

南美蟛蜞菊中的酚酸类化学成分

任慧^{1,2}, 徐巧林³, 董丽梅^{1,2}, 周忠玉¹, 谭建文^{1*}

(1. 中国科学院华南植物园, 中国科学院植物资源保护与可持续利用重点实验室, 广州 510650; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 广东省林业科学研究院, 广州 510520)

摘要: 为了解南美蟛蜞菊 [*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.] 的化学成分, 从其全株中分离得到 9 个酚酸类化合物。经光谱分析, 分别鉴定为 6-乙酰基-7-羟基-2,3-二甲甲基色原酮 (1)、七叶内酯 (2)、丁香醛 (3)、5-羟甲基糠醛 (4)、对羟基苯甲酸 (5)、水杨酸 (6)、反式对羟基桂皮酸 (7)、咖啡酸甲酯 (8) 和反式咖啡酸 (9)。化合物 1~8 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 南美蟛蜞菊; 酚酸类化合物; 化学成分

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2015.04.016

Phenolic Compounds from *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.

REN Hui^{1,2}, XU Qiao-lin³, DONG Li-mei^{1,2}, ZHOU Zhong-yu¹, TAN Jian-wen^{1*}

(1. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China)

Abstract: In order to understand the chemical constituents of *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc., nine phenolic compounds were isolated from the ethanol extract of its whole plants. On the basis of spectral data, they were identified as 6-acetyl-7-hydroxy-2,3-dimethylchromone (1), esculetin (2), syringaldehyde (3), 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde (4), *p*-hydroxybenzoic acid (5), salicylic acid (6), *trans-p*-hydroxycinnamic acid (7), methyl caffeate (8), *trans*-caffeic acid (9), respectively. Compounds 1–8 were isolated from this plant for the first time.

Key words: *Wedelia trilobata*; Phenolic compound; Chemical constituent

南美蟛蜞菊 [*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.] 为菊科 (Compositae) 蟛蜞菊属多年生草本植物, 原产于热带美洲, 现在广泛分布于全球热带、亚热带地区, 该种已被列为“世界 100 种恶性外来入侵生物”之一^[1-2]。20 世纪 70 年代南美蟛蜞菊作为地被植物引入我国, 很快便逸生为园圃杂草, 目前已对华南地区的农田、果园等造成了极大的危害, 严重破坏森林景区的生态环境, 威胁华南地区生态物种的多样性, 并造成较大的经济损失^[3]。据文献报道, 南美

蟛蜞菊在加勒比海和中美洲作为传统药物, 主要治疗蛇伤、鱼伤、感冒、腰痛、肌肉痉挛、风湿病、褥疮、关节炎等疾病^[2,4]。至今已报道的南美蟛蜞菊化学成分主要有倍半萜、二萜、三萜等类型, 其中部分化合物已被揭示具有抗疟疾、抗菌、抗肿瘤或抗病毒等活性^[2-9]。作为华南菊科入侵植物化学成分及其生物活性研究工作的一部分^[10], 我们近期对南美蟛蜞菊的化学成分进行了研究, 从中分离鉴定了 9 个酚酸类化合物。本文报道这些化合物的提取分离

收稿日期: 2014-11-10

接受日期: 2014-12-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270406); 广东省自然科学基金项目(2014A030313742); 中国科学院前沿先导性项目(KSCX2-EW-J-28) 资助

作者简介: 任慧, 女, 博士生, 研究方向为天然产物化学。E-mail: renhui1.cool@163.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: jwttan@scbg.ac.cn

与结构鉴定。

1 材料和方法

1.1 材料

南美蟛蜞菊 [*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.] 全株于 2011 年 9 月采自中国科学院华南植物园科研区, 材料由中国科学院华南植物园邢福武研究员鉴定, 标本保存在中国科学院华南植物园生物有机化学实验室。薄层色谱正相硅胶板 (HFGF₂₅₄) 为山东烟台江友硅胶开发有限公司产品; 凝胶 Sephadex LH-20 为瑞典 Amersham Biosciences 公司生产; 柱色谱正相层析硅胶为青岛海洋化工有限公司产品 (80~100 目, 200~300 目); 反相层析硅胶 YMC ODS-A (50 μm) 为日本 YMC 公司生产; 氘代试剂为 Sigma 公司产品。显色方法包括紫外荧光显色 (254 nm)、碘蒸气显色以及喷洒硫酸-乙醇溶液 (10:90, V/V) 加热显色。

1.2 仪器

中压半制备使用北京创新通恒科技有限公司的 HPLC 半制备系统, 泵型号为 P3000, 检测器为 UV3000 UV-VIS, 反相色谱柱 (400 mm \times 25 mm i.d.); 减压浓缩采用日本东京理化公司 N-1000 旋转蒸发器、CCA-1110 循环式冷却箱和 SB-1000 电热恒温水浴锅; ¹H NMR 谱和 ¹³C NMR 谱采用 Bruker Avance 600 和 Bruker Avance HD 500 核磁共振仪, 并以四甲基硅烷为内标测定; 电喷雾质谱 (ESIMS) 采用美国应用生物系统公司 MDS SCIEX API 2000LC/MS/MS 仪。

1.3 提取和分离

南美蟛蜞菊全株的干品 8 kg, 粉碎后用 95% 的乙醇在室温浸泡提取 3 次, 每次 2 d, 合并提取液; 经减压浓缩将提取液中乙醇抽干后加适量水使其成为混悬液, 依次用石油醚、乙酸乙酯进行萃取, 各萃取 4 次; 减压浓缩后分别得到石油醚部分 (180 g)、乙酸乙酯萃取部分 (140 g)。

石油醚萃取部分经正相硅胶柱层析 (200~300 目), 以石油醚-丙酮 [50:1~0:1, V/V (下同)] 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 P₁~P₁₂ 共 12 个组分。用石油醚-丙酮 (10:1) 洗脱得到的组分 P₄ (6.5 g), 经 ODS 反相硅胶柱层析 (50 μm), 以甲醇-

水 (70:30~100:0) 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 P_{4.1}~P_{4.4}。P_{4.2} (0.1 g) 经 Sephadex LH-20 柱层析, 以氯仿-甲醇 (1:4) 洗脱, 得到化合物 **1** (2.1 mg)。

乙酸乙酯萃取部分经正相硅胶柱层析 (200~300 目), 以氯仿-甲醇 (50:1~0:1) 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 E₁~E₁₁ 共 11 个组分。用氯仿-甲醇 (50:1) 洗脱得到的组分 E₂ (17.6 g) 经正相硅胶柱层析 (200~300 目), 以石油醚-乙酸乙酯 (20:1~2:1) 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 E_{2.1}~E_{2.5} 共 5 个组分。E_{2.3} (2.9 g) 经 ODS 反相硅胶柱层析 (50 μm), 以甲醇-水 (40:50~100:0) 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 E_{2.3.1}~E_{2.3.5}。E_{2.3.1} (0.06 g)、E_{2.3.3} (0.08 g) 分别经 Sephadex LH-20 柱层析, 以纯甲醇洗脱, 得到化合物 **3** (2.6 mg)、**4** (2.5 mg)。用氯仿-甲醇 (25:1) 洗脱得到的组分 E₃ (26.7 g) 经正相硅胶柱层析 (200~300 目), 以氯仿-甲醇 (100:1~10:1) 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 E_{3.1}~E_{3.7} 共 7 个组分。E_{3.4} (6.9 g) 经 ODS 反相硅胶柱层析 (50 μm), 以甲醇-水 (40:60~100:0) 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 E_{3.4.1}~E_{3.4.7}。E_{3.4.4} (0.34 g) 经 Sephadex LH-20 柱层析, 以纯甲醇洗脱, 得到化合物 **6** (22.2 mg)、**8** (1.0 mg)。E_{3.5} (6.1 g) 经 ODS 反相硅胶柱层析 (50 μm), 以甲醇-水 (40:60~100:0) 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 E_{3.5.1}~E_{3.5.3}。E_{3.5.1} (0.23 g) 经 Sephadex LH-20 柱层析, 以纯甲醇洗脱, 得到化合物 **7** (21.7 mg)。E_{3.6} (1.1 g) 经 ODS 反相硅胶柱层析 (50 μm), 以甲醇-水 (30:50~100:0) 梯度洗脱, 合并 40% 甲醇-水洗脱的相同主点流分, 再经 Sephadex LH-20 柱层析, 以纯甲醇洗脱, 得到化合物 **5** (8.1 mg)。用氯仿-甲醇 (9:1) 洗脱得到的组分 E₅ (4.3 g) 经 ODS 反相硅胶柱层析 (50 μm), 以甲醇-水 (30:70~100:0) 梯度洗脱, 检测合并主点相同的流分, 得到 E_{5.1}~E_{5.3}。E_{5.1} (0.29 g) 经 Sephadex LH-20 柱层析, 以氯仿-甲醇 (1:4) 洗脱, 得到化合物 **2** (8.3 mg) 和 **9** (80.9 mg)。

1.4 结构鉴定

6-乙酰基-7-羟基-2,3-二甲基色原酮 (6-Acetyl-7-hydroxy-2,3-dimethylchromone, 1) 白色粉末; 分子式为 C₁₃H₁₂O₄; ESI-MS *m/z*: 487 [2M + Na]⁺, 465 [2M + H]⁺, 255 [M + Na]⁺, 233 [M + H]⁺, 463 [2M - H]⁻, 231 [M - H]⁻; ¹H NMR (500 MHz,

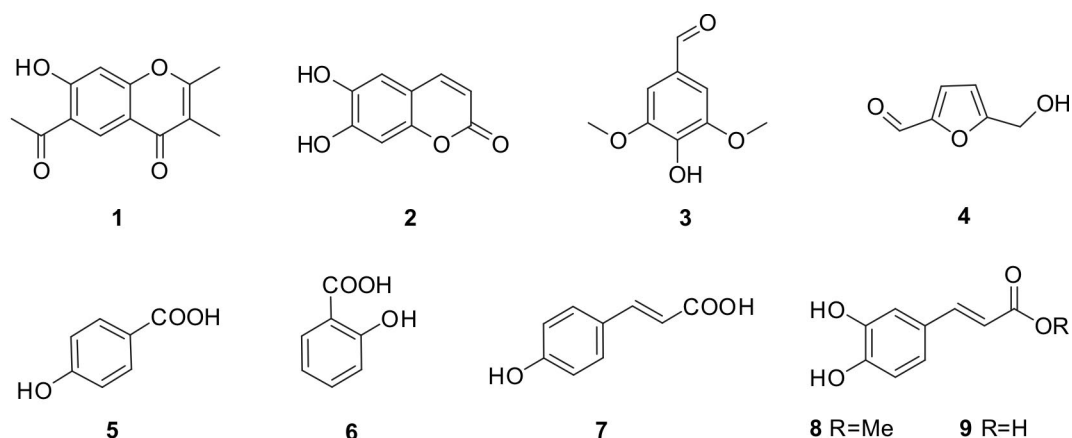


图1 化合物 1~9 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1-9

CDCl₃): δ 13.16 (1H, s, 7-OH), 8.21 (1H, s, H-5), 6.62 (1H, s, H-8), 2.64 (3H, s, H-14), 2.33 (3H, s, H-11), 2.08 (3H, s, H-12); ¹³C NMR (125 MHz, CDCl₃): δ 204.2 (C-13), 182.1 (C-4), 170.0 (C-7), 168.3 (C-9), 145.6 (C-2), 132.4 (C-3), 129.2 (C-5), 116.6 (C-10), 116.4 (C-6), 100.2 (C-8), 26.8 (C-14), 20.4 (C-12), 17.6 (C-11)。上述光谱数据与文献[11]报道一致。

七叶内酯 (Esculetin, 2) 淡黄色针状结晶; 分子式为 C₉H₆O₄; ESI-MS m/z : 573 [3M + K]⁺, 557 [3M + Na]⁺, 395 [2M + K]⁺, 379 [2M + Na]⁺, 217 [M + K]⁺, 201 [M + Na]⁺, 391 [2M + Cl]⁻, 213 [M + Cl]⁻, 177 [M - H]⁻; ¹H NMR (600 MHz, C₅D₅N): δ 7.68 (1H, d, J = 9.4 Hz, H-4), 7.30 (1H, s, H-5), 7.17 (1H, s, H-8), 6.29 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-3); ¹³C NMR (150 MHz, C₅D₅N): δ 162.3 (C-2), 153.2 (C-7), 150.7 (C-9), 145.4 (C-4), 144.7 (C-6), 113.6 (C-5), 112.8 (C-10), 112.2 (C-3), 104.3 (C-8)。上述光谱数据与文献[12]报道一致。

丁香醛 (Syringaldehyde, 3) 浅黄色固体; 分子式为 C₉H₁₀O₄; ESI-MS m/z : 205 [M + Na]⁺, 181 [M - H]⁻; ¹H NMR (600 MHz, C₅D₅N): δ 10.04 (1H, s, 1-CHO), 7.44 (2H, s, H-2, H-6), 3.82 (6H, s, 3-OCH₃, 5-OCH₃); ¹³C NMR (150 MHz, C₅D₅N): δ 191.2 (1-CHO), 149.7 (C-3, C-5), 141.6 (C-4), 128.2 (C-1), 108.3 (C-2, C-6), 56.6 (3-OCH₃, 5-OCH₃)。上述光谱数据与文献[13]报道一致。

5-羟甲基糠醛 (5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde, 4) 黄色油状物; 分子式为 C₆H₆O₃; ESI-MS m/z : 165 [M + K]⁺, 149 [M + Na]⁺; ¹H NMR (600 MHz,

CD₃OD): δ 9.54 (1H, s, 2-CHO), 7.39 (1H, d, J = 3.6 Hz, H-3), 6.59 (1H, d, J = 3.6 Hz, H-4), 4.61 (2H, s, 5-CH₂OH); ¹³C NMR (150 MHz, CD₃OD): δ 179.4 (2-CHO), 163.2 (C-5), 153.9 (C-2), 124.7 (C-3), 110.9 (C-4), 57.6 (5-CH₂OH)。上述光谱数据与文献[14]报道一致。

对羟基苯甲酸 (*p*-Hydroxybenzoic acid, 5)

无色晶体; 分子式为 C₇H₆O₃; ESI-MS m/z : 453 [3M + K]⁺, 299 [2M + Na]⁺, 177 [M + K]⁺, 413 [3M - H]⁻, 275 [2M - H]⁻, 137 [M - H]⁻; ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD): δ 7.88 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2, H-6), 6.82 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-3, H-5); ¹³C NMR (150 MHz, CD₃OD): δ 170.3 (C-7), 163.4 (C-4), 133.1 (C-2, C-6), 123.0 (C-1), 116.2 (C-3, C-5)。上述光谱数据与文献[14]报道一致。

水杨酸 (Salicylic acid, 6)

无色晶体; 分子式为 C₇H₆O₃; ESI-MS m/z : 315 [2M + K]⁺, 299 [2M + Na]⁺, 275 [2M - H]⁻, 137 [M - H]⁻; ¹H NMR (500 MHz, CD₃OD): δ 7.84 (1H, dd, J = 7.9, 1.4 Hz, H-6), 7.43 (1H, t, J = 7.9 Hz, H-4), 6.90 (1H, d, J = 7.9 Hz, H-3), 6.86 (1H, t, J = 7.9 Hz, H-5); ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD): δ 173.8 (C-7), 163.2 (C-2), 136.5 (C-4), 131.7 (C-6), 120.1 (C-5), 118.2 (C-3), 114.4 (C-1)。上述光谱数据与文献[15]报道一致。

反式对羟基桂皮酸 (*trans-p*-Hydroxycinnamic acid, 7) 淡黄色粉末; 分子式为 C₉H₈O₃; ESI-MS m/z : 203 [M + K]⁺, 187 [M + Na]⁺, 165 [M + H]⁺, 163 [M - H]⁻; ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD): δ 7.60 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-7), 7.43 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-2,

H-6), 6.80 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3, H-5), 6.28 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8); ^{13}C NMR (150 MHz, CD_3OD): δ 171.1 (C-9), 161.1 (C-4), 146.6 (C-7), 131.1 (C-2, C-6), 127.2 (C-1), 116.8 (C-3, C-5), 115.6 (C-8)。上述光谱数据与文献[16]报道一致。

咖啡酸甲酯 (Methyl caffeate, 8) 淡黄色粉末; 分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$; ESI-MS m/z : 217 $[\text{M} + \text{Na}]^+$, 229 $[\text{M} + \text{Cl}]^-$, 193 $[\text{M} - \text{H}]^-$; ^1H NMR (600 MHz, CD_3OD): δ 7.54 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-7), 7.03 (1H, d, 2.0 Hz, H-2), 6.94 (1H, dd, $J = 8.1, 2.0$ Hz, H-6), 6.78 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5), 6.26 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8), 3.76 (3H, s, COOCH_3); ^{13}C NMR (150 MHz, CD_3OD): δ 169.8 (C-9), 149.6 (C-4), 146.9 (C-3), 146.8 (C-7), 127.7 (C-1), 122.9 (C-6), 116.5 (C-5), 115.1 (C-2), 114.9 (C-8), 52.0 (COOCH_3)。上述光谱数据与文献[17]报道一致。

反式咖啡酸 (trans-Caffeic acid, 9) 无色晶体; 分子式为 $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$; ESI-MS m/z : 399 $[2\text{M} + \text{K}]^+$, 383 $[2\text{M} + \text{Na}]^+$, 359 $[2\text{M} - \text{H}]^-$, 219 $[\text{M} + \text{K}]^+$, 203 $[\text{M} + \text{Na}]^+$, 181 $[\text{M} + \text{H}]^+$, 179 $[\text{M} - \text{H}]^-$; ^1H NMR (600 MHz, $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$): δ 8.15 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7), 7.68 (1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-2), 7.24 (2H, m, H-5, H-6), 6.85 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-8); ^{13}C NMR (150 MHz, $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$): δ 169.5 (C-9), 149.9 (C-4), 147.5 (C-3), 145.0 (C-7), 127.0 (C-1), 121.6 (C-6), 116.6 (C-5), 116.5 (C-8), 115.5 (C-2)。上述光谱数据与文献[18]报道一致。

2 结果和讨论

采用硅胶柱层析和葡聚糖凝胶柱层析等色谱分离手段,从南美蟛蜞菊全株的乙醇提取物中共分离得到9个酚酸类化合物。经波谱数据分析及与文献数据对照,鉴定这些化合物的结构分别为6-乙酰基-7-羟基-2,3-二甲基色原酮(1)、七叶内酯(2)、丁香醛(3)、5-羟甲基糠醛(4)、对羟基苯甲酸(5)、水杨酸(6)、反式对羟基桂皮酸(7)、咖啡酸甲酯(8)和反式咖啡酸(9)。其中化合物1~8为首次从南美蟛蜞菊植物中分离得到。

据文献报道,七叶内酯(2)具有抗乙肝病毒、细胞毒等活性^[19-20]。5-羟甲基糠醛(4)具有抗氧化和抗恶性肿瘤细胞增生的作用^[21]。另外,对羟基苯甲酸(5)还有抗氧化和抑菌活性^[22],反式对羟基桂皮

酸(7)有抗氧化和抑制 α -葡萄糖苷酶活性^[23],咖啡酸甲酯(8)具有抗肿瘤活性^[24],反式咖啡酸(9)有抑制 α -葡萄糖苷酶活性^[25]。

本研究进一步丰富了南美蟛蜞菊的生物活性化学物质基础,对于促进南美蟛蜞菊的研究和开发利用具有积极的意义。

参考文献

- [1] Lu Q G, Gan H Z. 100 of the world's worst invasive alien species [J]. World Environ, 2001(4): 42-44.
陆庆光, 干海珠. 世界100种恶性外来入侵生物 [J]. 世界环境, 2001(4): 42-44.
- [2] Wu M L, Zhang D Z. Progress of researches on the invasive plant *Wedelia trilobata* [J]. Pharm Today, 2008, 18(6): 21-23.
武美兰, 张德志. 入侵植物三裂蟛蜞菊研究进展 [J]. 今日药学, 2008, 18(6): 21-23.
- [3] Li Y T, Hao X J, Li S F, et al. Eudesmanolides from *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. as potential inducers of plant systemic acquired resistance [J]. J Agric Food Chem, 2013, 61(16): 3884-3890.
- [4] Balekar N, Katkam N G, Nakpheng T, et al. Evaluation of the wound healing potential of *Wedelia trilobata* (L.) leaves [J]. J Ethnopharmacol, 2012, 141(3): 817-824.
- [5] Wu M L, Zhang D Z, Xu Q J, et al. Chemical constituents of *Wedelia trilobata* [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2010, 41(5): 681-685.
武美兰, 张德志, 徐庆军, 等. 三裂蟛蜞菊化学成分的研究 [J]. 中草药, 2010, 41(5): 681-685.
- [6] Bohlmann F, Ziesche J, King R M, et al. Eudesmanolides and diterpenes from *Wedelia trilobata* and an *ent*-kaurenic acid derivative from *Aspilia parvifolia* [J]. Phytochemistry, 1981, 20(4): 751-756.
- [7] Ma B J, Wen C N, Gao Y, et al. *ent*-Kaurane diterpenoids from the plant *Wedelia trilobata* [J]. Nat Prod Bioprospect, 2013, 3(3): 107-111.
- [8] Qiang Y, Du D L, Chen Y J, et al. *ent*-Kaurane diterpenes and further constituents from *Wedelia trilobata* [J]. Helv Chim Acta, 2011, 94(5): 817-823.
- [9] That Q T, Jossang J, Jossang A, et al. Wedelolides A and B: Novel sesquiterpene delta-lactones, (9R)-eudesman-9,12-olides, from *Wedelia trilobata* [J]. J Org Chem, 2007, 72(19): 7102-7105.
- [10] Ren H, Zhang M, Zhou Z Y, et al. Phenolic derivatives and steroids from *Eupatorium adenophorum* Spreng. [J]. J Trop Subtrop Bot, 2014, 22(4): 413-418.
任慧, 张梅, 周忠玉, 等. 紫茎泽兰中的酚酸衍生物和甾类化学成分 [J]. 热带亚热带植物学报, 2014, 22(4): 413-418.
- [11] Wu D, Zhang M, Zhang C F, et al. Chromones from the flower buds of *Tussilago farfara* [J]. Biochem Syst Ecol, 2008, 36(3):

- 219–222.
- [12] Cui Y. Chemical constituents from *Viola diamantiaca* [J]. *Chin Trad Herb Drugs*, 2011, 42(8): 1498–1501.
崔莹. 寸节七化学成分研究 [J]. *中草药*, 2011, 42(8): 1498–1501.
- [13] Huang Y, Chang R J, Jin H Z, et al. Phenolic constituents from *Tsoongiodendron odorum* Chun [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2012, 24(2): 176–178, 198.
黄鹰, 常睿洁, 金慧子, 等. 观光木酚性成分研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2012, 24(2): 176–178, 198.
- [14] Li Y R, Li C, Wang Z M, et al. Chemical constituents from whole plants of *Aconitum tanguticum* (III) [J]. *China J Chin Mat Med*, 2014, 39(7): 1163–1167.
李艳茸, 李春, 王智民, 等. 藏药甘青乌头化学成分研究(III) [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(7): 1163–1167.
- [15] Lin H, Long J Q, Zhao J F, et al. Study on the chemical constituents of *Bidens pilosa* [J]. *J Yunnan Univ Nation (Nat Sci)*, 2012, 21(4): 235–238.
林华, 隆金桥, 赵静峰, 等. 三叶鬼针草化学成分的研究 [J]. *云南民族大学学报: 自然科学版*, 2012, 21(4): 235–238.
- [16] Wang N, Tang L C, Yao H P, et al. Chemical constituents from the leaves of *Garcinia oblongifolia* [J]. *Guihaia*, 2013, 33(5): 691–694.
王宁, 汤丽昌, 姚海萍, 等. 岭南山竹子叶化学成分研究 [J]. *广西植物*, 2013, 33(5): 691–694.
- [17] Zheng D, Zhang X Q, Wang Y, et al. Chemical constituents of the aerial parts of *Blumea riparia* [J]. *Chin J Nat Med*, 2007, 5(6): 421–424.
郑丹, 张晓琦, 王英, 等. 滇桂艾纳香地上部分的化学成分 [J]. *中国天然药物*, 2007, 5(6): 421–424.
- [18] Tian J, Xiao Z Y, Chen Y Y, et al. Structure identification of vulgarsaponin A [J]. *Acta Pharm Sin*, 2000, 35(1): 29–31.
田晶, 肖志艳, 陈雅研, 等. 夏枯草皂苷A的结构鉴定 [J]. *药化学学报*, 2000, 35(1): 29–31.
- [19] Zhao Y, Geng C A, Sun C L, et al. Polyacetylenes and antihepatitis B virus active constituents from *Artemisia capillaris* [J]. *Fitoterapia*, 2014, 95: 187–193.
- [20] Zhao D D, Zhao Q S, Liu L, et al. Compounds from *Dryopteris fragrans* (L.) Schott with cytotoxic activity [J]. *Molecules*, 2014, 19(3): 3345–3355.
- [21] Zhao L, Chen J P, Su J Y, et al. *In vitro* antioxidant and anti-proliferative activities of 5-hydroxymethylfurfural [J]. *J Agric Food Chem*, 2013, 61(44): 10604–10611.
- [22] Fan L, Ma J, Chen Y H, et al. Antioxidant and antimicrobial phenolic compounds from *Setaria viridis* [J]. *Chem Nat Compd*, 2014, 50(3): 433–437.
- [23] Nile S H, Park S W. Antioxidant, α -glucosidase and xanthine oxidase inhibitory activity of bioactive compounds from maize (*Zea mays* L.) [J]. *Chem Biol Drug Des*, 2014, 83(1): 119–125.
- [24] Chen H Z, Chen Y B, Lü Y P, et al. Synthesis and antitumor activity of feruloyl and caffeoyl derivatives [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2014, 24(18): 4367–4371.
- [25] Jabeen B, Riaz N, Saleem M, et al. Isolation of natural compounds from *Phlomis stewartii* showing α -glucosidase inhibitory activity [J]. *Phytochemistry*, 2013, 96: 443–448.