

野艾与家艾茎叶挥发油的 GC—MS 分析

GC—MS Analysis of Volatile Oil Compositions from Wild and Domestic *Artemisia argyi* Levl. et Vant

黎文炎^{1,2} 张应团³ 周大寨¹ 李伟^{1,2}

LI Wen-yan^{1,2} ZHANG Ying-tuan³ ZHOU Da-zhai¹ LI Wei^{1,2}

(1. 生物资源保护与利用湖北省重点实验室, 湖北 恩施 445000; 2. 湖北民族学院生物科学与技术学院, 湖北 恩施 445000; 3. 湖北民族学院林学院园艺学院, 湖北 恩施 445000)

(1. Hubei Key Laboratory of Biological Resources Protection and Utilization (Hubei University for Nationalities), Enshi, Hubei 445000, China; 2. College of Biological Science and Technology, Hubei University for Nationalities, Enshi, Hubei 445000, China; 3. College of Forestry and Horticulture, Hubei University for Nationalities, Enshi, Hubei 445000, China)

摘要:采用水蒸气蒸馏法分别提取野艾与家艾茎、叶中的挥发油,用气相色谱—质谱法(GC/MS)对其挥发性成分进行分析,并分别比较家艾和野艾茎叶挥发油的化学成分的种类和含量差异。结果表明:艾蒿的茎叶挥发油中共分离出 109 种挥发性成分,野艾和家艾的茎叶中共有 12 种相同的挥发性成分,其中主要的挥发性成分是萜类化合物,家艾、野艾茎中萜类化合物含量分别为 66.352%, 51.473%, 而家艾、野艾叶中萜类化合物含量约为 74.336%, 73.186%。通过主成分分析可知家艾和野艾茎叶的挥发性物质主要是植酮、金合欢烯、蒎烯、桉叶油醇、樟脑、石竹烯、香叶烯。

关键词:家艾;野艾;挥发油;GC—MS;

Abstract: The volatile oil of domestic and wild *Artemisia argyi* Levl. et Vant was extracted with steam distillation, and the chemical compositions were analysed by GC—MS, the chemical composition difference of the volatile oil between the domestic and wild *A. argyi* Levl. et Vant were compared as well. The results showed that 109 kinds of volatile components were isolated from the stems and leaves of *A. argyi* Levl. et Vant, and the domestic and wild *Artemisia argyi* Levl. et Vant shared 12 kinds of volatile components. The main volatile components were terpenoid, and their total contents in the stems of domestic and wild *Artemisia argyi* Levl. et Vant was 66.352% and 51.473% respectively. While the total contents of terpenoid in the leaves of domestic and wild *A. argyi* Levl. et Vant were 74.336% and 73.186%, respectively. Through the principle component analyses, the main volatile chemicals of domestic and wild *A.*

argyi Levl. et Vant were the plant ketone, farnesene, pinene, eucalyptus oil, camphor, caryophyllene, and myrcene.

Keywords: domestic *Artemisia argyi* Levl. et Vant; wild *Artemisia argyi* Levl. et Vant; volatile oil; GC—MS

目前药理试验^[1]表明中药挥发油具有抗炎、抗过敏、抗微生物、抗突变、抗癌、驱虫等作用。挥发油在许多中药里是不可缺少的有效成分,发挥着重要的治疗作用,如生姜^[2]、紫苏^[3]、辛夷^[4]、红花酢浆^[5]等中药材中所含有的挥发油都与人们的生活息息相关。

艾蒿(*Artemisia argyi* Levl. et Vant)是一种多年生草本植物,具有浓烈香气,全草均可入药^[6]。目前主要报道的是其中挥发油成分的含量和种类^[7-9],也有对家艾和野艾挥发油成分含量比较的研究^[10-11],此外刘兴等^[12]研究了采收时间对艾蒿挥发油的影响。但是家艾和野艾不同部位的挥发性成分的种类和含量差异有多大还是未知,因此本试验主要将蕲艾进行引种栽培,分别定义为野艾和家艾,采用水蒸气蒸馏法提取家艾和野艾茎、叶中的挥发油,用 GC/MS 对其化学成分进行分析,而后比较不同部位挥发油的化学成分的种类和含量。

1 材料与方法

1.1 试验材料

野艾:蕲艾,产于湖北恩施;
家艾:蕲艾,在湖北恩施进行引种栽培,人工繁殖。

1.2 试验试剂

无水硫酸钠、乙醚:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.3 试验仪器

氮气吹扫仪:NAS-2 型,合肥本森科学仪器有限公司;

基金项目:国家民委指导性项目(编号:14HBZ015)

作者简介:黎文炎,男,湖北民族学院在读本科生。

通信作者:李伟(1975—),男,湖北民族学院副教授,硕士。

E-mail:754727485@qq.com

收稿日期:2017-01-07

紫外可见光光度计:UV765PC 型,上海精密科学仪器有限公司;

台式电热鼓风干燥箱:GZX-9023MBE 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;

数显恒温振荡器:SHY-2A 型,江苏省金坛市友联仪器研究所;

低速台式离心机:KA-1000 型,上海安亭科学仪器厂。

1.4 试验方法

1.4.1 材料预处理 将新鲜野艾和家艾晾干,茎和叶分别用粉碎机粉碎,分别放入洁净干燥的罐头瓶中密封保存备用。

1.4.2 提取挥发油 准确称取家艾和野艾茎叶粉末各 10 g,用 800 mL 蒸馏水充分溶解后完全转入蒸馏烧瓶中,混匀,用电炉垫上石棉网加热,后进行蒸馏,取收集到的液体用乙醚萃取,震荡后静置,待其分层后用分液漏斗分离出上层乙醚相。在乙醚相中加入一勺无水硫酸钠静置,待其中的水分被完全吸收,用氮气吹扫仪吹掉乙醚,直到剩下最后 1~2 mL 时转入到专用的气质联用 2 mL 的小瓶中,备用^[13]。

1.4.3 挥发油成分的 GC-MS 测定

(1) 气相色谱条件:毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm,填料粒径 0.25 μm);进样口温度 280 ℃;接口温度 250 ℃;载气为 He,流速 0.8 mL/min;柱前压 53 kPa,不分流;程序升温:60 ℃保持 2 min,再以 2 ℃/min 速度升至 280 ℃。

(2) 质谱条件:EI 电离方式;电子能量 70 eV;离子源温度 230 ℃;最高温度 250 ℃,离子流 200 μA;四级杆温度 150 ℃,最大温度 200 ℃,扫描范围 m/z 50~500^[14]。

(3) 质谱检索和数据处理:将 GC-MS 分析得到的总离子流图,运用质谱数据库 NIST 05-Wiley 标准谱库进行化合物检索,采用峰面积归一法确定相对含量。

1.4.4 主成分分析 采用 SPSS 16.0 软件对试验结果进行主成分分析^[15]。

2 结果与分析

2.1 家艾与野艾茎叶挥发油含量

采用水蒸气蒸馏法提取制备家艾和野艾茎叶的挥发油,并用 GC-MS 进行检测,其总离子流图见图 1~4,从检测到的成分中,筛选出匹配度 80 以上的化学成分列表比较见表 1。

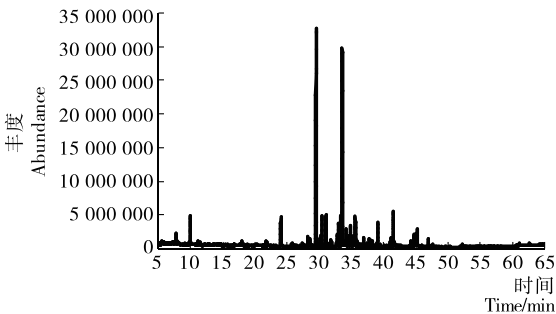


图 1 家艾茎中挥发油的总离子流图

Figure 1 Total ion chromatograms of the volatile oil in stem of planted *Artemisia argyi* Levl. et Vant

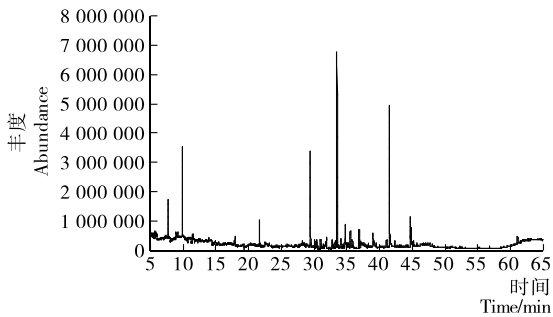


图 2 野艾茎中挥发油的总离子流图

Figure 2 Total ion chromatograms of the volatile oil in stem of wild *Artemisia argyi* Levl. et Vant

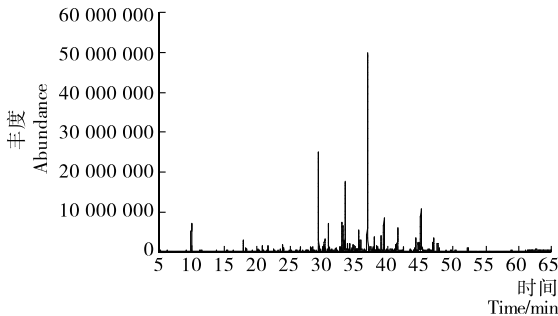


图 3 家艾叶中挥发油的总离子流图

Figure 3 Total ion chromatograms of the volatile oil in leaf of planted *Artemisia argyi* Levl. et Vant

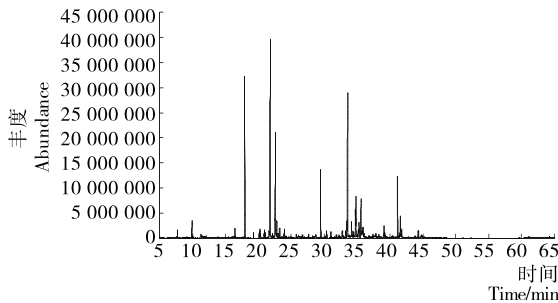


图 4 野艾叶中挥发油的总离子流图

Figure 4 Total ion chromatograms of the volatile oil in leaf of wild *Artemisia argyi* Levl. et Vant

由表 1 可知,艾蒿的茎叶挥发油中共分离出 109 种挥发性成分,野艾和家艾的茎叶中共有 12 种相同的挥发性成分,分别是桉叶油醇、樟脑、 α -蒎烯、 β -石竹烯、 β -金合欢烯、 α -石竹烯、母菊萆、香叶烯、角鲨烯、氧化石竹烯、植酮和棕榈酸。此结果与前人的研究^[6,10-12]有相似之处,如桉叶油醇、樟脑是艾蒿的共有成分,但母菊萆此种物质仅仅在本试验中检出,尤其是在家艾叶中含量非常高(44.869%),而其他文献未见报道,但是孟慧^[6]、朱亮峰^[10]曾发现艾蒿中含有侧柏酮,但本试验中均未检出。这可能与试验材料的产地、采收时间、前处理方式有关。

2.2 家艾和野艾的茎叶挥发性物质的主成分分析

用 SPSS 16.0 软件对这 12 种相同成分进行主成分分析,结果见表 3、4。由表 3 可知,可归为 3 种主成分,方差累积贡献率达到 100%。由表 4 可知,与第一主成分相关性最强的

表 1 家艾与野艾茎叶中挥发性成分含量差异比较

Table 1 The difference of volatile component in stem and leaf from planted and wild *Artemisia argyi* Levl. et Vant %

化学成分	家艾叶	野艾叶	家艾茎	野艾茎	化学成分	家艾叶	野艾叶	家艾茎	野艾茎
苯		0.145	0.612	1.053	2-甲基-5-(1-甲基乙烯基)-2-环己烯-1-醇乙酸酯	0.102			
甲苯		0.693	1.177	4.389	氧化苯乙烯	0.145			
己醛,正己醛		0.119			α -蒎烯	0.389	0.208	0.961	0.493
乙基甲基二硫醚	0.06				β -波旁烯	0.445	0.176	0.680	
青叶醛	0.099	0.322			亚麻酸甲酯				4.227
乙苯	0.245	0.077			1H-环戊烷[1,3]环丙烷[1,2]苯		0.065		
二乙基二硫醚	0.11			0.426	橙化基丙酮		0.084		
苯甲醛	0.119	0.058			4,6,6-三甲基二环[3.1.1]庚-3-烯-2-酮	0.261			
β -蒎烯		0.018			正二十四烷	0.081		0.112	
1,2,3-三甲苯		0.097			2-甲基丙酸-3,7-二甲基-2,6-辛二醇酯			4.531	
对异丙基甲苯		0.102	0.258		β -石竹烯	10.754	5.414	24.744	10.275
(1,7,7-三甲基降冰片烷-2-YL)乙酸			0.373		毕澄茄烯	0.182			
十二甲基环六硅氧烷			0.149		1,19-二十碳二烯			0.186	
桉叶油醇	1.019	14.051	0.604	1.189	β -金合欢烯	0.428	0.187	1.078	0.974
2,4,6-三甲基苯硫酚			0.164		α -石竹烯	1.269	0.552	2.924	0.738
苯乙醛	0.395		0.290		6,10,14-三甲基-2-十五烷酮			2.318	1.841
萜品烯(松油烯)	0.063	0.066			β -紫罗兰酮		0.139		
β -萜品醇		0.481			异戊酸龙脑酯		0.111	1.046	
1-甲基-4-(1-甲基乙烯基)环己醇	0.120				反,反-西基乙酸			0.120	
β -榄香烯			0.540		香树烯(香叶烯)	3.356	0.500	3.766	1.393
樟脑(2-茨酮)	0.662	28.794	0.414	2.911	α -法尼烯			0.272	
香芹酮		0.612			β -瑟林烯	0.164			
甲基丙烯酸异冰片酯			0.124		大根香叶烯 B	0.135			
2-茨醇	0.347	12.197		0.384	δ -杜松烯(毕澄茄烯)	0.196			1.675
4-萜品醇(松油醇)	0.255	2.667			β -倍半水芹烯	0.037			
4-萜烯醇	0.133				泪柏醚			0.178	0.667
萘	0.083				十八碳-9,12,15-三烯酸			1.930	4.091
4,6,6-三甲基二环[3.1.1]庚-3-烯-2-酮	0.199	0.121			二氢猕猴桃内酯	0.171	0.363		
1-异亚丙基-4-亚甲基-7-甲基-八氢萘			0.144	0.586	喇叭烷		0.155		
2-甲基-5-(1-甲基乙烯基)-2-环己烯-1-醇		0.852			桉油烯醇		1.675		
右旋香芹酮		0.127			氧化石竹烯	9.204	16.291	25.913	23.872
乙酸冰片酯		0.425	0.172		白菖烯		0.438	0.468	
4-羟基-3-甲基苯乙酮		0.176			萆草烯氧化物 II		1.577		2.098
佛术烯			0.877	0.995	α -芹子烯,蛇床烯		1.233	0.186	0.963
去氢白菖烯			0.155		γ -古芸烯		1.608	0.616	0.880
橙花醇	0.728		3.142		三十五烷;			0.088	
吡啶	0.098	0.438			橙花叔醇	0.687			
香芹酚		0.199			乙酸橙花酯	2.608		5.613	
丁香酚		0.388			正二十八烷			0.286	
2-氨基-4,6-二甲基嘧啶			0.128		匙叶桉油烯醇	1.164		1.244	0.744
α -甲基萘	0.141				喇叭茶醇	0.927			
					2,2,7,7-四甲基-5,6-环氧三环[2.2.1.0 ^{1,6}]十一烷	0.420			

续表 1

化学成分	家艾叶	野艾叶	家艾茎	野艾茎	化学成分	家艾叶	野艾叶	家艾茎	野艾茎
丁酸香叶酯	2.679			0.633	正二十烷	0.069		0.503	
母菊萸(母菊兰烯)	44.869	0.252	0.910	2.273	亚油酸甲酯(9,12-十八烷二烯酸甲酯)	0.097			
肉豆蔻酸	0.602	0.557	0.416		二十一烷	0.403	0.046	0.204	
3,3-二甲基联苯	1.507				二十五烷		0.087		
菲	0.214				叶绿醇	2.060	0.932	0.716	
正十八烷	0.079	0.047			α -亚麻酸	1.250	0.260	1.388	
6,10,14-三甲基-2-十五烷酮(植酮)	1.385	1.062	2.318	1.841	三十烷	0.162			
17-三十五碳烯	0.081				1-二十六(碳)烯	0.135			
正十九烷	0.114				2,6,10,14-四甲十六烷	0.823			
棕榈酸甲酯	0.211	0.105	0.155		正二十三烷	0.675			
广藿香烷		0.146			1-氯二十七碳烷	0.228			
3,7,11,15-四甲基-1-十六碳烯-3-醇	0.211				角鲨烯(酸)	0.089	0.066	0.258	1.000
棕榈酸(十六烷酸)	3.703	2.259	5.186	22.480	二十九烷	0.236			

表 2 家艾和野艾茎叶中挥发性物质的种类和数量比较

Table 2 The kinds and quantities comparison of violate components of different stems and leaves

化合物 种类	家艾				野艾			
	叶		茎		叶		茎	
	含量/%	数量	含量/%	数量	含量/%	数量	含量/%	数量
萜类	74.336	17	66.352	18	73.186	18	51.473	15
酸类	5.555	3	7.676	6	3.076	3	26.571	2
酯类	5.328	6	10.706	6	0.893	3	5.906	3
醇类	5.468	9	5.353	3	17.129	5	5.729	3
烷类	4.913	14	2.245	7	14.318	5	0.586	1
酮类	1.845	3	2.318	1	2.321	7	1.841	1
其它类	3.297	13	3.251	9	2.704	12	6.535	4

表 3 主成分的特征值和贡献率

Table 3 Eigenvalue and contribution rate of principle components

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	6.836	56.970	56.970
2	3.450	28.752	85.722
3	1.713	14.278	100.000

是植酮、金合欢烯、蒾烯,其载荷系数分别为 0.972,0.948,0.924,其次是桉叶油醇、樟脑、石竹烯、香叶烯;与第二主成分相关性最强的是棕榈酸和角鲨烯,载荷系数分别为 0.927和 0.907;与第三主成分相关性最强的是母菊萸,载荷系数达到 0.940。由表 3 可知,第一主成分是家艾和野艾茎叶挥发性物质的主成分,其方差贡献率超过 50%,因此结合表 3、4 可知,家艾和野艾茎叶的挥发性物质主要是植酮、金合欢烯、蒾烯、桉叶油醇、樟脑、石竹烯、香叶烯。

表 4 主成分的载荷矩阵

Table 4 The loading matirx of principal components

主成分	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	M
	桉叶油醇	樟脑	α -蒾烯	β -石竹烯	β -金合欢烯	α -石竹烯	香叶烯	母菊萸	植酮	棕榈酸	氧化石竹烯	角鲨烯
1	-0.874	-0.865	0.924	0.873	0.948	0.776	0.806	-0.089	0.972	0.371	0.541	0.421
2	-0.069	-0.016	-0.269	-0.420	0.257	-0.596	-0.547	-0.330	-0.002	0.927	0.828	0.907
3	0.480	0.502	0.273	0.248	0.189	0.208	-0.226	-0.940	0.236	-0.046	-0.151	0.031

8 507-8 517.

[5] 邱顺华, 金李芬, 钱民章. 正安野木瓜果实乙醇粗提物的抗菌性能及其稳定性研究[J]. 时珍国医国药, 2013, 24(3): 588.

[6] 崔莉, 宋双双, 杜利平, 等. 低温鼓风干燥过程中皱皮木瓜的褐变及其活性成分变化研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 70-74, 123.

[7] COHEN E, BIRK Y, MANNHEIM C H. A Rapid Method to Monitor Quality of Apple Juice During Thermal Processing[J]. Food Science and Technology, 1998, 31(7): 612-616.

[8] 张淑娟, 徐怀德. 微波结合抑制剂抑制光皮木瓜汁褐变研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(3): 140.

[9] PONGSURIYA K, NORIYUKI I, MITSUYA S. Effect of ascorbic acid on the odours of cloudy apple juice[J]. Food Chemistry, 2007, 100(4): 1 342-1 349.

[10] 陈云辉, 徐程, 余小林, 等. 海藻糖对荔枝罐头非酶褐变特性的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 15-18.

[11] 张月婷, 陈中, 林伟锋. 控制木瓜果脯非酶褐变的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(2): 255-258.

[12] DU Yun-jian, DOU Si-qí, WU Sheng-jun. Efficacy of phytic acid as an inhibitor of enzymatic and non-enzymatic browning in apple juice[J]. Food Chemistry, 2012, 135(2): 580-582.

[13] 毕家钰, 代曜伊, 郑炯. 褐变抑制剂对干制香蕉片护色效果的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 194-197, 235.

[14] 邱龙新, 黄浩, 陈清西. 半胱氨酸对马铃薯多酚氧化酶的抑制作用[J]. 食品科学, 2006, 27(4): 37-40.

[15] WU Sheng-jun. Glutathione suppresses the enzymatic and non-enzymatic browning in grape juice[J]. Food Chemistry, 2014,

160: 8-10.

[16] 李申, 马亚琴, 韩智. 氨基酸在柑橘汁非酶褐变过程中的影响和作用[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(11): 249-255

[17] 许鹏丽, 肖凯军, 郭祀远. 抑制巴西柳橙汁褐变的研究[J]. 中国食品添加剂, 2009(2): 116-121

[18] 李鹏, 张海生, 黎毕波. 柿子汁非酶褐变抑制技术研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 271-274.

[19] 寇天舒, 张明, 张帅. 护色剂在无花果汁加工中的应用[J]. 食品工业, 2012, 33(11): 69-71.

[20] 韩智, 李申, 马亚琴, 等. 橙汁模拟体系非酶褐变产物及评价标准[J]. 食品科学, 2015, 36(22): 117-121.

[21] 胡靖, 谢帮祥. 果酒发酵中褐变机理及其控制的研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2013, 49(6): 94-98.

[22] 阚建全. 食品化学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 207.

[23] 韩希凤, 李书启, 乔镜澄, 等. 大枣浓缩汁贮藏过程中非酶褐变动力学研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 131-134.

[24] 刘亚, 张惠玲, 付丽霞, 等. 枸杞酒酿造预处理中不同灭菌方式对枸杞汁色泽的影响[J]. 酿酒科技, 2016, 41(2): 47-50, 54.

[25] 马霞, 王瑞明, 关凤梅, 等. 果汁非酶褐变的反应机制及其影响因素[J]. 粮油加工与食品机械, 2002(9): 46-48.

[26] 赵国华, 阚建全, 陈宗道. 含硫氨基酸食品功能性[J]. 粮食与油脂, 1999(4): 35-37.

[27] 李慧芸, 张宝善. 果汁非酶褐变的机制及控制措施[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(6): 145-147.

[28] 林建原, 季丽红. 响应面优化银杏叶中黄酮的提取工艺[J]. 中国食品学报, 2013, 13(2): 83-90.

(上接第 157 页)

3 结论

恩施田间采集的家艾茎叶中含有的挥发性化学成分种类与野艾相差较大,家艾和野艾不同部位挥发油种类也不同,如松油烯、松油醇在家艾和野艾的叶中均含有,但是茎中无;而佛术烯、泪柏醚等只在家艾和野艾的茎中含有,叶中无。在家艾和野艾相同的化学成分中,家养的和野生的含量也有差别,如可用于调配胡椒等食用香精的石竹烯,在家艾茎中含量最高。此外家艾叶中含有一些特殊的成分,如 α -法尼烯、 β -瑟林烯、 β -倍半水芹烯、橙花叔醇、喇叭茶醇,在野艾和家艾茎中均不含有。同时用作乳化剂、润湿剂、稳定剂的棕榈酸甲酯在家艾叶中的含量显著高于野艾的,因此家艾对于工业生产以及食品领域都有一定的经济意义。

参考文献

[1] 李春娜, 占颖, 刘洋洋, 等. 艾蒿药理作用和开发利用研究进展[J]. 中华中医药杂志, 2014, 29(12): 3 889-3 891.

[2] 孙江伟, 王军. 生姜挥发油研究进展[J]. 中医研究, 2016, 29(2): 75-77.

[3] 张辰露, 梁宗锁, 吴三桥, 等. 不同方法提取紫苏叶挥发油成分 GC—MS 分析[J]. 中药材, 2016, 39(2): 337-341.

[4] 张婷婷, 郭夏丽, 黄学勇, 等. 辛夷挥发油 GC—MS 分析及其抗氧化、抗菌活性[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 144-150.

[5] 卫强, 刘杰. GC—MS 测定红花酢浆花与叶中的挥发油成分[J]. 分析测试室, 2016, 35(6): 676-680.

[6] 孟慧, 许勇. 沪产艾蒿鲜叶挥发油成分的 GC—MS 分析[J]. 药学实践杂志, 2009, 27(5): 362-364.

[7] 邓治邦, 刘群, 杨智蕴. 野艾蒿挥发油化学成分的研究[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 1987(3): 73-76.

[8] 陈玉梅, 薛晓丽, 孔令瑶, 等. 艾蒿挥发油的提取及体外抑菌活性[J]. 吉林农业科技学院学报, 2011, 20(2): 1-3.

[9] 熊子文. 野艾蒿的化学组成及抗氧化、抑菌活性研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2011: 7-9.

[10] 朱亮锋, 陆碧瑶, 罗友娇, 等. 艾蒿和蕲艾精油化学成分的研究[J]. 云南植物研究, 1985, 7(4): 443-445.

[11] 顾静文, 刘立鼎, 陈京达, 等. 艾蒿和野艾蒿精油的化学成分[J]. 江西科学, 1998, 16(4): 273-276.

[12] 刘兴, 王剑峰. 采收时期及时间对艾蒿挥发油含量的影响[J]. 农业科技与装备, 2013(5): 57-58.

[13] 杨君, 郜海燕, 储国海, 等. 基于 GC—MS 和 GC—O 联用法分析佛手精油关键香气成分[J]. 食品科学, 2015, 36(20): 194-197.

[14] YI Zhi-ying, FENG Tao, ZHUANG Hai-ning, et al. Comparison of different extraction methods in the analysis of volatile compounds in Pomegranate juice[J]. Food Anal. Methods, 2016(9): 2 634-2 373.

[15] 邓维斌. SPSS 19(中文版)统计分析实用教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012: 230.