

附子的化学成分研究

吴克红, 唐力英, 王祝举*

(中国中医科学院中药研究所, 北京 100700)

[摘要] 目的:研究附子的化学成分。方法:通过反复硅胶柱色谱和重结晶的方法分离纯化,根据化合物的理化性质和波谱数据鉴定结构。结果:分离得到 9 个化合物,分别为美沙乌头碱(1)、海帕乌头碱(2)、宋果灵(3)、去氢松果灵(4)、一枝蒿乙素(5)、penduline(6)、 β -谷甾醇(7)、胡萝卜苷(8)、单棕榈酸甘油酯(9)。结论:化合物 5, 6, 8, 9 为首次从该植物中分离得到。

[关键词] 附子; 二萜生物碱; 化学成分

[中图分类号] R284.1 [文献标识码] A [文章编号] 1005-9903(2013)08-0091-04

[doi] 10.11653/syfy2013080091

Study on Chemical Constituents of Aconiti Lateralis Radix Proeparata

WU Ke-hong, TANG Li-ying, WANG Zhu-ju*

(Institute of China Materia, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

[收稿日期] 20121205(009)

[基金项目] 国家科技部“重大新药创制”科技重大专项(2009ZX09308-003)

[第一作者] 吴克红, 在读硕士研究生, E-mail: wukehong123@hotmail.com

[通讯作者] * 王祝举, 硕士, 研究员, 从事中药活性成分及炮制原理研究, Tel: 010-64033301, E-mail: wangzhuju@sina.com

- [2] 夏铮铮, 杨成钢, 张小松, 等. 中药保健品中非法掺入格列苯脲的检测[J]. 中国药房, 2006, 17(4): 314.
- [3] 余倩, 车宝泉. RP-HPLC 检查中药保健品中的西药降糖成分[J]. 中国药理学杂志, 2005, 40(4): 316.
- [4] 李莉, 徐海娥. HPLC 法测定保健食品及中药制剂中化学降糖药的含量[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(6): 1271.
- [5] 万庆, 管玉云, 程正. 保健食品中非法添加磺酰脲类降糖药的定性方法研究[J]. 安徽医药, 2008, 12(10): 899.
- [6] 朱炳辉, 龙朝阳, 吴西梅, 等. 固相萃取/高效液相色谱法中成药和保健品中 7 种降糖化学药物的检测[J]. 分析测试学报, 2008, 27(5): 534.
- [7] 刘忠良, 王宝全, 赵庆华, 等. HPLC 法检测降糖中药制剂中非法添加的格列本脲[J]. 齐鲁药事, 2012, 31(9): 522.
- [8] 刘起中, 李慧义, 杭太俊. 中药降糖制剂中非法掺入的化学降糖药物成分的检测[J]. 中国现代应用药学杂志, 2008, 25(1): 61.
- [9] 董宇, 孔璋, 钟大放. 液相色谱-质谱联用法检测中药降糖制剂中非法掺入的苯乙双胍和格列苯脲[J]. 沈阳药科大学学报, 2005, 22(1): 19.
- [10] 林艳萍, 司端运, 刘昌孝. 液质联用分析中药降糖制剂中掺入的西药成分[J]. 天津大学学报, 2008, 41(6): 720.
- [11] 郭继芬, 陈笑艳, 钟大放. 6 种口服降糖药的液相色谱-质谱分析[J]. 分析测试学报, 2000, 19(6): 528.
- [12] 张喆, 高青, 余倩, 等. 中药制剂及保健品中违禁添加 9 种化学降糖药的 HPLC-MS/MS 定性检测[J]. 中国医药工业杂志, 2007, 38(1): 39.
- [13] 魏清芳, 王嘉林. 液相色谱串联四极杆质谱测定中药及保健品中非法添加 8 种化学降糖药[J]. 中国药事, 2011, 25(1): 70.
- [14] 杨钊, 陈安珍, 吴爱英, 等. UPLC-MS/MS 测定降糖类中成药及保健品中 11 种化学药[J]. 药物分析杂志, 2009, 29(12): 2127.
- [15] 樊磊磊, 李松武. UPLC-MS 法检测克林霉素磷酸酯葡萄糖注射液高温灭菌后的药物成份[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(24): 74.
- [16] 樊磊磊, 刘乃强, 李振国. UPLC-MS 定性定量检测中成药中非法添加的盐酸克仑特罗[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(16): 82.

[责任编辑 顾雪竹]

[Abstract] Objective: To study the chemical constituents in Jiangyou Aconiti Lateralis Radix Proeparata. **Method:** The compounds were isolated and purified by recrystallization and column chromatography with silica gel. Their structures were elucidated on the basis of physicochemical properties and spectral analysis. **Result:** Nine compounds were identified as mesaconitine (1), hypaconitine (2), songorine (3), songoramine (4), bullatine B (5), penduline (6), β -sitosterol (7), daucosterol (8), glyceryl monopalmitate (9) respectively. **Conclusion:** Compound 5, 6, 8, 9 were isolated from *Aconitum carmichaeli* for the first time.

[Key words] *Aconitum carmichaeli*; diterpenoid alkaloid; chemical constituents

附子为毛茛科乌头属植物乌头的子根,具有回阳救逆、补火助阳、散寒止痛之功效,主治亡阳虚脱、肢冷脉微、心阳不足、胸痹心痛、虚寒吐泻、脘腹冷痛、肾阳虚衰、阳痿宫冷、阴寒水肿、阳虚外感、风寒湿痹等症^[1]。研究表明,附子主要成分为生物碱,其生物活性强、毒性大,具有明显的强心、镇痛、抗炎^[2-3]活性。此外,附子中还含有多糖、脂肪酸、黄酮、皂苷等,其中多糖具有降糖、抗抑郁^[4-5]等作用。在中医药理论中,附子以“回阳救逆”之要药广泛应用于临床,但“回阳救逆”的物质基础至今尚未明了。为此,本文对道地药材四川江油附子的化学成分进行研究,分离得到 9 个化合物,其中有 6 个生物碱类成分、2 个甾醇类成分、1 个脂肪酸类成分,其中化合物 5,6,8,9 为首次从该植物中分离得到。

1 材料

X-4 型显微熔点仪(上海精密科学仪器有限公司,温度计未校正),Bruker AV-600 型核磁共振波谱仪(TMS 为内标),Agilent 1200-6130 Ion Trap LC-MS。柱色谱硅胶和薄层硅胶(青岛海洋化工厂),AB-8 型大孔树脂(南开大学化工厂),试验所用其他试剂均为分析纯。

附子药材于 2011 年 6 月采于四川省江油市,经河南中医学院陈随清教授鉴定为毛茛科乌头属植物乌头 *Aconitum carmichaeli* Debx. 的子根。

2 提取分离

附子趁鲜切片,晒干,粉碎、过 20 目筛。取粗粉 15 kg,以 5% Na_2CO_3 湿润,过夜,加氯仿渗漏,回收溶剂得氯仿浸膏 150 g;剩余药渣再以 95% 乙醇渗滤,得乙醇浸膏 1 500 g,分散于 10% 乙醇中,不溶部分与氯仿浸膏合并,溶解部分用 AB-8 大孔树脂柱色谱,分别用 10%、30%、50%、70%、95% 的乙醇溶液洗脱;95% 乙醇洗脱部分与氯仿浸膏合并(共 340 g),进行硅胶(200~300 目)柱色谱,以石油醚-乙酸乙酯 10:0~0:10 梯度洗脱,得到 6 个部分。经过反复硅胶柱色谱和溶剂重结晶,从第 2 部分中得化合物 7(850 mg),第 3 部分中得到化合物 9(290 mg),第

5~6 部分中得到化合物 1(210 mg),2(1.30 g),3(135 mg),4(65 mg),5(9 mg),6(11 mg),8(206 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1 白色粉末(丙酮),mp 204~206 °C,Dragendorff 反应呈阳性。ESI-MS: m/z 632 [M + H]⁺。¹H-NMR(CDCl₃, 600 MHz) δ : 1.38(3H, s, 8-OCOCH₃), 2.34(3H, s, N-CH₃), 3.74, 3.30, 3.28, 3.16(4 × 3H, s, 分别为 1, 6, 16, 18-OCH₃), 3.08(1H, dd, J = 6.3 Hz, 9.6 Hz, H-1), 3.55(1H, d, J = 9.1 Hz, H-18a), 3.64(1H, d, J = 9.1 Hz, H-18b), 4.03(1H, br d, J = 6.6 Hz, H-6 α), 4.46(1H, dd, J = 5.0 Hz, 2.9 Hz, H-15 β), 4.87(1H, d, J = 5.0 Hz, H-14), 7.44~8.03(5H, m, H-Ar);¹³C-NMR(CDCl₃, 150 MHz) δ : 83.2(C-1), 35.8(C-2), 71.2(C-3), 43.5(C-4), 46.6(C-5), 82.4(C-6), 44.2(C-7), 91.9(C-8), 43.7(C-9), 40.8(C-10), 49.9(C-11), 34.1(C-12), 74.0(C-13), 78.9(C-14), 78.9(C-15), 90.0(C-16), 62.2(C-17), 76.4(C-18), 49.4(C-19), 56.4(1-OCH₃), 57.9(6-OCH₃), 61.1(16-OCH₃), 59.1(18-OCH₃), 42.4(N-CH₃), 172.4(8-O-CO) 21.4(CO-CH₃), 166.1(14-O-CO), 129.8(C-1'), 129.6(C-2', 6') 128.7(C-3', 5'), 133.3(C-4')。以上数据与文献[6-7]报道的美沙乌头碱(mesaconitine)数据一致,故鉴定该化合物为美沙乌头碱。

化合物 2 白色粉末(乙醚),mp 179~181 °C。Dragendorff 反应为阳性。ESI-MS: m/z 616 [M + H]⁺。¹H-NMR(CDCl₃, 600 MHz) δ : 1.37(3H, s, 8-OCOCH₃), 2.34(3H, s, N-CH₃), 3.73, 3.28, 3.27, 3.16(4 × 3H, s, 分别为 1, 6, 16, 18-OCH₃), 3.11(1H, d, J = 8.4 Hz, H-18a), 3.62(1H, d, J = 8.4 Hz, H-18b), 3.33(1H, br d, J = 5.2 Hz, H-16), 4.46(1H, dd, J = 5.2 Hz, 2.9 Hz, H-15), 4.88(1H, d, J = 5.0 Hz, H-14), 7.44~8.04(5H, m, H-Ar);¹³C-NMR(CDCl₃, 150 MHz) δ : 85.1(C-1), 26.4(C-2), 34.9

(C-3), 39.3 (C-4), 48.2 (C-5), 83.2 (C-6), 44.6 (C-7), 92.0 (C-8), 43.9 (C-9), 41.1 (C-10), 49.9 (C-11), 36.3 (C-12), 74.1 (C-13), 78.8 (C-14), 78.9 (C-15), 90.1 (C-16), 62.2 (C-17), 80.2 (C-18), 56.0 (C-19), 56.6 (1-OCH₃), 58.0 (6-OCH₃), 60.1 (16-OCH₃), 59.1 (18-OCH₃), 42.6 (N-CH₃), 172.4 (8-O-CO), 21.4 (CO-CH₃) 166.1 (14-O-CO), 129.9 (C-1'), 129.6 (C-2', 6'), 128.6 (C-3', 5'), 133.2 (C-4')。以上数据与文献[6-7]报道的海帕乌头碱(hypaconitine)数据一致,故鉴定该化合物为海帕乌头碱。

化合物3 白色针晶(丙酮), mp 186 ~ 188 °C。Drgendorff 反应为阳性。ESI-MS: m/z 358 [M + H]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 0.77 (3H, s, H-18), 1.08 (3H, t, $J = 6.8$ Hz, NCH₂CH₃), 1.46 (1H, dd, $J = 12.4$ Hz, 3.8 Hz, H-14 β), 1.61 (1H, dt, $J = 13.4$ Hz, 3.1 Hz, H-3 β), 2.08 (1H, d, $J = 12.4$ Hz, H-14 α), 2.35 (1H, dd, $J = 17.3$ Hz, 7.1 Hz, H-11 β), 2.51 ~ 2.57 (2H, m, NCH₂CH₃), 3.09 (1H, d, $J = 3.7$ Hz, H-13), 3.33 (1H, dd, $J = 11.5$ Hz, 17.3 Hz, H-11 α), 3.46 (1H, br s, H-20), 3.84 (1H, dd, $J = 9.5$ Hz, 6.7 Hz, H-1), 4.35 (1H, d, $J = 6.6$ Hz, H-15), 5.20, 5.29 (2 \times 1H, 17-CH₂); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 70.1 (C-1), 31.5 (C-2), 32.1 (C-3), 34.1 (C-4), 49.1 (C-5), 23.0 (C-6), 43.5 (C-7), 50.0 (C-8), 35.3 (C-9), 52.4 (C-10), 37.3 (C-11), 209.9 (C-12), 53.8 (C-13), 38.1 (C-14), 77.0 (C-15), 151.0 (C-16), 111.4 (C-17), 26.0 (C-18), 57.4 (C-19), 66.0 (C-20), 51.0 (C-21), 13.5 (C-22)。以上数据与文献[8]报道的宋果灵(songorine)数据一致,故鉴定该化合物为宋果灵。

化合物4 白色结晶(丙酮), mp 185 ~ 187 °C。Drgendorff 反应为阳性。ESI-MS: m/z 356 [M + H]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 0.85 (3H, s, 18-CH₃), 1.03 (3H, t, $J = 7.2$ Hz, NCH₂CH₃), 2.13 (1H, dd, $J = 16.3$ Hz, 7.1 Hz, H-11 β), 2.36 (1H, dd, $J = 16.3$ Hz, 12.6 Hz, H-11 α), 2.72, 2.68 (2H, 2dq, $J = 14.0$ Hz, 7.2 Hz, NCH₂CH₃), 2.85 (1H, d, $J = 1.1$ Hz, H-20), 3.15 (1H, d, $J = 4.2$ Hz, H-13), 3.71 (1H, s, H-19), 3.99 (1H, d, $J = 5.4$ Hz, H-1), 4.43 ~ 4.40 (1H, m, H-15), 5.20, 5.31 (2 \times 1H, 17-CH₂); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 67.7 (C-1), 24.3 (C-2), 29.7 (C-3), 37.8 (C-4), 45.9 (C-5), 24.0 (C-6), 48.3 (C-7), 50.1 (C-8), 31.4 (C-9),

51.7 (C-10), 37.4 (C-11), 208.7 (C-12), 53.0 (C-13), 31.2 (C-14), 76.9 (C-15), 149.6 (C-16), 111.9 (C-17), 18.9 (C-18), 92.9 (C-19), 66.1 (C-20), 48.4 (C-21), 14.2 (C-22)。以上数据与文献[8]报道的去氢松果灵(songoramine)数据一致,故鉴定该化合物为去氢松果灵。

化合物5 棱状结晶(丙酮), mp 157 ~ 159 °C。Drgendorff 反应为阳性。ESI-MS: m/z 438 [M + H]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 1.13 (3H, t, $J = 6.9$ Hz, N-CH₂CH₃), 3.32, 3.33, 3.33 (3 \times 3H, s, 分别 6, 16, 18-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 72.2 (C-1), 29.3 (C-2), 29.8 (C-3), 38.1 (C-4), 44.8 (C-5), 83.1 (C-6), 52.1 (C-7), 74.2 (C-8), 48.2 (C-9), 40.3 (C-10), 49.5 (C-11), 29.4 (C-12), 44.1 (C-13), 75.9 (C-14), 42.8 (C-15), 81.9 (C-16), 63.7 (C-17), 80.1 (C-18), 57.0 (C-19), 57.8 (6-OCH₃), 56.3 (16-OCH₃), 59.1 (18-OCH₃), 48.2 (N-CH₂CH₃), 13.0 (N-CH₂CH₃)。以上数据与文献[9]报道的一枝蒿乙素(bullatine B)数据一致,故鉴定该化合物为一枝蒿乙素。

化合物6 白色粉末(丙酮), mp 165 ~ 167 °C。Drgendorff 反应为阳性。ESI-MS: m/z 614 [M + H]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 1.06 (3H, t, $J = 7.1$ Hz, N-CH₂CH₃), 1.43 (H, s, 8-OCOCH₃), 3.22 (1H, d, $J = 5.8$ Hz, H-18a), 3.66 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-18b), 3.51, 3.29, 3.26, 3.18 (4 \times 3H, s, 分别 1, 6, 16, 18-OCH₃), 5.04 (1H, t, $J = 4.8$ Hz, H-14), 7.42 ~ 8.04 (5H, m, H-Ar); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 85.4 (C-1), 29.7 (C-2), 35.3 (C-3), 38.9 (C-4), 48.8 (C-5), 83.7 (C-6), 44.5 (C-7), 92.2 (C-8), 45.1 (C-9), 38.7 (C-10), 50.0 (C-11), 26.4 (C-12), 44.5 (C-13), 76.3 (C-14), 75.5 (C-15), 89.3 (C-16), 61.3 (C-17), 80.3 (C-18), 53.2 (C-19), 56.1 (1-OCH₃), 57.7 (6-OCH₃), 58.0 (16-OCH₃), 59.0 (18-OCH₃), 49.2 (NCH₂CH₃), 13.5 (NCH₂CH₃), 172.3 (8-O-CO), 21.5 (CO-CH₃), 166.2 (14-O-CO), 130.1 (C-1'), 129.6 (C-2', 6'), 128.5 (C-3', 5'), 133.1 (C-4')。以上数据与文献[10-11]报道的 penduline 数据一致,故鉴定该化合物为 penduline。

化合物7 白色针状结晶(丙酮), mp 138 ~ 139 °C。Liebermann-Burchard 反应阳性。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 3.51 ~ 3.58 (1H, m, H-3), 5.35 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, H-6), 0.68 (3H, s, 18-CH₃),

1.02 (3H, s, 19-CH₃), 0.92 (3H, d, $J = 6.3$ Hz, 21-CH₃), 0.83 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, 26-CH₃), 0.81 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, 27-CH₃), 0.84 (3H, t, $J = 5.5$ Hz, 29-CH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 37.3 (C-1), 31.7 (C-2), 71.8 (C-3), 42.3 (C-4), 140.7 (C-5), 121.7 (C-6), 31.9 (C-7), 31.9 (C-8), 50.1 (C-9), 36.1 (C-10), 21.1 (C-11), 39.8 (C-12), 42.3 (C-13), 56.8 (C-14), 24.3 (C-15), 28.2 (C-16), 56.1 (C-17), 11.9 (C-18), 19.4 (C-19), 36.5 (C-20), 18.8 (C-21), 34.0 (C-22), 26.1 (C-23), 45.8 (C-24), 29.2 (C-25), 19.8 (C-26), 19.0 (C-27), 23.1 (C-28), 12.0 (C-29)。以上数据与文献[12]报道的 β -谷甾醇数据一致,故鉴定该化合物为 β -谷甾醇。

化合物 8 白色粉末 (甲醇), mp 294 ~ 296 °C。Molish 反应为阳性。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 3.93 ~ 3.96 (1H, m, H-3), 2.43 ~ 2.47 (1H, m, H-4a), 2.70 ~ 2.72 (1H, m, H-3b), 5.03 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, H-6), 0.64 (3H, s, 18-CH₃), 0.92 (3H, s, 19-CH₃), 0.99 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, 21-CH₃), 0.88 (3H, d, $J = 7.5$ Hz, 26-CH₃), 0.83 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, 27-CH₃), 0.85 (3H, t, $J = 7.2$ Hz, 29-CH₃), 5.38 (1H, d, $J = 4.5$ Hz, H-1'), 4.00 ~ 4.56 (糖上质子); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 37.3 (C-1), 30.0 (C-2), 77.9 (C-3), 39.1 (C-4), 140.7 (C-5), 121.7 (C-6), 32.0 (C-7), 31.8 (C-8), 50.1 (C-9), 36.7 (C-10), 21.1 (C-11), 39.7 (C-12), 42.3 (C-13), 56.6 (C-14), 24.3 (C-15), 28.3 (C-16), 56.0 (C-17), 11.8 (C-18), 19.8 (C-19), 36.2 (C-20), 18.8 (C-21), 34.0 (C-22), 26.2 (C-23), 45.9 (C-24), 29.3 (C-25), 19.2 (C-26), 19.0 (C-27), 23.2 (C-28), 11.9 (C-29), 102.4 (C-1'), 75.1 (C-2'), 78.4 (C-3'), 71.5 (C-4'), 78.3 (C-5'), 62.6 (C-6')。以上数据与文献[12]报道的胡萝卜苷数据一致,故鉴定该化合物为胡萝卜苷。

化合物 9 白色粉末 (丙酮), mp 63 ~ 65 °C。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 4.21 (1H, dd, $J = 4.3$ Hz, 11.7 Hz, H-1a), 4.12 (1H, dd, $J = 4.3$ Hz, 11.7 Hz, H-1b), 3.92 ~ 3.96 (1H, m, H-2), 2.75 (1H, br s, OH), 3.68 (1H, dd, $J = 4.3$ Hz, 11.2 Hz, H-3a), 3.62 (1H, dd, $J = 5.7$ Hz, 11.2 Hz, H-3b), 2.36 (2H, t, $J = 7.7$ Hz, H-2'), 1.27 (24H), 1.61 ~ 1.65 (2H, m, H-15'), 0.88 (3H, t, $J = 6.8$ Hz, H-16'); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 65.2 (C-1), 70.3 (C-2), 63.3

(C-3), 174.4 (C-1'), 34.2 (C-2'), 31.9 (C-3'), 29.7 ~ 29.1 (C-4' ~ C-13'), 24.9 (C-14'), 22.7 (C-15'), 14.1 (C-16')。以上数据与文献[13]报道的单棕榈酸甘油酯数据一致,故鉴定该化合物为单棕榈酸甘油酯。

[参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京:中国医药科技出版社, 2010:177.
- [2] 周远鹏. 附子及其主要成分的药理作用和毒性[J]. 药理学报, 1983, 18(5):394.
- [3] 李文兰, 于莹莹, 赵培, 等. 乌头总生物碱贴片抗炎镇痛药效学研究[J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(2):339.
- [4] Hikino H, Kobayashi M, Suzuki Y, et al. Mechanisms of hypoglycemic activity of aconitine A, a hypoglycemic glycan of *Aconitum carmichaeli* roots [J]. J Ethnopharmacol, 1989, 25(3):295.
- [5] Yan H C, Qu H D, Sun L R, et al. Fuzi polyaccharide-1 produces antidepressant-like effects in mice [J]. Inter J Neuropsychopharmacol, 2010, 13(5):623.
- [6] Gao F, Li Y Y, Wang D, et al. Diterpenoid alkaloids from the Chinese traditional herbal 'Fuzi' and their cytotoxic activity [J]. Molecules, 2012, 17:5187.
- [7] Shim S H, Kim J S, Kang S S, et al. Alkaloids constituents from *Aconitum jaluense* [J]. Arch Pharm Res, 2003, 26(9):709.
- [8] Csopor D, Forgo P, Csedo" K, et al. C-19 and C-20 diterpene alkaloids from *Aconitum toxicum* Rehb [J]. Helvetica Chimica Acta, 2006, 89(12):2981.
- [9] Pelletier S W, Djarmati Z. Carbon-13 nuclear magnetic resonance: aconitine-type diterpenoid alkaloids from *Aconitum* and *Delphinium* species [J]. J Amer Chem, 1976, 98(9):2626.
- [10] Koji W, Hideo B, Takao M, et al. Study on the constituents of *Aconitum* species III. On the components of *Aconitum subcuneatum* Nakai [J]. Chem Pharm Bull, 1985, 33(9):3658.
- [11] 陈瑛, 丁立生, 王明奎, 等. 拟玉龙乌头的二萜生物碱研究[J]. 中草药, 1996, 27(1):5.
- [12] Kojima H, Sato N, Hatano A, et al. Sterol glucosides from *Prunella vulgaris* [J]. Phytochemistry, 1990, 29(7):2351.
- [13] 吴少华, 沈月毛, 陈有为, 等. 滑桃树茎皮的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(13):1566.

[责任编辑 邹晓翠]