

## 矮紫堇生物碱成分

高燕萍<sup>1</sup>, 吴强<sup>2</sup>, 梁健<sup>1</sup>, 王洪玲<sup>1</sup>, 钟国跃<sup>1\*</sup>

(1. 江西中医药大学 中药资源与民族药研究中心, 南昌 330000;  
2. 江西中医药大学 科技学院, 南昌 330000)

**[摘要]** 目的:研究藏药矮紫堇生物碱部位的化学成分。方法:通过反复硅胶柱色谱,羟丙基葡聚糖凝胶(Sephadex LH-20),制备薄层色谱和半制备高效液相色谱等技术进行分离纯化,通过理化性质,运用 NMR,MS 等波谱方法以及结合文献数据对分离得到的化合物进行结构鉴定。结果:从矮紫堇乙醇提取物的总生物碱部位中分离鉴定了 11 个化合物,分别为 9-methyldecumbenine C (1),原阿片碱(2),别隐品碱(3),四氢黄连碱(4),四氢小檗碱(5),四氢巴马亭(6),tetrahydrocolumbamine(7),奥柯紫堇明碱(8),fumariline(9),二氢血根碱(10),小檗碱(11)。结论:化合物 3 和 5~11 为首次从该植物中分离得到。

**[关键词]** 矮紫堇;生物碱;化学成分;结构鉴定

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)17-0067-04

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2016170067

### Alkaloids from *Corydalis hendersonii*

GAO Yan-ping<sup>1</sup>, WU Qiang<sup>2</sup>, LIANG Jian<sup>1</sup>, WANG Hong-ling<sup>1</sup>, ZHONG Guo-yue<sup>1\*</sup>

(1. Research Center of Natural Resources of Chinese Medicinal Materials and Ethnic Medicine, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine (TCM), Nanchang 330000, China;  
2. Science and Technology College, Jiangxi University of TCM, Nanchang 330000, China)

**[Abstract]** **Objective:** To study the chemical constituents of Tibet medicine *Corydalis hendersonii*. **Method:** The chemical constituents were isolated through combined techniques, silica gel, Sephadex LH-20, preparative TLC and semi-preparative HPLC, and their structures were determined on the basis of physicochemical properties, MS and NMR spectroscopic analysis and literature data. **Result:** Eleven alkaloids were isolated from the total alkaloids part of ethanol extract from *C. hendersonii*. Their structures were identified as 9-methyldecumbenine C (1), protopine (2), allocryptopine (3), stylophine (4), tetrahydroberberine (5), tetrahydropalmatine (6), tetrahydrocolumbamine (7), ochotensimine (8), fumariline (9), dihydrosanguinarine (10), and berberine (11). **Conclusion:** Compounds 3 and 5-11 were obtained from this species for the first time.

**[Key words]** *Corydalis hendersonii*; alkaloids; chemical constituent; structural identification

矮紫堇又名尼泊尔黄堇,罂粟科植物,主要分布于我国西藏海拔 4 200 ~ 5 200 m 的区域。矮紫堇作为传统藏药“日棍”,主要用于治疗高血压和发热,另外,对肝炎也有一定的疗效<sup>[1]</sup>。现已从该属的藏药植物中分离得到的生物碱成分有 30 多种,这

些生物碱具有广泛的生物活性<sup>[2]</sup>,如抗肿瘤、抗炎镇痛、保护肝损伤等。目前,有关矮紫堇的研究报道较少,仅见有关矮紫堇化学成分及抗炎活性的研究报导,主要包括异喹啉类生物碱以及挥发油成分<sup>[3-6]</sup>。为进一步阐明该植物的化学组成,为合理

**[收稿日期]** 20160313(004)

**[基金项目]** 江西省卫生和计划生育委员会项目(2014A030);科研课题-校级项目(JXXT201402023)

**[第一作者]** 高燕萍,博士,讲师,从事中药活性成分的研究,Tel: 15979107108,E-mail: gyp1271985@126.com

**[通讯作者]** \*钟国跃,博士,教授,从事植物化学和资源植物等方面的研究,Tel: 13907090002,E-mail: zgy1037@163.com

开发该藏药资源提供化学成分依据,笔者对其总生物碱部位的化学成分进行了研究,从中分离得到 11 个化合物,其中化合物 **3**, **5** ~ **11** 为首次从该植物中分离得到。

### 1 材料

RY-2 型熔点仪(温度未校正,天津分析仪器厂),Vector 22 型红外光谱仪(德国 Bruker),UV-2550 型紫外光谱仪(Shimadzu),Model 343 型旋光仪(Perkin Elmer),DRX-600 型核磁共振仪(德国 Bruker),MSD-Trap-XCT 型质谱仪(美国 Agilent),中压制备液相色谱仪(BUCHI C605),柱色谱硅胶 H 填料(烟台芝罘黄务硅胶开发试验厂,200 ~ 300 目),LH-20 型羟丙基葡聚糖凝胶(Sephadex, Pharmacia 公司),反相硅胶 C<sub>18</sub> 填料(日本富士公司,50 μm),HSGF254 型色谱硅胶板(烟台芝罘黄务硅胶开发试验厂),反相硅胶板(Merk 公司),HPLC 所用试剂均为色谱纯,氘代试剂(Cambridge Isotope Laboratories Inc),其他试剂均为分析纯。

矮紫堇于 2013 年 8 月采自西藏,经江西中医药大学钟国跃教授鉴定为罂粟科矮紫堇 *Corgalis hendersonii*。

### 2 提取分离

矮紫堇约 10 kg,将其用 80% 乙醇冷浸提取 3 次,每次 3 d,回收乙醇,得总提物约 930 g。总提物加水混悬,以 2% 盐酸水溶液调节 pH 2 ~ 3,石油醚萃取除去脂质成分后,用氨水调 pH 9 ~ 10,再用三氯甲烷萃取,减压回收溶剂后,得总生物碱约 30 g。总生物碱部分经反相中压制备色谱,甲醇-水(20% ~ 100%)梯度洗脱,洗脱液经 TLC 检测合并为 6 个组分,分别为 A1 ~ A6。A1 部分(103 mg)经凝胶柱色谱纯化(甲醇洗脱),再经制备薄层色谱纯化(CHCl<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH 5:1)得到化合物 **10**(6.1 mg)和 **11**(7.5 mg)。A3 部分(6.7 g)再次反相中压制备,甲醇-水(20% ~ 100%)梯度洗脱,洗脱液经 TLC 检测合并为 5 个组分(A3-1 ~ A3-5),其中 A3-2(126 mg)经制备薄层色谱纯化(CHCl<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH 15:1)得到化合物 **1**(5.7 mg),**2**(8.2 mg),**6**(9.3 mg),和 **7**(8.5 mg)。A4 部分(135 mg)经凝胶柱色谱纯化(CHCl<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH 1:1 洗脱),再经高效液相色谱纯化(65% 甲醇-水)得到化合物 **5**(7.3 mg)和 **8**(4.5 mg)。A5 部分(128 mg)经凝胶柱色谱纯化(CHCl<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH 1:1 洗脱),再经制备薄层色谱纯化(CHCl<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH 20:1)得到化合物 **3**(10.3 mg),**4**(6.0 mg)和 **9**(7.2 mg)。

### 3 结构鉴定

化合物 **1** 白色粉末,碘化铋钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  386 [M + Na]<sup>+</sup>,分子式 C<sub>20</sub>H<sub>13</sub>NO<sub>6</sub>。<sup>1</sup>H-NMR(CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)δ:6 个芳氢质子信号 8.24(d, 5.4, H-3),8.02(s, H-8),7.41(d, 5.4, H-4),7.36(d, 7.8, H-2'),7.15(d, 7.8, H-3'),7.05(s, H-5),2 组二氧亚甲基质子信号 6.09(br s, 2H, H-7') 和 6.18(br s, 2H, H-12),1 个单峰甲基质子信号 2.13(s, 3H, CH<sub>3</sub>-11)。<sup>13</sup>C-NMR(CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)δ:155.3(C-1),139.9(C-3),121.0(C-4),103.5(C-5),136.3(C-5a),150.3(C-6),148.6(C-7),103.5(C-8),123.2(C-8a),91.8(C-9),166.5(C-10),29.6(C-11),101.3(C-12),146.3(C-1'),119.1(C-2'),113.3(C-3'),148.9(C-4'),144.5(C-5'),108.3(C-6'),103.1(C-7')。以上数据和文献[3]报道基本一致,推断该化合物为 9-methyldecumbenine C。

化合物 **2** 白色粉末,碘化铋钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  354 [M + H]<sup>+</sup>,分子式 C<sub>20</sub>H<sub>19</sub>NO<sub>5</sub>。<sup>1</sup>H-NMR(CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz)δ:4 个芳氢质子信号 6.90(s, H-1),6.70(d, 8.0, H-11),6.66(d, 8.0, H-12),6.64(s, H-4),2 组二氧亚甲基质子信号 5.96(br s, 2H, 2, 3,-OCH<sub>2</sub>O-) 和 5.92(br s, 2H, 9, 10,-OCH<sub>2</sub>O-),2 组单峰亚甲基质子信号 3.76(s, 2H, H-13) 和 3.60(s, 2H, H-8),2 组多重峰亚甲基质子信号 3.02(m, 2H, H-5) 和 2.53(m, 2H, H-6) 以及 1 个连氮单峰甲基质子信号 1.93(s, 3H, N-CH<sub>3</sub>)。<sup>13</sup>C-NMR(CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)δ:108.1(C-1),146.2(C-2),148.1(C-3),110.3(C-4),135.6(C-4a),31.3(C-5),57.7(C-6),51.3(C-8),128.6(C-8a),146.1(C-9),146.1(C-10),106.8(C-11),124.8(C-12),128.8(C-12a),46.2(C-13),194.0(C-14),132.3(C-14a),41.7(N-CH<sub>3</sub>),101.5(2, 3,-OCH<sub>2</sub>O-),101.0(9, 10,-OCH<sub>2</sub>O-)。以上数据和文献[7]报道的基本一致,推断该化合物为原阿片碱。

化合物 **3** 白色粉末,碘化铋钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  370 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为 C<sub>21</sub>H<sub>23</sub>NO<sub>5</sub>。与化合物 **2** 原阿片碱相比,该化合物少了 2, 3,-OCH<sub>2</sub>O-核磁信号,多了 2 个甲氧基核磁信号 δ<sub>H</sub>:3.86(s, 3H) 和 3.76(s, 3H),δ<sub>C</sub>:60.8 和 55.9。<sup>13</sup>C-NMR(CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz)δ:108.9(C-1),146.2(C-2),148.2(C-3),109.3(C-4),135.9(C-4a),32.3(C-5),57.6(C-6),50.3(C-8),128.7(C-8a),149.8

(C-9), 147.1 (C-10), 109.8 (C-11), 125.8 (C-12), 129.0 (C-12a), 46.0 (C-13), 193.0 (C-14), 132.9 (C-14a), 41.5 (*N*-CH<sub>3</sub>), 60.8 (-OCH<sub>3</sub>), 55.9 (-OCH<sub>3</sub>), 101.0 (9, 10, -OCH<sub>2</sub>O-). 以上数据与文献[8]报道的基本一致,推断该化合物为别隐品碱。

**化合物 4** 无色油状物,碘化铯钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  324 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>19</sub>H<sub>17</sub>NO<sub>4</sub>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz) δ: 4 个芳氢质子信号 6.93 (s, H-1), 6.70 (d, 8.0, H-11), 6.66 (d, 8.0, H-12), 6.65 (s, H-4), 2 组二氧亚甲基质子信号 5.98 (br s, 2H, 2, 3, -OCH<sub>2</sub>O-) 和 5.92 (br s, 2H, 9, 10, -OCH<sub>2</sub>O-), 其他质子信号处于相对高场。<sup>13</sup>C-NMR 谱 (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz) δ: 106.3 (C-1), 145.5 (C-2), 146.5 (C-3), 108.6 (C-4), 127.9 (C-4a), 29.3 (C-5), 51.3 (C-6), 52.9 (C-8), 127.2 (C-8a), 146.5 (C-9), 143.6 (C-10), 106.9 (C-11), 121.3 (C-12), 128.9 (C-12a), 36.6 (C-13), 59.8 (C-14), 130.6 (C-14a), 101.0 (2, 3, -OCH<sub>2</sub>O-), 101.3 (9, 10, -OCH<sub>2</sub>O-)。以上数据与文献[9]报道的基本一致,推断该化合物为四氢黄连碱。

**化合物 5** 无色油状物,碘化铯钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  340 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>21</sub>NO<sub>4</sub>。该化合物的核磁数据与四氢黄连碱相比,少了 1 个二氧甲基信号,多了 2 个甲氧基信号 δ<sub>H</sub>: 3.86 (s, 3H) 和 3.76 (s, 3H), δ<sub>C</sub>: 59.3 和 55.5。<sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz) δ: 105.5 (C-1), 146.1 (C-2), 145.1 (C-3), 107.3 (C-4), 127.5 (C-4a), 28.9 (C-5), 51.2 (C-6), 53.2 (C-8), 127.3 (C-8a), 150.0 (C-9), 145.2 (C-10), 111.0 (C-11), 123.7 (C-12), 128.5 (C-12a), 36.4 (C-13), 60.0 (C-14), 130.6 (C-14a), 100.1 (-OCH<sub>2</sub>O-), 59.3 (-OCH<sub>3</sub>), 55.5 (-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献[10]报道的基本一致,推断该化合物为四氢小檗碱。

**化合物 6** 无色油状物,碘化铯钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  356 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>21</sub>H<sub>25</sub>NO<sub>4</sub>。<sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz) δ: 108.5 (C-1), 145.1 (C-2), 145.0 (C-3), 109.3 (C-4), 126.5 (C-4a), 28.7 (C-5), 51.0 (C-6), 53.3 (C-8), 127.1 (C-8a), 149.8 (C-9), 145.1 (C-10), 111.3 (C-11), 123.6 (C-12), 128.8 (C-12a), 36.4 (C-13), 59.5 (C-14), 130.7 (C-14a), 51.3 (-OCH<sub>3</sub>), 56.5 (-OCH<sub>3</sub>), 59.7 (-OCH<sub>3</sub>), 55.5 (-OCH<sub>3</sub>)。以上数

据与文献[11]报道的基本一致,推断该化合物为四氢巴马汀。

**化合物 7** 无色粉末,碘化铯钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  342 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>23</sub>NO<sub>4</sub>。<sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz) δ: 111.0 (C-1), 144.3 (C-2), 144.5 (C-3), 112.3 (C-4), 124.6 (C-4a), 28.5 (C-5), 51.1 (C-6), 53.3 (C-8), 127.5 (C-8a), 149.8 (C-9), 146.0 (C-10), 111.7 (C-11), 123.6 (C-12), 128.4 (C-12a), 35.7 (C-13), 58.5 (C-14), 129.9 (C-14a), 55.6 (-OCH<sub>3</sub>), 59.6 (-OCH<sub>3</sub>), 55.5 (-OCH<sub>3</sub>)。以上核磁数据与文献[12]报道的基本一致,推断该化合物为 tetrahydrocolumbamine。

**化合物 8** 淡黄色粉末,碘化铯钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  366 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>22</sub>H<sub>23</sub>NO<sub>4</sub>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz) δ: 4 个芳氢质子信号 7.10 (d, 8.0, H-12), 6.76 (d, 8.0, H-11), 6.55 (s, H-4), 6.25 (s, H-1), 1 组二氧亚甲基质子信号 5.98 (s, 2H, 9, 10, -OCH<sub>2</sub>O-), 2 个末端烯氢质子信号 5.62, 4.87 (s, 2H, -CH<sub>2</sub>), 1 个连氮甲基质子信号 2.15 (s, *N*-CH<sub>3</sub>), 2 个甲氧基质子信号 3.85 (s, 3H), 3.65 (s, 3H), 其他质子信号处于相对高场。<sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz) δ: 110.1 (C-1), 142.8 (C-2), 147.0 (C-3), 110.2 (C-4), 125.7 (C-4a), 29.0 (C-5), 47.8 (C-6), 36.6 (C-8), 123.6 (C-8a), 147.7 (C-9), 147.3 (C-10), 107.8 (C-11), 113.4 (C-12), 135.8 (C-12a), 155.3 (C-13), 71.8 (C-14), 137.0 (C-14a), 106.6 (-CH<sub>2</sub>), 101.2 (9, 10, -OCH<sub>2</sub>O-), 55.9 (-OCH<sub>3</sub>), 55.7 (-OCH<sub>3</sub>), 38.9 (*N*-CH<sub>3</sub>)。以上数据与文献[10]报道的基本一致,推断该化合物为奥柯紫堇明碱。

**化合物 9** 白色粉末,碘化铯钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  352 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>17</sub>NO<sub>5</sub>。<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 600 MHz) δ: 4 个芳氢质子信号 7.36 (d, 8.0, H-10), 7.06 (d, 8.0, H-9), 6.75 (s, H-1), 6.45 (s, H-4), 2 组二氧亚甲基质子信号 6.15 (s, 2H, 2, 3, -OCH<sub>2</sub>O-) 和 6.11 (s, 2H, 9, 10, -OCH<sub>2</sub>O-), 1 个连氮甲基质子信号 2.75 (s, *N*-CH<sub>3</sub>), 其他质子信号处于相对高场。<sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>, 150 MHz) δ: 115.1 (C-1), 148.8 (C-2), 149.0 (C-3), 110.2 (C-4), 124.7 (C-4a), 26.0 (C-5), 57.8 (C-6), 40.6 (C-8), 122.6 (C-8a), 151.0 (C-9), 151.3 (C-10), 110.8 (C-11), 116.4 (C-12), 135.8 (C-12a), 202.3 (C-13), 76.8 (C-14), 137.1 (C-14a),

103.5 (2, 3-OCH<sub>2</sub>O-), 103.2 (9, 10-OCH<sub>2</sub>O-), 38.9 (N-CH<sub>3</sub>)。以上数据与文献[10]报道的基本一致,推断该化合物为 fumariline。

化合物 10 淡黄色粉末,碘化铋钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  334 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>15</sub>N<sup>+</sup>O<sub>4</sub>。<sup>1</sup>H-NMR (DMSO-*d*<sub>6</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 4 个双峰芳氢质子信号 7.66 (d, 8.0, H-11), 7.36 (d, 8.0, H-12), 7.26 (d, 8.0, H-10), 6.76 (d, 8.0, H-9), 2 个单峰芳氢质子信号 7.63 (s, H-4), 7.08 (s, H-1), 2 组二氧亚甲基质子信号 6.05 (s, 2H, 2, 3-OCH<sub>2</sub>O-) 和 6.01 (s, 2H, 7, 8-OCH<sub>2</sub>O-), 1 个连氮甲基质子信号 2.65 (s, N-CH<sub>3</sub>), 1 个单峰亚甲基质子信号 4.16 (s, 2H)。<sup>13</sup>C-NMR (DMSO-*d*<sub>6</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 104.3 (C-1), 147.2 (C-2), 147.0 (C-3), 99.8 (C-4), 126.1 (C-4a), 140.4 (C-4b), 48.3 (C-6), 113.0 (C-6a), 144.5 (C-7), 146.8 (C-8), 106.60 (C-9), 116.0 (C-10), 127.0 (C-10a), 124.2 (C-10b), 119.9 (C-11), 123.5 (C-12), 130.5 (C-12a), 101.6 (-OCH<sub>2</sub>O-2, 3), 101.2 (-OCH<sub>2</sub>O-7, 8), 40.53 (N-CH<sub>3</sub>)。以上数据与文献[13]报道的基本一致,推断该化合物为二氢血根碱。

化合物 11 淡黄色粉末,碘化铋钾反应阳性。ESI-MS  $m/z$  359 [M + Na]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>18</sub>N<sup>+</sup>O<sub>4</sub>。<sup>1</sup>H-NMR (DMSO-*d*<sub>6</sub>, 600 MHz)  $\delta$ : 6 个芳氢质子信号 9.90 (s, H-8), 8.95 (s, H-13), 8.10 (d, 8.0, H-11), 7.96 (d, 8.0, H-12), 7.76 (s, H-1), 7.05 (s, H-4), 1 组二氧亚甲基质子信号 6.18 (s, 2H, 2, 3-OCH<sub>2</sub>O-), 2 个甲氧基质子信号 4.05 (s, 3H), 3.95 (s, 3H), 其他质子信号处于相对高场。<sup>13</sup>C-NMR (DMSO-*d*<sub>6</sub>, 150 MHz)  $\delta$ : 105.2 (C-1), 147.5 (C-2), 149.4 (C-3), 108.3 (C-4), 130.2 (C-4a), 26.3 (C-5), 57.0 (C-6), 145.3 (C-8), 122.1 (C-8a), 150.5 (C-9), 143.5 (C-10), 123.2 (C-11), 126.6 (C-12), 132.6 (C-12a), 120.2 (C-13), 137.1 (C-13a), 121.0 (C-13b), 101.9 (2, 3-OCH<sub>2</sub>O-), 61.2 (9-OCH<sub>3</sub>), 55.3 (10-OCH<sub>3</sub>)。以上

数据与文献[10]报道的基本一致,推断该化合物为小檗碱。

#### [参考文献]

- [1] 中国科学院西北高原生物研究所. 藏药志[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1991: 350-351.
- [2] 吕芳, 徐筱杰. 紫堇属藏药中生物碱成分及生物活性研究进展[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(4): 779-780.
- [3] 林茂, 刘欣, 方启成. 尼泊尔黄堇化学成分的研究[J]. 植物学报, 1986, 28(1): 91-93.
- [4] Fu Y, Zhou Y, Liao X, et al. A new alkaloid from *Corydalis hendersonii* [J]. *Planta Med*, 2009, 75: 547-549.
- [5] 傅予, 梁健, 白央, 等. 尼泊尔黄堇中总生物碱的串联质谱分析[J]. 质谱学报, 2010, 31(2): 98-102.
- [6] 舒花, 马学燕, 李鑫, 等. 矮紫堇总生物碱的含量测定及其抗炎活性研究[J]. 西北药学杂志, 2015, 30(5): 602-604.
- [7] 唐艳丽, 杨爱梅, 张樱山, 等. 灰绿黄堇生物碱化学成分的研究(I) [J]. 中国中药杂志, 2005, 30(3): 195-197.
- [8] 王奇志, 梁敬钰, 原悦. 岩黄连化学成分[J]. 中国天然药物, 2007, 5(1): 31-34.
- [9] Jang S I, Kim B H, Lee W Y, et al. Stylopine from *Chelidonium majus* inhibits LPS-induced inflammatory mediators in RAW 264.7 cells [J]. *Arch Pharm Res*, 2004, 27(9): 923-929.
- [10] 於佳佳, 丛登立, 姜颖, 等. 黄紫堇生物碱化学成分及抗肿瘤活性成分研究 [J]. 中药材, 2014, 37(10): 1795-1798.
- [11] 赵东宝, 唐艳丽, 汪汉卿. 灰绿黄堇生物碱化学成分的研究(II) [J]. 中国中药杂志, 2005, 30(22): 1756-1757.
- [12] 傅小勇, 梁文藻, 涂国士. 东阳元胡块茎中的生物碱的化学反应 [J]. 药学报, 1986, 21(6): 447-453.
- [13] 邹惠亮, 李红玉, 余绍福, 等. 博落回的生物碱成分及细胞毒活性研究 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(3): 458-462.

[责任编辑 邹晓翠]