

壮药干花豆枝叶化学成分研究

刘金磊¹, 潘争红¹, 苏涛², 颜小捷¹, 李典鹏^{1*}

1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006

2. 桂林益佰漓江制药有限公司, 广西 桂林 541001

摘要: 目的 研究干花豆 *Fordia cauliflora* 枝叶中的化学成分。方法 采用硅胶、C₁₈、Sephadex LH-20 等色谱手段对干花豆枝叶的 95%乙醇提取物中醋酸乙酯萃取部分进行化学成分分离, 通过波谱学技术和理化性质确定化合物的结构。结果 从干花豆中分离得到 11 个成分, 分别鉴定为羽扇豆醇(1)、羽扇豆醇乙酸酯(2)、水黄皮素(3)、呋喃-[4", 5", 8, 7]-黄酮(4)、7-甲氧基-8-异戊烯基黄烷酮(5)、7-甲氧基-8-(3"-羟基-3"-甲基-1"-丁烯基)-黄酮(6)、豆甾醇(7)、豆甾醇-3-O-β-葡萄糖苷(8)、胡萝卜苷(9)、齐墩果酸(10)、β-谷甾醇(11)。结论 化合物 2、4、6~9 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 干花豆; 羽扇豆醇乙酸酯; 豆甾醇-3-O-β-葡萄糖苷; 水黄皮素; 呋喃-[4", 5", 8, 7]-黄酮

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2012)06-1071-04

Chemical constituents from twigs and leaves of *Fordia cauliflora*

LIU Jin-lei¹, PAN Zheng-hong¹, SU Tao², YAN Xiao-jie¹, LI Dian-peng¹

1. Guangxi Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China

2. Guilin Yibai Lijiang Pharmaceutical Co., Ltd., Guilin 541001, China

Key words: *Fordia cauliflora* Hemsl.; lupeol acetate; stigmasterol-3-O-β-glucopyranoside; karajin; furan-[4", 5", 8, 7]-flavone

干花豆 *Fordia cauliflora* Hemsl. 又名水罗伞、土甘草、野京豆等, 为豆科蝶形花亚科干花豆属植物, 分布于广西的桂南等地, 是广西壮族的传统用药; 该植物在民间用于健脑强身已有 500 多年历史; 其性辛、平, 味甘、微酸, 无毒, 具有宁神、活血散瘀、消肿止痛、润肺化痰等功效, 主要用于治疗中风偏瘫、小儿智力低下及老年痴呆等症, 同时对于治疗脑外伤、小儿疳积、产后及病后虚弱、产妇身体复元、跌打肿痛、骨折、风湿关节肿痛等病症疗效明显^[1-3]。药理研究表明, 其提取液可以提高小鼠的短时性和长时性记忆保存率^[4], 同时药理研究还表明该植物具有抗衰老^[5]、抗炎^[6]、保肝及抗氧化^[7]等作用; 其活性成分既存在乙醇等有机溶剂提取物中, 也存在于水煎物中。

本研究选取干花豆枝叶乙醇提取物中的醋酸乙酯萃取部位, 分离得到 11 个化合物, 通过波谱数据和理化性质分别鉴定为羽扇豆醇(lupeol, 1)、羽扇豆醇乙酸酯(lupeol acetate, 2)、水黄皮素(karajin, 3)、呋喃-[4", 5", 8, 7]-黄酮(furan-[4", 5", 8, 7]-

flavone, 4)、7-甲氧基-8-异戊烯基黄烷酮(7-methoxy-8-prenylflavanone, 5)、7-甲氧基-8-(3"-羟基-3"-甲基-1"-丁烯基)-黄酮[7-methoxyl-8-(3"-hydroxy-3"-methyl-1"-butenyl)-flavone, 6]、豆甾醇(stigmasterol, 7)、豆甾醇-3-O-β-葡萄糖苷(stigmasterol-3-O-β-glucopyranoside, 8)、胡萝卜苷(daucosterol, 9)、齐墩果酸(oleanolic acid, 10)、β-谷甾醇(β-sitosterol, 11)。其中化合物 2、4、6~9 为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

VG Auto Spec—3000 质谱仪(VG 公司); Bruker AM—400 核磁共振仪(TMS 为内标, Bruker 公司); 紫外光谱仪(上海精密仪器厂); X—4 型显微熔点测定仪(上海互佳仪器设备有限公司); Sephadex LH-20 (Pharmacia 公司); C₁₈ (Pharmacia 公司); 薄层色谱用硅胶、硅胶板(青岛海洋化工厂); 乙醇、甲醇、氯仿等试剂均为分析纯(广东汕头市西陇化工厂)。

干花豆枝叶样品于 2010 年 7 月采自广西植物标

收稿日期: 2011-12-10

基金项目: 桂林市科学研究与技术开发项目(20110107-2); 广西植物研究所科学研究基金项目(桂植业 09034)

作者简介: 刘金磊(1980—), 男, 助理研究员, 主要从事植物化学方面的研究。E-mail: 99853247@qq.com

*通讯作者 李典鹏 E-mail: ldp@gxib.cn

本园, 经广西植物研究所韦发南研究员鉴定为豆科蝶形花亚科干花豆属干花豆 *Fordia cauliflora* Hemsl., 标本 (G20100702) 保存于广西植物研究所植物活性物研究开发中心。

2 提取与分离

干花豆枝叶 15 kg, 阴干, 粉碎, 用 95%乙醇冷浸提取 3 次, 合并提取液减压浓缩, 得乙醇浸膏约 500 g。所得浸膏加水混悬后依次用石油醚 2 L 萃取后处理得石油醚浸膏 30 g, 醋酸乙酯 2 L 萃取后处理得醋酸乙酯浸膏 50 g, 正丁醇 2 L 萃取后处理得正丁醇浸膏 45 g, 萃取后水溶液浓缩得水部分 200 g。取醋酸乙酯浸膏 45 g 经硅胶柱色谱, 以氯仿-甲醇 (100:0→0:100) 梯度洗脱, 每份 200 mL, 经 TLC 薄层检测合并成分相近部位, 分别得到 6 个组分: Fr. I (3 g)、Fr. II (5 g)、Fr. III (15 g)、Fr. IV (6 g)、Fr. V (8 g)、Fr. VI (12 g)。Fr. II 经硅胶柱色谱, 以石油醚-醋酸乙酯 (30:1) 洗脱, 得化合物 **11** (23 mg); Fr. III 经硅胶柱色谱, 石油醚-醋酸乙酯 (20:1) 洗脱, 收集流分, 通过 C_{18} 、Sephadex LH-20 等反复柱色谱分离得到化合物 **1** (18 mg)、**2** (26 mg)、**3** (25 mg)、**4** (37 mg) 和 **8** (36 mg); Fr. IV 经硅胶柱色谱, 石油醚-丙酮 (20:1) 洗脱收集流分, 通过 C_{18} 、Sephadex LH-20 柱色谱等反复分离得到化合物 **5** (16 mg)、**7** (29 mg) 和 **9** (31 mg)。Fr. V 经硅胶柱色谱, 石油醚-丙酮 (20:1) 洗脱收集流分, 再经反复柱色谱得到化合物 **10** (18 mg) 和 **6** (29 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色针晶 (甲醇); 分子式为 $C_{30}H_{50}O$, 相对分子质量为 426, mp 219~220 °C, ESI-MS m/z : 426 ($[M]^+$, 50)。 1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 4.69 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-29), 4.57 (1H, d, $J = 1.2$ Hz, H-29), 3.19 (1H, dd, $J = 10.4, 5.4$ Hz, H-3), 2.38 (1H, ddd, $J = 11.0, 5.8, 5.3$ Hz, H-19), 1.68, 1.16, 0.94, 0.87, 0.83, 0.79, 0.76 (各 3H, s, $7 \times -CH_3$); ^{13}C -NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 34.3 (C-7), 40.8 (C-8), 50.4 (C-9), 37.2 (C-10), 21.0 (C-11), 25.2 (C-12), 38.1 (C-13), 42.6 (C-14), 27.4 (C-15), 35.6 (C-16), 43.0 (C-17), 48.3 (C-18), 48.0 (C-19), 150.9 (C-20), 29.8 (C-21), 40.0 (C-22), 27.9 (C-23), 15.3 (C-24), 16.1 (C-25), 15.9 (C-26), 14.6 (C-27), 18.0 (C-28), 109.3 (C-29), 19.3 (C-30)。以上数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **1** 为羽扇豆醇。

化合物 **2**: 无色针晶 (甲醇), mp 212~214 °C。 1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 1.66 (3H, s, H-30), 2.06 (3H, s, O=C- CH_3), 4.53 (1H, m, H-3), 4.55 (1H, brs, H-29a), 4.65 (1H, brs, H-29b); ^{13}C -NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 38.5 (C-1), 23.8 (C-2), 81.0 (C-3), 38.0 (C-4), 55.4 (C-5), 18.6 (C-6), 34.4 (C-7), 41.1 (C-8), 50.5 (C-9), 37.3 (C-10), 21.2 (C-11), 25.1 (C-12), 38.3 (C-13), 43.0 (C-14), 27.7 (C-15), 35.6 (C-16), 43.2 (C-17), 48.6 (C-18), 48.2 (C-19), 151.2 (C-20), 30.1 (C-21), 40.2 (C-22), 28.1 (C-23), 16.7 (C-24), 16.2 (C-25), 16.5 (C-26), 14.5 (C-27), 18.2 (C-28), 109.2 (C-29), 19.5 (C-30), 171.2 (-CO-)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物 **2** 为羽扇豆醇乙酸酯。

化合物 **3**: 无色针晶 (氯仿), 分子式为 $C_{18}H_{12}O_4$, 相对分子质量为 292, mp 159~160 °C, ESI-MS m/z : 292 ($[M]^+$, 291 ($[M-H]^+$, 100))。 1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 8.19 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-5), 7.52 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-6), 8.13 (2H, dd, $J = 8.0, 1.8$ Hz, H-2', 6'), 7.55 (2H, m, H-3', 5'), 7.55 (1H, m, H-4'), 7.76 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2''), 7.18 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-3''); ^{13}C -NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 154.7 (C-2), 141 (C-3), 174.8 (C-4), 121.7 (C-5), 109.9 (C-6), 158.0 (C-7), 116.8 (C-8), 149.7 (C-9), 119.6 (C-10), 130.1 (C-1'), 128.3 (C-2', 6'), 128.6 (C-3', 5'), 130.5 (C-4'), 145.7 (C-2''), 104.2 (C-3''), 60.4 (-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[10-11], 故鉴定化合物 **3** 为水黄皮素。

化合物 **4**: 白色针晶 (丙酮), 分子式为 $C_{17}H_{11}O_3$, 相对分子质量为 261, mp 159~160 °C, ESI-MS m/z : 292 ($[M]^+$, 291 ($[M-H]^+$, 100))。 1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 6.86 (1H, s, H-3), 8.19 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-5), 7.52 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-6), 8.03 (2H, m, H-2', 6'), 7.55 (2H, m, H-3', 5'), 7.55 (1H, m, H-4'), 7.76 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2''), 7.18 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-3''); ^{13}C -NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 162.7 (C-2), 108.2 (C-3), 177.8 (C-4), 121.7 (C-5), 109.9 (C-6), 158.0 (C-7), 116.8 (C-8), 149.7 (C-9), 119.6 (C-10), 130.1 (C-1'), 126.3 (C-2', 6'), 129.6 (C-3', 5'), 131.5 (C-4'), 145.7 (C-2''), 104.2 (C-3'')。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **4** 为呋喃-[4', 5'', 8, 7]-黄酮。

化合物 **5**: 无色结晶 (石油醚-氯仿), 分子式为 $C_{21}H_{22}O_3$, 相对分子质量为 322, mp 97~98 °C,

ESI-MS m/z : 322 $[M]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.84 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-5), 7.48 (2H, d, $J = 7.2$ Hz, H-2', 6'), 7.42 (2H, t, $J = 7.2$ Hz, H-3', 5'), 7.37 (1H, t, $J = 7.0$ Hz, H-4'), 6.64 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-6), 5.46 (1H, dd, $J = 12.8, 2.8$ Hz, H-2), 5.19 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, -CH-CH₂), 3.90 (3H, s, -OCH₃), 3.36 (2H, d, $J = 7.2$ Hz, -CH-CH₂), 2.94 (2H, m, H-3), 1.66 (6H, s, 2×-CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 79.4 (C-2), 44.4 (C-3), 191.3 (C-4), 126.3 (C-5), 104.9 (C-6), 163.3 (C-7), 117.9 (C-8), 160.1 (C-9), 115.4 (C-10), 139.4 (C-1'), 125.9 (C-2', 6'), 128.6 (C-3', 5'), 128.4 (C-4'), 22.22 (C-1''), 121.9 (C-2''), 131.7 (C-3''), 25.7 (C-4''), 17.7 (C-5''), 55.9 (-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **5** 为 7-甲氧基-8-异戊烯基黄烷酮。

化合物 **6**: 白色针晶 (甲醇), $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_4$, 相对分子质量为 336, mp 189~191 °C。ESI-MS m/z : 336 $[M]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 6.80 (1H, s, H-3), 8.13 (1H, d, $J = 8.9$ Hz, H-5), 7.03 (1H, d, $J = 9$ Hz, H-6), 7.93 (2H, dd, $J = 8.4, 1.8$ Hz, H-2', 6'), 7.52 (2H, m, H-3', 5'), 7.55 (1H, m, H-4'), 6.98 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-1''), 6.85 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H-2''), 3.98 (3H, s, -OCH₃), 1.51 (6H, s, 2×-CH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 163.2 (C-2), 107.1 (C-3), 178.3 (C-4), 125.3 (C-5), 108.9 (C-6), 160.9 (C-7), 114.3 (C-8), 153.9 (C-9), 118.1 (C-10), 132.1 (C-1'), 125.9 (C-2', 6'), 128.6 (C-3', 5'), 131.4 (C-4'), 115.22 (C-1''), 144.9 (C-2''), 71.5 (C-3''), 55.2 (-OCH₃), 30.1 (2×-CH₃)。该化合物的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **6** 为 7-甲氧基-8-(3''-羟基-3''-甲基-1''-丁烯基)-黄烷酮。

化合物 **7**: 白色针晶 (甲醇), 分子式为 $\text{C}_{29}\text{H}_{48}\text{O}$, 相对分子质量为 412, mp 149~151 °C, ESI-MS m/z : 412 $[M]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 5.32 (1H, d, $J = 5.0$ Hz, H-6), 5.12 (1H, dd, $J = 15.2, 7.8$ Hz, H-22), 5.02 (1H, dd, $J = 15.2, 7.8$ Hz, H-23), 3.50 (1H, t, $J = 5.2$ Hz, H-3), 0.95 (3H, s, H-21), 0.88 (3H, t, $J = 7.2$ Hz, H-29), 0.86 (3H, s, H-26), 0.83 (3H, s, H-27), 0.81 (3H, s, H-19), 0.68 (3H, s, H-18); $^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl_3) δ : 31.5 (C-1), 31.9 (C-2), 71.7 (C-3), 39.6 (C-4), 140.2 (C-5), 121.6 (C-6), 31.5 (C-7), 31.9 (C-8), 50.2 (C-9), 36.5 (C-10), 21.5 (C-11), 39.7 (C-12), 42.3 (C-13), 55.9 (C-14), 24.6

(C-15), 29.1 (C-16), 56.8 (C-17), 12.2 (C-18), 19.4 (C-19), 40.5 (C-20), 21.0 (C-21), 138.2 (C-22), 129.2 (C-23), 51.2 (C-24), 31.9 (C-25), 18.6 (C-26), 21.2 (C-27), 25.4 (C-28), 12.2 (C-29)。以上波谱数据与文献报道一致^[15], 故鉴定化合物 **7** 为豆甾醇。

化合物 **8**: 白色粉末 (丙酮), Libermann-Burchard 反应和 Molish 反应均呈阳性, 5%硫酸-乙醇显紫红色单一斑点; 分子式为 $\text{C}_{35}\text{H}_{58}\text{O}_6$, 相对分子质量为 574.85, mp 277~281 °C, ESI-MS m/z : 574 $[M]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 0.62~3.45 (48 H, m), 4.21 (2H, d, $J = 8.0$ Hz, Glc-H-6), 5.14 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, Glc-H-1), 5.32 (1H, s, H-6); $^{13}\text{C-NMR}$ (400 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 38.3 (C-1), 29.2 (C-2), 78.0 (C-3), 39.2 (C-4), 140.4 (C-5), 121.2 (C-6), 31.2 (C-7), 33.3 (C-8), 49.6 (C-9), 36.8 (C-10), 2.6 (C-11), 40.1 (C-12), 45.1 (C-13), 56.2 (C-14), 23.9 (C-15), 28.5 (C-16), 55.3 (C-17), 11.8 (C-18), 19.7 (C-19), 41.7 (C-20), 23.6 (C-21), 138.0 (C-22), 128.8 (C-23), 50.6 (C-24), 31.4 (C-25), 20.9 (C-26), 20.6 (C-27), 24.9 (C-28), 11.7 (C-29), 100.2 (C-1'), 73.4 (C-2'), 76.9 (C-3'), 70.0 (C-4'), 76.3 (C-5'), 61.2 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **8** 为豆甾醇-3-*O*- β -葡萄糖苷。

化合物 **9**: 白色粉末状固体 (甲醇), mp 290~292 °C, Molish 反应呈阳性, Libermann-Burchard 反应显紫黑色, 在香草醛-浓硫酸溶液下显紫红色, ESI-MS m/z : 576 $[M]^+$, 分子式为 $\text{C}_{35}\text{H}_{60}\text{O}_6$, 相对分子质量为 576.85。 $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 43.7 (C-1), 35.9 (C-2), 80.4 (C-3), 52.8 (C-4), 144.3 (C-5), 126.1 (C-6), 40.1 (C-7), 37.9 (C-8), 60.0 (C-9), 42.6 (C-10), 28.2 (C-11), 46.3 (C-12), 49.8 (C-13), 65.8 (C-14), 32.2 (C-15), 33.5 (C-16), 60.7 (C-17), 15.8 (C-18), 27.0 (C-19), 41.2 (C-20), 23.6 (C-21), 40.7 (C-22), 33.1 (C-23), 54.1 (C-24), 34.7 (C-25), 22.9 (C-26), 23.2 (C-27), 30.0 (C-28), 22.6 (C-29), 105.1 (C-1'), 79.8 (C-2'), 81.2 (C-3'), 77.5 (C-4'), 83.1 (C-5'), 74.2 (C-6')。与胡萝卜苷对照品共薄层, R_f 值及显色行为一致。 $^{13}\text{C-NMR}$ 谱数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **9** 为胡萝卜苷。

化合物 **10**: 白色粉末 (甲醇), mp 308~310 °C, Libermann-Burchard 反应呈紫红色, ESI-MS m/z : 456 $[M]^+$, 100, 分子式为 $\text{C}_{30}\text{H}_{48}\text{O}_3$, 相对分子质量为 456.71。 $^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl_3) δ : 38.5 (C-1),

27.0 (C-2), 77.0 (C-3), 38.8 (C-4), 54.9 (C-5), 18.1 (C-6), 32.9 (C-7), 40.9 (C-8), 47.2 (C-9), 36.7 (C-10), 23.0 (C-11), 121.6 (C-12), 143.9 (C-13), 41.4 (C-14), 27.3 (C-15), 23.5 (C-16), 45.8 (C-17), 41.4 (C-18), 45.5 (C-19), 30.5 (C-20), 33.4 (C-21), 32.2 (C-22), 28.3 (C-23), 15.2 (C-24), 16.1 (C-25), 16.9 (C-26), 25.7 (C-27), 178.7 (C-28), 33.0 (C-29), 23.5 (C-30)。以上数据与文献报道一致^[17], 故鉴定化合物 **10** 为齐墩果酸。

化合物 **11**: 无色针晶(氯仿), mp 135~136 °C, ESI-MS m/z : 426 ($[M]^+$, 100), Libermann-Burchard 反应呈阳性, 与 β -谷甾醇对照品共薄层, 其 R_f 值和色谱行为均一致。故鉴定化合物 **11** 为 β -谷甾醇。

参考文献

- [1] 广西卫生厅. 广西本草选编 (下册) [M]. 南宁: 广西人民出版社, 1974.
- [2] 广西卫生厅. 广西中药志 (第 2 辑) [M]. 南宁: 广西人民出版社, 1963.
- [3] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编 (下册) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1978.
- [4] 顾正余, 刘建瓴, 张朝纯. 干花豆对小鼠记忆力的影响 [J]. 南京铁道医学院学报, 1993, 12(2): 84-86.
- [5] 吴植强, 周 智, 陈邦树, 等. 水罗伞提取物的抗衰老作用及急性毒性研究 [J]. 广西中医学院学报, 2003, 6(2): 37-40.
- [6] 汤祖青, 陈邦树, 周 智, 等. 水罗伞多种提取物的抗炎作用研究 [J]. 中国民族民间医药杂志, 2003, 63: 223-223.
- [7] 吴植强, 周 智, 韦奇志. 水罗伞提取物对溴代苯小鼠肝损伤的保护作用和抗氧化作用 [J]. 中国药理学通报, 2004, 20(11): 1221-1223.
- [8] 唐 贝, 陈光英, 宋小平, 等. 喜光花叶的化学成分研究 [J]. 中草药, 2011, 42(4): 645-648.
- [9] Zhu W M, Shen Y M, Hong X, *et al.* Triterpenoids from the Dai Medicinal Plant *Winchia calophylla* [J]. 植物学报, 2002, 44(3): 354-358.
- [10] 戴 斌, 丘翠嫦, 陈少锋, 等. 水罗伞的生药学研究 [J]. 中草药, 2001, 32(5): 456-459.
- [11] 梁志远, 杨小生, 朱海燕, 等. 滇产干花豆中的两个新黄酮 [J]. 药学学报, 2006, 41(6): 533-536.
- [12] Mbafor J T, Atchade A T, Nkengfack A E, *et al.* Furanoflavones from root bark of *Millettia sanagana* [J]. *Phytochemistry*, 1995, 40(3): 949-952.
- [13] 梁志远, 杨小生, 朱海燕, 等. 干花豆中的三个异戊烯基黄酮酮 [J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(5): 592-594.
- [14] Waterman P G, Khalid S A. The major flavonoids of the seeds of *Tephrosia apollinea* [J]. *Phytochemistry*, 1980, 19: 909-915.
- [15] 黄敏珠, 陈海生, 刘建国, 等. 中药鬼针草化学成分的研究 [J]. 第二军医大学学报, 2006, 27(8): 888-891.
- [16] 隆金桥, 林 华, 羊晓东, 等. 广西山豆根化学成分的研究 [J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2011, 33(1): 72-76.
- [17] 卢汝梅, 杨长水, 韦建华. 荔枝草化学成分的研究 [J]. 中草药, 2011, 42(5): 859-862.