

# 芸香挥发油 GC-MS 分析及其生物活性研究

唐祖年, 杨月, 杨扬, 徐雅娟(桂林医学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 目的 研究芸香挥发油的化学成分、抑菌活性和对 HepG2 细胞、NCI-H460 细胞增殖的抑制作用。方法 采用水蒸气蒸馏法(SD)提取挥发油, 通过气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)分析芸香挥发油的化学成分, 同时采用纸片法测定其抑菌活性和 MTT 法观察芸香挥发油对肝癌 HepG2 细胞和肺癌 NCI-H460 细胞增殖的抑制作用。结果 从芸香挥发油共鉴定出 21 种成分, 主要为 2-十一酮(46.15%), 其次是 2-壬酮(27.01%)及 2-十三醇乙酸酯(12.73%); 抗菌实验显示, 芸香挥发油对金黄色葡萄球菌、白色葡萄球菌、表皮葡萄球菌、乙型链球菌有较强的抑菌活性; 对肝癌 HepG2 细胞和肺癌 NCI-H460 细胞的增殖也有抑制作用, 48 h 的作用强于 24 h,  $IC_{50}$  分别为  $23.21 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  和  $21.87 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。结论 芸香挥发油可作为一种潜在的天然抗菌和抗肿瘤药物的来源。

**关键词:** 芸香; 挥发油; 气相色谱-质谱联用; 抑菌活性; 细胞增殖的抑制作用

中图分类号: R284.1; R285.5

文献标志码: A

文章编号: 1007-7693(2011)09-0834-05

## Chemical Composition and Biological Activity of the Essential Oil of *Ruta graveolens*

TANG Zunian, YANG Yue, YANG Yang, XU Yajuan(College of Pharmacy, Guilin Medical College, Guilin 541004, China)

**ABSTRACT: OBJECTIVE** The chemical composition, antimicrobial activity and inhibitory effect to cell proliferation of the essential oil from *Ruta graveolens* were studied. **METHODS** The chemical composition of the essential oil obtained by hydrodistillation from *Ruta graveolens* was analysed by GC-MS. The antimicrobial activity of the oil was evaluated against 9 micro-organisms using agar disc diffusion method. The inhibitory effect of the oil to cell proliferation was evaluated on HepG2 and NCI-H460 cell lines by MTT assay. **RESULTS** Twenty-one components were identified in the oil, and main compounds of

作者简介: 唐祖年, 男, 副教授

Tel: 13977373951

E-mail: tangzunian@yahoo.com.cn

the oil were 2-Undecanone (46.15%), 2-Nonanone (27.01%) and 2-Acetoxytridecane(12.73%). The oil presented a broad antimicrobial spectrum, and exerted strong bactericidal activity againsts *Staphylococcus aureus* CCTCC 26001, *Staphylococcus albus* CCTCC 26101, *Staphylococcus epidermidis* CCTCC 26069 and  $\beta$ -hemolytic *streptococcus* CCTCC 32210. The data of MTT test indicated that the oil could exert an anti-tumor activity, especially more active for 48 h incubation than 24 h against two cancer cell lines. The  $IC_{50}$  values of  $23.21 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  and  $21.87 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  were measured for HepG2 and NCI-H460 carcinoma cell lines, respectively. **CONCLUSION** Our study suggests that the essential oil of *Ruta graveolens* could be one of potential medicinal resources for antibacterial and antitumor agents.

**KEY WORDS:** *Ruta graveolens*; essential oil; GC-MS; antimicrobial activity; inhibitory effect to cell proliferation

芸香(*Ruta graveolens* Linn.), 别名臭草, 系芸香科多年生草本植物, 原产欧洲南部, 在我国分布于福建、广西、广东。全草供药用, 有祛风、退热、利尿、消肿等功效, 是常用中药<sup>[1-2]</sup>。现代研究表明, 该植物含有喹啉生物碱、香豆素、黄酮和木脂素等化合物, 具有抗菌(真菌)、解痉、兴奋子宫和抗生育作用等多种药理学活性。以芸香为原料制成的复方芸香片醇提物对化脓性链球菌、藤黄八叠球菌、金黄色葡萄球菌和 B 群链球菌有较强的抗菌作用<sup>[3]</sup>。芸香全草含挥发油, 其精油主要成分为 2-十一酮、2-壬酮和乙酸-2-壬醇酯。徐汉虹等<sup>[4]</sup>报道用 0.1%芸香精油处理小麦或全麦粉, 能完全抑制 4 种储粮害虫的繁殖。故芸香也可成为理想的生物农药。目前对芸香挥发油生物学活性的研究未见报道, 本文对桂林地区人工栽培的芸香采用蒸馏法提取挥发油, 然后通过气质联用(GC-MS)对所得的挥发油进行化学成分分析, 并采用纸片扩散法和 MTT 法检测了挥发油的抗菌活性和对 HepG2、NCI-H460 细胞增殖的抑制作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

芸香地上部分于 2010 年 6 月采自桂林市郊花卉种植基地, 由中科院广西植物研究所植物分类研究员韦发南鉴定为芸香 *Ruta graveolens* Linn.。

### 1.2 仪器与试剂

GC-MS/QP 5050A 气相色谱质谱联用仪(日本岛津公司); 色谱柱为 DB-1 弹性石英毛细管柱 ( $30.0 \text{ m} \times 0.25 \text{ mm}$ ,  $0.25 \mu\text{m}$ ); 隔水式电热培养箱 GNP-9270(上海精宏实验设备有限公司); 蒸气高压灭菌锅 MLS-3020(日本日立); 水解酪蛋白琼脂(杭州天和微生物试剂有限公司); 胰酶(Amresco 公司分装); 新生牛血清(GIBCO 公司, 批号: LOT71703680); 培养基 DMEM(HIGH GLUCOSE, Hyclone 公司, 批号: NVE0272); PBS(福州迈新生物技术开发有限公司, 批号: 10032901); MTT(Amresco 公司分装); HepG2 细胞株和

NCI-H460 细胞株来源于武汉大学中国典型培养物保藏中心, 并由本教研室自行传代培养。

### 1.3 样品处理

鲜芸香茎叶 4 kg 剪碎, 用水蒸气蒸馏 6 h, 蒸馏出的挥发油加适量无水硫酸钠脱水, 置  $-20^\circ\text{C}$  冰箱保存。

### 1.4 GC-MS 分析

色谱和质谱条件: 柱前压为 47 kPa; 进样口温度为  $270^\circ\text{C}$ ; 程序升温: 柱起始温度  $60^\circ\text{C}$ , 保留 5 min, 以  $3^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  升温至  $135^\circ\text{C}$ , 然后以  $2^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  升温至  $145^\circ\text{C}$ , 以  $6^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  升温至  $220^\circ\text{C}$ , 最后以  $20^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  升温至  $260^\circ\text{C}$ , 保持 10 min; 载气为高纯度氦气(99.99%), 流量为  $1.0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ; 进样量为  $0.2 \mu\text{L}$ (乙醚溶液), 分流比为 70:1; 离子源为 EI 源, 离子源温度为  $230^\circ\text{C}$ ; 电子能量为 70 eV; 倍增器电压为 800 V; 接口温度为  $250^\circ\text{C}$ ; 质量扫描范围为 33~800 amu。采用美国 NIST'05 数据库对其进行定性定量分析, 挥发油成分相对含量的确定采用面积归一法。

### 1.5 菌株与培养基

供试菌株: 金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus* CCTCC 26001)、白色葡萄球菌(*Staphylococcus albus* CCTCC 26101)、表皮葡萄球菌(*Staphylococcus epidermidis* CCTCC 26069)、甲型链球菌( $\alpha$ -hemolytic *Streptococcus* CCTCC 32209)、乙型链球菌( $\beta$ -hemolytic *Streptococcus* CCTCC 32210)、肺炎球菌(*Streptococcus pneumonia* CCTCC 31002)、大肠埃希菌(*Escherichia coli* CCTCC 44104)、变形杆菌(*Proteus bacillus vulgaris* CCTCC 49027)和铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa* CCTCC 10104)由桂林医学院微生物教研室提供。培养基为血清肉汤琼脂培养基和普通肉汤琼脂培养基, 购自中国药品生物制品检定所。

### 1.6 挥发油稀释

芸香挥发油用 95%乙醇稀释, 配成 10%(1:10)、5%(1:20)、2.5%(1:40)、1.25%(1:80)系列浓度备用。

1.7 芸香挥发油抑菌活性测定

抑菌试验(滤纸片法)<sup>[5-6]</sup>:将供试菌种在血清肉汤培养基和普通肉汤培养基上活化后,分别用灭菌生理盐水配成  $3 \times 10^8$  cfu·mL<sup>-1</sup> 的菌液悬液,振荡均匀。用无菌棉签吸取菌液约 1 mL,分别涂布于血清肉汤琼脂培养基和普通肉汤琼脂培养基上,制成均匀的含菌平板,备用。将厚度 1.5 mm 的滤纸用打孔机制成直径为 6 mm 的小圆纸片,干热灭菌后,将滤纸片浸于上述 10%、5%、2.5%、1.25% 不同浓度的各种药液中浸泡 2 h。用 95% 的乙醇溶液和无菌生理水作对照。用无菌镊子将浸泡后的含药滤纸片贴在已准备好的含菌平板上,每个平皿等距放 2 片,每个浓度各供试菌平行做 3 次,然后将培养皿置培养箱中培养 18~24 h,测定各供试菌抑菌圈的直径大小,结果取平均值。

1.8 MTT 法检测芸香挥发油对 HepG2 细胞和 NCI-H460 细胞增殖的抑制作用<sup>[7]</sup>

将对数生长期的 HepG2 细胞和 NCI-H460 细胞接种于培养瓶,置 37 °C、5% CO<sub>2</sub> 培养箱内培养,待细胞融合约 80% 时,进行传代培养。将对数生长期细胞稀释为  $5 \times 10^4$  个·mL<sup>-1</sup>,接种于 96 孔板,每孔 180 μL 及药液 20 μL。待测样品用

DMSO 溶解(DMSO 终体积分数≤0.1%),芸香挥发油终浓度分别为 12.5, 25, 50, 100 和 200 μg·mL<sup>-1</sup>,每个浓度平行 5 孔,同时设生理盐水对照组和 5-氟尿嘧啶(5-FU,终浓度为 12.5, 25, 50, 100 和 200 μg·mL<sup>-1</sup>)阳性对照组<sup>[8]</sup>,分别培养 24 和 48 h 后,每孔加入 MTT( $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ )20 μL,37 °C 培养 4 h。培养结束后,去上清液,每孔加入 DMSO 150 μL,在振荡器上摇匀 15 min,于酶标仪 490 nm 测定吸光度值,实验重复 3 次,结果取平均值,并计算细胞生长抑制率,细胞生长抑制率(%)=(1-OD 实验孔/OD 对照孔)×100%。采用 Origin 9.0 软件进行数据的统计分析,并计算 IC<sub>50</sub>。

2 结果

2.1 芸香挥发油的化学成分分析

芸香经过水蒸气蒸馏得到淡黄色透明的挥发油,具有特殊气味,其得率为 0.09%。通过 GC-MS 对芸香挥发油的化学成分进行了分析,并利用色谱峰面积归一法测得各组分的相对含量,所得质谱图经 NIST'05 质谱数据库检索,并与标准图谱核对,鉴定出其中的 21 个组分,占挥发油总量的 67.86%,含量最高的为 2-十一酮(46.15%)、其次是 2-壬酮(27.01%)及 2-十三醇乙酸酯(12.73%)。结果见表 1。

表 1 芸香挥发油化学成分与相对含量

Tab 1 Chemical composition and relative content of the essential oil of *Ruta Graveolens*

| 序号 | 化学成分                                                                  | 分子式                                            | 分子量 | 相对含量/% |
|----|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----|--------|
| 1  | 2-Nonanone 2-壬酮                                                       | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O               | 142 | 27.01  |
| 2  | 2-Nonanol 2-壬醇                                                        | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O               | 144 | 0.75   |
| 3  | 3-Methyl-3,4-divinyl-1-cyclohexene 3-甲基-3, 4-二乙烯基环己烯                  | C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>                | 148 | 0.12   |
| 4  | 1,5-Cyclooctadiene, 3-(1-methyl-2-propenyl) 3-(3-1 甲基-2-丙烯基)-1,5-环辛二烯 | C <sub>12</sub> H <sub>18</sub>                | 162 | 1.33   |
| 5  | 2-(1-Hydroxybut-2-enylidene)cyclohexanone 2-(1-羟基-2-亚丁烯基)环己酮          | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> | 166 | 0.03   |
| 6  | 2-Dodecanone 2-十二(烷)酮                                                 | C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O              | 184 | 0.02   |
| 7  | 1-Methyl-5,6-divinyl-1-cyclohexene 1-甲基-5, 6-二乙烯基环己烯                  | C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>                | 148 | 0.01   |
| 8  | 2-Decanone 2-癸酮                                                       | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O              | 156 | 0.81   |
| 9  | 3-Methylheptyl acetate 3-甲基庚醇乙酸酯                                      | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> | 172 | 0.03   |
| 10 | 2-Acetoxytridecane 2-十三醇乙酸酯                                           | C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> | 242 | 12.73  |
| 11 | 2-Undecanone 2-十一酮                                                    | C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O              | 170 | 46.15  |
| 12 | 2-Undecanol 2-十一醇                                                     | C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> O              | 172 | 0.31   |
| 13 | Acetic acid, nonyl ester 乙酸正壬酯                                        | C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub> | 186 | 0.21   |
| 14 | 2-Dodecanone 2-十二(烷)酮                                                 | C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O              | 184 | 1.59   |
| 15 | 2-Acetoxytetradecane 2-十四醇乙酸酯                                         | C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> | 256 | 1.76   |
| 16 | 2-Tridecanone 2-十三酮                                                   | C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O              | 198 | 0.84   |
| 17 | Butylated Hydroxytoluene 二丁基羟基甲苯                                      | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O              | 220 | 0.22   |
| 18 | Elemol 榄香醇(脑)                                                         | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O              | 222 | 0.29   |
| 19 | 8-Phenyl-1-octanol 8-苯基-1-辛醇                                          | C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O              | 206 | 0.17   |
| 20 | n-Hexadecanoic acid 十六酸                                               | C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> | 256 | 0.16   |
| 21 | Phytol 3,7,11,15-四甲基-2-十六烯-1-醇                                        | C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O              | 296 | 1.31   |

2.2 芸香挥发油抑菌测定结果

以纸片扩散法测定芸香挥发油的抑菌活性，结果表明对所试 9 种细菌中的 8 种有不同程度的抑菌活性，其中对金黄色葡萄球菌、白色葡萄球

菌、表皮葡萄球菌、乙型链球菌和铜绿假单胞菌的抑菌活性较强，对甲型链球菌、肺炎链球菌和大肠埃希菌作用弱，而对变形杆菌无效。结果见表 2。

表 2 芸香发油的抗菌作用(样品浓度为 V/V, 单位为 mm, n=3,  $\bar{x} \pm s$ )

Tab 2 Antimicrobial activity of the essential oil of *Ruta Graveolens* (Tested at a concentration of volume to volume; Values given as mm, n=3,  $\bar{x} \pm s$ )

| 细菌种类    | 1 : 10    | 1 : 20    | 1 : 40   | 1 : 80   | NS | 95%乙醇 |
|---------|-----------|-----------|----------|----------|----|-------|
| 金黄色葡萄球菌 | 12.3±0.58 | 10.0±1.00 | 8.3±0.58 | 0        | 0  | 0     |
| 白色葡萄球菌  | 10.0±1.00 | 9.3±0.58  | 8.0±1.00 | 7.3±0.58 | 0  | 0     |
| 表皮葡萄球菌  | 11.3±0.58 | 9.3±0.58  | 7.7±0.58 | 6.7±0.58 | 0  | 0     |
| 甲型链球菌   | 6.7±0.58  | 0         | 0        | 0        | 0  | 0     |
| 乙型链球菌   | 12.3±0.58 | 10.0±1.00 | 9.3±0.58 | 8.0±1.00 | 0  | 0     |
| 肺炎链球菌   | 8.3±0.58  | 7.0±1.00  | 0        | 0        | 0  | 0     |
| 大肠埃希菌   | 0         | 8.3±0.58  | 8.0±1.00 | 0        | 0  | 0     |
| 变形杆菌    | 0         | 0         | 0        | 0        | 0  | 0     |
| 铜绿假单胞菌  | 10.3±0.58 | 9.3±0.58  | 7.0±1.00 | 6.7±0.58 | 0  | 0     |

2.3 芸香挥发油对 HepG2 细胞和 NCI-H460 细胞增殖的抑制作用

采用 MTT 法检测了芸香挥发油对 HepG2 细胞和 NCI-H460 细胞增殖的抑制作用，结果见表 3 和表 4。结果表明芸香挥发油对 HepG2 细胞和

NCI-H460 细胞体外增殖均有明显的抑制作用，并呈浓度依赖性；从 IC<sub>50</sub> 值来看芸香挥发油对 HepG2 细胞 48 h 的增殖抑制作用优于 24 h，并且其对 NCI-H460 细胞增殖的抑制作用强于 HepG2 细胞。

表 3 芸香挥发油对人肝癌 HepG2 细胞增殖的抑制作用(n=5,  $\bar{x} \pm s$ )

Tab 3 The inhibitory effect of the essential oil from *Ruta Graveolens* on HepG2 cell line(n=5,  $\bar{x} \pm s$ )

| 剂量/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ | 24 h        |         |                                                     | 48 h        |         |                                                     |
|--------------------------------------|-------------|---------|-----------------------------------------------------|-------------|---------|-----------------------------------------------------|
|                                      | OD 值        | 抑制百分率/% | IC <sub>50</sub> / $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ | OD 值        | 抑制百分率/% | IC <sub>50</sub> / $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ |
| NS                                   | 0.999±0.052 | —       |                                                     | 1.801±0.062 | —       |                                                     |
| 芸香挥发油                                |             |         |                                                     |             |         |                                                     |
| 200                                  | 0.294±0.144 | 70.60   | 144.85                                              | 0.399±0.164 | 77.86   | 23.21                                               |
| 100                                  | 0.670±0.080 | 32.90   |                                                     | 0.698±0.126 | 61.24   |                                                     |
| 50                                   | 0.771±0.021 | 28.85   |                                                     | 0.747±0.036 | 58.49   |                                                     |
| 25                                   | 0.901±0.058 | 9.81    |                                                     | 0.782±0.015 | 56.60   |                                                     |
| 12.5                                 | 0.883±0.109 | 11.61   |                                                     | 1.074±0.208 | 40.35   |                                                     |
| 5-FU                                 |             |         |                                                     |             |         |                                                     |
| 200                                  | 0.357±0.199 | 64.19   | 127.24                                              | 0.469±0.030 | 70.96   | 13.88                                               |
| 100                                  | 0.563±0.169 | 43.67   |                                                     | 0.539±0.033 | 70.05   |                                                     |
| 50                                   | 0.701±0.081 | 29.79   |                                                     | 0.569±0.196 | 68.37   |                                                     |
| 25                                   | 0.715±0.100 | 28.39   |                                                     | 0.633±0.192 | 64.83   |                                                     |
| 12.5                                 | 0.810±0.066 | 18.88   |                                                     | 0.793±0.027 | 45.97   |                                                     |

表 4 芸香挥发油对人肺癌 NCI-H460 细胞增殖的抑制作用( $n=5, \bar{x} \pm s$ )

Tab 4 The inhibitory effect of the essential oil from *Ruta Graveolens* on NCI-H460 cell line( $n=5, \bar{x} \pm s$ )

| 剂量/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ | 24 h              |         |                                                 | 48 h              |         |                                                 |
|--------------------------------------|-------------------|---------|-------------------------------------------------|-------------------|---------|-------------------------------------------------|
|                                      | OD 值              | 抑制百分率/% | $\text{IC}_{50}/\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ | OD 值              | 抑制百分率/% | $\text{IC}_{50}/\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ |
| NS                                   | 1.298 $\pm$ 0.359 | —       |                                                 | 1.509 $\pm$ 0.083 | —       |                                                 |
| 芸香挥发油                                |                   |         |                                                 |                   |         |                                                 |
| 200                                  | 0.440 $\pm$ 0.067 | 66.05   | 21.80                                           | 0.293 $\pm$ 0.073 | 80.56   | 21.87                                           |
| 100                                  | 0.512 $\pm$ 0.027 | 60.55   |                                                 | 0.430 $\pm$ 0.014 | 71.50   |                                                 |
| 50                                   | 0.524 $\pm$ 0.066 | 59.65   |                                                 | 0.506 $\pm$ 0.094 | 66.46   |                                                 |
| 25                                   | 0.591 $\pm$ 0.127 | 54.46   |                                                 | 0.682 $\pm$ 0.066 | 54.82   |                                                 |
| 12.5                                 | 1.069 $\pm$ 0.035 | 17.62   |                                                 | 1.063 $\pm$ 0.034 | 32.63   |                                                 |
| 5-FU                                 |                   |         |                                                 |                   |         |                                                 |
| 200                                  | 0.405 $\pm$ 0.038 | 68.77   | 26.59                                           | 0.220 $\pm$ 0.021 | 85.40   | 13.43                                           |
| 100                                  | 0.482 $\pm$ 0.014 | 62.84   |                                                 | 0.244 $\pm$ 0.013 | 83.80   |                                                 |
| 50                                   | 0.561 $\pm$ 0.011 | 56.78   |                                                 | 0.257 $\pm$ 0.015 | 82.99   |                                                 |
| 25                                   | 0.648 $\pm$ 0.046 | 50.08   |                                                 | 0.304 $\pm$ 0.012 | 79.83   |                                                 |
| 12.5                                 | 0.722 $\pm$ 0.173 | 40.50   |                                                 | 0.526 $\pm$ 0.077 | 45.13   |                                                 |

3 讨论

研究表明,芸香挥发油主要成分为 2-十一酮(46.16%)、2-壬酮(27.01%)和 2-十三醇乙酸酯(12.73%),相对含量在 1%以上的成分有:3-(3-1 甲基-2-丙烯基)-1,5-环辛二烯(1.33%)、2-十四醇乙酸酯(1.76%)和 3,7,11,15-四甲基-2-十六烯-1-醇(1.31%),与徐汉虹等<sup>[4]</sup>报道的其主要成分为 2-十一酮(36.82%)、2-壬酮(24.12%)和乙酸-2-壬醇酯(16.71%),相对含量在 1%以上的成分有:2-癸酮(1.31%)、异-2-十二酮(结构未定,1.28%)和乙酸-2-十一醇酯(3.04%)的结果在含量上差异较大,这可能与样品来源和地域等因素有关。抗菌结果表明芸香挥发油对金黄色葡萄球菌、白色葡萄球菌、表皮葡萄球菌、乙型链球菌有较强的抑菌作用,可能与挥发油中含烯类化合物有关<sup>[9]</sup>。此外芸香挥发油对 HepG2 细胞和 NCI-H460 细胞体外增殖有明显的抑制作用,为芸香的开发利用提供了实验依据。

REFERENCES

[1] XIE G Q, WANG L L, XU N, et al. New highly cold-resistant economic plant- *Ruta Graveolens* Linn.[J]. The Border

Economy and Culture(边疆经济与文化), 2008, 5(8): 75-76.  
[2] GU G Y, JIANG Y. The chemical constituents and pharmacological activities of *Ruta Graveolens* Linn.[J]. World Notes Plant Med(国外医药 植物药分册), 2003, 18(2): 47-49.  
[3] LI F. Study on the Bacteriostasis *in vitro* of compound *Ruta graveolens* L. Tablets [J]. Lishizhen Med Mater Med Res(时珍国医国药), 2001, 12(11): 971-972.  
[4] XU H H, ZHAO S H. Preliminary studies on insecticidal activity of the rue oil and analysis of its components [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 1994, 6(1): 56-61.  
[5] YU H, ZHANG X P, DENG M Q, et al. Study on constituents and biological activity of volatile oil from tublers of *Polygonatum cyrtoneura* Hua [J]. Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志), 2008, 14(5): 4-6.  
[6] ZHAO Y, ZHANG Y, WANG Z Z. Chemical composition and biological activities of essential oil from flower of *Chimonanthus praecox* (L.) Link [J]. Lishizhen Med Mater Med Res(时珍国医国药), 2010, 21(3): 622-625.  
[7] TANG Z N, GONG S J, DAI Z K, et al. Preliminary study on acute toxicity and effects of different extracts of *Pachyrrhizus erosus* Urban seed on KB cell [J]. Food Sci (食品科学), 2008, 29(7): 435-437.  
[8] CHEN ZH H, GONG X L, LIU Y. Effect of steroidal saponins from *P. polyphylla* on proliferation and cell cycle of A549 cells [J]. J Pract Med(实用医学杂志), 2010, 26(15): 2685-2687.  
[9] WEI D W, FANG J, JIANG H M, et al. The review of antibacterial activity of essential oils and their main chemical components [J]. Modern Agricultural Sciences and Technology (现代农业科技), 2008, (23): 357-358.

收稿日期: 2010-12-21