

• 化学成分 •

何首乌化学成分的研究

袁 炜¹, 高增平^{1*}, 杨建波², 王爱国^{2*}

1. 北京中医药大学中药学院, 北京 100102

2. 中国医学科学院 北京协和医学院药物研究所, 天然药物活性物质与功能国家重点实验室, 北京 100050

摘要: 目的 研究何首乌 *Polygonum multiflorum* 的化学成分。方法 采用大孔吸附树脂 (DM-8 型)、Sephadex LH-20、反相硅胶柱色谱和液相制备等多种色谱技术进行分离纯化, 采用核磁共振等波谱技术进行结构鉴定。结果 从何首乌提取物 55% 乙醇洗脱部位中分离得到 10 个化合物, 分别鉴定为 thunberginol C 6-*O*- β -*D*-glucopyranoside (1)、对羟基苯甲醛 (2)、反式-*N*-咖啡酰酪胺 (3)、(Z)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 (4)、(E)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 (5)、白藜芦醇-3-*O*- β -*D*-(2''-*O*-没食子酰)-葡萄糖苷 (6)、(E)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2-*O*- β -*D*-(3''-没食子酰)-葡萄糖苷 (7)、苜蓿素-7-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 (8)、torachryson-8-*O*- β -*D*-glucoside (9)、大黄素-8-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 (10)。结论 化合物 1 为新化合物, 命名为何首乌丁素。化合物 3 和 8 为首次从何首乌中分离得到。

关键词: 蓼科; 何首乌; thunberginol C 6-*O*- β -*D*-glucopyranoside; 何首乌丁素; 反式-*N*-咖啡酰酪胺; 苜蓿素-7-*O*- β -*D*-葡萄糖苷

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)04-0631-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.04.002

Chemical constituents from *Polygonum multiflorum*YUAN Wei¹, GAO Zeng-ping¹, YANG Jian-bo², WANG Ai-guo²

1. School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China

2. State Key Laboratory of Bioactive Substance and Function of Natural Medicines, Institute of Materia Medica, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100050, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents from *Polygonum multiflorum*. **Methods** The constituents were isolated and purified by macroporous adsorbent resin (DM-8), gel chromatography, silica chromatography, and other modern separation methods, and the structures were identified by spectral analyses. **Results** Ten compounds were isolated and identified as thunberginol C 6-*O*- β -*D*-glucopyranoside (1), *p*-hydroxybenzaldehyde (2), *trans*-*N*-caffeoyltyramine (3), (Z)-2,3,5,4'-tetrahydroxy-stilbene-2-*O*- β -*D*-glucoside (4), (E)-2,3,5,4'-tetrahydroxy-stilbene-2-*O*- β -*D*-glucoside (5), pieceid-2''-*O*-gallate (6), (E)-2,3,5,4'-tetrahydroxystilbene-2-*O*- β -*D*-(3''-galloyl)-glucoside (7), tricetin-7-*O*- β -*D*-glucoside (8), torachryson-8-*O*- β -*D*-glucoside (9), and emodin-8-*O*- β -*D*-glucoside (10). **Conclusion** Compound 1 is a new compound named as polygonimitin D. Compounds 3 and 8 are isolated from this plant for the first time.

Key words: Polygonaceae; *Polygonum multiflorum* Thunb.; thunberginol C 6-*O*- β -*D*-glucopyranoside; polygonimitin D; *trans*-*N*-caffeoyltyramine; tricetin-7-*O*- β -*D*-glucoside

何首乌是常用补益中药, 来源于蓼科 (Polygonaceae) 何首乌属 *Fallopia* Adans. 植物何首乌 *Polygonum multiflorum* Thunb. 的干燥块根。最早载于《开宝本草》, 何首乌味苦、甘、涩, 性温, 归肝、心、肾经, 具有调脂保肝、抗氧化、抗菌、免疫调节等作用^[1-2]。

国内外对何首乌的化学成分报道主要有二苯乙烯类、蒽醌类以及磷脂类成分, 已发现约 26 个二苯乙烯类化合物、20 余个醌类化合物^[3-6], 还有一些磷脂类成分^[7]。最近报道从何首乌中首次分离得到 *cis*-大黄素二蒽酮、*trans*-大黄素二蒽酮, polygonumolides C1-C4 等^[8]。本实验将何首乌 70% 乙醇提取物经过

收稿日期: 2016-08-26

作者简介: 袁 炜 (1992—), 男, 在读硕士。E-mail: overture1992@163.com

*通信作者 高增平, 女, 博士生导师, 教授, 研究方向为中药有效物质基础及质量研究。E-mail: gaozp@bucm.edu.cn

王爱国, 男, 副研究员, 研究方向为天然产物化学及质量控制研究。E-mail: wangaiquo@imm.ac.cn

大孔吸附树脂(DM-8 型),不同体积分数乙醇洗脱,对 55%乙醇洗脱部位进行分离,得到 10 个化合物,分别鉴定为 thunberginol C 6-*O*- β -*D*-glucopyranoside (**1**)、对羟基苯甲醛 (*p*-hydroxybenzaldehyde, **2**)、反式-*N*-咖啡酰酪胺 (*trans*-*N*-caffeoyltyramine, **3**)、(Z)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 [(Z)-2,3,5,4'-tetrahydroxy-stilbene-2-*O*- β -*D*-glucoside, **4**]、(E)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 [(E)-2,3,5,4'-tetrahydroxy-stilbene-2-*O*- β -*D*-glucoside, **5**]、白藜芦醇-3-*O*- β -*D*-(2''-*O*-没食子酰)-葡萄糖苷 (pieceid-2''-*O*-gallate, **6**)、(E)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2-*O*- β -*D*-(3''-没食子酰)-葡萄糖苷 [(E)-2,3,5,4'-tetrahydroxystilbene-2-*O*- β -*D*-(3''-galloyl)-glucoside, **7**]、苜蓿素-7-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 (tricin-7-*O*- β -*D*-glucoside, **8**)、torachryson-8-*O*- β -*D*-glucoside (**9**)、大黄素-8-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 (emodin-8-*O*- β -*D*-glucoside, **10**)。其中化合物 **1** 为新化合物,命名为何首乌丁素,化合物 **3** 和 **8** 为首次从何首乌中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker Avance III 600 型核磁共振波谱仪 (Bruker 公司); Mecercury-400 型核磁共振波谱仪 (Varian 公司); Sephadex LH-20 (凝胶 Pharmacia 公司); 反相柱色谱填料 (日本 YMC 公司); Agilent HP1200 型高效液相色谱仪 (Agilent 公司); 岛津 LC-6AD 制备型高效液相色谱仪 (岛津公司); 常规试剂为分析纯, 高效液相用试剂为色谱纯。

何首乌样品于 2013 年 10 月采自广东省肇庆市德庆县, 经中国食品药品检定研究院张继副研究员鉴定为何首乌 *Polygonum multiflorum* Thunb. 的干燥块根。

2 提取与分离

取何首乌干燥块根 28.0 kg, 粉碎, 用 70%乙醇回流提取 4 次, 每次 2 h, 提取液减压回收得浸膏 4.0 kg。将浸膏分散于 10 L 水中混悬, 用二氯甲烷萃取, 减压回收溶剂, 得到二氯甲烷部位 250.0 g、水部位 3.5 kg。水部位过 DM-8 型大孔吸附树脂, 分别用水和 20%、40%、55%、95%乙醇洗脱, 得到各洗脱部位, 其中 55%乙醇部位为 40.5 g。

55%乙醇部位(40.5 g)经过反相硅胶柱色谱分离, 甲醇-水 (8 : 92 \rightarrow 100 : 0) 梯度洗脱, 每 300 毫升为 1 个流分, 共得到 15 个不同流分, 用 HPLC 检测后合并得到 A (4.6 g)、B (7.0 g)、C (6.5 g) 3 个部位。

A (4.6 g) 部位通过 Sephadex LH-20 柱色谱分

离, 甲醇-水 (1 : 1 \rightarrow 1 : 0) 梯度洗脱, 合并得到 12 个流分 Fr. A1~A12。Fr. A4 经过 HPLC 制备纯化 (YMC-Pack ODS-A, 250 mm \times 20 mm, 5 μ m), 流动相为乙腈-水 (20 : 80), 体积流量为 6.0 mL/min, 检测波长 220 nm, 得到化合物 **1** (14 mg, t_R =52.6 min)。Fr. A2、A3、A5~A8 分别经过 HPLC 制备纯化 (YMC-Pack ODS-A, 250 mm \times 20 mm, 5 μ m), 体积流量为 6.0 mL/min, 检测波长 220 nm, 流动相分别为甲醇-水 (30 : 70)、甲醇-水 (37 : 63)、乙腈-水 (18 : 82)、乙腈-水 (18 : 82)、甲醇-水 (40 : 60)、乙腈-水 (21 : 79)。分别得到化合物 **2** (17 mg)、**3** (3 mg)、**4** (34 mg)、**5** (90 mg)、**6** (22 mg)、**7** (49 mg)。

从 Fr. A10 中析出结晶, 滤过, 干燥, 得到化合物 **8** (10 mg)。从 Fr. A11 中析出结晶, 滤过, 干燥, 得到化合物 **9** (20 mg)。Fr. A12 通过 HPLC 制备纯化得到化合物 **10** (8 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色粉末, HR-ESI-MS m/z : 435.127 5 [M+H]⁺ (计算值为 435.128 6), 提示其分子式为 C₂₁H₂₂O₁₀。根据 ¹H-NMR 和 ¹³C-NMR 数据 (表 1) 推断, 其可能为 2 个非对应异构体的混合物, 结构见图 1。根据 ¹H-NMR 和 ¹H-¹H COSY 图谱 (图 2), 显示有 1 个 AX₂ 系统的烷基取代基团, δ_H 5.49 (1H, dd, J = 12.0, 3.0 Hz, H-3), 3.07 (1H, d, J = 16.2 Hz, H-4a), 3.27~3.28 (1H, m, H-4b); 1 个 AB 系统的苯环, δ_H 6.54 (1H, s, H-5), 6.53 (1H, s, H-7); 1 个 A₂B₂ 系统的苯环, δ_H 7.29 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.79 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-3', 5')。糖端基质子信号 δ_H 4.97 (1H, d, J = 7.2 Hz, H-1''), 提示其为 β 构型的糖。化合物 **1** 经过 β -葡萄糖苷酶水解后, 进行衍生化, 经气相色谱检测, 确定为 *D* 型糖^[8]。结合以上信息推断化合物 **1** 的母核结构可能为 thunberginol C^[9]。根据化合物 **1** 的 HMBC 结果 (图 3), δ 6.53 (H-7) 与 163.7 (C-6)、163.7 (C-8) 和 102.6 (C-8a) 相关, δ 6.54 (H-5) 与 34.4 (C-4)、163.7 (C-6) 和 102.6 (C-8a) 相关, 进一步说明了具有 AB 系统的苯环 B 的存在。在 HMBC 图谱中, δ 4.97 (H-1'') 与 163.7 (C-6) 显示相关, 提示糖连接在 C-6 位; δ 5.49 (H-3) 与 142.1 (C-4a) 和 127.6 (C-2'/6') 相关, δ 3.07 (H-4a) 与 C-5 和 102.6 (C-8a) 相关, 提示 A 环的存在, 并且 C-4 连接在 C-4a; δ 7.29 (H-2') 与 80.8 (C-3)、114.9 (C-3') 和 127.6 (C-6') 相关, δ 6.79 (H-3') 与 129.1 (C-1')、

表 1 化合物 1 的 ¹H-NMR 和 ¹³C-NMR 数据 (600/150 MHz, CD₃OD)

Table 1 ¹H-NMR and ¹³C-NMR spectral data of compound 1 (600/150 MHz, CD₃OD)

碳位	δ _H	δ _C (DEPT)
1		170.1/170.0, C
3	5.49 (1H, dd, <i>J</i> = 12.0, 3.0 Hz)	80.8/80.7, CH
4	3.07 (1H, d, <i>J</i> = 16.2 Hz)	34.4, CH ₂
	3.27~3.28 (1H, m)	
4a		142.1, C
5	6.54 (1H, s)	106.9/106.8, CH
6		163.7, C
7	6.53 (1H, s)	102.2/102.1, CH
8		163.7, C
8a		102.6, C
1'		129.1, C
2'	7.29 (1H, d, <i>J</i> = 8.4 Hz)	127.6, CH
3'	6.79 (1H, d, <i>J</i> = 8.4 Hz)	114.9, CH
4'		157.7, C
5'	6.79 (1H, d, <i>J</i> = 8.4 Hz)	114.9, CH
6'	7.29 (1H, d, <i>J</i> = 8.4 Hz)	127.6, CH
1''	4.98 (d, <i>J</i> = 7.8 Hz)	99.9, CH
	4.97 (d, <i>J</i> = 7.2 Hz)	
2''	3.41~3.44 (1H, m)	73.3, CH
3''	3.44~3.47 (1H, m)	76.4, CH
4''	3.33~3.37 (1H, m)	69.8, CH
5''	3.44~3.47 (1H, m)	76.9, CH
6''	3.67 (2H, dd, <i>J</i> = 12.0, 2.4 Hz)	61.0/60.9, CH ₂

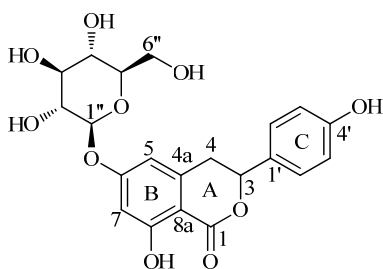


图 1 化合物 1 的结构式

Fig. 1 Structure of compound 1

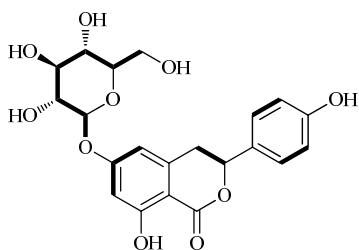


图 2 化合物 1 主要的 ¹H-¹H COSY 相关

Fig. 2 Key ¹H-¹H COSY correlations of compound 1

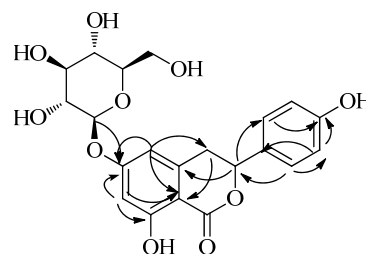


图 3 化合物 1 主要的 HMBC 相关

Fig. 3 Key HMBC correlations of compound 1

127.6 (C-2') 和 127.6 (C-6') 相关,提示 C 环的存在,并且提示 C-1'连接在 C-3 位置,最终确定化合物 1 的结构为 thunberginol C 6-O-β-D-glucopyranoside,为新化合物,命名为何首乌丁素。

化合物 2: 白色固体, ESI-MS *m/z* 123.0 [M+H]⁺, 144.9 [M+Na]⁺, ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ: 9.75 (1H, s, -CHO), 7.75 (2H, d, *J* = 8.4 Hz, H-2, 6), 6.90 (2H, d, *J* = 8.4 Hz, H-3, 5)。参考文献报道^[10]鉴定化合物 2 为对羟基苯甲醛。

化合物 3: 白色粉末, ESI-MS *m/z* 300 [M+H]⁺, 322.0 [M+Na]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ: 7.37 (1H, d, *J* = 15.2 Hz, H-β), 7.05 (2H, d, *J* = 7.2 Hz, H-3'', 5''), 6.99 (1H, s, H-2), 6.89 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-6'), 6.75 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5'), 6.71 (2H, d, *J* = 7.2 Hz, H-2'', 6''), 6.33 (1H, d, *J* = 15.2 Hz, H-α), 3.45 (2H, t, *J* = 7.0 Hz, H-1), 2.74 (2H, t, *J* = 7.0 Hz, H-2)。参考文献报道^[11]鉴定化合物 3 为反式-N-咖啡酰酰胺。

化合物 4: 棕色固体, ESI-MS *m/z* 405.1 [M-H]⁺。 ¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ: 7.06 (2H, d, *J* = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.70 (1H, d, *J* = 12.0 Hz, H-β), 6.61 (2H, d, *J* = 8.4 Hz, H-3', 5'), 6.47 (1H, d, *J* = 12.0 Hz, H-α), 6.21 (1H, d, *J* = 3.0 Hz, H-4), 6.12 (1H, d, *J* = 3.0 Hz, H-6), 4.56 (1H, d, *J* = 7.8 Hz, Glc-H-1)。参考文献报道^[5]鉴定化合物 4 为 (Z)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2-O-β-D-葡萄糖苷。

化合物 5: 棕色固体, ESI-MS *m/z* 405.2 [M-H]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 7.64 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-β), 7.40 (2H, d, *J* = 8.0 Hz, H-2', 6'), 6.84 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-α), 6.70 (2H, d, *J* = 8.0 Hz, H-3', 5'), 6.50 (1H, d, *J* = 4.0 Hz, H-4), 6.13 (1H, d, *J* = 4.0 Hz, H-6), 4.36 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, Glc-H-1)。参考文献报道^[5]鉴定化合物 5 为 (E)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2-O-β-D-葡萄糖苷。

化合物 **6**: 白色粉末, ESI-MS m/z 540.9 $[M-H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.33 (2H, d, $J = 7.6$ Hz, H-2'), 7.12 (2H, s, H-2'''), 6.92 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H- β), 6.78 (1H, d, $J = 16.2$ Hz, H- α), 6.75 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-3'), 6.64 (1H, t, $J = 1.2$ Hz, H-6), 6.58 (1H, t, $J = 1.2$ Hz, H-2), 6.31 (1H, t, $J = 1.2$ Hz, H-4), 5.13 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-1''); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 166.3 (-COO-), 159.0 (C-3), 158.1 (C-5), 157.0 (C-4'), 145.0 (C-3'''), 140.0 (C-1), 138.5 (C-4'''), 128.8 (C- β), 128.7 (C-1'), 127.5 (C-2'), 125.0 (C- α), 120.0 (C-1'''), 115.0 (C-3'), 108.9 (C-2'''), 107.5 (C-6), 105.7 (C-2), 103.0 (C-4), 100.1 (C-1''), 77.1 (C-2''), 74.8 (C-3''), 73.9 (C-5''), 70.2 (C-4''), 61.1 (C-6'')。参考文献报道^[12]鉴定化合物 **6** 为白藜芦醇-3- O - β - D -(2''- O -没食子酰)-葡萄糖苷。

化合物 **7**: 棕色粉末, ESI-MS m/z 558.9 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.64 (1H, d, $J = 16.4$ Hz, H- α), 7.43 (2H, d, $J = 7.6$ Hz, H-3', 5'), 7.16 (2H, s, H-2''', 6'''), 6.93 (1H, d, $J = 16.4$ Hz, H- β), 6.76 (2H, d, $J = 7.6$ Hz, H-2', 6'), 6.59 (1H, d, $J = 3.0$ Hz, H-6), 6.23 (1H, d, $J = 3.0$ Hz, H-4), 5.20 (1H, t, $J = 9.2$ Hz, H-3''), 4.65 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-1'')。参考文献报道^[13]鉴定化合物 **7** 为 (E)-2,3,5,4'-四羟基二苯乙烯-2- O - β - D -(3''-没食子酰)-葡萄糖苷。

化合物 **8**: 黄色粉末, 1H -NMR (600 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 12.96 (1H, s, 5-OH), 9.38 (1H, s, 4'-OH), 7.37 (2H, s, H-2', 6'), 7.08 (1H, s, H-3), 6.94 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-8), 6.47 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-6), 5.41 (1H, d, $J = 4.8$ Hz, Glc-H-1); ^{13}C -NMR (150 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 100.6 (C-1''), 77.8 (C-5''), 77.0 (C-3''), 73.6 (C-2''), 70.1 (C-4''), 61.1 (C-6'')。参考文献报道^[14]鉴定化合物 **8** 为苜蓿素-7- O - β - D -葡萄糖苷。

化合物 **9**: 淡黄色粉末, ESI-MS m/z : 409.0 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (600 MHz, $DMSO-d_6$) δ : 9.51 (1H, s, 8-OH), 7.10 (1H, s, H-5), 7.01 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-2), 6.92 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-4), 5.07 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 3.84 (3H, s, OCH_3), 3.35~3.76 (sugar H), 2.52 (3H, s, CH_3), 2.24 (3H, s, CH_3)。参考文献报道^[15]鉴定化合物 **9** 为 torachryson-8- O - β - D -glucoside。

化合物 **10**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 430.9 $[M-H]^+$, 455.0 $[M+Na]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 13.21 (2H, s, OH), 7.66 (1H, s, H-7), 7.51 (1H, s, H-5), 7.04 (1H, s, H-4), 6.55 (1H, s, H-2), 5.09 (1H, d,

$J = 7.6$ Hz, H-1'), 2.44 (3H, s, CH_3)。参考文献报道^[16]鉴定化合物 **10** 为大黄素-8- O - β - D -葡萄糖苷。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] 梅雪, 余刘勤, 陈小云, 等. 何首乌化学成分和药理作用的研究进展 [J]. 药物评价研究, 2016, 39(1): 122-131.
- [3] Lin L, Ni B, Lin H, *et al.* Traditional usages, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Polygonum multiflorum* Thunb.: A review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2015(159): 158-183.
- [4] 陈万生, 杨根金, 张卫东, 等. 制首乌中两个新化合物 [J]. 药学学报, 2000, 35(4): 273-276.
- [5] Xu M L, Zheng M S, Lee Y K, *et al.* A new stilbene glucoside from the roots of *Polygonum multiflorum* Thunb. [J]. *Arch Pharm Res*, 2006, 29(11): 946-951.
- [6] 张志国, 吕泰省, 姚庆强. 何首乌蒽醌类化学成分研究 [J]. 中草药, 2006, 37(9): 1311-1313.
- [7] 万益群, 吴世芳. 高效液相色谱-蒸发光散射检测法分析何首乌中磷脂类化合物 [J]. 分析科学学报, 2008, 24(4): 417-420.
- [8] Yang J B, Li L, Dai Z, *et al.* Polygonumolides C1-C4; minor dianthrone glycosides from the roots of *Polygonum multiflorum* Thunb. [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2016, 18(9): 813-822.
- [9] Liu J, Nakamura S, Zhuang Y, *et al.* Medicinal Flowers. XXXX. Structures of dihydroisocoumarin glycosides and inhibitory effects on aldose reductase from the flowers of *Hydrangea macrophylla* var. *thunbergii* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2013, 61(6): 655-661.
- [10] 温建辉, 倪付勇, 赵祎武, 等. 山银花化学成分研究 [J]. 中草药, 2015, 46(13): 1883-1886.
- [11] Okuyama T, Shibata S, Hoson M, *et al.* Effect of oriental plant drugs on platelet aggregation; III. Effect of Chinese drug "xiebai" on human platelet aggregation [J]. *Planta Med*, 1986, 52(3): 171-175.
- [12] 戚欢阳, 张朝凤, 张勉, 等. 毛脉蓼化学成分及抑菌活性的研究 [J]. 中国药学杂志, 2005, 40(11): 819-822.
- [13] Gen I N, Naoko M, Itsuo N. Stilbene glycoside gallates and proanthocyanidins from *Polygonum multiflorum* [J]. *Phytochemistry*, 1982, 21(2): 429-432.
- [14] 魏琦, 岳永德, 汤锋, 等. 苦竹叶化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(1): 38-42.
- [15] Zhang H, Guo Z, Wu N, *et al.* Two novel naphthalene glucosides and an anthraquinone isolated from *Rumex dentatus* and their antiproliferation activities in four cell lines [J]. *Molecules*, 2012, 17(1): 843-850.
- [16] 刘景, 夏忠庭, 周桂荣, 等. 巴天酸模根化学成分研究 [J]. 中药材, 2011, 34(6): 893-895.