

高杯喉毛花中 1 个新的裂环环烯醚萜苷类化合物

马恩广, 吴海燕, 胡丽娇, 魏 敏, 陈柯瑾, 牟林云, 李千鹏*

云南民族大学, 民族药资源化学国家民委教育部重点实验室, 云南 昆明 650500

摘要: 目的 对藏药高杯喉毛花 *Comastoma traillianum* 的化学成分进行研究。方法 运用 RP-HPLC、柱色谱硅胶、葡聚糖凝胶及 RP-C₁₈ 等多种色谱技术进行分离纯化, 并根据理化性质和波谱数据鉴定化合物的结构, 并用 Griess 试剂法测定了化合物对脂多糖 (LPS) 和 γ 干扰素 (IFN- γ) 诱导的小鼠单核巨噬细胞 RAW 264.7 的抗炎活性, 并计算半数抑制浓度 (IC₅₀) 值评价其抗炎活性。结果 从高杯喉毛花中分离得到了 4 个裂环环烯醚萜苷类化合物, 分别鉴定为高杯喉毛花内脂 A (1)、2'-间羟基苯甲酰獐牙菜苷 (2)、獐牙菜苦苷 (3)、龙胆苦苷 (4)。其中化合物 1 为新化合物, 命名为高杯喉毛花内脂 A。4 个化合物体外抗炎活性测试未显示活性。结论 化合物 1~4 为首次从高杯喉毛花中分离得到, 其中化合物 1 为新化合物。所有化合物在 100 μ mol/L 的浓度下均未检测到抗炎活性。

关键词: 高杯喉毛花; 裂环环烯醚萜苷; 抗炎活性; 高杯喉毛花内脂 A; 獐牙菜苦苷; 龙胆苦苷

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2019)09-2023-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.09.003

A new secoiridoid glycoside from *Comastoma traillianum*

MA En-guang, WU Hai-yan, HU Li-jiao, WEI Min, CHEN Ke-jin, MOU Lin-yun, LI Gan-peng

Key Laboratory of Chemistry in Ethnic Medicinal Resources, State Ethnic Affairs Commission & Ministry of Education, Yunnan Minzu University, Kunming 650500, China

Abstract: Objective To research the chemical constituents in *Comastoma traillianum*. **Methods** The chemical constituents from *C. traillianum* were isolated and purified by column chromatographic methods of silica gel, RP-HPLC, Sephadex LH-20, and RP-C₁₈. Their structures were elucidated by modern spectroscopy methods, including 1D and 2D NMR, HRESIMS, IR, and UV techniques. The anti-inflammatory activity of compounds against LPS and IFN- γ -induced mouse RAW 264.7 macrophages was determined by Griess, and the IC₅₀ value was calculated to evaluate their anti-inflammatory activity. **Results** Four secoiridoid glycosides (1—4) were isolated from *C. traillianum*, and identified as comtraide A (1), deacetylcentapicrin (2), swertiamarin (3), and gentiopieroside (4). Compound 1 is a new compound named comtraide A. All compounds were tested for their *in vitro* anti-inflammatory activity and no activity was found. **Conclusion** Compounds 1—4 are isolated for the first time from *C. traillianum*, and compound 1 is a new compound. However, no significant anti-inflammatory activities were detected in all these compounds at concentrations up to 100 μ mol/L.

Key words: *Comastoma traillianum* (Forrest) Holub; secoiridoid glycoside; anti-inflammatory; comtraide A; swertiamarin; gentiopieroside

高杯喉毛花 *Comastoma traillianum* (Forrest) Holub, 一年生草本, 是龙胆科 (Gentianaceae) 喉毛花属 *Comastoma* (Wettst.) Toyokuni 植物。该植物在我国主要分布在云南西北部、四川南部, 生于海拔 3 000~4 200 m 草坡、林下、高山草地^[1]。《晶珠本草》记载其为藏医常用药材, 性味苦寒, 有利湿

祛痰、清热解毒、舒肝利胆等功效^[2]。文献报道喉毛花属植物的化学成分主要有黄酮类、吡啶类、萜类等^[3-6]。为充分利用我国丰富的天然植物药资源, 进一步开发云南特色植物资源, 本实验对产自云南迪庆藏族自治州的高杯喉毛花进行了化学成分研究, 并从中分离得到 4 个裂环环烯醚萜苷类化合物,

收稿日期: 2019-02-12

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21562047); 云南民族大学研究生创新基金项目 (2018YJCXS275)

作者简介: 马恩广 (1992—), 男, 硕士研究生, 主要从事中药及天然药物活性成分研究。E-mail: 1192964085@qq.com

*通信作者 李千鹏, 男, 教授, 硕士生导师。Tel: (0871)65936602 E-mail: ganpeng_li@sina.com

分别鉴定为高杯喉毛花内脂 A (comtraide, **1**)、2'-间羟基苯甲酰獐牙菜苷 (deacetylcentapicrin, **2**)、獐牙菜苦苷 (swertiamarin, **3**)、龙胆苦苷 (gentiopieroside, **4**)，结构见图 1。化合物 **1**~**4** 均首次从高杯喉毛花中分离得到。化合物 **1** 为新化合物，所有化合物在 100 $\mu\text{mol/L}$ 的浓度下均未检测到抗炎活性。

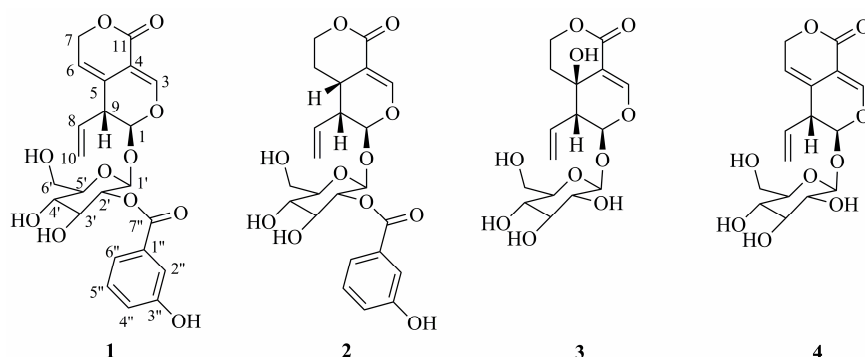


图 1 高杯喉毛花中的裂环环烯醚萜苷类化合物

Fig. 1 Secoiridoid glycosides from *C. traillianum*

1 仪器与材料

1.1 仪器与设备

UV-2401A 紫外光谱仪 (日本岛津公司); Agilent UPLC/Q-ToF 液质联用仪、安捷伦 1260 高效液相色谱仪 (美国安捷伦公司); BRUKERTensor-27 傅里叶变换中红外光谱仪 (德国布鲁克公司); Bruker AVANCE III-400M 型核磁共振仪 (德国布鲁克公司); X-4 数字显示显微熔点测定仪 (巩义予华仪器有限公司); 色谱柱为 Shimadzu Shim-pack GIS C₁₈ (250 mm×10 mm, 5 μm) 半制备柱 (昆明全和科技有限公司)。

1.2 材料与试剂

柱色谱硅胶 (100~200 目)、GF254 (50 mm×100 mm) 硅胶板 (青岛海洋化工厂); Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶 (美国 Amersham Biosciences 公司); RP-C₁₈ gel (MB 100-40/75 μm , 日本 FUJI Silysia Chemical Ltd. 公司); 硅胶板显色剂为 5%~10% H₂SO₄ 乙醇溶液; 工业级重蒸后石油醚、甲醇、醋酸乙酯; 色谱甲醇 (北京伊诺凯有限公司); 屈臣氏纯净水。

采自云南省迪庆藏族自治州香格里拉市小中甸海拔 3 507 m 的高杯喉毛花全草, 经云南民族大学杨青松副教授鉴定为高杯喉毛花 *Comastoma traillianum* (Forrest) Holub。本实验中供化学成分分离的为该植物全草。

2 提取与分离

取风干之后的高杯喉毛花全草, 粉碎到 80 目得粗粉 3.8 kg, 加入 95% 的乙醇水溶液室温浸泡、超声提取 6 次, 每次用量为 6.0 L, 每次 8 h, 提取液

经过滤、减压浓缩后得深绿色浸膏 1.087 kg。将该浸膏用 1.5 kg (100~200 目) 硅胶拌样, 烘干, 用 5.5 kg 硅胶 (100~200 目) 干法装柱进行柱色谱分离, 分别采用醋酸乙酯-甲醇 (50:1、30:1、10:1、1:1、0:1) 进行梯度洗脱, 经 TLC 检测分析合并相同组分, 分成 5 个部分。选取醋酸乙酯-甲醇 50:1 洗脱部分滤过后经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱, 采用纯甲醇为流动相进行洗脱, 经 TLC 检测分析合并相同组分, 得到 6 个部分 A1~A6。将 A5 (6.3 g) 部分进行 RP-C₁₈ 反相柱色谱进一步分离, 以甲醇-水 (10:90→100:0) 进行梯度洗脱, 收集洗脱液, 经 TLC 检测合并相同组分, 得到 B1~B12 部分。将 B8 部分进行重结晶得到化合物 **1** (35.3 mg)。将 B10 部分经高效液相色谱进行分离, 以 65% 甲醇-水溶液为流动相, 体积流量为 3 mL/min, 收集 18.5 min 的色谱峰多次累加后蒸干得化合物 **2** (8.5 mg); 收集 23.5 min 的色谱峰多次累加后蒸干得化合物 **3** (6.4 mg); 收集 28.3 min 的色谱峰多次累加后蒸干得化合物 **4** (9.4 mg)。

经过滤、减压浓缩后得深绿色浸膏 1.087 kg。将该浸膏用 1.5 kg (100~200 目) 硅胶拌样, 烘干, 用 5.5 kg 硅胶 (100~200 目) 干法装柱进行柱色谱分离, 分别采用醋酸乙酯-甲醇 (50:1、30:1、10:1、1:1、0:1) 进行梯度洗脱, 经 TLC 检测分析合并相同组分, 分成 5 个部分。选取醋酸乙酯-甲醇 50:1 洗脱部分滤过后经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱, 采用纯甲醇为流动相进行洗脱, 经 TLC 检测分析合并相同组分, 得到 6 个部分 A1~A6。将 A5 (6.3 g) 部分进行 RP-C₁₈ 反相柱色谱进一步分离, 以甲醇-水 (10:90→100:0) 进行梯度洗脱, 收集洗脱液, 经 TLC 检测合并相同组分, 得到 B1~B12 部分。将 B8 部分进行重结晶得到化合物 **1** (35.3 mg)。将 B10 部分经高效液相色谱进行分离, 以 65% 甲醇-水溶液为流动相, 体积流量为 3 mL/min, 收集 18.5 min 的色谱峰多次累加后蒸干得化合物 **2** (8.5 mg); 收集 23.5 min 的色谱峰多次累加后蒸干得化合物 **3** (6.4 mg); 收集 28.3 min 的色谱峰多次累加后蒸干得化合物 **4** (9.4 mg)。

3 结构鉴定

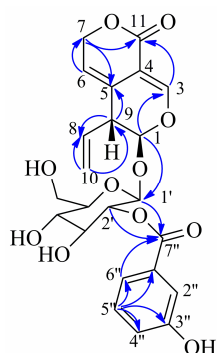
化合物 **1**: 白色针状结晶 (甲醇), mp 144~146 $^{\circ}\text{C}$, $[\alpha]_{\text{D}}^{20.3} +81.652^{\circ}$ (c 0.23, MeOH); UV $\lambda_{\text{max}}^{\text{MeOH}}$ (nm): 210 (3.83), 240 (3.44), 273 (3.26); IR $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm^{-1}): 3 419, 2 967, 1 716, 1 680, 1 617, 1 456, 1 427, 1 290, 1 230, 1 074, 949, 813, 755, 556; HR-ESI-MS 显示其准分子离子峰为 m/z 499.120 9 $[\text{M}+\text{Na}]^{+}$ (计算值 499.121 1), 结合 ^1H -和 ^{13}C -NMR 谱确定分子式为 C₂₃H₂₄O₁₁, 不饱和度为 12。红外光谱中显示了羟基

(3 419 cm^{-1})、羰基 (1 716 cm^{-1}) 和芳环 (1 617、1 456 和 1 427 cm^{-1}) 的共振吸收峰。紫外光谱在 210、240、273 nm 处有最大吸收证明该化合物中存在芳环结构。化合物的 ^1H -、 ^{13}C -NMR 和 DEPT 数据 (表 1) 显示化合物中存在 23 个碳和 24 个氢, 其中包括 3 个亚甲基, 14 个次甲基, 6 个季碳 (包括 2 个共轭羰基碳)。氢谱显示的 δ_{H} 3.41~4.96 的信号和碳谱显示的 δ_{C} 103.1 (d)、75.9 (d)、75.6 (d)、71.2 (d)、78.6 (d)、62.3 (t) 信号可知, 该化合物中存在 1 个吡喃葡萄糖基结构单元, 此外根据氢谱显示的 δ_{H} 5.37 (1H, d, $J = 3.1$ Hz, H-1)、 δ_{H} 7.44 (1H, s, H-3)、 δ_{H} 5.32 (1H, m, H-6)、 δ_{H} 4.88~4.97 (2H, m, H-7)、 δ_{H} 5.43 (1H, m, H-8)、 δ_{H} 3.16 (1H, m, H-9) 特征质子信号表明该化合物中存在 1 个裂环环烯醚萜单元 (C-1~11), 根据氢谱中 H-2''~6'' 信号出现的

1 个 brs 峰、2 个 d 峰、1 个 t 峰, 表明该化合物存在 1 个 1,3-二取代的苯环 (C-1''~6'')。通过化合物核磁共振数据之间的比较, 发现和已知化合物 **2** 相似, 可初步推测化合物 **1** 可能为裂环环烯醚萜苷类^[7]。此外, 化合物 **1** 的 HMBC 谱中 (图 2) 观察到 H-3 (δ_{H} 7.44) 和 C-11 (δ_{C} 166.2); H-7 (δ_{H} 4.97) 和 C-11; H-6 (δ_{H} 5.32) 和 C-7 (δ_{C} 70.9); H-10 (δ_{H} 5.06) 和 C-8 (δ_{C} 132.9) 以及 H-8 (δ_{H} 5.43) 和 C-9 (δ_{C} 46.1) 的 HMBC 相关, 确定该化合物的环烯醚萜结构单元。根据 H-1 (δ_{H} 5.37) 与 C-1' (δ_{C} 103.1) 的 HMBC 相关, 可推测葡萄糖基的 C-1' 取代在 C-1 位; 根据 H-2' (δ_{H} 4.96) 与 C-1' (δ_{C} 103.1); H-2' (δ_{H} 4.96) 与 C-7'' (δ_{C} 167.1) 的 HMBC 相关, 可知 C-7'' 取代在糖的 C-2' 位。根据 H-2'' (δ_{H} 7.46) 与 C-7'' 的 HMBC 相关可知 C-7'' 取代在苯环的 C-1'' 位。再根据 H-1' 的

表 1 化合物 **1** 的核磁共振数据 (400 MHz, CD_3OD)Table 1 ^1H -NMR and ^{13}C -NMR data of compound **1** (400 MHz, CD_3OD)

碳位	δ_{C}	δ_{H}	碳位	δ_{C}	δ_{H}
1	102.5 d	5.37 (d, $J = 3.1$ Hz)	2'	75.6 d	4.96 (m)
3	151.1 d	7.44 (s)	3'	75.9 d	3.69 (m)
4	105.1 s		4'	71.2 d	3.47 (m)
5	127.6 s		5'	78.6 d	3.41 (m)
6	115.4 d	5.32 (m)	6'a	62.3 d	3.73 (m)
7a	70.9 t	4.88 (m)	6'b		3.88 (dd, $J = 12.1, 2.1$ Hz)
7b		4.97 (m)	1''	132.7 s	
8	132.9 d	5.43 (m)	2''	117.4 d	7.46 (brs)
9	46.1 d	3.16 (m)	3''	158.8 s	
10a	121.6 t	4.76 (dd, $J = 10.2, 1.8$ Hz)	4''	121.4 d	7.04 (d, $J = 8.2$ Hz)
10b		5.06 (dd, $J = 17.5, 1.5$ Hz)	5''	130.6 d	7.30 (t, $J = 7.9$ Hz)
11	166.2 s		6''	121.9 d	7.54 (d, $J = 8.2$ Hz)
1'	103.1 d	4.90 (d, $J = 7.8$ Hz)	7''	167.1 s	

图 2 化合物 **1** 的主要 HMBC (—) 相关Fig. 2 Key HMBC correlations (—) of compound **1**

偶合常数为 7.8 Hz, 表明 C-1 为 β -构型^[8], 另外在 ROESY 谱中未找到 H-1 和 H-9 的相关点, 表明 H-9 为 β -构型。至此化合物 **1** 的结构得到确认, 并命名为高杯喉毛花内脂 A。

化合物 **2**: 白色无定形粉末, ESI-MS m/z : 479.45 $[\text{M}+\text{H}]^+$; ^1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.44 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, H-6''), 7.40 (1H, brs, H-2''), 7.30 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-3), 7.24 (1H, t, $J = 7.9$ Hz, H-5''), 7.00 (1H, dd, $J = 8.1, 2.5$ Hz, H-4''), 5.49 (1H, d, $J = 6.7$ Hz, H-1), 5.43 (1H, m, H-8), 5.29 (1H, dd, $J = 17.3, 1.8$ Hz, H-10b), 5.22 (1H, dd, $J = 10.3, 1.9$ Hz,

H-10a), 4.95 (1H, m, H-1'), 4.58 (1H, m, H-2'), 4.27 (1H, m, H-7b), 3.92 (1H, m, H-7a), 3.86 (1H, dd, $J = 12.0, 2.1$ Hz, H-6'b), 3.82 (1H, m, H-6'a), 3.73 (1H, m, H-3'), 3.44 (1H, m, H-4'), 3.35 (1H, m, H-5'), 2.66 (1H, m, H-9), 2.62 (1H, m, H-5), 1.62 (1H, m, H-6b), 1.53 (1H, m, H-6a); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CD_3OD) δ : 167.5 (C-7"), 167.3 (C-11), 158.8 (C-3"), 153.4 (C-3), 132.8 (C-8), 132.1 (C-1"), 130.8 (C-5"), 121.7 (C-6"), 121.6 (C-10), 121.0 (C-4"), 117.0 (C-2"), 105.9 (C-4), 97.4 (C-1'), 97.0 (C-1), 78.7 (C-5'), 75.4 (C-3'), 75.3 (C-2'), 71.8 (C-4'), 69.4 (C-7), 62.6 (C-6'), 43.3 (C-9), 28.7 (C-5), 25.6 (C-6)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物 **2** 为 2'-间羟基苯甲酰獐牙菜苷。

化合物 **3**: 白色无定形粉末, ESI-MS m/z : 389.37 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.63 (1H, s, H-3), 5.72 (1H, d, $J = 1.3$ Hz, H-1), 5.44 (1H, m, H-8), 5.36 (1H, dd, $J = 17.0, 2.5$ Hz, H-10b), 5.29 (1H, dd, $J = 9.4, 2.6$ Hz, H-10a), 4.75 (1H, m, H-7b), 4.64 (1H, d, $J = 7.9$ Hz, H-1'), 4.34 (1H, m, H-7a), 3.89 (1H, dd, $J = 12.0, 1.9$ Hz, H-6'b), 3.67 (1H, dd, $J = 12.0, 5.6$ Hz, H-6'a), 3.38 (1H, m, H-3'), 3.34 (1H, m, H-5'), 3.29 (1H, dd, $J = 9.5, 8.8$ Hz, H-4'), 3.21 (1H, dd, $J = 8.8, 8.1$ Hz, H-2'), 2.92 (1H, dd, $J = 9.1, 1.1$ Hz, H-9), 1.90 (1H, m, H-6b), 1.75 (1H, brd, $J = 13.9$ Hz, H-6a); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CD_3OD) δ : 168.9 (C-11), 155.7 (C-3), 134.7 (C-8), 122.1 (C-10), 109.7 (C-4), 101.1 (C-1'), 99.9 (C-1), 79.3 (C-5'), 78.6 (C-3'), 75.2 (C-2'), 72.3 (C-4'), 66.8 (C-7), 65.1 (C-5), 63.4 (C-6'), 52.7 (C-9), 34.6 (C-6)。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **3** 为獐牙菜苦苷。

化合物 **4**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 357.33 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$) δ : 7.79 (1H, s, H-3), 5.85 (1H, m, H-8), 5.29 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-1), 5.28 (1H, m, H-6), 5.15 (1H, m, H-10b), 4.79~4.83 (2H, m, H-7), 4.72 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 4.46 (1H, m, H-10a), 4.34 (1H, dd, $J = 11.8, 4.8$ Hz, H-6'b), 4.24 (1H, m, H-6'a), 3.93~4.21 (4H, m, H-2'~5'), 3.32 (1H, m, H-9); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$) δ : 163.6 (C-11), 151.0 (C-3), 133.2 (C-8), 127.7 (C-5), 121.2 (C-10), 115.0 (C-6), 105.9 (C-4), 104.8 (C-1'), 101.7 (C-1), 79.4 (C-5'), 78.8 (C-3'), 75.6 (C-2'), 71.4 (C-4'), 69.9 (C-7), 62.7 (C-6'), 46.3 (C-9)。以上数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **4** 为龙胆苦苷。

4 化合物的细胞抗炎活性筛选

据文献报道^[12-13], 大多数环烯醚萜类化合物具有抗炎活性, 因此对化合物 **1~4** 进行了小鼠单核巨噬细胞 RAW 264.7 抗炎活性筛选和细胞毒性 (SRB) 实验。抗炎活性测试参照文献报道^[14]采用 Griess 试剂测定法, 以 *S*-甲基异硫脲硫酸盐为阳性对照药, *S*-甲基异硫脲硫酸盐的半数抑制浓度 (IC_{50}) 为 12.2 $\mu\text{mol/L}$, 化合物 **1~4** 的 IC_{50} 值均大于 100 $\mu\text{mol/L}$, 结果表明化合物 **1~4** 对脂多糖 (LPS) 和 γ 干扰素 ($\text{IFN-}\gamma$) 刺激 RAW 264.7 细胞所诱导的诱导性一氧化氮合酶 (iNOS) 表达没有抑制作用, 未检测到抗炎活性; 同时化合物 **1~4** 在 100 $\mu\text{mol/L}$ 浓度下对 RAW264.7 细胞的生长无明显抑制和毒性作用。

5 讨论

喉毛花属植物资源在我国分布广泛, 该属植物的化学成分复杂, 具有多种药理活性, 目前对于藏药喉毛花属植物的研究相对较少, 据报道对于长梗喉毛花的化学成分^[15-16]研究较多, 近几年也有对于喉毛花属植物的抗烟草花叶病毒^[17]、抗炎^[18]、保肝^[19]等方面活性的研究。本实验通过对喉毛花属植物高杯喉毛花化学成分以及抗炎活性的研究, 丰富了喉毛花属植物的化学成分。喉毛花属植物作为一种常用的藏药资源, 加强对喉毛花属植物的化学成分以及生物活性研究, 为藏药喉毛花的进一步开发提供理论参考。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第 62 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [2] 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.
- [3] 樊淑芬, 胡伯林, 丁经业, 等. 喉毛花化学成分研究 [J]. 植物学报, 1988, 30(3): 303-307.
- [4] 钟伯雄, 唐 丽, 焦建那拉, 等. 藏药喉毛花总黄酮提取工艺的实验研究 [J]. 中国民族医药杂志, 2009, 15(6): 58-59.
- [5] 袁 怡, 崔保松, 张 瑛, 等. 长梗喉毛花酮类化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(12): 1577-1579.
- [6] Zhou M, Zhou K, Zhao Y L, *et al.* New xanthones from *Comastoma pulmonarium* and their anti-tobacco mosaic virus activity [J]. *Heterocycles*, 2015, 90(3): 604-609.
- [7] 徐 伟, 辛 菲, 刘 明, 等. 马鞭草裂环烯醚萜苷类成分的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2010, 27(10): 793-796.
- [8] Kikuchi M, Kakuda, R, Yaoita, Y, *et al.* New secoiridoid

- glucosides from *Swertia japonica* [J]. *Helvetica*, 2008, 91(7): 1236-1243.
- [9] 刘艳霞, 史文中, 倪雅娟, 等. 尖叶假龙胆全草中环烯醚萜苷类成分的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2016, 33(9): 702-705.
- [10] Kikuchi M, Kikuchi M. Studies on the constituents of *Swertia japonica* Makino I. On the structures of new secoiridoid diglycosides [J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(10): 1210-1214.
- [11] 罗跃华, 聂瑞麟. 紫红璋牙菜的单萜环烯醚苷 [J]. 云南植物研究, 1993, 15(1): 97-100.
- [12] 毛高慧, 张刘强, 钱 菲, 等. 中药中 3 类环烯醚萜苷抗炎活性研究进展 [J]. 中草药, 2019, 50(1): 225-233.
- [13] 董天骄, 崔元璐, 田俊生, 等. 天然环烯醚萜类化合物研究进展 [J]. 中草药, 2011, 42(1): 185-194.
- [14] Seo Y J, Jeong M, Lee K T, *et al.* Isocyperol, isolated from the rhizomes of *Cyperus rotundus*, inhibits LPS-induced inflammatory responses via suppression of the NF- κ B and STAT3 pathways and ROS stress in LPS-stimulated RAW 264.7 cells [J]. *Int Immunopharmacol*, 2016, 38: 61-69.
- [15] 乔涌起, 崔保松, 唐 丽, 等. 长梗喉毛花正丁醇部位化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(16): 2360-2365.
- [16] 唐 丽, 徐墩海, 金振南, 等. 藏药长梗喉毛花乙酸乙酯部位的化学成分研究 [J]. 山东中医药大学学报, 2007(3): 250-251.
- [17] 王小龙, 李 萍, 李 晶, 等. 藏药喉毛花中 1 个新萜甲醛类化合物及其抗 TMV 活性研究 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(19): 3884-3886.
- [18] 乔涌起. 长梗喉毛花抗炎活性部位化学成分研究 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2012.
- [19] 袁 怡. 长梗喉毛花保肝活性化学成分研究 [D]. 北京: 中国协和医科大学, 2010.