

• 化学成分 •

毛酸浆宿萼的化学成分研究 (I)

杨 蒙, 陈 重, 李笑然, 许琼明*, 杨世林

苏州大学药学院, 江苏 苏州 215123

摘要: 目的 研究毛酸浆 *Physalis pubescens* 干燥宿萼的化学成分。方法 利用硅胶柱色谱法、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱法、中压柱色谱及半制备高效液相色谱等方法分离纯化, 通过核磁共振谱、质谱等光谱数据鉴定化合物结构。结果 分离得到 9 个化合物, 分别鉴定为 3, 6, 11-三甲基-3-羟基-1, 6(E), 10-十二碳三烯-8-O-β-D-葡萄糖苷 (1)、3', 5-二羟基-3, 7, 4'-三甲氧基黄酮 (2)、山柰酚-3-O-β-D-槐糖苷 (3)、山柰酚-3-O-α-L-鼠李糖-(1→6)-β-D-葡萄糖苷 (4)、山柰酚-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-α-L-鼠李糖苷 (5)、3-羟基-4-甲氧基苯甲酸 (6)、银杏内酯 A (7)、银杏内酯 B (8)、3, 7, 4'-三甲氧基杨梅黄酮 (9)。结论 化合物 1 为新化合物, 命名为毛酸浆苷 A, 化合物 2~8 为首次从该属植物中分离得到。

关键词: 毛酸浆; 宿萼; 3, 6, 11-三甲基-3-羟基-1, 6(E), 10-十二碳三烯-8-O-β-D-葡萄糖苷; 毛酸浆苷 A; 银杏内酯 B

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2013)03-0253-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.03.002

Chemical constituents in persistent calyx of *Physalis pubescens* (I)

YANG Meng, CHEN Zhong, LI Xiao-ran, XU Qiong-ming, YANG Shi-lin

College of Pharmaceutical Science, Soochow University, Suzhou 215123, China

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents in the dried persistent calyx of *Physalis pubescens*. **Methods** The constituents were isolated by chromatography on silica gel, Sephadex LH-20, and medium pressure columns, and semi-preparative liquid chromatography, then their structures were elucidated by chemical properties and spectroscopic analyses. **Results** Nine compounds were isolated and their structures were identified to be 3, 6, 11-trimethyl-3-hydroxyl-1, 6(E), 10-dodecatriene-8-O-β-D-glucoside (1), 3', 5-dihydroxy-3, 7, 4'-trimethoxyl flavone (2), kaempferol-3-O-β-D-sophoroside (3), kaempferol-3-O-α-L-rhamnosterin-(1→6)-β-D-glucoside (4), kaempferol-3-O-β-D-glucoside-7-O-α-L-rhamnosterin (5), 3-hydroxyl-4-methoxy benzoic acid (6), ginkgolide A (7), ginkgolide B (8), and 3, 7, 4'-trimethyl-myricetin (9). **Conclusion** Compound 1 is a new compound named physaliside A and compounds 2—8 are obtained from the plants in genus *Physalis* L. for the first time.

Key words: *Physalis pubescens* L.; persistent calyx; 3, 6, 11-trimethyl-3-hydroxyl-1, 6(E), 10-dodecatriene-8-O-β-D-glucoside; physaliside A; ginkgolide B

毛酸浆 *Physalis pubescens* L. 为茄科 (Solanaceae) 酸浆属 *Physalis* L. 一年生草本植物, 主要分布于我国东北三省。主治咽喉肿痛、腮腺炎、泌尿道炎、小便不利、尿血等症, 其带萼果实或全草称灯笼草, 是常用的中药^[1]。本实验对其干燥宿萼进行了初步化学成分研究, 分离得到 9 个化合物, 分别鉴定为 3, 6, 11-三甲基-3-羟基-1, 6(E), 10-十二碳三烯-8-O-β-D-葡萄糖苷 [3, 6, 11-trimethyl-3-hydroxyl-1, 6(E), 10-dodecatriene-8-O-β-D-glucoside,

1]、3', 5-二羟基-3, 7, 4'-三甲氧基黄酮 (3', 5-dihydroxy-3, 7, 4'-trimethoxyl flavone, 2)、山柰酚-3-O-β-D-槐糖苷 (kaempferol-3-O-β-D-sophoroside, 3)、山柰酚-3-O-α-L-鼠李糖-(1→6)-β-D-葡萄糖苷 [kaempferol-3-O-α-L-rhamnosterin-(1→6)-β-D-glucoside, 4]、山柰酚-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-α-L-鼠李糖苷 (kaempferol-3-O-β-D-glucoside-7-O-α-L-rhamnosterin, 5)、3-羟基-4-甲氧基苯甲酸 (3-hydroxyl-4-methoxy benzoic acid, 6)、银杏内酯 A (ginkgolide

收稿日期: 2012-12-13

作者简介: 杨 蒙, 女, 在读硕士研究生。

*通信作者 许琼明, 男, 副教授, 硕士生导师。Tel: (0512)69561421 E-mail: xuqiongming@suda.edu.cn

A, 7)、银杏内酯 B (ginkgolide B, 8)、3, 7, 4'-三甲氧基杨梅黄酮 (3, 7, 4'-trimethylmyricetin, 9)。其中化合物 1 为新化合物, 命名为毛酸浆苷 A, 化合物 2~8 为首次从本属植物中分离得到。

1 仪器与材料

XT5 显微熔点测定仪 (北京科仪电光仪器厂); Autopol IV 型旋光仪 (美国鲁道夫公司); Unity Inova 500 核磁共振仪 (美国瓦里安公司); TOF-MS (英国 Micromass 公司); 各种色谱用硅胶均为青岛海洋化工厂产品; 半制备高效液相色谱仪 (LC-20 AT, SPD-20 A, 日本岛津公司); C₁₈ 半制备色谱柱 (250 mm×10 mm, 5 μm, 美国 Kromsil 公司); 中压液相色谱仪 (Buchi 公司); 凝胶 Sephadex LH-20 (美国 GE 公司)。

毛酸浆宿萼于 2010 年 9 月采自黑龙江省齐齐哈尔市, 由苏州大学药学院李笑然教授鉴定为毛酸浆 *Physalis pubescens* L. 的宿萼。

2 提取与分离

干燥的毛酸浆宿萼 20 kg, 粉碎后, 经 10 倍量 90% 乙醇冷浸 2 次, 每次 24 h, 合并 2 次乙醇提取液, 200 目筛滤过, 所得滤液经减压浓缩, 除去乙醇, 浸膏加水稀释得提取液 15 kg, 分别依次用石油醚、氯仿、醋酸乙酯、正丁醇多次萃取, 各部分萃取液经减压浓缩, 得石油醚萃取物 51.38 g, 氯仿萃取物 125.57 g, 醋酸乙酯萃取物 355.9 g, 正丁醇萃取物 702.4 g。石油醚、氯仿和醋酸乙酯萃取物分别经反复硅胶柱色谱, 用石油醚-醋酸乙酯和氯仿-甲醇溶剂系统梯度洗脱, 并结合 Sephadex LH-20 柱色谱、中压柱色谱及半制备高效液相色谱, 从石油醚萃取物中分离得到化合物 9, 从氯仿萃取物中分离得到化合物 1~2、6~8, 从醋酸乙酯萃取物中分离得到化合物 3~5。

3 结构鉴定

化合物 1: 白色结晶 (甲醇), $[\alpha]_D^{20}$ -22.4 (c 0.063, MeOH), HR-ESI-MS 给出化合物的准分子离子峰为 m/z 423.235 0 $[M+Na]^+$ (计算值 423.235 9), 结合 1D 和 2D-NMR 谱图信息确定分子式为 C₂₁H₃₆O₇, 不饱和度为 4。Molish 反应呈阳性, 糖部分经酸水解, 薄层色谱检识, 与标准糖对照鉴定为葡萄糖。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) 谱显示, 在高场区域有 4 个甲基单峰质子信号: δ 1.13 (3H, s, H-15), 1.47 (3H, s, H-14), 1.53 (3H, s, H-13) 及 1.61 (3H, s, H-12); 此外还有 3 个双键上的质子信号: δ

5.85 (1H, m, H-2), 5.28 (1H, t, J = 6.0 Hz, H-7), 4.95 (1H, s, H-10) 和 2 个末端双键质子信号 δ 4.94 (2H, d, J = 15.0 Hz, H-1), 提示有双键存在。¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) 谱给出 3 个双键碳信号: δ 146.1 (C-2) 和 111.0 (C-1), δ 132.5 (C-6) 和 130.2 (C-7), δ 120.6 (C-10) 和 131.8 (C-11); 碳谱中 δ 71.5 (C-3) 碳信号, 提示分子中存在 1 个-OH。同时碳谱中碳信号 δ 81.3 (C-8) 应为连氧碳信号, 推测和糖链相连; ¹H-NMR 谱中给出 1 组葡萄糖质子信号: δ 3.95 (1H, d, J = 7.5 Hz, H-1'), 2.95 (1H, m, H-2'), 3.06 (1H, m, H-3'), 3.04 (1H, m, H-4'), 2.93 (1H, m, H-5'), 3.63 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-6'), 其中糖端基质子的耦合常数值为 7.5 Hz, 判断葡萄糖的构型为 β 型。结合糖的端基碳信号 δ 98.6 (C-1') 及其余连氧碳信号 [δ 98.6 (C-1'), 73.3 (C-2'), 77.1 (C-3'), 70.3 (C-4'), 76.9 (C-5'), 61.2 (C-6')], 进一步确定化合物 1 为葡萄糖苷类化学成分。将其碳谱数据与文献报道数据^[2]比较, 推测该化合物为倍半萜苷化合物。根据 2D-NMR, 将其碳氢数据归纳见表 1。

根据 1D、2D-NMR 图谱和不饱和度等信息, 结合 DEPT、HSQC 谱推断该化合物含有: 3 个双键,

表 1 化合物 1 的 ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) 和 ¹H-NMR 数据 (500 MHz, DMSO-*d*₆)

Table 1 ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) and ¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) data of compound 1

碳位	δ _C	δ _H
1	111.0	4.94 (1H, d, J = 15.0 Hz)
2	146.1	5.85 (1H, m)
3	71.5	—
4	41.9	1.40 (2H, t, J = 7.5 Hz)
5	22.1	1.92 (1H, m), 2.02 (1H, m)
6	132.5	—
7	130.2	5.28 (1H, t, J = 6.0 Hz)
8	81.3	4.05 (1H, t, J = 6.0 Hz)
9	31.8	2.18 (2H, d, J = 6.5 Hz)
10	120.6	4.95 (1H, s)
11	131.8	—
12	25.6	1.61 (3H, s)
13	17.9	1.53 (3H, s)
14	10.2	1.47 (3H, s)
15	27.6	1.13 (3H, s)
1'	98.6	3.95 (1H, d, J = 7.5 Hz)
2'	73.3	2.95 (1H, m)
3'	77.1	3.06 (1H, m)
4'	70.3	3.04 (1H, m)
5'	76.9	2.93 (1H, m)
6'	61.2	3.63 (2H, d, J = 9.0 Hz)

4个甲基, 1个羟基, 1个 β -D-葡萄糖。从HMBC谱中可以看出, δ 4.05 (1H, t, J = 6.0 Hz, H-8) 和葡萄糖的端基碳 δ 98.6 (C-1') 存在远程相关, 提示葡萄糖连接在 C-8 上, δ 2.18 (2H, d, J = 6.5 Hz, H-9) 与 δ 81.3 (C-8), δ 4.05 (1H, t, J = 6.0 Hz, H-8) 与 δ 130.2 (C-7) 有远程相关, 可以进一步确定葡萄糖的连接位置, 再根据 δ 1.40 (2H, t, J = 7.5 Hz, H-4), 5.85 (1H, m, H-2), 4.94 (2H, d, J = 15.0 Hz, H-1) 与 δ 71.5 (C-3) 的远程相关信号, 确定羟基的连接位置, NOESY 谱中 δ 1.47 (3H, s, H-14) 与 δ 4.05 (1H, t, J = 6.0 Hz, H-8) 相关, 可判断为 C-6 与 C-7 间的双键为 *E* 构型。化合物 **1** 的结构式及主要 HMBC 相关见图 1。

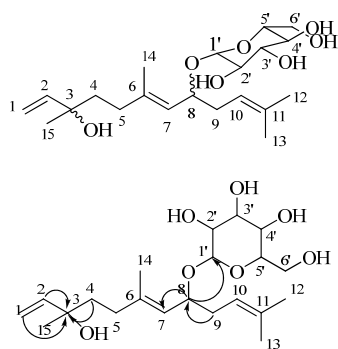


图1 化合物 **1** 的结构与主要 HMBC 相关图

Fig. 1 Structure and key HMBC correlations of compound **1**

综上所述, 鉴定出化合物 **1** 的结构为 3, 6, 11-三甲基-3-羟基-1, 6*E*, 10-十二碳三烯-8- β -D-葡萄糖苷, 为一新化合物。由于该化合物的量较少, 暂时无法确定其中 C-3 和 C-8 的绝对构型。

化合物 **2**: 黄色结晶 (甲醇), 盐酸-镁粉反应呈阳性。ESI-MS m/z : 344 $[M]^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 7.63 (1H, dd, J = 6.9, 1.9 Hz, H-6'), 7.22 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2'), 6.83 (1H, d, J = 9.2 Hz, H-5'), 6.36 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.20 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 3.85 (3H, s, 3-OCH₃), 3.76 (3H, s, 7-OCH₃), 3.69 (3H, s, 4'-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 178.9 (C-4), 165.6 (C-7), 162.2 (C-9), 156.9 (C-5), 155.6 (C-2), 148.8 (C-4'), 145.7 (C-3'), 139.3 (C-3), 123.8 (C-1'), 121.6 (C-6'), 114.5 (C-5'), 110.5 (C-2'), 106.2 (C-10), 97.9 (C-6), 92.2 (C-8), 60.2 (3-OCH₃), 56.1 (7-OCH₃), 55.8 (4'-OCH₃)。将其氢谱和碳谱数据与文献报道比较^[3], 鉴定化合物 **2** 为 3', 5-二羟基-3, 7, 4'-三甲氧基黄酮。

化合物 **3**: 黄色结晶 (甲醇), mp 194~200 $^{\circ}\text{C}$ 。盐酸-镁粉反应呈阳性。ESI-MS m/z : 594 $[M-H]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 12.63 (1H, s, 5-OH), 10.83 (1H, brs, 7-OH), 10.13 (1H, brs, 4'-OH), 8.06 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-2', 6'), 6.91 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-3', 5'), 6.41 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.20 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 177.4 (C-4), 163.9 (C-7), 161.2 (C-5), 159.9 (C-4'), 156.3 (C-2), 155.5 (C-9), 132.8 (C-3), 130.9 (C-2', 6'), 120.8 (C-1'), 115.3 (C-3', 5'), 104.1 (C-10), 98.6 (C-6), 93.6 (C-8), 98.6 (C-1''), 82.4 (C-2''), 76.6 (C-3''), 69.5 (C-4''), 76.5 (C-5''), 60.5 (C-6''), 103.9 (C-1'''), 74.3 (C-2'''), 76.7 (C-3'''), 69.6 (C-4'''), 77.0 (C-5'''), 60.7 (C-6''')。将其氢谱和碳谱数据与文献报道比较^[4], 鉴定化合物 **3** 为山柰酚-3- β -D-槐糖苷。

化合物 **4**: 黄色结晶 (甲醇), mp 184~195 $^{\circ}\text{C}$ 。盐酸-镁粉反应呈阳性。ESI-MS m/z : 593 $[M-H]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 12.55 (1H, s, 5-OH), 10.80 (1H, brs, 7-OH), 10.10 (1H, brs, 4'-OH), 7.99 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-2', 6'), 6.90 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-3', 5'), 6.41 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.20 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 5.31 (1H, d, J = 7.0 Hz, H-1''), 4.40 (1H, brs, H-1'''); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 177.3 (C-4), 164.2 (C-7), 161.0 (C-5), 159.7 (C-4'), 156.9 (C-9), 156.5 (C-2), 133.1 (C-3), 130.9 (C-2', 6'), 121.0 (C-1'), 115.1 (C-3', 5'), 103.8 (C-10), 98.8 (C-6), 93.8 (C-8), 101.2 (C-1''), 74.0 (C-2''), 76.3 (C-3''), 69.8 (C-4''), 75.5 (C-5''), 66.9 (C-6''), 100.6 (C-1'''), 70.2 (C-2'''), 70.5 (C-3'''), 71.7 (C-4'''), 68.2 (C-5'''), 17.5 (C-6''')。将其氢谱和碳谱数据与文献报道比较^[5], 鉴定化合物 **4** 为山柰酚-3- α -L-鼠李糖-(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-葡萄糖苷。

化合物 **5**: 黄色粉末 (甲醇), mp 250~253 $^{\circ}\text{C}$ 。盐酸-镁粉反应呈阳性。ESI-MS m/z : 593.0 $[M-H]^-$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 12.62 (1H, s, 5-OH), 10.24 (1H, s, 4'-OH), 8.07 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-2', 6'), 6.90 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-3', 5'), 6.41 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 5.55 (1H, d, J = 1.2 Hz, Rha-H-1''), 5.43 (1H, d, J = 6.0 Hz, Glc-H-1'); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 177.6 (C-4), 161.2 (C-7), 160.0 (C-9), 159.7 (C-4'), 156.5 (C-5), 156.3 (C-2), 134.3 (C-3), 130.5 (C-2', 6'), 120.3 (C-1'), 115.3 (C-3', 5'), 106.0 (C-10), 98.7 (C-6), 93.7 (C-8), 101.5 (C-1''),

73.6 (C-2''), 75.2 (C-3''), 70.0 (C-4''), 75.9 (C-5''), 61.0 (C-6''), 98.0 (C-1'''), 70.4 (C-2'''), 70.6 (C-3'''), 71.6 (C-4'''), 70.1 (C-5'''), 17.3 (C-6'''). 将其氢谱和碳谱数据与文献报道比较^[6], 鉴定化合物 **5** 为山奈酚-3-O-β-D-葡萄糖-7-O-α-L-鼠李糖苷。

化合物 **6**: 白色粉末 (氯仿-甲醇), mp 206~209 °C。ESI-MS m/z : 286 $[M]^+$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.32 (2H, m, H-2, 6), 6.60 (1H, d, J = 6.0 Hz, H-5), 3.61 (3H, s, -OCH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 167.1 (-COOH), 151.1 (C-4), 147.2 (C-3), 123.5 (C-6), 121.7 (C-1), 115.0 (C-2), 112.9 (C-5), 55.6 (-OCH₃)。将其氢谱和碳谱数据与文献报道比较^[7], 鉴定化合物 **6** 为 3-羟基-4-甲氧基苯甲酸。

化合物 **7**: 白色针晶 (甲醇), mp 330~332 °C。ESI-MS m/z : 408 $[M]^+$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 6.80 (1H, s, 10-OH), 6.36 (1H, s, 3-OH), 6.05 (1H, s, H-12), 4.93 (2H, t, J = 3.0 Hz, H-6), 4.83 (1H, d, J = 7.2 Hz, H-2), 2.92 (1H, d, J = 7.2 Hz, H-14), 2.76 (1H, dd, J = 7.4, 15.2 Hz, H-1α), 2.04 (1H, m, H-7), 1.84 (1H, dd, J = 8.0, 15.2 Hz, H-1β), 1.12 (3H, d, J = 7.2 Hz, H-16); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 176.5 (C-15), 174.2 (C-11), 170.7 (C-13), 109.5 (C-12), 100.3 (C-4), 87.7 (C-2), 86.1 (C-3), 85.1 (C-6), 68.7 (C-10), 68.1 (C-5), 66.8 (C-9), 48.6 (C-8), 40.4 (C-14), 36.3 (C-1), 35.9 (C-7), 31.9 (C-17), 28.9 (C-18, 19, 20), 8.1 (C-16)。将其氢谱和碳谱数据与文献报道比较^[8], 鉴定化合物 **7** 为银杏内酯 A。

化合物 **8**: 白色针晶 (甲醇), mp 295~297 °C。ESI-MS m/z : 424 $[M]^+$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.46 (1H, s, 10-OH), 6.46 (1H, s, 3-OH), 6.07 (1H, s, H-12), 5.30 (2H, t, J = 4.0 Hz, H-6), 5.02 (1H, d, J = 5.4 Hz, H-10), 4.92 (1H, s, 1-OH), 4.66 (1H, d, J = 7.4 Hz, H-2), 4.05 (1H, q, J = 7.3 Hz, H-1), 2.85 (2H, d, J = 7.0 Hz, H-14), 1.11 (3H, s, H-16); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 176.6 (C-15), 174.1 (C-11), 170.7 (C-13), 109.8 (C-12), 98.6 (C-4), 92.0 (C-2), 83.1 (C-3), 78.8 (C-6), 73.9 (C-1), 71.9 (C-5),

69.2 (C-10), 67.6 (C-9), 48.7 (C-8), 41.7 (C-14), 36.8 (C-7), 32.1 (C-17), 29.0 (C-18, 19, 20), 8.0 (C-16)。将其氢谱和碳谱数据与文献报道比较^[8], 鉴定化合物 **8** 为银杏内酯 B。

化合物 **9**: 黄色粉末 (甲醇), 盐酸-镁粉反应呈阳性。ESI-MS m/z : 360 $[M]^+$ 。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.19 (2H, s, H-2', 6'), 6.58 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.34 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 3.89 (3H, s, 7-OCH₃), 3.88 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.81 (3H, s, 3-OCH₃); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 178.2 (C-4), 167.8 (C-7), 163.2 (C-5), 158.7 (C-9), 158.0 (C-3', 5'), 152.3 (C-2), 140.8 (C-4'), 139.8 (C-3), 127.1 (C-1'), 109.5 (C-2', 6'), 107.1 (C-10), 99.3 (C-6), 93.4 (C-8), 61.1 (-OCH₃), 61.0 (-OCH₃), 56.8 (3-OCH₃)。将其氢谱和碳谱数据与文献报道比较^[9], 鉴定化合物 **9** 为 3, 7, 4'-三甲氧基杨梅黄酮。

参考文献

- [1] 张辉, 陈重, 李夏, 等. 毛酸浆宿萼的化学成分研究 [J]. 中草药, 2010, 41(11): 1787-1790.
- [2] Fiorentino A, Greca M D, Golino A, *et al.* Unusual sesquiterpene glucosides from *Amaranthus retroflexus* [J]. *Tetrahedron*, 2006, 62: 8952-8958.
- [3] 陈鸿雁, 程伟贤, 冯宇, 等. 单叶蔓荆子黄酮类化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(4): 582-584.
- [4] 许小红, 阮宝强, 蒋山好, 等. 笔管草中 Megastigmane 及黄酮苷类化学成分 [J]. 中国天然药物, 2005, 3(2): 93-96.
- [5] 易衍, 巫鑫, 王英, 等. 霸王花黄酮类成分研究 [J]. 中药材, 2011, 34(5): 712-716.
- [6] 郑万金, 仲英, 孙静勇, 等. 瓦松的化学成分研究 [J]. 中草药, 2009, 40(6): 859-862.
- [7] Filho R B, Gottlieb O R. The flavones of *Apuleia leiocarpa* [J]. *Phytochemistry*, 1971, 10: 2433-2450.
- [8] 杜安全, 王先荣, 周正华, 等. 银杏叶提取物中银杏内酯 A、B、C 和白果内酯的提取、分离和结构鉴定 [J]. 江苏药学与临床研究, 2001, 9(3): 1-3.
- [9] Andreas L, Nianbai F, Mabry T J, *et al.* Flavonols from *Gutierrezia alamanii* var. *megalocephala* [J]. *J Nat Prod*, 1986, 49(1): 185-186.