

香薷、野草香挥发油分析及其生物活性评价

向 平, 娄桂群, 王仕艳, 陈 青*
(贵州大学化学与化工学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: **目的** 分析香薷 *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyland.、野草香 *Elsholtzia cypriani* (Pavol.) C. Y. Wu et S. Chow 挥发油, 并评价其生物活性。**方法** 水蒸气蒸馏法提取样品花、茎叶中的挥发油, GC-MS 法进行分析, DPPH、ABTS 法分别测定抗氧化活性, 纸片琼脂扩散法测定对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、伤寒沙门氏菌、肺炎克雷伯氏菌、铜绿假单胞杆菌的抑制作用。**结果** 从中共鉴定出 59 种成分, 其中香薷以柠檬烯、芳樟醇、 β -蛇床烯为主, 野草香以环氧玫瑰呋喃、百里醌、 β -石竹烯为主。香薷花、茎叶挥发油的抗氧化活性相近, 野草香茎叶挥发油的抗氧化活性略强于花。野草香花挥发油可显著抑制金黄色葡萄球菌, 对伤寒沙门氏菌和肺炎克雷伯氏菌也有一定抑制作用。**结论** 香薷、野草香挥发油主要成分差异明显, 并均具有一定生物活性, 有着较好的开发价值和前景。

关键词: 香薷; 野草香; 挥发油; 抗氧化活性; 抗菌活性

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2017)09-1880-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2017.09.025

Analysis of volatile oils in *Elsholtzia ciliata* and *Elsholtzia cypriani* and evaluation of their biological activities

XIANG Ping, LOU Gui-qun, WANG Shi-yan, CHEN Qing*

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

KEY WORDS: *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyland.; *Elsholtzia cypriani* (Pavol.) C. Y. Wu et S. Chow; volatile oils; antioxidant activity; antibacterial activity

香薷 *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyland.、野草香 *Elsholtzia cypriani* (Pavol.) C. Y. Wu et S. Chow 均为唇形科香薷属植物, 在我国该属植物资源丰富, 仅云贵川地区就有 30 种^[1], 其以全草入药, 具有解毒、清热作用, 可用于治疗感冒、疔疮、喉蛾等疾病^[2]。据文献报道, 人们已经从其挥发油中分离出 100 多种化合物, 主要为单萜、倍半萜、芳樟醇、月桂烯、醇、酮、杂环等, 也有其他特殊成分^[3], 普遍具有较好的抗菌活性, 特别是对一些杆菌、球菌, 在灭菌杀毒方面具有广阔应用, 同时还具有纯正悦人的香味, 也可作为重要的香料来源^[4-7]。目前, 尚无关于贵州产香薷、野草香挥发油的研究报道, 故本实验采用水蒸气蒸馏法提取两

者挥发油组分, 通过 GC-MS 法对其成分及含量进行分析, 并进行抗氧化、抗菌活性实验, 以期对贵州省香薷属植物的进一步开发和利用提供参考。

1 仪器与试剂

WFZ UV-2000 紫外可见分光光度计 (上海尤尼柯仪器有限公司); HP6890/HP5973MSD 气质联用仪 (美国惠普公司); 挥发油提取器 (北京亚欧德鹏科技有限公司); HP6890/5975C GC/MS 联用仪 (美国安捷伦公司)。香薷、野草香于 2015 年 10 月采自贵州省贵阳市, 经贵阳中医学院陈德媛教授鉴定为唇形科香薷属植物香薷 *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyland.、野草香 *Elsholtzia cypriani* (Pavol.) C. Y. Wu et S. Chow 的全草。

收稿日期: 2016-12-06

基金项目: 贵州省社会发展科技攻关计划项目 (黔科合 SY 字 [2014] 3086); 贵州大学研究生创新基金 (2014049)

作者简介: 向 平 (1991—), 男, 硕士生, 研究方向为天然药物化学。E-mail: 1058112692@qq.com

*通信作者: 陈 青 (1974—), 女, 博士, 教授, 研究方向为天然药物化学。E-mail: chenqingluck@163.com

网络出版日期: 2017-07-27

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20170727.0921.002.html>

2 方法与结果

2.1 挥发油提取 将新鲜香薷、野草香的花与茎叶粉碎，加水浸没，加热 2 h，待挥发油收集装置冷却至室温后，分离出挥发油，无水 Na₂SO₄ 干燥，得浅黄色、具有浓郁香味的油状液体，即为挥发油，密封避光低温保存，将两者花与茎叶中的挥发油分别编号为 X-1、X-2、Y-1、Y-2。

2.2 GC-MS 测定

2.2.1 分析条件 ZB-5MSI 5% Phenyl-95% DiMethylpolysiloxane 弹性石英毛细管柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)；柱温 45 ℃ (保留 2 min)，以 5 ℃/min 速率升至 300 ℃，保持 2 min；气化室温度 250 ℃；载气为高纯 He (99.999%)；柱前压 52.54 kPa；载气体积流量 1.0 mL/min；分流比 40:1；溶剂延迟时间 3.0 min。EI 离子源，温度 230 ℃；四极杆温度 150 ℃；接口温度 280 ℃；电子能量 70 eV；发射电流 34.6 μA；倍增器电压 1 421 V；m/z 20 ~ 450。

2.2.2 分析结果 总离子流图见图 1。经质谱计算机数据系统及 Nist2008 和 Wiley275 标准质谱图检索，分别确定了 X-1、Y-1 中 43、28 种成分，X-2、Y-2 中 47、37 种成分，再通过峰面积归一化法测定相对含有量，结果见表 1。

在香薷花和茎叶中共检测出 47 种成分，其相对含有量分别占总量的 97.90% 和 96.81%，有 43 种共有成分，主要为柠檬烯 (29.27%、23.20%)、芳樟醇 (23.10%、21.05%)、蛇床烯 (11.52%、7.78%)、玫瑰呋喃 (4.95%、5.56%) 等。另外，在茎叶中检出的乙酸辛烯酯、乙酸癸酯等酯类化合物在花中未发现。总体来看，香薷花和茎叶挥发油主要化学成分种类基本相似，但含有量不同。

在野草香花和茎叶中共检测出 37 种成分，其相对含有量分别占总量的 94.34% 和 95.21%，有 28 种共有成分，主要为环氧玫瑰呋喃 (56.07%、52.35%)、百里醌 (13.96%、17.75%)、β-石竹烯 (7.31%、7.74%)、胡椒酮 (4.12%、4.96%)、环氧石竹烯 (2.14%、1.54%)、β-蛇床烯 (1.46%、1.48%) 等。单萜、倍半萜是挥发油主要结构类型，分别占花和茎叶挥发油总量的 67.0% 和 15.25%，其中环氧玫瑰呋喃是野草香挥发油的主要成分，在花和茎叶中的含有量均超过 50%，而且百里醌在 2 种部位挥发油中的含有量也超过 10%。另外，含有量较高的成分玫瑰呋喃 (2.97%) 在花中检出，但在茎叶中未检出。

2 种香薷属植物挥发油虽然含有 20 种共有成

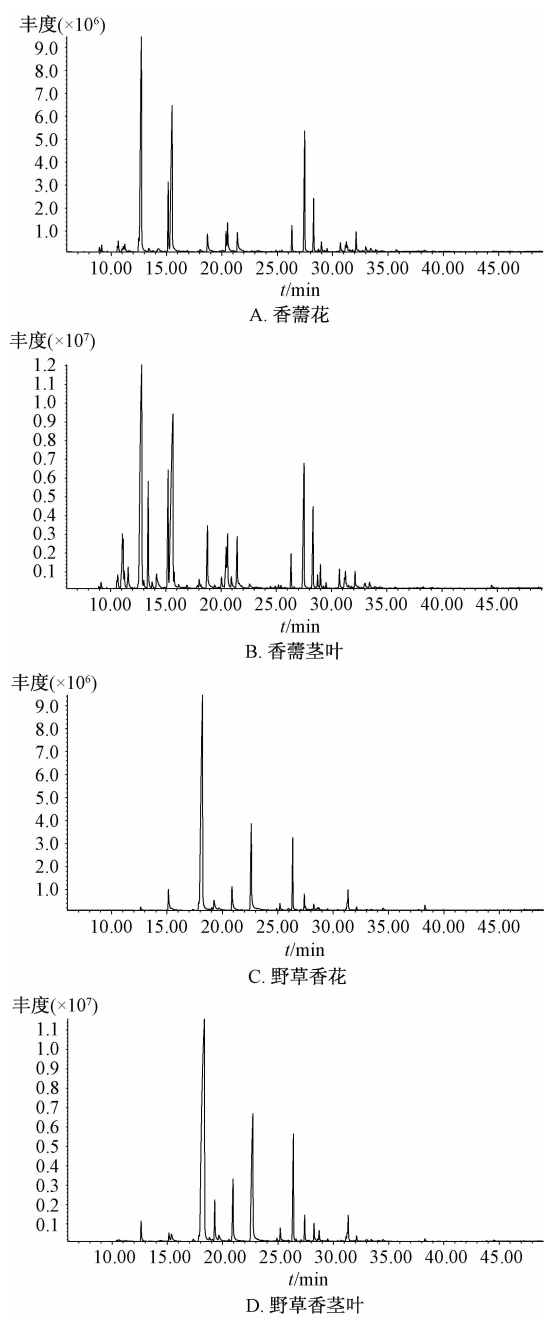


图 1 样品 GC-MS 总离子流图

Fig. 1 GC-MS total ion current chromatograms of samples

分，结构类型也主要为单萜及倍半萜，但主要化学成分有很大区别，有的在香薷和野草香挥发油中都含有，但含有量差异非常大，如芳樟醇在前者中含有量高达 20% 以上，但在后者中未超过 1%；β-蛇床烯、大根香叶烯在前者中含有量较高，但在后者中很低；环氧玫瑰呋喃是后者主要成分，含有量在 50% 以上，但在前者中只在 0.5% 以下；百里醌和 β-石竹烯在前者中含有量很低，但在后者中很高。综上所述，同属植物挥发油成分种类、类型相似，但含有量有明显差异，应注意区别利用。

表 1 挥发油分析结果
Tab. 1 Results of volatile oil analysis

编号	t_{R}/min	化合物	分子式	相对含量/%			
				香薷		野草香	
				花	茎叶	花	茎叶
1	8.94	侧柏烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0.44	0.14	—	—
2	9.14	α -蒎烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0.57	0.32	—	—
3	9.65	茨烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0.07	0.05	—	—
4	10.55	香荃烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0.36	0.24	—	—
5	10.64	β -蒎烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0.96	0.70	—	—
6	10.98	1-辛烯-3-醇	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}$	0.24	3.03	—	—
7	11.09	3-辛酮	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{O}$	0.60	1.26	—	—
8	11.23	β -月桂烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0.96	0.78	—	—
9	11.60	3-辛醇	$\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$	0.18	1.13	—	—
10	12.50	伞花烃	$\text{C}_{10}\text{H}_{14}$	1.29	0.17	—	—
11	12.62	1,8-桉叶素	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	—	—	0.50	1.40
12	12.73	柠檬烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	29.27	23.20	—	—
13	13.39	反-罗勒烯	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0.45	4.43	—	—
14	14.26	苯乙酮	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$	0.87	1.41	—	0.22
15	15.15	玫瑰呋喃	$\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$	4.95	5.56	2.97	0.62
16	15.51	芳樟醇	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	23.10	21.05	0.90	0.87
17	15.76	乙酸辛烯酯	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$	—	0.86	—	—
18	18.04	环氧玫瑰呋喃	$\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_2$	0.26	0.47	56.07	52.35
19	18.69	α -松油醇	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	2.12	3.86	—	0.37
20	19.66	α -去氢香薷酮	$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$	—	—	—	0.61
21	20.09	橙花醇	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	0.26	0.61	—	—
22	20.38	柠檬醛	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	1.61	2.05	—	—
23	20.52	香芹酮	$\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$	3.05	3.09	—	—
24	20.87	胡椒酮	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	—	—	4.12	4.96
25	20.97	香叶醇	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	0.21	0.58	—	—
26	21.40	香叶醛	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	2.16	2.55	—	—
27	22.57	百里醌	$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$	0.19	0.35	13.96	17.75
28	24.89	可巴烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.13	0.09	0.20	0.18
29	25.19	波旁烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.06	0.12	0.74	0.85
30	25.41	榄香烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.13	0.11	—	0.07
31	25.75	顺式茉莉酮	$\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}$	—	0.05	—	—
32	25.91	顺-石竹烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	—	—	0.05
33	25.98	α -古芸烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	—	0.27	0.04
34	26.32	β -石竹烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	1.84	1.36	7.31	7.74
35	26.62	β -毕橙茄油萜	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.06	0.04	0.09	0.15
36	27.09	β -毕橙茄油烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	—	0.08	0.07
37	27.48	β -蛇床烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	11.52	7.78	1.46	1.48
38	27.50	十六烷(鲸蜡烷)	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	—	—	0.28	—
39	27.62	香橙烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	—	0.05	—
40	28.28	大根香叶烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	3.72	3.89	0.56	0.92
41	28.37	β -紫罗兰酮	$\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}$	—	—	—	0.15
42	28.58	顺- α -香柑油烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	—	0.25	0.12
43	28.72	双环吉马烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.16	0.50	0.19	0.61
44	28.99	金合欢烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.81	0.07	—	0.06
45	29.26	γ -杜松萜烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.07	0.06	—	0.03
46	29.38	波旁烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	—	—	—	0.04
47	29.50	δ -杜松萜烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.21	0.21	0.13	0.13
48	30.71	橙花叔醇	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	0.82	0.88	—	0.08
49	31.16	波旁醇	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	0.45	0.37	0.11	0.26
50	31.24	桉油烯醇	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$	0.76	0.75	0.67	0.56
51	31.34	环氧石竹烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$	0.40	0.17	2.14	1.54
52	31.96	α -雪松醇	$\text{C}_{15}\text{H}_{20}\text{O}$	—	—	0.05	0.05
53	32.12	环氧葎草烯	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$	0.08	0.66	0.37	0.33
54	32.43	γ -桉叶醇	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	1.50	0.08	0.04	0.02
55	32.98	异大花桉油醇	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$	0.52	0.14	0.12	0.05
56	33.03	香榧醇	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	—	0.23	—	—
57	33.43	依兰油醇	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	0.38	0.31	0.04	0.14
58	38.29	六氢法呢基丙酮	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}$	0.11	0.08	0.69	0.20
59	44.47	植醇	$\text{C}_{20}\text{H}_{40}\text{O}$	—	0.17	—	0.14

2.3 抗氧化活性试验

2.3.1 DPPH 法 称取 DPPH 5.9 mg，溶于 250 mL 棕色量瓶中，超声振荡 5 min，在 515 nm 波长处测定吸光度，使其在 0.7 左右，避光保存，备用。取 0、0.50、1.00、2.00、3.00、3.40、3.80、4.20、4.60、5.00 mg/mL 样品溶液各 1.0 mL，置于 10 mL 具塞试管中，加入 3.5 mL DPPH 溶液，室温下避光反应 35 min。以 95% 乙醇为空白，在 515 nm 波长处测定吸光度，平行 3 次，同时设置 2, 6-二叔丁基对甲酚 (BHT)、丁基羟基茴香醚 (BHA)、没食子酸丙酯 (PG) 作为阳性对照，计算自由基清除率^[8]，公式为自由基清除率 = $(1 - A_s/A_0) \times 100\%$ ，其中 A_0 为自由基本身的吸光度， A_s 为样品溶液对自由基作用后的吸光度。

2.3.2 ABTS 法 称取 ABTS 38.4 mg，95% 乙醇溶解后定容于 10 mL 量瓶中，配置成 7 mmol/L 母液，再称取 6.6 mg 过二硫酸钾，蒸馏水溶解后定容于 10 mL 量瓶中，配制成为 2.45 mmol/L 母液，将两者等体积混合，避光保存放置 12 h 以上，使用时 95% 乙醇稀释至吸光度在 734 nm 波长处为 0.80 ± 0.02 。取 0、0.50、1.00、2.00、3.00、3.40、3.80、4.20、4.60、5.00 mg/mL 样品液各 0.30 mL，置于具塞试管中，加入 ABTS 自由基工作液 5.00 mL，静置 15 min，以 95% 乙醇为空白，在 734 nm 波长处测定吸光度，平行 3 次，同时设置 2, 6-二叔丁基对甲酚 (BHT)、丁基羟基茴香醚 (BHA)、没食子酸丙酯 (PG) 作为阳性对照，按“2.3.1”项下公式计算 ABTS 自由基清除率。

2.3.3 试验结果 图 2 显示，X-1、X-2 清除 DPPH、ABTS 自由基的 IC_{50} 分别为 3.39、3.37 mg/mL 和 2.67、2.74 mg/mL，均弱于阳性对照；Y-1、Y-2 清除 DPPH、ABTS 自由基的 IC_{50} 分别为 4.94、4.87 mg/mL 和 4.80、4.59 mg/mL，也都弱于阳性对照。由此可知，香薷花与茎叶的抗氧化活性相近，而野草香茎叶的抗氧化活性略强于花。

2.4 抑菌活性试验^[9-12]

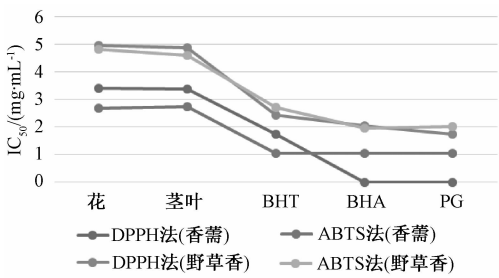


图 2 挥发油抗氧化活性试验结果 (n=3)

Fig. 2 Results of antioxidant activity tests for volatile oils (n=3)

2.4.1 材料与方法

2.4.1.1 实验菌株 大肠杆菌 ATCC 25922、金黄色葡萄球菌 ATCC 25923、伤寒沙门氏菌 ATCC 14028、肺炎克雷伯氏菌 ATCC 700603、铜绿假单胞杆菌 ATCC 31554。

2.4.1.2 培养基制备 向 1 L 一次蒸馏水中加入 45 g 营养琼脂，作为固体培养基，再加入蛋白胨 109 g、牛肉膏 39 g、氯化钠 59 g，搅拌均匀，调节 pH 至 7.4。

2.4.1.3 菌种活化 将细菌放在恒温培养箱中，保持 37 ℃ 培养 24 h，将供试菌种接种到试管的斜面培养基上，重复 4 次，使菌种复壮。

2.4.1.4 细菌菌悬液制备 取培养好的试管斜面，无菌操作下加入 10 mL 无菌生理盐水，用灼烧灭菌的接种环将菌轻轻刮下，反复摇匀，制成菌悬液 $[(1 \times 10^8 \sim 2 \times 10^8) \text{ CFU/mL}]$ 备用。

2.4.1.5 纸片琼脂扩散法抑菌试验 在无菌条件下，向培养皿中移入 20 mL 营养琼脂，待培养基慢慢凝固后，吸取 0.1 mL，接种到已凝固的培养基表面，迅速用灭菌涂布棒使菌悬液在培养基上均匀涂布，待其完全渗入培养基后，用 5 mm 无菌滤纸片放在平滑板上，加入香薷、野草香花和茎叶的挥发油，加样量均为 5 μL，阴性对照加生理盐水 5 μL，阳性对照为环丙沙星（载药量 5 μg），平行 2 次，每次 3 份，培养基在 37 ℃ 恒温下保持 24 h 后取出，测量抑菌圈直径，结果见表 2。

表 2 挥发油抑菌活性试验结果 ($\bar{x} \pm s$, n=2)

Tab. 2 Results of antibacterial activity tests for volatile oils ($\bar{x} \pm s$, n=2)

细菌	抑菌圈直径/mm					
	阳性对照	阴性对照	X-1	X-2	Y-1	Y-2
大肠杆菌 ATCC 25922	21.2 ± 0.1	—	8.2 ± 0.2	8.1 ± 0.2	12.4 ± 0.2	8.1 ± 0.2
金黄色葡萄球菌 ATCC 25923	24.1 ± 0.2	—	12.2 ± 0.4	11.2 ± 0.1	18.6 ± 0.1	11.4 ± 0.1
伤寒沙门氏菌 ATCC 14028	22.4 ± 0.3	—	8.4 ± 0.1	8.2 ± 0.2	14.6 ± 0.2	8.4 ± 0.3
肺炎克雷伯氏菌 ATCC 700603	21.2 ± 0.2	—	9.2 ± 0.1	8.2 ± 0.4	15.2 ± 0.4	8.4 ± 0.1
铜绿假单胞杆菌 ATCC 31554	18.4 ± 0.2	—	8.1 ± 0.4	8.2 ± 0.1	8.6 ± 0.3	8.2 ± 0.2

由表可知,在 250 $\mu\text{g/mL}$ 下, X-1、X-2、Y-2 对各细菌均无抑制作用,而 Y-1 对金黄色葡萄球菌具有较强的抑制作用,抑菌圈直径为 $(18.6 \pm 0.1) \text{ mm}$,对伤寒沙门氏菌和肺炎克雷伯氏菌有一定抑制作用,抑菌圈直径分别为 (14.6 ± 0.2) 、 $(15.2 \pm 0.4) \text{ mm}$,但均弱于阳性对照。

3 讨论和结论

香薷、野草香挥发油的主要化学成分区别较大,前者为柠檬烯、芳樟醇、蛇床烯、玫瑰呋喃等,后者为环氧玫瑰呋喃、百里醌、 β -石竹烯、胡椒酮等。其中,柠檬烯具有良好的抑菌作用,还有镇咳、祛痰、抗肿瘤活性^[13];芳樟醇可通过诱导细胞凋亡来抑制多种人淋巴细胞白血病细胞的生长和增殖,并对正常人骨髓造血细胞及外周血细胞的增殖无明显影响,安全性较高,可作为较理想的高效低毒抗白血病药物^[14],而且还具有抗菌、抗病毒、镇静等作用^[15]。香薷挥发油中这 2 种成分含有量都高达 20% 以上,故具有重要的开发价值;野草香挥发油的主要成分百里醌具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤作用,可用于多种疾病的治疗,并对正常细胞毒性很小^[16-18],也有着较好的应用前景。

参考文献:

[1] 周维书,朱奕丽,周 震,等. 野草香挥发油成分的研究[J]. 中国药学杂志,1992,27(2): 79-80.

[2] 康淑荷. 中国香薷属植物精油化学成分及药理概况[J]. 西北民族大学学报: 自然科学版,2012,33(1): 58-63.

[3] 李保印,周秀梅,郝峰鸽,等. 我国香薷属植物研究进展[J]. 河南科技学院学报: 自然科学版,2012,40(1): 37-40.

[4] 江章涛,李富强,陈 晨,等. 长白山区野生香薷中挥发

油的提取及其抑菌性研究[J]. 吉林农业,2014(12): 20-21.

[5] 裴宝椿. 中药香薷挥发油抑制菌斑的临床观察[J]. 中国中药杂志,1996,21(6): 376-377.

[6] 金 哲,马 林,崔成哲,等. 东北野生香薷挥发油香味成分分析及在卷烟中的应用[J]. 中国农学通报,2008,24(7): 93-96.

[7] 郝子明,裴传道. 香薷精油根管消毒的临床观察[J]. 临床口腔医学杂志,1988,4(4): 179-180.

[8] 王福海. 25 种中草药对羟基自由基的消除能力评价[J]. 广州化工,2013,41(13): 107-108.

[9] 张文博. 植物样品成分的体外抗氧化活性方法研究进展[J]. 广州化工,2011,39(24): 14-16.

[10] 林祥潮,黄晓东. 中药对超氧阴离子自由基清除率的测定[J]. 广州化学,2012,37(1): 32-36.

[11] 王彩玉. 常用细菌培养基制备及注意事项[J]. 卫生职业教育,2004,22(23): 102.

[12] 刘海珠,杨 燕,徐建利,等. 纸片琼脂扩散法检测抗菌药物敏感试验方法分析[J]. 中外健康文摘,2013(12): 154-155.

[13] 唐晓蓉. 柠檬烯提取方法的研究进展[J]. 四川医学,2011,32(8): 1300-1302.

[14] 陈尚钡,赵玲华,徐小军. 天然芳樟醇资源及其开发利用[J]. 林业科技开发,2013,27(2): 13-17.

[15] 张 婷. 芳樟醇通过激活 GADD45 α /JNK 信号通路选择性诱导淋巴细胞白血病细胞凋亡的研究[D]. 杭州: 浙江大学,2007.

[16] 雷晓斐. 百里醌保护结肠炎小鼠和诱导胃癌细胞凋亡作用的机制研究[D]. 武汉: 武汉大学,2012.

[17] 孔令宇,王文娟,席 铨,等. 百里醌对胶原诱导大鼠关节炎模型中氧化应激和炎症因子的影响研究[J]. 天然产物研究与开发,2014,26(9): 1483-1487.

[18] 柳 舟,董卫国,王 军,等. 天然植物单体百里醌调控肿瘤细胞增殖和凋亡的研究进展[J]. 临床内科杂志,2016,33(1): 66-67.