

的检测, 不仅可更科学全面地反映药材质量, 制定相应标准, 同时还能深入揭示中药的药理作用物质基础。

参考文献:

- [1] 中国药典[S]. 一部. 2005
- [2] 陈千良, 石张燕, 涂光忠, 等. 陕西产秦艽的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(19): 1519-1522
- [3] Tan R X, Wolfender J L, Zhang L X, *et al.* Acylsecoiridoids and antifungal constituents from *Gentiana macrophylla* [J]. *Phytochemistry*, 42(5): 1305-1313
- [4] 赵勇, 尚平平, 孙文基. 微波技术在秦艽浸提中的应用[J]. 中药材, 2003, 26(1): 37-38
- [5] 肖艳华, 曹辉, 张国林. 水麻的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20: 52-55
- [6] El Gamal A A, Takeya K, Itokawa H, *et al.* Lignan bis glucosides from *Galium Sinaicum* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 45(3): 597-600
- [7] 陈亮桦. 秦艽根之成分研究[D]. 台北: 国立成功大学, 2003
- [8] 艾凤伟, 张蒿, 李艳凤, 等. 白附子的化学成分研究[J]. 中草药, 2010, 41(2): 201-203
- [9] 冯卫生, 王彦志, 郑晓珂. 中药化学成分结构解析[M]. 北京: 科学出版社, 2008

白芍化学成分研究

谭菁菁^{1,2}, 赵庆春^{1*}, 杨琳², 尚振苹², 杜占权², 颜鸣¹

(1 沈阳军区总医院 药剂科, 辽宁 沈阳 110840; 2 沈阳药科大学中药学院, 辽宁 沈阳 110016)

摘要: 目的 研究白芍 *Paeonia lactiflora* 的化学成分。方法 采用硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 柱色谱、ODS 柱色谱等分离手段, 并通过波谱方法对结构进行解析和鉴定。结果 从白芍中分离并鉴定了 15 个化合物: 芍药苷(1)、白芍苷(2)、4-O-没食子酰白芍苷(3)、没食子酰芍药苷(4)、6-O-没食子酰白芍苷(5)、6-O-没食子酰基-β-D-吡喃葡萄糖(6)、邻苯三酚(7)、没食子酸(8)、没食子酸甲酯(9)、没食子酸乙酯(10)、儿茶素(11)、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖(12)、二(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯(13)、蔗糖(14)、β-谷甾醇(15)。结论 化合物 6 为首次从芍药属植物中分离得到, 化合物 7 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 白芍; 6-O-没食子酰基-β-D-吡喃葡萄糖; 邻苯三酚

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2010)08-1245-04

Chemical constituents in roots of *Paeonia lactiflora*

TAN Jing-jing^{1,2}, ZHAO Qing-chun¹, YANG Lin², SHANG Zhen-ping², DU Zhan-quan², YAN Ming¹

(1 Department of Pharmacy, The General Hospital of Shenyang Military Region, Shenyang 110840, China;

2 College of Chinese Materia Medica, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China)

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents in roots of *Paeonia lactiflora*. **Methods**

The compounds were isolated by silica gel column chromatography, Sephadex LH-20 column chromatography, and ODS column chromatography. Their structures were elucidated by spectral analyses and physico-chemical properties. **Results** Fifteen compounds were isolated and identified as paeoniflorin (1), albibiflorin (2), 4-O-galloylbiflorin (3), galloylpaeoniflorin (4), galloylbiflorin (5), 6-O-galloyl-β-D-glucopyranose (6), pyrogallol (7), gallic acid (8), methyl gallate (9), ethyl gallate (10), catechin (11), 1, 2, 3, 4, 6-pentagalloylglucose (12), di(2-ethylhexyl) phthalate (13), sucrose (14), and β-sitosterol (15).

Conclusion Compound 6 is isolated from the plants of *Paeonia* L. for the first time. Compound 7 is isolated from the title plant for the first time.

Key words: the roots of *Paeonia lactiflora* Pall.; 6-O-galloyl-β-D-glucopyranose; pyrogallol

白芍为毛茛科植物白芍 *Paeonia lactiflora* Pall. 的去皮干燥根, 药材主产于浙江、安徽、四川等

* 收稿日期: 2010-02-12

作者简介: 谭菁菁(1983—), 女, 黑龙江省佳木斯市人, 沈阳药科大学 2007 级硕士研究生, 从事天然药物化学研究。

E-mail: tanjingjing123456@163.com

* 通讯作者: 赵庆春 Tel: (024) 28856205 E-mail: zhaocq53@yahoo.com.cn

省。性微寒, 味苦、酸, 归肝、脾经。具平肝止痛、养血调经、敛阴止汗之功效^[1]。用于头痛眩晕、胁痛、腹痛、四肢挛痛, 血虚萎黄, 月经不调, 自汗, 盗汗。其化学成分主要为挥发油类、单萜类、三萜类及黄酮类化合物等。为进一步明确白芍中主要化学成分的类型及结构, 为其指纹图谱的标定提供更多的指标性成分, 为其有效部位和单体化合物的药理学研究奠定基础, 本实验对白芍化学成分进行了进一步的研究, 从中分离得到 15 个化合物, 分别鉴定为芍药苷(1)、白芍苷(2)、4-O-没食子酰白芍苷(3)、没食子酰芍药苷(4)、6'-O-没食子酰白芍苷(5)、6-O-没食子酰基-β-D-吡喃葡萄糖(6)、邻苯三酚(7)、没食子酸(8)、没食子酸甲酯(9)、没食子酸乙酯(10)、儿茶素(11)、1, 2, 3, 4, 6-五没食子酰葡萄糖(12)、二(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯(13)、蔗糖(14)、β-谷甾醇(15)。其中化合物 6 为首次从芍药属植物中分离得到, 化合物 7 为首次从该植物中分离得到。

1 仪器、药材及试剂

Bruker ARX-300 型和 Bruker AV-600 型核磁共振光谱仪(瑞士)(TMS 内标); LCT Premier XE mass spectrometer; 薄层色谱硅胶和柱色谱硅胶(青岛海洋化工有限公司); Sephadex LH-20(Pharmacia); ODS(天津市化学试剂二厂); 制备 HPLC(JASCO PU-2087 型, Intelligent HPLC Pump, UV-2075 型 UV/VIS 检测器)。白芍饮片 *Paeonia lactiflora* Pall. 于 2008 年 9 月购自沈阳, 经沈阳药科大学孙启时教授鉴定。

2 提取与分离

取白芍饮片约 3.0 kg, 用 65% 乙醇回流提取 3 次, 每次 3 h, 减压回收乙醇得浸膏, 加入适量水混悬后, 分别用石油醚、二氯甲烷、醋酸乙酯、正丁醇进行萃取。醋酸乙酯部分 29.6 g 进行硅胶柱色谱分离, 用氯仿-甲醇(100: 0~1: 1)溶剂系统梯度洗脱, TLC 检测合并相同流份得到 14 个组分(Fr. 1~Fr. 14), Fr. 1 部分经 Sephadex LH-20 凝胶柱采用氯仿-甲醇(1: 1)洗脱, 再经制备薄层得到化合物 13(16 mg)和 15(20 mg)。Fr. 5 部分经 Sephadex LH-20 凝胶柱采用氯仿-甲醇(1: 1)洗脱, 再经制备液相得到化合物 10(100 mg)和 7(6.5 mg)。Fr. 6 部分经 Sephadex LH-20 凝胶柱采用氯仿-甲醇(1: 1)洗脱, 再经制备液相色谱得到化合物 3(10 mg)、4(5 mg)和 5(9 mg)。Fr. 8 部分经 Sephadex LH-20 凝胶柱采用甲醇洗脱, 得到化合物 12(46.6 mg)。Fr. 11 部分经 ODS 中压制备柱, 再经制备液相得到

化合物 9(21 mg)。Fr. 13 经重结晶得到化合物 8(48.6 mg)和 11(21.6 mg)。正丁醇部分 98.9 g 进行硅胶柱色谱分离, 用氯仿-甲醇(100: 0~1: 1)溶剂系统梯度洗脱, Fr. 6 部分经 ODS 中压制备柱及制备液相色谱得到化合物 6(21.4 mg)。Fr. 8 部分经 ODS 中压制备柱及制备液相色谱得到化合物 1(445.3 mg)和 2(252.5 mg)。Fr. 11 部分经重结晶纯化得到化合物 14(30 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1: 白色粉末(甲醇), 分子式为 $C_{23}H_{28}O_{11}$, HR-TOF-MS m/z : 479.1560 [M-H]⁻(计算值为 479.1553)。¹H-NMR(CD₃OD, 300 MHz) δ: 1.36(3H, s, H-10), 1.80(1H, d, J =12.5 Hz, H-3α), 1.95(1H, d, J =10.8 Hz, H-7α), 2.19(1H, d, J =12.5 Hz, H-3β), 2.49(1H, dd, J =10.8, 6.9 Hz, H-7β), 2.58(1H, d, J =6.6 Hz, H-5), 4.52(1H, d, J =7.5 Hz, Glc-H-1'), 3.84(1H, d, J =11.8 Hz, Glc-H-6'), 3.59(1H, dd, J =5.5, 11.8 Hz, Glc-H-6'), 3.20~3.33(4H, m, Glc-H-2'~5'), 4.74(2H, s, H-8), 5.41(1H, s, H-9), 8.04(2H, d, J =7.5 Hz, H-2'', 6''), 7.48(2H, t, J =7.5 Hz, H-3'', 5''), 7.61(1H, t, J =7.5 Hz, H-4'')。¹³C-NMR(CD₃OD, 75 MHz) 见表 1, 并且与文献对照基本一致^[2], 确定化合物 1 为芍药苷。

化合物 2: 白色粉末(甲醇), 分子式为 $C_{23}H_{28}O_{11}$, HR-TOF-MS m/z : 503.1537 [M+Na]⁺(计算值为 503.1529)。¹H-NMR(CD₃OD, 300 MHz) δ: 1.51(3H, s, Me-10), 2.04(1H, m, H-7α), 2.79(1H, m, H-7β), 1.99(1H, d, J =15.4 Hz, H-3α), 2.91(1H, m, H-5), 2.40(1H, dd, J =6.6, 15.4 Hz, H-3β), 3.86(1H, d, J =12.1 Hz, Glc-H-6'), 3.57(1H, dd, J =5.5, 11.8 Hz, Glc-H-6'), 3.20~3.33(4H, m, Glc-H-2'~5'), 4.67(1H, d, J =12.3 Hz, H-8), 4.79(1H, d, J =12.2 Hz, H-8), 4.52(1H, d, J =7.3 Hz, Glc-H-1'), 4.26(1H, m, H-4), 7.49(2H, m, H-3'', 5''), 7.61(1H, m, H-4''), 8.07(2H, m, H-2'', 6'')。¹³C-NMR(CD₃OD, 75 MHz) 见表 1, 并且与文献对照基本一致^[2,3], 确定化合物 2 为白芍苷。

化合物 3: 白色粉末(甲醇), 分子式为 $C_{30}H_{32}O_{15}$ 。¹H-NMR(CD₃OD, 300 MHz) δ: 1.57(3H, s, Me-10), 2.22(1H, d, J =11.1 Hz, H-7α), 2.91(1H, m, H-7β), 2.18(1H, d, J =5.2 Hz, H-3α), 3.16(1H, m, H-5), 2.67(1H, dd, J =7.0,

16.0 Hz, H-3 β), 3.87 (1H, d, J = 11.2 Hz, Glc-H-6'), 3.62 (1H, dd, J = 5.5, 11.8 Hz, Glc-H-6'), 3.23 ~ 3.36 (4H, m, Glc-H-2' ~ 5'), 4.66 (1H, d, J = 12.0 Hz, H-8), 4.78 (1H, d, J = 12.0 Hz, H-8), 4.55 (1H, d, J = 7.4 Hz, Glc-H-1'), 5.43 (1H, m, H-4), 7.32 (2H, m, H-3'', 5''), 7.52 (1H, m, H-4''), 7.89 (2H, m, H-2'', 6'')。 ^{13}C -NMR (CD₃OD, 75 MHz) 见表 1, 并且与文献对照基本一致^[4], 确定化合物 **3** 为 4-*O*-没食子酰白芍苷。

化合物 **4**: 白色粉末 (甲醇), 分子式为 C₃₀H₃₂O₁₅。 ^1H -NMR (CD₃OD, 300 MHz) δ 1.25 (3H, s, Me-10), 1.74 (1H, d, J = 11.0 Hz, H-7 α), 2.44 (1H, m, H-7 β), 1.70 (1H, d, J = 13.3 Hz, H-3 α), 2.52 (1H, m, H-5), 1.91 (1H, d, J = 12.7 Hz, H-3 β), 4.47 (2H, m, Glc-H-6'), 3.21 ~ 3.38 (4H, m, Glc-H-2' ~ 4'), 3.53 (1H, m, H-5'), 4.69 (2H, s, H-8), 5.39 (1H, s, H-9), 4.47 (1H, m, Glc-H-1'), 7.46 (2H, m, H-3'', 5''), 7.60 (1H, m, H-4''), 8.02 (2H, m, H-2'', 6''), 7.07 (2H, s, galloyl-H)。 ^{13}C -NMR (CD₃OD, 75 MHz) 见表 1, 并且与文献对照基本一致^[2], 确定化合物 **4** 为没食子酰芍药苷。

化合物 **5**: 白色粉末 (甲醇), 分子式为 C₃₀H₃₂O₁₅。 ^1H -NMR (CD₃OD, 600 MHz) δ 1.38 (3H, s, Me-10), 1.74 (1H, d, J = 10.7 Hz, H-7 α), 2.70 (1H, m, H-7 β), 1.83 (1H, d, J = 15.4 Hz, H-3 α), 2.82 (1H, m, H-5), 1.97 (1H, dd, J = 6.4, 15.5 Hz, H-3 β), 4.49 (1H, m, Glc-H-6'), 3.50 (1H, m, Glc-H-6'), 3.24 ~ 3.38 (4H, m, Glc-H-2' ~ 5'), 4.62 (1H, d, J = 12.3 Hz, H-8), 4.71 (1H, d, J = 12.3 Hz, H-8), 4.49 (1H, m, Glc-H-1'), 4.00 (1H, m, H-4), 7.48 (2H, m, H-3'', 5''), 7.60 (1H, m, H-4''), 8.05 (2H, m, H-2'', 6''), 7.08 (2H, s, galloyl-H)。 ^{13}C -NMR (CD₃OD, 150 MHz) 见表 1, 并且与文献对照基本一致^[5], 确定化合物 **5** 为 6'-*O*-没食子酰白芍苷。

化合物 **6**: 白色粉末 (甲醇), 分子式为 C₁₃H₁₆O₁₀。 ^1H -NMR (CD₃OD, 300 MHz) δ 7.12 (2H, s, H-2', 6'), 5.65 (1H, dd, J = 2.4, 5.5 Hz, H-1), 3.86 ~ 3.41 (6H, m, H-2 ~ 6)。 ^{13}C -NMR (CD₃OD, 75 MHz) δ 167.1 (G-7'), 146.5 (G-4'), 140.3 (G-3', 5'), 120.7 (G-1'), 110.5 (G-2', 6'), 95.9 (G-1), 78.8 (G-5), 78.1 (G-3), 74.1 (G-2), 71.1 (G-4), 62.3 (G-6), 并且与文献对照基本一致^[6], 确定化合物 **6** 为 6-*O*-没食子酰基- β -D-吡喃葡萄糖。

表 1 化合物 1~ 4 (CD₃OD, 75 MHz) 和化合物 5 (CD₃OD, 150 MHz) 的 ^{13}C -NMR 数据

Table 1 ^{13}C -NMR Data for compounds 1~ 4 (CD₃OD, 75 MHz) and compound 5 (CD₃OD, 150 MHz)

位置	1	2	3	4	5
1	89.4	86.9	86.3	90.2	86.8
2	87.2	93.5	93.4	88.1	93.5
3	44.5	41.7	39.7	45.3	41.5
4	106.4	68.4	71.5	107.2	68.3
5	44.0	41.7	39.5	44.7	41.4
6	72.2	56.8	57.4	72.9	56.5
7	23.4	28.5	28.1	23.8	27.8
8	61.7	62.0	61.7	62.5	61.9
9	102.3	178.0	177.8	103.1	177.9
10	19.6	20.6	20.2	20.5	20.5
Glc-1'	100.2	100.1	100.1	100.9	99.9
2'	75.0	74.9	74.9	75.8	74.7
3'	78.1	78.1	78.1	76.1	77.9
4'	71.8	71.6	71.6	72.8	72.3
5'	78.1	78.0	78.1	78.8	75.3
6'	62.9	62.8	62.8	65.6	64.7
Benzoyl-1''	131.2	131.2	131.0	132.1	131.2
2'', 6''	130.7	130.7	130.7	131.5	130.7
3'', 5''	129.6	129.6	129.5	130.5	129.6
4''	134.4	134.4	134.3	135.3	134.4
7l	168.0	167.9	167.9	168.9	167.9
1			121.0	122.3	121.4
2, 6			110.5	111.1	110.2
3, 5			146.4	147.5	146.7
4			140.1	140.8	140.0
7			167.4	168.9	167.9

化合物 **7**: 白色结晶 (甲醇), 分子式为 C₆H₆O₃。

^1H -NMR (DMSO-*d*₆, 300 MHz) δ 8.73 (2H, brs, 1, 3-OH), 8.06 (1H, brs, 2-OH), 6.41 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-5), 6.23 (2H, d, J = 8.0 Hz, H-4, 6)。 ^{13}C -NMR (DMSO-*d*₆, 75 MHz) δ 146.3 (G-1, 3), 131.2 (G-2), 118.5 (G-5), 107.1 (G-4, 6), 并且与文献对照基本一致^[7], 确定化合物 **7** 为邻苯三酚。

化合物 **8**: 白色针晶 (甲醇), 分子式为 C₇H₆O₅。

^1H -NMR (CD₃OD, 300 MHz) δ 7.05 (2H, s)。 ^{13}C -NMR (CD₃OD, 75 MHz) δ 110.3 (G-2, 6), 146.4 (G-3, 5), 122.0 (G-1), 139.6 (G-4), 170.4 (-COOH), 并且与文献对照基本一致^[8], 确定化合物 **8** 为没食子酸。

化合物 **9**: 白色粉末 (甲醇), 分子式为 C₈H₈O₅。

^1H -NMR (CD₃OD, 300 MHz) δ 7.03 (2H, s, H-2, 6), 3.80 (3H, s, -OCH₃)。 ^{13}C -NMR (CD₃OD, 75 MHz) δ 121.5 (G-1), 110.1 (G-2, 6), 146.6 (G-3, 5), 139.8 (G-4), 169.1 (G-7), 52.4 (G-8)。并且与文献对照基本一致^[9], 确定化合物 **9** 为没食子酸甲酯。

化合物 **10**: 白色粉末 (甲醇), 分子式为

$C_9H_{10}O_5$ 。 1H -NMR (CD_3OD , 300 MHz) δ 7.04 (2H, s, H-2, 6), 4.26 (2H, q, J = 7.1 Hz, H-8), 1.33 (3H, t, J = 7.1 Hz, H-9)。 ^{13}C -NMR (CD_3OD , 75 MHz) δ 122.6 (G-1), 110.8 (G-2, 6), 147.3 (G-3, 5), 140.5 (G-4), 169.4 (G-7), 62.5 (G-8), 15.5 (G-9)。并且与文献对照基本一致^[10], 确定化合物 **10** 为没食子酸乙酯。

化合物 **11**: 白色粉末 (甲醇), 分子式为 $C_{15}H_{14}O_6$, HR-TOF-MS m/z : 289.070 5 [$M - H$]⁻ (计算值为 289.071 2)。 1H -NMR (CD_3OD , 300 MHz) δ 4.56 (1H, d, J = 7.5 Hz, H-2), 3.97 (1H, m, H-3), 2.50 (1H, dd, J = 8.1, 16.1 Hz, H-4), 2.84 (1H, dd, J = 5.4, 16.1 Hz, H-4), 5.85 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-6), 5.92 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-8), 6.83 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2c), 6.71 (1H, d, J = 8.1 Hz, H-5c)。 ^{13}C -NMR (CD_3OD , 75 MHz) δ 82.8 (G-2), 68.8 (G-3), 28.5 (G-4), 157.8 (G-5), 96.3 (G-6), 157.6 (G-7), 95.5 (G-8), 156.9 (G-9), 100.8 (G-10), 132.2 (G-1c), 115.2 (G-2c), 146.2 (G-3c, 4c), 116.1 (G-5c)。并且与文献对照基本一致^[11], 确定化合物 **11** 为儿茶素。

化合物 **12**: 白色粉末 (甲醇), 分子式为 $C_{41}H_{32}O_{26}$, HR-TOF-MS m/z : 939.111 3 [$M - H$]⁻ (计算值为 939.110 4)。 1H -NMR (CD_3OD , 300 MHz) δ 6.23 (1H, d, J = 8.3 Hz, Gle-H-1c), 5.56 (1H, d, J = 8.6 Hz, Gle-H-2c), 5.90 (1H, t, J = 9.7 Hz, Gle-H-3c), 5.63 (1H, d, J = 9.8 Hz, Gle-H-4c), 4.51 (1H, m, Gle-H-5c), 4.30 (2H, m, Gle-H-6c), 6.89 (2H, s, Galloy-H-1), 6.94 (2H, s, Galloy-H-2), 6.97 (2H, s, Galloy-H-3), 7.04 (2H, s, Galloy-H-4), 7.11 (2H, s, Galloy-H-5)。 ^{13}C -NMR (CD_3OD , 75 MHz) δ 95.2 (Gle-G-1c), 73.5 (Gle-G-2c), 75.5 (Gle-G-3c), 71.2 (Gle-G-4c), 75.8 (Gle-G-5c), 64.5 (Gle-G-6c), 167.6 ~ 169.3 (5 @ C=O), 121.1 (G-1), 111.7 (G-2, 6), 147.8 (G-3, 5), 141.4 (G-4)。并且与文献对照基本一致^[2], 确定化合物 **12** 为 1, 2, 3, 4, 6-五没食子酰葡萄糖。

化合物 **13**: 黄色油状物, 分子式为 $C_{24}H_{38}O_4$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 300 MHz) δ 7.71 (1H, q, J =

5.4 Hz, H-2), 7.52 (1H, q, J = 5.5 Hz, H-1), 4.22 (2H, dq, J = 6.6, 10.8 Hz, H-5), 1.69 (1H, m, H-6), 1.36 (2H, m, H-7), 1.31 (2H, m, H-8), 1.30 (2H, m, H-9), 0.90 (3H, t, J = 6.7 Hz, H-10), 1.43 (2H, m, H-11), 0.92 (2H, t, J = 7.4 Hz, H-12)。 ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 75 MHz) δ 130.8 (G-1), 128.7 (G-2), 132.4 (G-3), 167.7 (G-4), 68.1 (G-5), 38.7 (G-6), 30.3 (G-7), 28.8 (G-8), 23.0 (G-9), 14.0 (G-10), 23.7 (G-11), 10.9 (G-12)。并且与文献对照基本一致^[12], 确定化合物 **13** 为二(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯。

化合物 **14**: 白色方晶, 硫酸-乙醇显棕色, 与蔗糖对照品共薄层 (正丁醇-浓氨水-水 12 B 4 B 1), R_f 值 (0.4) 一样, 混合熔点不下降, 确定化合物 **14** 为蔗糖。

化合物 **15**: 白色结晶, 香草酸-浓硫酸显紫色, 与 B-谷甾醇对照品共薄层, R_f 值一样, 混合熔点不下降, 因此确定化合物 **15** 为 B-谷甾醇。

参考文献:

- [1] 谷满仓, 钱亚芳, 吕圭源. 白芍的化学成分及质量控制方法研究进展 [J]. 科技通报, 2006, 22(3): 337-344.
- [2] 张晓燕, 王金辉, 李 锐. 白芍的化学成分研究 [J]. 沈阳药科大学学报, 2001, 18(1): 30-32.
- [3] Yamasaki K, Kaneda M, Tanaka DI. Carbon- 13 -NMR spectral assignments of paeoniflorin homologues with the aid of spin-lattice relaxation time [J]. *Tetrahedron Lett*, 1976, 44: 3965-3968.
- [4] Ren M L, Zhang X, Ding R, et al. Two new monoterpene glucosides from *Paeonia lactiflora* Pall [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2009, 11(7-8): 670-674.
- [5] Wang X L, Jiao W, Liao X, et al. Monoterpene glycoside from the roots of *Paeonia lactiflora* [J]. *Chin Chem Lett*, 2006, 17(7): 916-918.
- [6] 鲁宽科, 修文勇, 胡 蓉, 等. 大黄愈伤组织化学成分的研究 [J]. 中草药, 1998, 29(7): 438-440.
- [7] Zhang Z J, Liao L P, Moore J, et al. Antioxidant phenolic compounds from walnut kernels (*Juglans regia* L.) [J]. *Food Chem*, 2009, 113: 160-165.
- [8] 徐 庆, 覃永俊, 苏小建, 等. 掌叶大黄化学成分研究 [J]. 中草药, 2009, 40(4): 533-536.
- [9] Fu F Y, Shong T, Xu Z P. Studies on the chemical constituents of the Chinese medical drug, root of *Paeonia lactiflora* Pall [J]. *Acta Pharm Sin*, 1963, 29(10): 555-557.
- [10] 王文祥, 蒋小岗, 顾 明. 芍药的化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2000, 12(6): 37-38.
- [11] 汪伟光, 曹永国, 付立卓, 等. 碎米花杜鹃的化学成分及其对小鼠免疫细胞影响的研究 [J]. 中草药, 2010, 41(1): 19-23.
- [12] 华 威, 郭 涛, 张 琳, 等. 胡蔓藤化学成分的研究 [J]. 中国药物化学杂志, 2007, 17(2): 108-110.