

萎软紫菀化学成分的研究

田苗, 沈彤, 王秀茹

兰州交通大学化学与生物工程学院, 甘肃 兰州 730070

摘要:目的 对萎软紫菀 *Aster flaccidus* 全草的化学成分进行分离研究。方法 采用正、反相硅胶柱进行分离纯化, 用物理化学和光谱学方法鉴定化合物的结构。结果 从紫菀属植物萎软紫菀全草中分离鉴定出 14 个化合物, 分别为 2-oxo-isocostic acid (1)、单萜环烯醚萜苷 (2)、山柰酚-3-O-β-D-葡萄糖苷 (3)、1β, 6α-二羟基桉烷-4(15)-烯 (4)、6β-丙酸基-1, 10-脱氢呋喃艾里莫芬型烷 (5)、印乌头碱 (6)、羽扇豆醇 (7)、甘草素 (8)、黄芹素 (9)、苜蓿素 (10)、松柏醛 (11)、木栓酮 (12)、芹菜素 (13)、对羟基苯甲酸 (14)。结论 其中化合物 2~7 为该属植物中首次分离得到, 化合物 1~10、13 为该植物中首次分离得到。

关键词: 萎软紫菀; 单萜环烯醚萜苷; 呋喃艾里莫芬型烷; 印乌头碱; 甘草素

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2012)05-0847-04

Chemical constituents of *Aster flaccidus*

TIAN Miao, SHEN Tong, WANG Xiu-ru

Department of Chemical and Biological Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of *Aster flaccidus*. **Methods** Compounds were separated by positive and negative silica gel column chromatography, and their structures were identified by spectral data and physicochemical characteristic. **Results** Nine compounds were obtained and identified as 2-oxo-isocostic acid (1), mussaenoside (2), kaempferol-3-O-β-D-glucopyranoside (3), 1β, 6α-dihydroxyeudesm-4(15)-ene (4), 6β-propionyloxy-1, 10-dehydrofuranoeremophil-9-on (5), indaconitine (6), lupeol (7), liquiritigenin (8), apigenin (9), tricine (10), coniferyl aldehyde (11), friedelin (12), apigenin (13), and *p*-hydroxybenzoic acid (14). **Conclusion** Compounds 2—7 are found from plants in *Aster* L. for the first time, and compounds 1—10 and 13 are obtained from *A. flaccidus* for the first time.

Key words: *Aster flaccidus* Bunge; mussaenoside; eudesmane; furanoeremophil; indaconitine; liquiritigenin

萎软紫菀 *Aster flaccidus* Bunge 是菊科 (Compositae) 紫菀属植物, 为多年生草本植物, 广泛生长在我国的北方和西部地区。民间常以该植物的根茎入药, 用于治疗肺脓疡、肺炎、肺结核、气管炎、风热咳嗽等疾病^[1]。本实验对萎软紫菀的化学成分进行了系统研究, 共分离并鉴定了 14 个化合物, 分别为 2-oxo-isocostic acid (1)、单萜环烯醚萜苷 (mussaenoside, 2)、山柰酚-3-O-β-D-葡萄糖苷 (kaempferol-3-O-β-D-glucopyranoside, 3)、1β, 6α-二羟基桉烷-4(15)-烯 [1β, 6α-dihydroxyeudesm-4(15)-ene, 4]、6β-丙酸基-1, 10-脱氢呋喃艾里莫芬型烷 (6β-propionyloxy-1, 10-dehydrofuranoeremophil-9-on, 5)、印乌头碱 (indaconitine, 6)、羽扇豆醇 (lupeol, 7)、甘草素 (liquiritigenin, 8)、黄芹素

(apigenin, 9)、苜蓿素 (tricine, 10)、松柏醛 (coniferyl aldehyde, 11)、木栓酮 (friedelin, 12)、芹菜素 (apigenin, 13)、对羟基苯甲酸 (*p*-hydroxybenzoic acid, 14)。其中化合物 2~7 为该属植物中首次分离得到, 化合物 1~10、13 为该植物中首次分离得到。

1 仪器、试剂与材料

X—4 型显微熔点测定仪 (巩义市予华仪器有限公司); Bruker ARX 400 核磁共振仪 (TMS 内标, 瑞士); Zabhs 双聚焦高分辨有机质谱仪; 硅胶 (200~300 目及 300~400 目)、反相 C₁₈ 硅胶以及 GF₂₅₄ 薄层色谱板为青岛海洋化工厂产品; 所用试剂均为分析纯。

萎软紫菀全草于 2009 年采自青海省门源县, 由兰州大学张国梁教授鉴定为萎软紫菀 *Aster flaccidus*

收稿日期: 2012-01-09

基金项目: 甘肃省农业科技成果转化资金计划 (0910XCNA082)

作者简介: 田苗 (1987—), 女, 研究生, 从事天然药物的研究与开发。Tel: 18993080029 E-mail: tmjtdx@163.com

Bunge。标本保存于兰州交通大学化学与生物工程学院天然药物研究所。

2 提取与分离

将干燥的萎软紫菀全草 8 kg 粉碎后,用 95% 甲醇冷浸提取 3 次,每次 6 d,减压浓缩得总浸膏(105 g)。将浸膏溶于热水中,与水混悬,依次用醋酸乙酯、正丁醇萃取。

取醋酸乙酯萃取物(25 g)经硅胶色谱柱分离,以正己烷-丙酮(10:1→0:1)梯度洗脱,用薄层色谱检测合并相似点将其分为 4 个部分 Fr. 1~4。Fr. 1 部分经硅胶色谱柱反复分离,以正己烷-丙酮(50:1→20:1)梯度洗脱得化合物 **1** (26 mg); Fr. 2 部分经硅胶色谱柱反复分离,以正己烷-醋酸乙酯(30:1→10:1)梯度洗脱得化合物 **2** (14 mg); Fr. 3 部分经硅胶色谱柱反复分离,以正己烷-丙酮(15:1→5:1)梯度洗脱得化合物 **3** (18.5 mg) 和 **14** (17.9 mg),以及 C₁₈ 反相柱甲醇-水体系(2:1→6:1)纯化得化合物 **4** (16 mg)、**5** (24 mg)、**6** (28.7 mg)、**7** (20.5 mg); Fr. 4 部分经硅胶色谱柱反复分离,以正己烷-丙酮(25:1→10:1)梯度洗脱,以及 C₁₈ 反相柱甲醇-水(1:1→3:1)纯化得化合物 **8** (30.6 mg)、**9** (21 mg) 和 **10** (12.5 mg)。

取正丁醇萃取物(18 g)经硅胶柱色谱分离,薄层色谱检测合并相似点将其分为 Fr'. 1 和 Fr'. 2 两个部分。Fr'. 1 部分经硅胶色谱柱反复分离,以氯仿-丙酮(35:1→10:1)梯度洗脱,及 C₁₈ 反相柱甲醇-水(1:2→3:1)纯化得化合物 **11** (22 mg)、**12** (28.3 mg); Fr'. 2 部分经硅胶色谱柱反复分离,以氯仿-甲醇(15:1→5:1)梯度洗脱得化合物 **13** (12 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色油状物(氯仿),紫外(254 nm)灯下有很强的荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液(5%)加热不显色。EI-MS m/z : 248 [M]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 2.26, 2.31 (2H, d, J = 16.0 Hz, H-1), 5.86 (1H, s, H-3), 2.46 (1H, d, J = 13.0 Hz, H-5 α), 2.09 (1H, d, J = 13.0 Hz, H-6), 1.33 (1H, dd, J = 13.0, 3.5 Hz, H-6), 2.59 (1H, dd, J = 12.0, 3.5 Hz, H-7), 1.59 (2H, m, H-8), 1.63 (2H, m, H-9), 6.37 (1H, brs, H-12), 5.70 (1H, brs, H-12), 1.98 (3H, s, H-14), 0.87 (3H, s, H-15); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 54.3 (C-1), 199.7 (C-2), 162.6 (C-3), 126.9 (C-4), 47.8 (C-5), 37.2 (C-6), 40.0 (C-7), 26.8 (C-8), 29.2 (C-9), 37.6 (C-10), 144.8 (C-11), 125.7 (C-12), 171.4 (C-13), 21.5

(C-14), 16.3 (C-15)。其氢谱数据和文献报道基本一致^[2], 故鉴定化合物 **1** 为 2-oxo-isocostic acid。

化合物 **2**: 透明针晶(氯仿),紫外(254 nm)灯下有强荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液(5%)加热显黄色。EI-MS m/z : 389 [M-H]⁻。 ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 1.27 (1H, s, H-10), 1.38 (1H, m, H-7), 1.71 (2H, m, H-7, 6), 2.20 (1H, m, H-8), 2.32 (1H, dd, J = 12.0, 3.6 Hz, H-9), 3.10 (1H, m, H-5), 3.22 (1H, dd, J = 8.1, 9.3 Hz, H-2'), 3.35~3.45 (3H, m, H-3'~5'), 3.69 (1H, dd, H-16'), 3.69 (3H, s, -OCH₃), 3.88 (1H, dd, J = 2.0, 2.0 Hz, H-6'), 4.70 (1H, d, J = 8.1 Hz, H-1'), 5.51 (1H, d, H-1), 7.40 (1H, s, H-3); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 98.5 (C-1), 150.1 (C-3), 112.2 (C-4), 31.3 (C-5), 29.2 (C-6), 40.1 (C-7), 78.9 (C-8), 51.0 (C-9), 25.1 (C-10), 167.5 (C-11), 50.4 (-OCH₃), 113.1 (C-1'), 76.7 (C-2'), 78.6 (C-3'), 71.2 (C-4'), 78.8 (C-5'), 62.5 (C-6')。其氢谱数据和文献报道基本一致^[3], 故鉴定化合物 **2** 为单萜环烯醚萜。

化合物 **3**: 黄色针状结晶(丙酮),紫外(254 nm)灯下有强荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液(5%)加热显红色。ESI-MS m/z : 449 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 12.61 (1H, s, 5-OH), 10.85 (1H, s, 7-OH), 10.17 (1H, s, 4'-OH), 8.04 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.88 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-3', 5'), 6.42 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.42 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 5.45 (1H, d, J = 7.2 Hz, Glu-H-1); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 156.2 (C-2), 133.3 (C-3), 177.5 (C-4), 161.2 (C-5), 98.7 (C-6), 164.1 (C-7), 93.6 (C-8), 156.4 (C-9), 104.0 (C-10), 120.9 (C-1'), 130.9 (C-2', 6'), 115.1 (C-3', 5'), 159.9 (C-4'), 100.8 (C-1''), 74.2 (C-2''), 76.4 (C-3''), 69.9 (C-4''), 77.5 (C-5''), 60.8 (C-6'')。以上数据与文献报道基本一致^[4], 故鉴定化合物 **3** 为山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷。

化合物 **4**: 无色晶体(氯仿),紫外灯下(254 nm)有荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液(5%)加热显粉色。ESI-MS m/z : 238.231 6 [M]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 5.02, 4.75 (2H, brs, H-15), 3.72 (1H, t, J = 9.5 Hz, H-6), 3.42 (1H, dd, J = 4.0, 6.5 Hz, H-1), 1.91 (1H, s, H-8), 1.53 (1H, m, H-8), 0.95 (3H, d, J = 6.5 Hz, H-13), 0.71 (3H, s, H-14); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 145.6 (C-4), 106.9 (C-15), 78.2 (C-1), 66.6 (C-6), 55.2 (C-5), 48.8 (C-7), 41.2 (C-10), 36.0 (C-9), 34.7 (C-3), 31.3 (C-2), 25.2 (C-11), 20.8 (C-13), 17.8

(C-8), 15.8 (C-12), 11.1 (C-14)。以上数据与文献报道基本一致^[5], 故鉴定化合物 **4** 为 1 β , 6 α -二羟基桉烷-4(15)-烯。

化合物 **5**: 白色针晶 (氯仿), 紫外 (254 nm) 灯下有荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液 (5%) 加热显蓝色。ESI-MS m/z : 302.153 [M]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.01 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-1), 2.24 (2H, m, H-2), 1.40 (2H, m, J = 8.9 Hz, 12.5 Hz, H-3), 1.96 (1H, dd, J = 4.1 Hz, H-4), 6.35 (1H, s, H-6), 7.40 (1H, q, J = 8.0 Hz, H-11), 1.92 (3H, d, J = 8.0 Hz, H-13), 1.12 (3H, s, H-14), 0.99 (3H, d, J = 8.0 Hz, H-15); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 138.1 (C-1), 27.8 (C-2), 25.1 (C-3), 37.6 (C-4), 46.5 (C-5), 74.4 (C-6), 135.7 (C-7), 146.7 (C-8), 173.9 (C-9), 176.5 (C-10), 141.2 (C-11), 120.9 (C-12), 8.4 (C-13), 15.4 (C-14), 17.4 (C-15), 176.5 (C-1'), 27.8 (C-2'), 8.7 (C-3')。其波谱数据和文献报道一致^[6], 故鉴定化合物 **5** 为 6 β -丙酸基-1, 10-脱氢咪喃艾里莫芬型烷。

化合物 **6**: 白色针状晶体 (氯仿), 紫外 (254 nm) 灯下有荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液 (5%) 加热不显色。ESI-MS m/z : 629 [M]⁺, 598 [M-OCH₃]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 1.99 (3H, t, J = 7.0 Hz, -NCH₂-CH₃), 2.01 (3H, s, -OAc), 3.15, 3.25, 3.54 (各 3H, s, 4 $\times$ -OCH₃), 4.91 (1H, d, J = 5.2 Hz, H-14), 7.46~8.07 (5H, m, Bz-H); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 83.1 (C-1), 35.1 (C-2), 71.6 (C-3), 43.1 (C-4), 48.6 (C-5), 82.2 (C-6), 44.6 (C-7), 85.5 (C-8), 47.4 (C-9), 40.7 (C-10), 50.2 (C-11), 33.5 (C-12), 74.7 (C-13), 78.7 (C-14), 39.6 (C-15), 83.4 (C-16), 61.7 (C-17), 77.0 (C-18), 48.8 (C-19), 47.3, 13.3 (-NCH₂CH₃), 55.8 (1-OCH₃), 57.8 (6-OCH₃), 58.8 (16-OCH₃), 59.1 (18-OCH₃), 169.8, 21.5 (CH₃COO-), 166.2, 169.8, 131.0, 128.5, 129.6, 133.1 (-OC₆H₅)。以上数据与文献报道一致^[7], 故鉴定化合物 **6** 为印乌头碱。

化合物 **7**: 白色针状晶体 (氯仿), 无荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液 (5%) 加热显红色。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 3.21 (1H, dd, J = 10.6, 12.8 Hz, H-3), 2.38 (1H, ddd, J = 10.6, 10.6, 5.3 Hz, H-19), 0.96 (1H, s, H-23), 0.77 (1H, s, H-24), 0.83 (1H, s, H-25), 1.04 (1H, s, H-26), 0.96 (1H, s, H-27), 0.80 (1H, s, H-28), 4.57, 4.70 (各 2H, d, J = 1.0 Hz, H-29), 1.67 (3H, brs, H-30); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 38.2 (C-1),

27.4 (C-2), 79.1 (C-3), 38.8 (C-4), 55.2 (C-5), 18.3 (C-6), 34.4 (C-7), 40.8 (C-8), 50.6 (C-9), 37.3 (C-10), 21.0 (C-11), 25.3 (C-12), 38.0 (C-13), 42.8 (C-14), 27.5 (C-15), 35.7 (C-16), 42.9 (C-17), 48.1 (C-18), 47.9 (C-19), 151.1 (C-20), 29.8 (C-21), 40.1 (C-22), 28.0 (C-23), 15.5 (C-24), 16.2 (C-25), 15.1 (C-26), 14.7 (C-27), 18.1 (C-28), 109.4 (C-29), 19.3 (C-30)。以上数据与文献报道一致^[8], 鉴定化合物 **7** 为羽扇豆醇。

化合物 **8**: 白色针状晶体 (氯仿), 紫外 (254 nm) 灯下有荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液 (5%) 加热不显色。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 10.54 (1H, s, 7-OH), 9.50 (1H, s, 4'-OH), 7.59 (1H, d, J = 7.8 Hz, H-5), 7.39 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-2', 6'), 6.79 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-3', 5'), 6.46 (1H, dd, J = 2.1 Hz, H-6), 6.33 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-8), 5.52 (1H, dd, J = 3.2, 2.8 Hz, H-2), 3.11 (1H, dd, J = 12.8, 9.2 Hz, H-3); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 80.4 (C-2), 44.6 (C-3), 190.3 (C-4), 129.2 (C-5), 103.5 (C-6), 164.3 (C-7), 103.5 (C-8), 165.4 (C-9), 114.9 (C-10), 127, 2 (C-1'), 164.3 (C-4'), 129.2 (C-2', 6'), 114.9 (C-3', 5')。根据文献报道^[9]鉴定化合物 **8** 为甘草素。

化合物 **9**: 黄色粉末 (丙酮), 紫外 (254 nm) 灯下有暗红色的荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液 (5%) 加热显黄色。FeCl₃-EtOH (5%) 溶液加热显墨绿色, 推测该化合物可能是黄酮类化合物。FAB-MS (S-Gly) m/z : 271 [M]⁺。¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.95 (s, 5-OH), 10.97 (s, 7-OH), 10.32 (s, 4'-OH), 7.90 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.82 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-3', 5'), 6.72 (1H, s, H-3), 6.44 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-8), 6.16 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-6)。其氢谱数据和文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **9** 为黄芹素。

化合物 **10**: 黄色粉末 (丙酮), 紫外 (254 nm) 灯下有暗红色的荧光, H₂SO₄-EtOH 溶液 (5%) 加热显黄色。FeCl₃-EtOH (5%) 溶液加热显墨绿色, ¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.94 (5-OH), 10.81 (7-OH), 9.33 (4'-OH), 7.31 (2H, d, J = 2.1 Hz, H-2', 6'), 6.98 (1H, s, H-3), 6.54 (1H, s, H-8), 6.17 (1H, s, H-6), 3.86 (6H, s, 2 $\times$ -OCH₃)。其波谱数据和文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **10** 为苜蓿素。

化合物 **11**: 黄色油状物 (丙酮)。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 9.64 (1H, d, J = 7.5 Hz, H- γ), 7.59 (1H, d, J = 16.0 Hz, H- α), 7.38 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2), 7.21 (1H, dd, J = 2.0, 8.0 Hz, H-2, 6), 6.92 (1H, d, J = 8.5 Hz,

H-5), 6.66 (1H, dd, $J = 8.0, 16.0$ Hz, H- β)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **11** 为松柏醛。

化合物 **12**: 白色粉末 (氯仿), 紫外 (254 nm) 灯下无荧光, H_2SO_4 -EtOH 溶液 (5%) 加热显紫色, 与木栓酮对照品共薄层, 其显色行为以及 Rf 值均相同, 混合熔点不下降, 故鉴定化合物 **12** 为木栓酮。

化合物 **13**: 淡黄色粉末 (甲醇)。紫外 (254 nm) 灯下有荧光, H_2SO_4 -EtOH 溶液 (5%) 加热黄色加深, 表明为黄酮类化合物。ESI-MS m/z : 271 $[\text{M} + \text{H}]^+$, 293 $[\text{M} + \text{Na}]^+$, 269 $[\text{M} - \text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (400 MHz, CDCl_3) δ : 6.20 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-6), 6.49 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-8), 6.79 (1H, s, H-3), 6.93 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 7.93 (2H, d, $J = 9$ Hz, H-2', 6'), 10.57 (2H, s, 7, 4-OH), 12.98 (1H, s, 5-OH); ^{13}C -NMR (100 MHz, CDCl_3) δ : 93.0 (C-8), 97.9 (C-6), 101.9 (C-3), 102.7 (C-10), 115.0 (C-3', 5'), 120.2 (C-1'), 127.5 (C-2', 6'), 156.3 (C-9), 160.2 (C-4'), 160.5 (C-5), 163.8 (C-7), 164.2 (C-2), 180.8 (C-4)。波谱数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **13** 为芹菜素。

化合物 **14**: 无色晶体 (丙酮), mp 213~214 °C, 紫外 (254 nm) 灯下有很强的荧光, H_2SO_4 -EtOH 溶液 (5%) 加热不显色。与对羟基苯甲酸对照品共薄层, 其显色行为及 Rf 值均相同, 混合熔点不下降, 故鉴定化合物 **14** 为对羟基苯甲酸。

参考文献

- [1] Liu Z L, Liu Y Q, Zhao L, *et al.* The phenylpropanoids of *Aster flaccidus* [J]. *Fitoterapia*, 2010, 81(2): 140-144.
- [2] Bohlmann F, Jakupovic J, Ahmed M, *et al.* Sesquiterpene lactones and other constituents from *Schistostephium species* [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22(7): 1623-1636.
- [3] Takeda Y, Morimoto Y, Matsumoto T, *et al.* Nepetanudoside—an iridoid glucoside with an unusual stereostructure from *Nepeta nuda* ssp. *albiflora* [J]. *J Nat Prod*, 1995, 58(8): 1217-1221.
- [4] 王梦月, 李 外, 李晓波. 荨麻水溶性化学成分研究 [J]. *中国药学杂志*, 2005, 40(24): 1853-1855.
- [5] Taichi O, Keiji I, Sachiyo N, *et al.* Studies on the sesquiterpenes from *Ambrosia elatior* Linné [J]. *Chem Pharm Bull*, 1987, 35(6): 2272-2279.
- [6] Bohlmann F, Zdero C, Grenz M. Naturally occurring terpene derivatives—further constituents of South African *Senecio* species [J]. *Chem Ber*, 1977, 110(2): 474-486.
- [7] Li S D, Yao Z C, Feng E W, *et al.* A diterpenoid alkaloid from *Aconitum vilmorinianum* var. *patentipilum* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(11): 3694-3696.
- [8] Viqar U A, Shaheen B, Faryal V M. Nephehinol—a new triterpene from *Nepeta hindostana* [J]. *Planta Med*, 1985, 51(6): 521-523.
- [9] 高 蕾, 杨光丽, 陈俐娟. 高速逆流色谱快速分离四种甘草黄酮及其结构鉴定 [J]. *四川化工*, 2007, 2(10): 34-50.
- [10] 于德泉, 杨峻山. 分析化学手册 (第7分册) [M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [11] Lee K H, Tagahara K, Suzuki H. Antitumor agent. 49. tricin, kaempferol-3-*O*- α -D-glucopyranoside and nor tracheenin, antileukemic principles from *Wikstroemia indica* [J]. *J Nat Prod*, 1981, 44(5): 530-535.
- [12] Liptai T, Remko M, Polcin J. Analysis of proton NMR spectra of cinnamaldehyde type model substances of Ligin [J]. *Collect Czech Chem Commun*, 1980, 45(2): 330-334.
- [13] 陶华明, 朱全红, 刘永宏. 草麻黄根的黄酮类成分研究 [J]. *中草药*, 2011, 42(9): 1678-1682.