

藏药麻花秦艽化学成分研究

张莉¹ 党军¹ 梅丽娟¹ 邵赟¹ 王启兰^{1*} 刘雪娟²

(1. 中国科学院西北高原生物研究所/中国科学院藏药研究重点实验室/青海省藏药研究重点实验室, 青海西宁 810008; 2. 内蒙古自治区阿拉善盟林业治沙研究所, 内蒙古阿拉善左旗 750300)

摘要 目的: 研究麻花秦艽的化学成分。方法: 利用微孔树脂柱、硅胶柱、Sephadex LH-20 凝胶柱和制备色谱等手段进行分离纯化, 通过 NMR、MS 等波谱手段进行结构鉴定。结果: 从麻花秦艽根中分离得到 12 个化合物, 分别鉴定为: 胡萝卜苷(1)、 β -谷甾醇(2)、熊果酸(3)、獐牙菜苷(4)、獐牙菜苦苷(5)、龙胆苦苷(6)、6'-O-乙酰基-龙胆苦苷(7)、6'-O- β -D-吡喃葡萄糖基-獐牙菜苷(8)、原儿茶醛(9)、原儿茶酸(10)、没食子酸甲酯(11)、邻苯二甲酸二丁酯(12)。结论: 其中, 化合物 8~12 为首次从麻花秦艽中分离得到。

关键词 麻花秦艽; 化学成分; 结构鉴定

中图分类号: R284.1/R284.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-4454(2016)01-0103-04

DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2016.01.024

Chemical Constituents from Roots of *Gentiana straminea* of Tibetan MedicineZHANG Li¹, DANG Jun¹, MEI Li-juan¹, Shao Yun¹, WANG Qi-lan¹, LIU Xue-juan²

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences/Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Chinese Academy of Sciences/Qinghai Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Xining 810008 China; 2. Alxa Forestry and Desert Control Research Institute, Alxa Left Banner 750300 China)

Abstract Objective: To investigate the chemical constituent from the roots of *Gentiana straminea*. Methods: The constituents were separated by microporous resin, silica gel, Sephadex LH-20 and preparative column chromatography and their structures were elucidated by NMR and MS spectral methods. Results: Twelve chemical constituents were isolated from the roots of *Gentiana straminea* and their structures were identified as daucosterol (1), β -sitosterol (2), ursolic acid (3), sweroside (4), swertiamarin (5), gentiopicroside (6), 6'-O-acetyl-gentiopicroside (7), 6'-O- β -D-glucopyranosyl-sweroside (8), protocatechuic aldehyde (9), protocatechuic acid (10), methyl gallate (11) and dibutyl phthalate (12). Conclusion: The compounds 8, 9, 10, 11 and 12 are obtained from this plant for the first time.

Key words *Gentiana straminea* Maxim.; Chemical constituents; Structural identification

麻花秦艽 *Gentiana straminea* Maxim. 为龙胆科龙胆属植物, 多年生草本, 分布于我国青海、西藏、四川、甘肃、宁夏及湖北等地, 生于山坡草地、河滩、灌丛、林缘、高山草甸, 海拔 2 600 ~ 4 500 m^[1,2]。《晶珠本草》记载“麻花苳可止血, 消肿, 清腑热, 胆热, 脉热, 治麻风和毒热, 炮制物敷患处可消肿, 撒布腐疮清脉热”^[3]。麻花秦艽的化学成分主要有龙胆苦苷、獐牙菜苷、熊果酸、胡萝卜苷、 β -D-葡萄糖乙苷、N-正二十五烷-2-羟基苯甲酰胺、熊果醇、2-(邻, 间-二羟苯甲酰)^[4], 其中环烯醚萜苷类成分(龙胆苦苷和獐牙菜苷)具有保肝、利胆、抗炎等生物活性。本实验深入研究麻花秦艽的化学成分, 从麻花秦艽根的石油醚、乙酸乙酯和水部位分离得到 12 个化合物, 分别鉴定为: 胡萝卜苷(1)、 β -谷甾醇(2)、熊果酸(3)、獐牙菜苷(4)、獐牙菜苦苷(5)、龙胆苦苷(6)、6'-O-乙酰基-龙胆苦苷(7)、6'-O- β -D-吡喃葡萄糖基-獐牙菜苷(8)、原儿茶醛(9)、原儿茶酸(10)、没食子酸甲酯(11)、邻苯二甲酸二丁酯(12)。其中, 化合物 8~12 为首次从麻花秦艽中分离得到。

糖基-獐牙菜苷(8)、原儿茶醛(9)、原儿茶酸(10)、没食子酸甲酯(11)、邻苯二甲酸二丁酯(12)。其中, 化合物 8~12 为首次从麻花秦艽中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker Avance-600 MHz 核磁共振光谱仪; Waters Q-TOF PremierTM 型液相离子阱色谱质谱联用仪; Agilent 1200 型高效液相色谱仪; Sephadex LH-20、MCI(日本三菱公司); 柱层析硅胶(200~300目)、薄层色谱硅胶 GF₂₅₄(青岛海洋化工厂); HB-NP-7000C 制备色谱(汉邦科技有限公司)。

实验用麻花秦艽药材于 2011 年 9 月采自青海省海北州, 由笔者梅丽娟副研究员鉴定为龙胆科龙胆属植物麻花秦艽 *Gentiana straminea* Maxim. 的干燥根。标本(标本号: NWIPB-GSM-2011-09-10)保存于青藏高原生物标本馆。

2 提取与分离

收稿日期: 2015-07-30

基金项目: 青海省高新技术研究与发展计划(2014-GX-220); 中国科学院“西部之光”人才培养计划重点项目(2014)

作者简介: 张莉(1984-)女, 硕士, 工程师, 主要从事藏药化学成分研究; E-mail: zhangli@nwipb.cas.cn.

* 通讯作者: 王启兰, Tel: 0971-6143610, E-mail: wql@nwipb.cas.cn.

麻花秦艽根阴干 4.5 kg, 粉碎后用 70% 乙醇回流提取 3 次, 每次 2 h, 合并提取液, 减压浓缩, 得醇提物浸膏约 540 g。将浸膏混悬于适量水, 依次用等体积的石油醚、乙酸乙酯萃取。合并萃取液, 减压浓缩得到石油醚部位(32.5 g)、乙酸乙酯部位(186.0 g)和水部位(321.5 g)。石油醚萃取部位先用微孔树脂柱除色素(甲醇洗脱), 然后用硅胶柱层析进行分离, 以石油醚-丙酮(19:1、15:5、10:10、5:15)梯度洗脱, 最后用丙酮洗柱, 共分 5 个流分。流分 1 和 3 经反复硅胶柱层析和 Sephadex LH-20 柱分离、重结晶, 得到化合物 2(12 mg)、1(22 mg) 和 3(18 mg)。乙酸乙酯萃取部位先用微孔树脂柱除色素(90% 甲醇洗脱)。然后用硅胶柱层析进行分离, 以氯仿-甲醇溶剂系统梯度洗脱, 共分 8 个组分。组分 2、4、5 经反复正相硅胶柱层析、液相制备色谱分离得到化合物 4(7 mg)、5(10 mg)、6(160 mg)、7(26 mg)、8(32 mg)。水部位先用微孔树脂柱除糖, 以水和 70% 甲醇洗脱。70% 甲醇洗脱部分用硅胶柱层析进行分离, 以氯仿-甲醇-水(8:2:0.2、7:3:0.5)梯度洗脱, 共分 4 个流分, 流分 3 和流分 4 经液相制备色谱分离得到化合物 11(8 mg)、12(20 mg)、9(16 mg)、10(9 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1: 白色粉末。10% 硫酸-乙醇显红色。ESI-MS m/z : 575 $[M - H]^-$ 。 1H -NMR(600 MHz, $DM-SO-d_6$) δ : 5.32(1H, d, $J=4.8$ Hz, H-6), 4.21(1H, d, $J=7.3$ Hz, H-1'), 3.45(1H, m, H-3), 3.30(1H, dd, $J=5.4, 10.8$ Hz, H-6'a), 3.12(1H, q, $J=4.8$ Hz, H-4'), 3.12(2H, m, H-6'b), 3.05(2H, q, $J=5.2$ Hz, H-2', 3'), 2.90(1H, m, H-5'), 0.95(3H, s, H-19), 0.89(3H, d, $J=5.4$ Hz, H-29), 0.82(3H, t, $J=7.0$ Hz, H-21), 0.81, 0.79(each 3H, d, $J=7.0$ Hz, H-26, 27), 0.64(3H, s, H-18); ^{13}C -NMR(151 MHz, $DM-SO-d_6$) δ : 36.9(C-1), 29.3(C-2), 77.0(C-3), 38.3(C-4), 140.6(C-5), 121.3(C-6), 31.4(C-7), 31.4(C-8), 49.6(C-9), 36.2(C-10), 20.6(C-11), 39.2(C-12), 41.9(C-13), 56.2(C-14), 23.9(C-15), 27.8(C-16), 55.5(C-17), 11.7(C-18), 19.1(C-19), 35.5(C-20), 18.6(C-21), 33.4(C-22), 25.4(C-23), 45.2(C-24), 28.7(C-25), 18.9(C-26), 19.7(C-27), 22.6(C-28), 11.8(C-29), 100.9(C-1'), 73.5(C-2'), 76.8(C-3'), 70.1(C-4'), 76.8(C-5'), 61.1(C-6')。以上数据与文献^[5]报道对照基本一致, 故鉴定化合物 1 为胡萝卜苷。

化合物 2: 白色粉末。10% 硫酸-乙醇显红色。

ESI-MS m/z : 437 $[M + Na]^-$ 。 1H -NMR(600 MHz, $DM-SO-d_6$) δ : 5.36(1H, d, $J=4.8$ Hz, H-6), 3.53(1H, m, H-3), 0.98(3H, s, H-19), 0.92(3H, d, $J=5.4$ Hz, H-29), 0.85(3H, t, $J=7.0$ Hz, H-21), 0.81, 0.79(each 3H, d, $J=7.0$ Hz, H-26, 27), 0.68(3H, s, H-18); ^{13}C -NMR(151 MHz, $DM-SO-d_6$) δ : 37.8(C-1), 32.9(C-2), 71.4(C-3), 43.3(C-4), 142.6(C-5), 121.4(C-6), 32.4(C-7), 32.4(C-8), 51.1(C-9), 37.8(C-10), 20.8(C-11), 39.6(C-12), 42.1(C-13), 56.8(C-14), 24.1(C-15), 28.2(C-16), 55.8(C-17), 12.1(C-18), 18.9(C-19), 36.2(C-20), 19.1(C-21), 34.0(C-22), 25.8(C-23), 45.4(C-24), 29.3(C-25), 19.2(C-26), 20.6(C-27), 23.1(C-28), 12.0(C-29)。以上数据与文献^[5]报道对照基本一致, 故鉴定化合物 2 为 β -谷甾醇。

化合物 3: 无色针晶。10% 硫酸-乙醇显红色。ESI-MS m/z : 427 $[M + H]^+$ 。 1H -NMR(600 MHz, $DM-SO-d_6$) δ : 5.12(1H, br s, H-12), 3.03(1H, m, H-3), 2.10(1H, d, $J=11.4$ Hz, H-18), 1.05(3H, s, H-27), 0.90(6H, s, H-23, 30), 0.88(3H, s, H-29), 0.87(3H, s, H-25), 0.80(3H, d, $J=6.6$ Hz, H-26), 0.68(3H, s, H-24); ^{13}C -NMR(151 MHz, $DM-SO-d_6$) δ : 38.0(C-1), 27.0(C-2), 77.0(C-3), 40.0(C-4), 54.6(C-5), 18.2(C-6), 32.6(C-7), 38.8(C-8), 46.8(C-9), 36.0(C-10), 23.8(C-11), 124.6(C-12), 138.3(C-13), 41.8(C-14), 27.3(C-15), 22.6(C-16), 46.5(C-17), 52.4(C-18), 38.8(C-19), 38.3(C-20), 30.6(C-21), 36.4(C-22), 28.5(C-23), 15.9(C-24), 15.4(C-25), 16.8(C-26), 23.2(C-27), 178.3(C-28), 17.1(C-29), 20.9(C-30)。以上数据与文献^[7]报道对照基本一致, 故鉴定化合物 3 为熊果酸。

化合物 4: 白色粉末。ESI-MS m/z : 359 $[M + H]^+$ 。 1H -NMR(600 MHz, CD_3OD) δ : 7.51(1H, s, H-2), 5.46(1H, d, $J=2.8$ Hz, H-1), 5.40(1H, m, H-7), 5.18(2H, m, H-9), 4.58(1H, d, $J=7.6$ Hz, H-1'), 4.36(1H, m, H-6a), 4.30(1H, m, H-6b), 3.80(1H, dd, $J=12.0, 2.0$ Hz, H-6'a), 3.55(1H, dd, $J=12.0, 2.0$ Hz, H-6'b), 3.26(1H, m, H-5'), 3.22(1H, m, H-3'), 3.22(1H, m, H-2'), 3.18(1H, m, H-4'), 3.10(1H, m, H-4), 2.58(1H, dd, $J=9.6, 5.6$ Hz, H-8), 1.65(2H, m, H-5); ^{13}C -NMR(151 MHz, CD_3OD) δ : 98.2(C-1), 154.3(C-2), 106.2(C-3), 29.0(C-4), 26.6(C-5), 70.2(C-6), 134.1(C-7), 44.0(C-8), 121.5(C-9), 169.2(C-10), 100.3(C-

1') 75.5 (C-2') ,79.1 (C-3') ,72.2 (C-4') ,77.9 (C-5') ,62.8 (C-6')。以上数据与文献^[8]报道对照基本一致,故鉴定化合物4为獐牙菜苷。

化合物5:白色粉末。ESI-MS m/z : 373 [M - H]⁻。¹H-NMR(600 MHz, CD₃OD) δ : 7.60(1H, s, H-2) ,5.70(1H, br s, H-1) ,5.40(1H, m, H-7) ,5.18(2H, m, H-9) ,4.75(1H, dd, J = 11.2, 5.0 Hz, H-6a) ,4.60(1H, d, J = 7.9 Hz, H-1') ,4.38(1H, dd, J = 11.2, 5.0 Hz, H-6b) ,3.86(1H, dd, J = 12.0, 2.0 Hz, H-6'a) ,3.65(1H, dd, J = 12.0, 2.0 Hz, H-6'b) ,3.28(1H, m, H-5') ,3.20(1H, m, H-3') ,3.20(1H, m, H-2') ,3.16(1H, m, H-4') ,2.96(1H, d, J = 8.9 Hz, H-8) ,1.84(2H, m, H-5) ; ¹³C-NMR(151 MHz, CD₃OD) δ : 98.5 (C-1) ,154.5 (C-2) ,109.2 (C-3) ,64.5 (C-4) ,33.5 (C-5) ,66.2 (C-6) ,134.2 (C-7) ,52.1 (C-8) ,121.5 (C-9) ,168.5 (C-10) ,100.3 (C-1') ,75.3 (C-2') ,79.2 (C-3') ,72.0 (C-4') ,78.1 (C-5') ,62.7 (C-6')。以上数据与文献^[9]报道对照基本一致,故鉴定化合物5为獐牙菜苦苷。

化合物6:白色粉末。ESI-MS m/z : 357 [M + H]⁺。¹H-NMR(600 MHz, CD₃OD) δ : 7.48(1H, s, H-2) ,5.75(1H, m, H-5) ,5.68(1H, m, H-7) ,5.60(1H, br s, H-1) ,5.20(2H, m, H-9) ,5.01(2H, m, H-6) ,4.68(1H, d, J = 7.9 Hz, H-1') ,3.86(1H, dd, J = 12.0, 2.0 Hz, H-6'a) ,3.65(1H, dd, J = 12.0, 2.0 Hz, H-6'b) ,3.30(1H, m, H-5') ,3.21(1H, m, H-3') ,3.21(1H, m, H-2') ,3.12(1H, m, H-4') ,3.06(1H, m, H-8) ; ¹³C-NMR(151 MHz, CD₃OD) δ : 98.4 (C-1) ,150.5 (C-2) ,105.1 (C-3) ,126.8 (C-4) ,117.1 (C-5) ,71.2 (C-6) ,134.8 (C-7) ,46.8 (C-8) ,118.2 (C-9) ,166.5 (C-10) ,100.3 (C-1') ,74.8 (C-2') ,77.6 (C-3') ,71.5 (C-4') ,78.3 (C-5') ,62.6 (C-6')。以上数据与文献^[10]报道对照基本一致,故鉴定化合物6为龙胆苦苷。

化合物7:白色粉末。ESI-MS m/z : 399 [M + H]⁺。¹H-NMR(600 MHz, CD₃OD) δ : 7.50(1H, s, H-2) ,5.74(1H, m, H-5) ,5.66(1H, m, H-7) ,5.62(1H, br s, H-1) ,5.18(2H, m, H-9) ,5.03(2H, m, H-6) ,4.70(1H, d, J = 7.9 Hz, H-1') ,4.37(1H, dd, J = 12.0, 2.0 Hz, H-6'a) ,4.16(1H, dd, J = 12.0, 2.0 Hz, H-6'b) ,3.32(1H, m, H-5') ,3.21(1H, m, H-3') ,3.21(1H, m, H-2') ,3.14(1H, m, H-4') ,3.08(1H, m, H-8) ,2.06(3H, m, H-8') ; ¹³C-NMR(151 MHz, CD₃OD) δ : 98.0 (C-1) ,150.2 (C-2) ,105.4 (C-3) ,126.6 (C-4) ,117.2 (C-5) ,71.0 (C-6) ,135.1 (C-

7) ,46.9 (C-8) ,118.1 (C-9) ,166.4 (C-10) ,100.4 (C-1') ,74.4 (C-2') ,77.8 (C-3') ,71.6 (C-4') ,78.5 (C-5') ,62.8 (C-6') ,172.1 (C-7') ,21.1 (C-8')。以上数据与文献^[11]报道对照基本一致,故鉴定化合物7为6'-O-乙酰基-龙胆苦苷。

化合物8:白色粉末。ESI-MS m/z : 521 [M + H]⁺。¹H-NMR(600 MHz, CD₃OD) δ : 7.57(1H, s, H-2) ,5.48(1H, d, J = 2.6 Hz, H-1) ,5.40(1H, m, H-7) ,5.18(2H, m, H-9) ,4.60(1H, d, J = 7.6 Hz, H-1') ,4.34(1H, d, J = 7.6 Hz, H-1'') ,4.34(1H, m, H-6a) ,4.28(1H, m, H-6b) ,4.21(1H, dd, J = 12.0, 2.0 Hz, H-6'a) ,3.85(1H, d, J = 11.2 Hz, H-6''a) ,3.80-3.18(10H, m, H-2'~5' ,6'b''~5'' ,6''b) ,3.10(1H, m, H-4) ,2.62(1H, dd, J = 9.6, 5.6 Hz, H-8) ,1.65(2H, m, H-5) ; ¹³C-NMR(151 MHz, CD₃OD) δ : 98.3 (C-1) ,154.2 (C-2) ,106.2 (C-3) ,28.7 (C-4) ,26.5 (C-5) ,70.0 (C-6) ,133.9 (C-7) ,44.1 (C-8) ,121.6 (C-9) ,169.0 (C-10) ,100.0 (C-1') ,75.4 (C-2') ,78.8 (C-3') ,71.9 (C-4') ,77.9 (C-5') ,69.4 (C-6') ,105.2 (C-1'') ,74.8 (C-2'') ,77.9 (C-3'') ,71.4 (C-4'') ,77.6 (C-5'') ,62.8 (C-6'')。以上数据与文献^[12]报道对照基本一致,故鉴定化合物8为6'-O- β -D-吡喃葡萄糖基-獐牙菜苷。

化合物9:白色粉末。ESI-MS m/z : 137 [M - H]⁻。¹H-NMR(600 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 7.25(1H, dd, J = 7.9, 1.9 Hz, H-6) ,7.23(1H, d, J = 1.9 Hz, H-2) ,6.90(1H, d, J = 7.9 Hz, H-5) ; ¹³C-NMR(151 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 128.9 (C-1) ,116.0 (C-2) ,146.6 (C-3) ,153.3 (C-4) ,114.7 (C-5) ,125.0 (C-6) ,191.4 (C-7)。以上数据与文献^[13]报道对照基本一致,故鉴定化合物9为原儿茶醛。

化合物10:白色粉末。ESI-MS m/z : 153 [M - H]⁻。¹H-NMR(600 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 7.26(1H, dd, J = 7.9, 1.9 Hz, H-6) ,7.23(1H, d, J = 1.9 Hz, H-2) ,6.89(1H, d, J = 7.9 Hz, H-5) ; ¹³C-NMR(151 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 123.4 (C-1) ,117.0 (C-2) ,146.4 (C-3) ,152.6 (C-4) ,115.2 (C-5) ,123.8 (C-6) ,168.6 (C-7)。以上数据与文献^[14]报道对照基本一致,故鉴定化合物10为原儿茶酸。

化合物11:白色粉末。ESI-MS m/z : 185 [M + H]⁺。¹H-NMR(600 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 7.01(2H, s, H-2, 6) ,3.83(3H, s, H-8) ; ¹³C-NMR(151 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 121.6 (C-1) ,110.6 (C-2, 6) ,146.5 (C-3, 5) ,140.6 (C-4) ,170.2 (C-7) ,52.9 (C-8)。以上数据与文献^[15]报道对照基本一致,故鉴定化合物11

为没食子酸甲酯。

化合物 12: 无色油状。ESI-MS m/z : 279 $[M + H]^+$ 。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.71 (2H, m, H-3, 6), 7.60 (2H, m, H-4, 5), 4.28 (4H, t, $J = 6.6$ Hz, H-1', 5'), 1.71 (4H, m, H-2', 6'), 1.45 (4H, m, H-3', 7'), 0.97 (6H, t, $J = 7.4$ Hz, H-4', 8'); ^{13}C -NMR (151 MHz, CD_3OD) δ : 169.3 (C-1, 8), 133.6 (C-2, 7), 129.9 (C-3, 6), 132.3 (C-4, 5), 66.6 (C-1', 5'), 31.7 (C-2', 6'), 20.2 (C-3', 7'), 14.0 (C-4', 8')。以上数据与文献^[15]报道对照基本一致,故鉴定化合物 12 为邻苯二甲酸二丁酯。

参 考 文 献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 一部. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 253-254.
- [2] 刘尚武. 青海植物志[M]. 第 3 卷. 西宁: 青海人民出版社, 1996.
- [3] 帝玛尔·丹增彭措著, 毛继祖译注. 晶珠本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
- [4] 武云霞, 陈光, 喻长远. 麻花秦艽化学成分的研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2008, 35(2): 64-67.
- [5] Xu F, Zhao X, Yang L *et al.* A new cycloartane-type triterpenoid saponin xanthine oxidase inhibitor from *Homonioia riparia* Lour. [J]. *Molecules* 2014, 19(9): 13422-13431.
- [6] 付晓丽, 张立伟, 林文翰, 等. 满山红化学成分的研究[J]. 中草药, 2010, 41(5): 704-707.
- [7] 蒙丽丽, 黄初升, 刘红星, 等. 金花猕猴桃根乙酸乙酯提取相化学成分研究[J]. 中药材, 2009, 32(10): 1544-1546.
- [8] Takeda Y, Masuda T, Honda G *et al.* Secoiridoid glycosides from *Gentiana olivieri* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1999, 47(9): 1338-1340.
- [9] 贾凌云, 袁久志, 孙启时. 蒙药肋柱花化学成分的分离与鉴定(2) [J]. 沈阳药科大学学报, 2011, 28(4): 260-262.
- [10] 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.
- [11] Chen G, Wei SH, Yu CY *et al.* Secoiridoids from the roots of *Gentiana straminea* [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2009, 37(6): 766-771.
- [12] 谭沛, 刘永隆, 侯翠英. 紫红獐牙菜中紫药苦苷的结构[J]. 药学学报, 1993, 28(7): 522-525.
- [13] 毛丽华, 占扎君, 钱捷. 黑面神化学成分的研究[J]. 中草药, 2009, 40(S1): 100-102.
- [14] 朱玲花, 黄肖生, 叶文才, 等. 海芋的化学成分研究[J]. 中国药学杂志, 2012, 47(13): 1029-1031.
- [15] 任恒春, 万定荣, 谷婧, 等. 火炭母化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(10): 1387-1389.
- [16] 沈岚, 蒋思萍, 朱华结. 藏波罗花化学成分的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(9): 1210-1213.