亚甲基-2-萘甲酸 8-ethenyl-3,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-5-methylene-2-naphalenecarboxylic acid	C ₁₄ H ₁₈ O ₂	218	1.08	-
75	37.04	-檀香醇 -santalol	C ₁₅ H ₂₄ O	220	2.93	-
76	38.79	3R-(3,3a,b,7b,8a)-]-2,3,4,7,8,8a-六氢-3,8,8-三甲基-1-氢-3a,7- 亚甲基奥-6-甲醇[3R-(3,3a,b,7b,8a)-]-2,3,4,7,8, 8a-hexahydro-3,8,8-trimethyl-1H-3a,7-methanoazulene-6-methanol	C ₁₇ H ₂₆ O ₂	262	0.76	-
77	38.97	法尼烯环氧化物 farnesene epoxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220	-	0.12
78	42.49	-木香醇 -costol	C ₁₅ H ₂₄ O	220	5.75	-
79	43.33	异香树烯氧化物 alloaromadendrene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220	4.59	-

北五味子挥发油中相对含量较高的成分有 - 依兰烯 (19.09%)、 - 姜黄烯 (16.03%)、 - 雪松烯 (7.71%)、3,3,7-三甲基-11-亚甲基-螺二环[5,5]十一碳-2-烯 (3.29%)、 - 松油烯 (3.06%)、菖蒲二烯 (2.58%)、 - 没红药烯 (2.17%)、乙酸异龙脑酯 (2.14%)、 - 甲位紫穗槐烯 (1.69%)、橙花叔醇 (1.40%)、 - 木罗烯 (1.38%)、4- 松油烯醇 (1.33%)、十六烷酸 (1.25%)、花侧柏烯 (1.15%)、 - 杜松油烯 (1.12%)、2- 十三烷酮 (1.08%)、反- - 法尼烯 (1.03%)、 - 蒎烯 (1.00%)。

南五味子和北五味子挥发油中共有的化合物有 12 个分别为 - 月桂烯、 - 松油烯、 - 蒎品油烯、 - 依兰烯、石竹烯氧化物、 - 石竹烯、 - 甲位紫穗槐烯、 - 没红药烯、 - 雪松烯、花侧柏烯、橙花叔醇、十六烷酸。相同化合物分别占两种挥发油总量的 20.05% 和

36.98%。南五味子和北五味子挥发油成分组成差异较大，南五味子挥发油成分组成相对复杂。

南五味子和北五味子的主要成分均为萜类化合物，分别占到 62.97% 和 73.05%。萜类及其衍生物不仅是重要的香料来源，也广泛用于食品工业、制药工业等^[6]，如：蒎品醇用于配制香精、高级溶剂及去臭剂， - 月桂烯，用于古龙香水的调配及消臭剂^[7]。挥发油中很多成分具有医疗价值，如 - 没红药烯和 - 姜黄烯具有一定的抗生育活性^[8]；柠檬烯，具有祛痰平喘的功效和抗肿瘤活性，并对多种细菌和真菌具有较强的抗菌活性^[9-10]，以柠檬烯为主要成分制成的复方柠檬胶囊，具有利胆溶石、理气开胃、消炎止痛的功效，可用于治疗胆结石、胆囊炎及胆道术后综合征等^[11-12]；榄香烯具有镇痉、抗病毒、平喘、抗菌等活性^[13]； - 石竹烯具有平喘作用，

是治疗老年慢性支气管炎的有效成分之一^[11]。南五味子和北五味子挥发油成分的分析也佐证了其具有止咳平喘的功效。南北五味子的挥发油在医药方面具有很大潜力,有待进一步开发。

3 结 论

本实验采用超临界 CO₂ 流体萃取技术提取南北五味子的挥发油,通过 GC-MS 法进行了成分鉴定,南五味子挥发油中鉴定出 51 个化合物,占挥发油色谱总峰面积的 75.83%。其中质量分数较高的成分为 - 雪松烯(7.88%)、2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)二环[3,1,1]庚-2-烯(6.44%)、- 榄香烯(6.39%)、- 檀香醇(5.75%)、- 古巴烯(5.50%)、- 杜松油烯(4.76%)、异香树烯氧化物(4.59%)、- 石竹烯(3.99%)等。北五味子挥发油中鉴定出 40 个化合物,占挥发油色谱峰总面积的 77.29%。其中相对质量分数较高的成分有: - 依兰烯(19.09%)、- 姜黄烯(16.03%)、- 雪松烯(7.71%)、3,3,7-三甲基-11-亚甲基-螺二环[5,5]十一碳-2-烯(3.29%)、- 松油烯(3.06%)等。本实验南北五味子的挥发油成分组成与前人研究有较大差异^[14-16],究其原因可能由于原料产地不同以及提取方法的差异所致。南五味子和北五味子挥发油均含有大量活性成分,具有很好的医疗、化工应用前景。

参 考 文 献 :

[1] 国家药典委员会. 中国药典: 一部[S]. 北京: 化学工业出版社, 2005:

45-46.

- [2] 杨晓玲, 李爱民. 五味子研究概况[J]. 时珍国医国药, 1999, 10(4): 300-301.
- [3] 宋万志. 五味子可植物的木质素成分及生物活性与国内资源[J]. 天然产物研究与开发, 1991, 3(1): 68-80.
- [4] 韩连生, 纪平. 北五味子的资源研究与开发[J]. 中国林副特产, 1997(3): 37-39.
- [5] 江苏新医学院. 中药大辞典[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 386.
- [6] 刘明春, 邓伟, 吴玉, 等. 重庆含笑鲜花挥发油的化学成分分析[J]. 精细化工, 2009, 26(1): 38-41.
- [7] 尚学波, 张菊华, 单杨登. GC-MS 法分析杂柑皮中挥发性精油成分[J]. 食品科学, 2010, 31(2): 175-178.
- [8] 赵月琨, 陈锺瑛, 严秉淳. 姜黄烯倍半萜的合成及其抗生育活性的研究[J]. 华东化工学院学报, 1986, 12(4): 422-426.
- [9] 沈映君. 中药药理学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006: 110.
- [10] 陈君, 闻之梅. 功能性食品的科学[M]. 北京: 中国人民卫生出版社, 2002: 54.
- [11] 孙文基, 绳金房. 天然活性成分简明手册[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1998: 124.
- [12] 王伟江. 天然活性单萜: 柠檬烯的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2005(1): 33-37.
- [13] 危英, 张旭, 危莉, 等. 杏叶防风挥发油成分分析[J]. 贵阳中医学院学报, 2005, 27(4): 56-57.
- [14] 谭小梅, 陈飞龙. 超临界 CO₂ 萃取法与水蒸气蒸馏法提取的北五味子挥发油成分分析[J]. 中药材, 2002, 25(11): 796-797.
- [15] 廖广群, 罗芳. 五味子超临界 CO₂ 萃取物的 GC-MS 分析[J]. 中药材, 2002, 25(6): 405-406.
- [16] 喻亮, 陈向东, 刘法锦, 等. 水蒸气蒸馏与超临界 CO₂ 萃取南五味子挥发油 GC-MS 分析[J]. 湖南中医杂志, 2007, 23(4): 97-100.