

## 喙果皂帽花挥发油 GC-MS 分析及活性研究

宋煌旺, 宋鑫明\*, 韩长日, 杨路佳, 邓文, 段红叶, 孙丽君

(海南师范大学省部共建-热带药用植物化学教育部重点实验室, 化学与化工学院, 海口 571158)

[摘要] 目的: 提取喙果皂帽花新鲜叶挥发性成分, 进行抗菌, 抗肿瘤活性测试, 为进一步研究开发喙果皂帽花提供实验依据。方法: 利用水蒸气蒸馏法制备喙果皂帽花叶挥发油, 计算收率, 并结合 GC-MS 分析化学成分; 用纸片琼脂扩散法和 MTT 比色法分别研究喙果皂帽花叶挥发油抗菌和抗肿瘤活性。结果: 水蒸气蒸馏法提取喙果皂帽花新鲜叶挥发油收率为 1.54%, 得到 91 个化合物, 鉴定出 73 个; 喙果皂帽花叶挥发油浓度较高时对金黄色葡萄球菌、大肠埃希菌、枯草杆菌具有中等强度的抑菌活性; 对白血病细胞(K-562)、肝癌细胞(BEL-7402)具有抑制活性,  $IC_{50}$  分别为 10.47, 47.2  $mg \cdot L^{-1}$ 。结论: 首次从皂帽花属植物中提取挥发油并鉴定化学成分, 主要为烯类化合物; 喙果皂帽花挥发油中含有很多活性成分, 喙果皂帽花挥发油对 K-562, BEL-7402 具有抑制活性, 为喙果皂帽花开发利用提供了科学依据。

[关键词] 喙果皂帽花; 挥发油; 化学成分; 活性研究

[中图分类号] R284.1; R285.5 [文献标识码] A [文章编号] 1005-9903(2013)16-0132-05

[doi] 10.11653/syjf2013160132

## GC-MS Analysis and Bioactivity of Essential Oil from *Dasymaschalon rostratum*

SONG Huang-wang, SONG Xin-ming\*, HAN Chang-ri, YANG Lu-jia, DENG Wen, DUAN Hong-ye, SUN Li-jun  
(Key Laboratory of Tropical Medicinal Plant Chemistry of Ministry of Education, College of Chemistry and Chemical Engineering, Hainan Normal University, Haikou 571158, China)

[Abstract] **Objective:** To study the chemical constituents and bioactivity of essential oil from *Dasymaschalon rostratum*. **Method:** The essential oil was extracted by hydrodistillation and separated by capillary GC. The chemical constituents were determined by normalization and were identified by MS. **Result:** Ninety-one chromatographic peaks were detected and seventy-three compounds were identified, which was 90.25% of the total essential oil. The essential oil from *D. rostratum* showed inhibitory activity against *Staphylococcus aureus* Rosenbach, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, exhibited higher activity to restrain Leukemia cells (K-562) and Liver cancer cells (BEL-7402), with  $IC_{50}$  values of 10.47, 47.2  $mg \cdot L^{-1}$  respectively. **Conclusion:** It is first time to extract volatile oil from *Dasymaschalon* and identify the compounds, most of which were alkene compounds. Many active ingredients were contained in the essential oil from *D. rostratum*, the experiment basis were provided for the further research of *D. rostratum*.

[Key words] *Dasymaschalon rostratum*; essential oil; chemical constituents; bioactivity

[收稿日期] 20130130(001)

[基金项目] 国际科技合作项目(S2013ZR0211); 国家自然科学基金项目(81160391)

[第一作者] 宋煌旺, 从事天然药物化学研究, Tel: 0898-65889422, E-mail: 993528218@qq.com

[通讯作者] \* 宋鑫明, 硕士, 实验师, 从事天然药物化学研究, Tel: 0898-65889422, E-mail: sxm8646@163.com

番荔枝科植物是目前国内外学者寻找天然抗癌药物的热点。从该科几十个属百余种植物中分离得到番荔枝内酯类化合物数百个, 其显著的生物学活性, 包括抗菌、抗疟、抗肿瘤、杀虫等作用引人注目。喙果皂帽花 *Dasymaschalon rostratum* 为该科喙果皂帽花属 *Dasymaschalon* 植物<sup>[1]</sup>。近年来药理筛选表明其具有很好的生物活性, 从其茎中分离得 3 个 A

环具醛基黄酮类化合物和 1 个氧化阿朴啡类生物碱均具有抗肿瘤活性<sup>[2]</sup>。本实验通过水蒸气蒸馏法提取喙果皂帽花新鲜叶挥发油,采用 GC-MS<sup>[3-4]</sup>对喙果皂帽花挥发油进行了成分分析,归一化法测定了各成分相对含量<sup>[5]</sup>,同时进行抗菌和抗肿瘤活性测试,为探索喙果皂帽花开发利用提供理论依据。

## 1 材料

喙果皂帽花新鲜叶采自海南昌江市霸王岭国家森林公园保护区,由海南师范大学生命科学学院钟琼芯教授鉴定,标本存放于海南师范大学热带药用植物化学省部共建教育部重点实验室。

5975B/6890N 型气相色谱-质谱联用仪:美国安捷伦公司;金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus* Rosenbach) ATCC25923、大肠埃希菌 (*Escherichia coli*) ATCC25922、枯草杆菌 (*Bacillus subtilis*) ATCC6633 由中国医学科学院药用植物研究所提供;肝癌细胞 (BEL-7402)、白血病细胞 (K-562)、胃癌细胞 (SGC-7901)、肺癌细胞 (SPCA-1) 为中科院上海生物所提供;RPMI 1640 培养液 (Gibco 公司),胰酶 (Gibco 公司),四甲基偶氮唑蓝 (MTT, Sigma 公司),超级新生牛血清 (杭州四季青生物科技有限公司),二甲基亚砜 (DMSO) (天津市化学试剂二厂)。

## 2 方法

**2.1 挥发油的制备** 取喙果皂帽花新鲜叶 240 g,分 2 批按 2010 年版《中国药典》一部附录 XD 挥发油测定法 (不加二甲苯),水蒸气蒸馏法提取 6 h,用乙醚萃取 3 次,乙醚层用无水硫酸钠干燥后于 35 ℃ 水浴回收,计算提取率。

**2.2 GC-MS 分析条件** 进样条件:样品瓶温度 100 ℃,定量环 (1.0 mL) 温度 110 ℃,传输线温度 120 ℃,气相平衡时间 5.5 min,样品平衡时间 7.0 min,样品瓶加压时间 0.1 min,定量环增量时间 0.5 min,样品环平衡时间 0.05 min,进样时间 1.0 min。

GC 条件:石英毛细管柱 HP-FFAP (0.25 μm × 0.25 mm, 30 m),起始温度 40 ℃,以 5 ℃·min<sup>-1</sup> 升温速率升温到 200 ℃ 维持 5 min,再以 8 ℃·min<sup>-1</sup> 升温速率升温到 280 ℃ 维持至完成分析,载气为 He (99.99%),柱流量 1.0 mL·min<sup>-1</sup>,进样口温度 250 ℃,分流比 50:1。EI 电离源,70 eV;离子源温度 230 ℃,四极杆温度 180 ℃,溶剂延迟 2.5 min,扫描质量范围 *m/z* 50 ~ 550。

**2.3 抗菌活性测试** 按纸片琼脂扩散法观察抗菌活性。细菌培养基配方:18 g 营养肉汤,1.5 g 琼脂,100 mL 蒸馏水;活化菌种,用接种环从斜面上划取

一环菌苔,将其溶于 10 mL 的无菌水中,配成菌悬液,移取 0.2 mL 菌悬液于平板上,用涂布器均匀涂好,每个菌种制 2 个平板。将挥发油配成 20, 40, 60 g·L<sup>-1</sup> 的乙醚溶液以及未稀释的溶液,然后取滤纸片 (Φ 1.0 cm, 已灭菌) 浸没于以上溶液中,使其充分饱和,略微风干后,接于上述制作好的含菌培养皿中,每个组对测试菌分别作 2 个重复,乙醚作为空白对照。将制好后的培养皿在 28 ℃ 恒温培养 48 h 后观察真菌,细菌培养皿在 37 ℃ 恒温培养 24 h 后观察,测量其抑菌圈的大小,根据抑菌圈大小判断抑菌活性<sup>[6]</sup>。

**2.4 抗肿瘤活性测试** 收集对数期细胞,用含 10% 新生小牛血清的 RPMI 1640 培养液配制细胞悬液,调整其细胞密度为 10 000 个/mL,于 96 孔板中每孔加入 180 L 该密度细胞悬液,铺板。将孔板放入培养箱,37.0 ℃,5% CO<sub>2</sub> 饱和湿度条件下,培养 8 ~ 12 h。加入用 PBS 配制的浓度梯度的挥发油 (1, 10, 100 mg·L<sup>-1</sup>) 20 L,继续培养 44 h。再加入 50 L MTT 溶液 (1 g·L<sup>-1</sup>, PBS 配制),继续培养 4 h 后,终止培养,小心吸弃孔内培养上清液。每孔加入 150 L DMSO,振荡 10 min,使甲瓚结晶物充分溶解,显出蓝紫色。在酶联免疫检测仪上选择 570 nm,调零,测定各孔的吸光值,记录结果,计算抑制率<sup>[7]</sup>。

## 3 结果与讨论

**3.1 挥发油化学成分分析** 利用水蒸气蒸馏法制备喙果皂帽花挥发油得到特殊香气的浅黄色油状物 3.7 g,提取率 1.54%。用毛细管色谱法对挥发油样品进行测定,GC 共分离出 91 个组分,经色谱峰面积归一化法测得挥发油中各组分的相对百分含量,根据 GC-MS 联用所得的质谱信息,经用标准质谱检索库计算机检索,共鉴定出 73 个化学成分,占挥发油总质量的 90.25%,其中烯类 37 个 (64.55%),醇类 21 个 (12.48%)。相对质量分数较高的组分双环杜鹃烯 15.63%,丁子香烯 7.95%,香叶烯 6.94%,香柠檬烯 5.07%,四甲基环癸二烯甲醇 4.79%,异麝香草酚甲基醚 4.71%,见表 1。

**3.2 活性测试结果分析** 利用琼脂扩散法观察喙果皂帽花挥发油抗菌活性,低浓度时对大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌、枯草杆菌等 3 种细菌的抑制活性均较弱,高浓度时具有中等强度抑菌活性 (表 2)。采用 MTT 比色法对挥发油进行抗肿瘤活性研究 (表 3),发现其对白血病细胞 K-562 具有很好的抑制活性,IC<sub>50</sub> 10.47 mg·L<sup>-1</sup>,而对肝癌细胞 BEL-7402 具有中等强度的抑制活性。

表 1 喙果皂帽花叶挥发油化学成分及其相对含量

No.	$t_R$ /min	化合物	分子式	相对分子质量	相对质量分数/%
1	4.30	叶醇 3-hexen-1-ol	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	100	0.20
2	4.51	正己醇 1-hexanol	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	102	0.03
3	5.87	1 <i>R</i> - $\alpha$ -蒎烯 1 <i>R</i> - $\alpha$ -pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	3.41
4	6.19	蒎烯 camphene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	1.01
5	6.79	$\beta$ -水芹烯 $\beta$ -phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0.14
6	6.90	$\beta$ -蒎烯 $\beta$ -pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	1.95
7	7.20	$\beta$ -月桂烯 $\beta$ -myrcene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0.91
8	7.56	$\alpha$ -水芹烯 $\alpha$ -phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0.34
9	7.87	松油烯 $\delta$ -terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0.66
10	8.08	邻异丙基甲苯 2-isopropyltoluene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	0.27
11	8.18	右旋柠檬烯 <i>D</i> -limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0.19
12	8.26	桉叶醇 eucalyptol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	1.01
13	8.72	罗勒烯 ocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	1.72
14	9.02	(1 <i>S</i> )-( + )-3-蒎烯 (1 <i>S</i> )-( + )-3-carene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	1.23
15	9.24	乙酰苯 acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120	1.03
16	9.78	异松油烯 terpinolene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0.05
17	10.00	苯甲酸甲酯 methyl benzoate	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	136	0.01
18	10.15	芳樟醇 linalool	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	0.14
19	10.21	壬醛 nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142	0.10
20	12.31	萜烯醇 terpenol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	0.22
21	12.70	$\alpha$ -松油醇 $\alpha$ -terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	0.32
22	13.53	( <i>Z</i> )-香芹醇 ( <i>Z</i> )-carveol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152	0.52
23	14.13	异麝香草酚甲基醚 isothymol methyl ether	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O	164	4.71
24	14.45	香叶醇 geraniol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	0.58
25	15.23	乙酸龙脑酯 bornyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	196	0.12
26	15.77	香芹酚 carvacrol	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	150	2.52
27	16.65	$\delta$ -榄香烯 $\delta$ -elemene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	2.47
28	16.91	$\alpha$ -毕澄茄烯 $\alpha$ -cubebene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.11
29	17.07	乙酸瑞香酯 thymyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	192	0.50
30	17.29	乙酸橙花酯 nerol acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	196	0.17
31	17.35	环异洒剔烯 ( + )-cycloisotivene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.10
32	17.52	异喇叭烯 isolekene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.26
33	17.62	古巴烯 copaene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.53
34	18.10	$\beta$ -榄香烯 $\beta$ -elemene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	2.81
35	18.44	异丁香香烯 isocaryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.16
36	18.51	$\alpha$ -古芸烯 $\alpha$ -gurjunene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.14
37	18.74	香柠檬烯 bergapten	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	5.07
38	18.93	丁香香烯 caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	7.95
39	19.04	$\beta$ -毕澄茄烯 $\beta$ -cubebene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.49
40	20.22	$\gamma$ -毕澄茄烯 $\gamma$ -cubebene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	1.57

续表 1

No.	$t_R$ /min	化合物	分子式	相对分子质量	相对质量分数/%
41	20.43	香叶烯 geraniolene	$C_{15}H_{24}$	204	6.94
42	20.95	双环杜鹃烯 bicyclogermacrene	$C_{15}H_{24}$	204	15.63
43	21.06	$\alpha$ -石竹烯 $\alpha$ -caryophyllene	$C_{15}H_{24}$	204	0.87
44	21.36	$\delta$ -毕澄茄烯 $\delta$ -cubebene	$C_{15}H_{24}$	204	0.98
45	22.11	四甲基环癸二烯甲醇 hedyerol	$C_{15}H_{26}O$	222	4.79
46	22.16	$\gamma$ -榄香烯 $\gamma$ -elemene	$C_{15}H_{24}$	204	0.23
47	22.29	$\beta$ -蛇麻烯 $\beta$ -humulene	$C_{15}H_{24}$	204	0.35
48	22.77	(-)-斯巴醇 (-)-spathulenol	$C_{15}H_{24}O$	220	2.24
49	22.88	雅榄蓝烯 eremophilene	$C_{15}H_{24}$	204	1.71
50	23.05	(+)-白千层醇 (+)-melaleuca alternifolia	$C_{15}H_{26}O$	222	0.60
51	23.13	愈创木醇 guaiol	$C_{15}H_{26}O$	222	0.76
52	23.44	别香橙烯 alloaromadendrene	$C_{15}H_{24}$	204	0.58
53	23.50	榄香醇 elemol	$C_{15}H_{26}O$	222	0.27
54	23.67	水菖蒲烯 calerene	$C_{15}H_{24}$	204	1.34
55	23.91	$\delta$ -桉醇 $\delta$ -eudesmol	$C_{15}H_{26}O$	222	1.07
56	24.13	$\tau$ -杜松醇 $\tau$ -cadinol	$C_{15}H_{26}O$	222	0.62
57	24.25	$\delta$ -杜松醇 $\delta$ -cadinol	$C_{15}H_{26}O$	222	0.77
58	24.83	绿花烯 viridiflorene	$C_{15}H_{24}$	204	1.11
59	25.02	$\alpha$ -甜没药萜醇 $\alpha$ -bisabolol	$C_{15}H_{26}O$	222	0.12
60	25.78	金合欢醇 farnesol	$C_{15}H_{26}O$	222	0.12
61	25.83	新异长叶烯 neoisolongifolene	$C_{15}H_{22}$	202	0.27
62	26.07	长叶醛 longifolenaldehyde	$C_{15}H_{24}O$	220	0.11
63	26.81	$\beta$ -桉叶烯 $\beta$ -eudesmene	$C_{15}H_{24}$	204	0.54
64	27.00	$\alpha$ -榄香烯 $\alpha$ -elemene	$C_{15}H_{24}$	204	0.46
65	27.31	Z- $\alpha$ -反式-香柠檬 Z- $\alpha$ -trans-bergamotol	$C_{15}H_{24}O$	220	0.11
66	28.22	乙酸金合欢醇酯 farnesol acetate	$C_{17}H_{28}O_2$	264	0.25
67	28.90	水杨酸苄酯 nenzyl salicylate	$C_{14}H_{12}O_3$	228	0.05
68	29.76	金合欢基丙酮 farnesyl acetone	$C_{18}H_{30}O$	262	0.12
69	29.86	棕榈酸甲酯 methyl palmitate	$C_{17}H_{34}O_2$	270	0.07
70	33.40	叶绿醇 phytol	$C_{20}H_{40}O$	296	0.25
71	33.98	7-十五炔 7-pentadecyne	$C_{15}H_{28}$	208	0.32
72	38.65	己二酸二辛酯 bis(2-ethylhexyl) adipate	$C_{22}H_{42}O_4$	370	0.09
73	42.83	邻苯二甲酸二异辛酯 diisooctyl phthalate	$C_{24}H_{38}O_4$	390	0.79

表 2 喙果皂帽花挥发油抑菌活性 ( $\bar{x} \pm s$ )

挥发油质量浓度 /g·mL <sup>-1</sup>	抑菌圈直径/mm		
	枯草杆菌	大肠埃希菌	金黄色葡萄球菌
20	7.81 ± 0.63	7.76 ± 0.92	8.98 ± 0.59
40	11.36 ± 0.46	13.22 ± 0.41	12.18 ± 0.76
60	18.81 ± 0.51	19.57 ± 0.36	19.13 ± 1.12

表 3 喙果皂帽花挥发油抗肿瘤活性

IC <sub>50</sub> /mg·L <sup>-1</sup>			
SPC-A-1	BEL-7402	SGC-7901	K-562
-	47.2	-	10.47

#### 4 结论

经过 GC-MS 分析喙果皂帽花叶挥发油得到 91 个化合物, 鉴定了 73 个化合物, 占总含量的

90.25%, 主要成分为烯类化合物。喙果皂帽花叶挥发油中含有很多活性成分,  $\beta$ -榄香烯能有效抑制多种肿瘤细胞的增殖, 抑制肿瘤细胞核酸合成, 诱导肿瘤细胞凋亡和分化, 而且能增强肿瘤的免疫原性<sup>[8]</sup>。 $\alpha$ -石竹烯可强烈诱导小鼠肝和小肠中的解毒酶谷胱甘肽 S-转移酶活性而对化学致癌起抑制作用<sup>[9]</sup>, 质量浓度 32 mg·L<sup>-1</sup> 对人乳腺癌细胞系 MCF-7 增殖抑制率为 50%<sup>[10]</sup>。斯巴醇对金黄色葡萄球菌生长有抑制作用<sup>[11]</sup>, 酶 I 具有中等程度抑制作用<sup>[12]</sup>。因此喙果皂帽花叶挥发油浓度高时具有一定的抑菌活性, 并对白血病细胞 K-562 和肝癌细胞 BEL-7402 具有较好的抑制活性, 这为喙果皂帽花开发利用提供科学依据。

# 臭椿皮乙酸乙酯部位化学成分研究

莫小宇<sup>1</sup>, 麦景标<sup>2\*</sup>

(1. 中山市陈星海医院, 广东 中山 528415; 2. 广东三才石岐制药有限公司, 广东 中山 528415)

**[摘要]** 目的: 研究臭椿皮中乙酸乙酯部位的化学成分。方法: 采用硅胶和 Sephadex LH-20 等柱色谱对乙酸乙酯萃取部分进行分离, 通过波谱数据分析进行结构鉴定。结果: 从乙酸乙酯部位分离 6 个化合物, 分别鉴定为 3-甲氧基-4-羟基苯甲酸(1), 延胡索乙素(2), 马兜铃酸内酰胺 A II(3), 槲皮素(4), 阿魏酸(5), 齐墩果酸(6)。结论: 化合物 1~4, 6 为首次从该植物中分离得到。

**[关键词]** 苦木科; 臭椿皮; 乙酸乙酯部位; 化学成分

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)16-0136-03

**[doi]** 10.11653/syjf2013160136

## Chemical Constituents of Ethyl Acetate Extract from *Ailanthus altissima*

MO Xiao-yu<sup>1</sup>, MAI Jing-biao<sup>2\*</sup>

(1. CHEN Xinghai Hospital Guangdong Zhongshan, Zhongshan 528415, China;  
2. Guangdong Sancai the Shiqi Pharmaceutical Co. Ltd., Zhongshan 528415, China)

**[Abstract]** **Objective:** To study the chemical constituents of the ethyl acetate extract from *Ailanthus*

**[收稿日期]** 20120509(015)

**[第一作者]** 莫小宇, 医师, 从事女性生殖器官肿瘤的中医药防治研究

**[通讯作者]** \* 麦景标, 药师, 从事有效成分筛选研究, E-mail: maijingbiao168@163.com

### [参考文献]

[1] 蒋英, 李秉滔. 中国植物志. 第 30 卷. 第 2 册[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 164.

[2] 周立东, 余竞光, 郭伽, 等. 喹果皂帽花的 A 环具醛基黄酮类化合物和氧化阿朴啡类生物碱[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(1): 39.

[3] 邵帅, 严铭铭, 毕胜男, 等. 小飞蓬挥发性化学成分的 GC-MS 研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(8): 116

[4] 孙宗喜, 吕晓慧, 徐桂花, 等. 甘肃产柴胡挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(9): 75

[5] 孙慧玲, 王俊霞, 顾雪竹, 等. 山胡椒叶及果实挥发性成分分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(7): 94.

[6] 施巧琴, 吴松刚. 工业微生物育种学[M]. 2 版. 北京: 科学技术出版社, 2003: 69.

[7] Zheng Q H, Jiang P, Zhou X L, et al. Analysis of active ingredients of geranium oil extracted from fresh leaves of

*Pelargonium graveolens* L for relieving cough [J]. Biom Chem Eng, 2011, 45(1): 37.

[8] Mosmann T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays [J]. J Immunol Methods, 1983, 65: 55.

[9] Zheng G Q, Kenney P M, Lam L K T. Sesquiterpenes from clove (*Eugenia caryophyllata*) as potential anticarcinogenic agents [J]. J Nat Prod, 1992, 55(7): 999.

[10] Legault J, Pichette A. Potentiating effect of  $\beta$ -caryophyllene on anticancer activity of  $\alpha$ -humulene, isocaryophyllene and paclitaxel[J]. J Pharm Pharmacol, 2007, 59(12): 1643.

[11] Ulubelen A, Topcu G, Eris C, et al. Terpenoids from *Salvia sclarea*[J]. Phytochemistry, 1994, 36(4): 971.

[12] Del V Pacciaroni A, Mongelli E, Espinar L A, et al. Bioactive constituents of *Conyza albida* [J]. Planta Med, 2000, 66(8): 720.

[责任编辑 邹晓翠]