

窝儿七木脂素类成分研究

孙 琛, 史鑫波, 侯 青, 宋忠兴*

陕西中医药大学, 陕西省中药资源产业化协同创新中心, 陕西 咸阳 712083

摘 要: 目的 研究窝儿七 *Diphylleia sinensis* 中的木脂素类化学成分。方法 采用硅胶和葡聚糖凝胶柱色谱以及半制备液相色谱等方法分离纯化, 结合 1D/2D NMR、MS、IR 等波谱技术鉴定化合物结构。结果 从窝儿七中共分离得到 7 个木脂素, 分别鉴定为山荷叶素 A (1)、(1*S*,2*R*,5*S*,6*R*)-2-(4-hydroxyphenyl)-6-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl)-3,7-dioxabicyclo [3.3.0] octane (2)、(7*S*,8*R*,7'*S*,8'*R*)-3,4,3',4'-tetramethoxy-9,7-dihydroxy-8,8',7*O*.9'-lignan (3)、(-)-落叶松脂醇 (4)、vladinol D (5)、鬼臼毒酮 (6)、爵床脂素 A (7)。结论 化合物 1 为新化合物, 化合物 2~4 首次从窝儿七中分离鉴定。

关键词: 窝儿七; 木脂素; 山荷叶素 A; (-)-落叶松脂醇; 鬼臼毒酮

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2019)21-5193-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.21.009

Lignans from roots and rhizomes of *Diphylleia sinensis*

SUN Chen, SHI Xin-bo, HOU Qing, SONG Zhong-xing

Shaanxi University of Chinese Medicine/Shaanxi Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization, Xianyang 712083, China

Abstract: Objective To investigate the lignans of the roots of *Diphylleia sinensis*. **Methods** The chemical components were isolated and purified by chromatographic techniques (silica gel, sephadex LH-20 and semi preparative-HPLC) and the chemical structures were determined by spectral data analysis (1D/2D NMR, MS, and IR). **Results** Seven lignans were obtained and identified as diphyllin A (1), (1*S*,2*R*,5*S*,6*R*)-2-(4-hydroxyphenyl)-6-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl)-3,7-dioxabicyclo [3.3.0] octane (2), (7*S*,8*R*,7'*S*,8'*R*)-3,4,3',4'-tetramethoxy-9,7-dihydroxy-8,8',7*O*.9'-lignan (3), (-)-lariciresinol (4), vladinol D (5), podophyllotoxone (6), and justicidin A (7). **Conclusion** Diphyllin A (1) is a new compound and 2—4 are obtained from *D. sinensis* for the first time.

Key words: roots and rhizomes of *Diphylleia sinensis*; lignans; diphyllin A; (-)-lariciresinol; podophyllotoxone

窝儿七为小檗科 (Berberidaceae) 山荷叶属 *Diphylleia* Michaux 植物中华山荷叶 *Diphylleia sinensis* H. L. Li 的干燥根及根茎^[1-2], 主要分布于中国西北和西南地区的陕西、甘肃和云南等地^[1-3]。在陕西常被用作民间草药, 具有破血生肌、解热镇痛、消炎等功效^[1-4], 现代药理学研究表明其具有抗肿瘤、抗病毒、抗菌和杀虫等作用^[5-7]。整理相关文献发现, 目前关于窝儿七的化学成分研究主要集中于木脂素、黄酮、甾体和微量元素等^[3-9]。为了进一步阐明其药效物质基础, 本实验对其 95%乙醇提取物的醋酸乙酯部位进行了分离纯化, 共鉴定了 7 个木脂素类成分, 其中 1 为新化合物, 化合物 2~4 首次

从窝儿七中分离得到。

1 材料与仪器

Bruker-Avance 400 核磁共振仪 (瑞士 Bruker 公司); Waters Acquity UPLC/Xevo G2 Q-TOF-MS (英国 Waters 公司); Agilent infinity II 半制备液相色谱仪, DAD 检测器 (美国安捷伦公司), Ultimate XB-C₁₈ (250 mm×10 mm, 5 μm) 半制备柱 (月旭科技上海股份有限公司); R200 型旋转蒸发仪 (瑞士 BUCHI 公司); Bruker Tensor-27 红外测定仪 (瑞士布鲁克公司); HH-2 型数显恒温水浴锅 (江苏省金坛市环宇科学仪器厂); 赛多利斯电子分析天平 (BT125D, 上海皖衡电子仪器有限公司)。Sephadex

收稿日期: 2019-06-24

基金项目: 陕西省教育厅自然科学基金项目 (16JK121)

作者简介: 孙 琛 (1988—), 女, 硕士, 主要从事中药提取与分离及药理作用研究。Tel: (029)38182202 E-mail: sunchen2010xian@sina.com

*通信作者 宋忠兴 (1974—), 男, 副主任药师, 主要从事中药资源综合利用研究。Tel: (029)38182201 E-mail: szx74816@sina.com

LH-20(Pharmacia); 柱色谱用硅胶(100~200、200~300 目, 青岛海洋化工厂); 实验用甲醇、乙腈、石油醚、醋酸乙酯、正丁醇等(天津科密欧化学试剂有限公司); 液相色谱用水为娃哈哈纯净水。

窝儿七药材于 2017 年 6 月采自陕西省太白县, 由陕西中医药大学刘世军副教授鉴定为小檗科山荷叶属植物中华山荷叶 *Diphylleia sinensis* H. L. Li 的干燥根及根茎。

2 提取与分离

干燥的窝儿七药材 3.5 kg, 粉碎后, 用 95%乙醇回流提取 3 次(各 2 h), 减压回收乙醇, 依次用石油醚、醋酸乙酯和正丁醇萃取 4 次, 得到醋酸乙酯萃取部位 97 g, 经硅胶柱色谱石油醚-醋酸乙酯(1:0→1:3)梯度洗脱, 薄层色谱(TLC)检测, 合并相同流分得到 7 个部分 A~G; C 部分(13.5 g)经柱硅胶色谱石油醚-醋酸乙酯(30:1→1:1)梯度洗脱, TLC 检测, 合并相同流分得到 13 个组分 C1~C13; C5(0.6 g)经葡聚糖凝胶色谱, 二氯甲烷-甲醇(1:1)洗脱得到化合物 7(28 mg); C7(0.5 g)经葡聚糖凝胶色谱, 二氯甲烷-甲醇(1:1)洗脱得到化合物 6(19 mg); C10(0.5 g)经半制备液相色谱(28%乙腈-水, 检测波长 220 nm)得到化合物 1(9 mg, $t_R=26$ min)和 2(13 mg, $t_R=34$ min); D 部分(8.6 g), 经柱硅胶色谱二氯甲烷-甲醇(50:1→5:1)梯度洗脱, TLC 检测, 合并相同流分得到 8 个组分 D1~D8, D5(1.3 g)经葡聚糖凝胶色谱二氯甲烷-甲醇(1:1)洗脱, TLC 检测合并相同流分得到 5 个组分 D5-1~D5-5, D5-3(0.2 g)经半

制备液相色谱(25%乙腈-水, 检测波长 220 nm)得到化合物 3(6 mg, $t_R=22$ min); D5-4(0.3 g), 经半制备液相色谱(22%乙腈-水, 检测波长 220 nm)得到化合物 4(14 mg, $t_R=25$ min)和 5(8 mg, $t_R=22$ min)。

3 结构鉴定

化合物 1: 白色无定形粉末, $[\alpha]_D^{20} +17.3^\circ$ (c 0.17, MeOH), IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 428, 2 937, 1 598, 1 599, 1 515, 1 461, 1 420, 1 261, 1 140, 1 025。高分辨质谱给出准分子离子峰 m/z 359.150 0 $[M+H]^+$, 计算值 359.149 5, 推测分子式为 C₂₀H₂₂O₆。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) 谱图(表 1)中给出 1 组 1,3,4,5-四取代苯^[10-11]信号 [6.65 (2H, s, H-2, 6)] 以及 1 组对二取代苯^[10-11](1,4 取代苯)信号 [7.19 (2H, d, $J=8.3$ Hz, H-2', 6'), 6.76 (2H, d, $J=8.3$ Hz, H-3', 5')] 结合碳谱及 DEPT-135 数据 [(87.6, 87.4, 55.6, 55.3, CH) 和 (72.8, 72.5, CH₂)] 推测化合物 1 可能为双环氧木脂素类化合物^[12-15]。以上推断经过二维 NMR 图谱进行验证, 结合 HSQC 谱图对化合物 1 的碳氢数据进行全归属。¹H-¹H COSY 谱图(图 1)中观察到 H-7/H-8/H-9, H-7'/H-8'/H-9', H-8/H-8', H-2', 6'/H-3', 5'相关信号, 结合 HMBC 谱图相关信号: H-7/C-1、C-2、C-6、C-8'、C-9'; H-7'/C-1'、C-2'、C-6'、C-8、C-9; H-2, 6/C-4; H-2', 6'/C-4'以及 3,5-OCH₃/C-3、C-5 确定化合物 1 的平面结构如图 1 所示。由于 $\Delta\delta_{H-9} = 0.38$, $\Delta\delta_{H-9'} = 0.39$, 所以化合物 1 的相对构型确定为 7^{*}R,8^{*}S,7'^{*}R,8'^{*}S^[16]。结合化合物的旋光数据($[\alpha]_D^{20} +17.3^\circ$)推断化合物 1 的绝对构型为 7R,8S,7'R,8'S^[12-13]。

表 1 化合物 1 的 ¹H- 和 ¹³C-NMR (400/100 MHz, CD₃OD) 数据
Table 1 ¹H- and ¹³C-NMR data (400/100 MHz, CD₃OD) of compound 1

碳位	δ_H	δ_C	碳位	δ_H	δ_C
1		133.2, C	1'		133.1, C
2	6.65 (s)	104.5, CH	2'	7.19 (d, $J=8.3$ Hz)	128.8, CH
3		149.4, C	3'	6.76 (d, $J=8.3$ Hz)	116.3, CH
4		136.2, C	4'		158.3, C
5		149.4, C	5'	6.76 (d, $J=8.3$ Hz)	116.3, CH
6	6.65 (s)	104.5, CH	6'	7.19 (d, $J=8.3$ Hz)	128.8, CH
7	4.72 (d, $J=4.3$ Hz)	87.6, CH	7'	4.69 (d, $J=4.3$ Hz)	87.4, CH
8	3.13 (m)	55.6, CH	8'	3.11 (m)	55.3, CH
9a	3.88 (dd, $J=9.2, 3.7$ Hz)	72.5, CH ₂	9'a	3.80 (dd, $J=9.2, 3.7$ Hz)	72.8, CH ₂
9b	4.26 (dd, $J=9.2, 2.1$ Hz)		9'b	4.19 (dd, $J=9.2, 3.7$ Hz)	
3,5-OCH ₃	3.84 (s)	56.8, CH ₃			

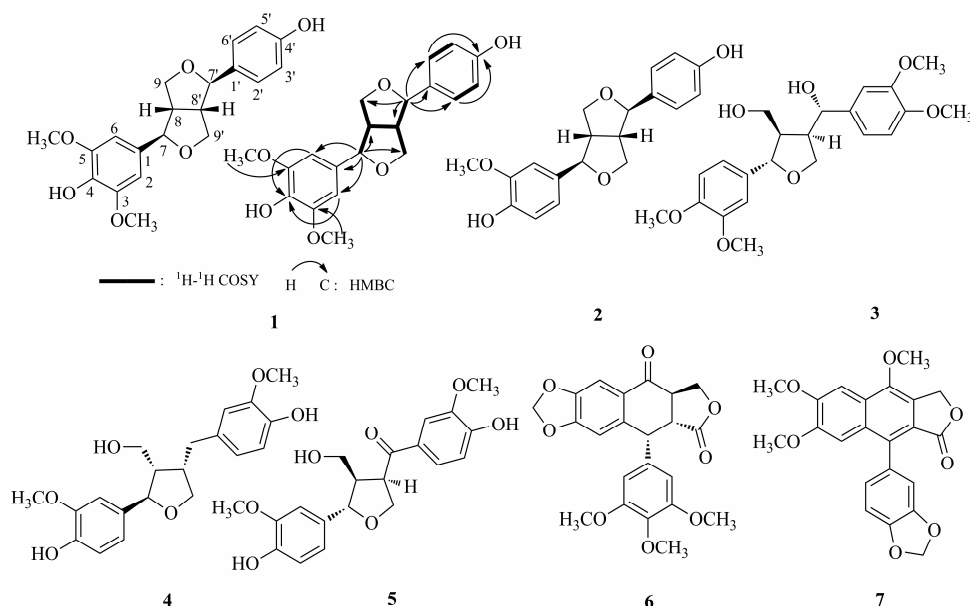


图 1 化合物 1~7 的化学结构及化合物 1 的主要 ^1H - ^1H COSY 和 HMBC 相关信号

Fig. 1 Chemical structures of compounds 1—7 and key ^1H - ^1H COSY and HMBC correlations of compound 1

基于以上数据综合分析, 化合物 1 的结构如图 1 所示, 命名为山荷叶素 A (diphysinenine A)。化学结构和主要的二维相关信号见图 1, ^1H - 和 ^{13}C -NMR 数据见表 1。

化合物 2: 白色无定形粉末, m/z : 329 $[\text{M}+\text{H}]^+$, $[\alpha]_{\text{D}}^{20} +32.7^\circ$ (c 0.65, MeOH)。 ^1H -NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ : 3.03 (1H, m, H-1), 4.64 (1H, m, H-2), 3.78 (1H, m, H-4a), 4.08 (1H, m, H-4b), 3.03 (1H, m, H-5), 4.64 (1H, m, H-6), 3.78 (1H, m, H-8a), 4.08 (1H, m, H-8b), 7.19 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2'), 6.73 (1H, m, H-3'), 6.74 (1H, m, H-5'), 7.19 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6'), 6.88 (1H, d, $J = 1.3$ Hz, H-2''), 6.75 (1H, m, H-5''), 6.73 (1H, m, H-6''), 3.76 (3H, m, 5-OMe); ^{13}C -NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ : 54.4 (C-1), 85.6 (C-2), 71.6 (C-4), 54.4 (C-5), 85.8 (C-6), 71.4 (C-8), 135.5 (C-1'), 130.3 (C-2'), 115.8 (C-3'), 157.3 (C-4'), 115.8 (C-5'), 130.3 (C-6'), 132.2 (C-1''), 110.9 (C-2''), 148.6 (C-3''), 146.5 (C-4''), 115.6 (C-5''), 119.3 (C-6''), 56.5 (5-OMe)。化合物 2 鉴定为 (1*S*,2*R*,5*S*,6*R*)-2-(4-hydroxyphenyl)-6-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl)-3,7-dioxabicyclo [3.3.0] octane^[17]。

化合物 3: 白色无定形粉末, m/z : 405 $[\text{M}+\text{H}]^+$, $[\alpha]_{\text{D}}^{20} +40.5^\circ$ (c 0.10, MeOH)。 ^1H -NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.89 (1H, d, $J = 1.2$ Hz, H-2), 6.90 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 6.85 (1H, dd, $J = 1.2, 8.2$ Hz, H-6),

4.56 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-7), 2.39 (1H, m, H-8), 3.12 (2H, m, H-9), 6.85 (1H, d, $J = 1.2$ Hz, H-2'), 6.86 (1H, d, $J = 7.9$ Hz, H-5'), 6.76 (1H, d, $J = 1.2, 7.9$ Hz, H-6'), 4.35 (1H, dd, $J = 3.2, 8.0$ Hz, H-7'), 1.75 (1H, m, H-8'), 3.73 (1H, overlapped, H-9'a), 3.73 (1H, dd, $J = 4.0, 8.5$ Hz, H-9'b); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 137.5 (C-1), 110.3 (C-2), 149.0 (C-3), 148.3 (C-4), 111.9 (C-5), 118.7 (C-6), 83.1 (C-7), 49.8 (C-8), 60.9 (C-9), 135.8 (C-1'), 110.7 (C-2'), 148.9 (C-3'), 148.2 (C-4'), 119.3 (C-5'), 111.7 (C-6'), 74.2 (C-7'), 52.5 (C-8'), 70.0 (C-9'), 55.9 (3-OCH₃), 55.8 (3'-OCH₃), 56.0 (4-OCH₃), 55.9 (4'-OCH₃)。化合物 3 鉴定为 (7*S*,8*R*,7'*S*,8'*R*)-3,4,3',4'-tetramethoxy-9,7-dihydroxy-8,8',7.0.9'-lignan^[18]。

化合物 4: 白色粉末, m/z : 361 $[\text{M}+\text{H}]^+$, $[\alpha]_{\text{D}}^{20} -31.4^\circ$ (c 0.11, MeOH)。 ^1H -NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ : 6.84 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2), 6.71 (1H, overlapped, H-5), 6.70 (1H, overlapped, H-6), 4.66 (2H, d, $J = 6.3$ Hz, H-9), 6.75 (1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-2'), 6.70 (1H, d, $J = 7.9$ Hz, H-5'), 6.57 (1H, dd, $J = 1.6, 7.9$ Hz, H-6'), 3.75 (6H, 3, 3'-OCH₃); ^{13}C -NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ : 134.6 (C-1), 110.1 (C-2), 147.3 (C-3), 145.5 (C-4), 115.4 (C-5), 120.6 (C-6), 81.8 (C-7), 52.4 (C-8), 58.6 (C-9), 131.6 (C-1'), 112.7 (C-2'), 144.5 (C-3'), 147.4 (C-4'), 115.0 (C-5'), 118.2

(C-6'), 32.3 (C-7'), 40.0 (C-8'), 71.8 (C-9'), 56.7 (3-OCH₃), 55.6 (3'-OCH₃)。化合物 4 鉴定为 (-)-落叶松脂醇^[19]。

化合物 5: 白色无定形粉末, m/z : 375 [M+H]⁺。[α]_D²⁰ +9.24° (c 0.11, MeOH)。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 6.84 (1H, brs, H-2), 6.78 (1H, overlapped, H-5), 6.73 (1H, overlapped, H-6), 4.49 (1H, d, J = 7.3 Hz, H-7), 1.95 (1H, m, H-8), 3.32 (2H, m, H-9), 6.85 (1H, brs, H-2'), 6.77 (1H, overlapped, H-5'), 6.76 (1H, overlapped, H-6'), 4.05 (1H, m, H-7'), 2.55 (1H, m, H-8'), 4.03 (1H, m, H-9'a), 4.13 (1H, m, H-9'b), 3.92 (3H, s, 3-OCH₃), 3.89 (3H, s, 3'-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 129.5 (C-1), 110.7 (C-2), 147.2 (C-3), 151.3 (C-4), 114.2 (C-5), 123.9 (C-6), 198.8 (C-7), 49.9 (C-8), 70.9 (C-9), 132.8 (C-1'), 109.5 (C-2'), 145.9 (C-3'), 147.2 (C-4'), 114.3 (C-5'), 120.5 (C-6'), 84.2 (C-7'), 52.5 (C-8'), 61.9 (C-9'), 56.1 (3-OCH₃), 56.0 (3'-OCH₃)。化合物 5 鉴定为 vladinol D^[20]。

化合物 6: 白色无定形粉末, m/z : 413 [M+H]⁺。[α]_D²⁰ -8.5° (c 0.21, CHCl₃)。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 4.83 (1H, d, J = 3.9 Hz, H-1), 3.48 (1H, m, H-2), 3.23 (1H, m, H-3), 7.50 (1H, s, H-5), 6.65 (1H, s, H-8), 4.52 (1H, m, H-11 α), 4.33 (1H, m, H-11 β), 6.35 (2H, s, H-2', 6'), 6.07 (2H, d, J = 8.1 Hz, O-CH₂-O), 3.76 (6H, s, 3', 5'-OCH₃), 3.70 (3H, s, 4'-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 47.1 (C-1), 45.0 (C-2), 43.7 (C-3), 192.8 (C-4), 106.2 (C-5), 148.2 (C-6), 148.2 (C-7), 109.9 (C-8), 141.9 (C-9), 128.4 (C-10), 67.0 (C-11), 173.1 (C-12), 132.4 (C-1'), 107.9 (C-2'), 153.2 (C-3'), 137.9 (C-4'), 153.2 (C-5'), 108.0 (C-6'), 107.9 (O-CH₂-O), 56.6 (3', 5'-OCH₃), 60.8 (4'-OCH₃)。化合物 6 鉴定为鬼臼毒酮^[5]。

化合物 7: 白色无定形粉末, m/z : 395 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.53 (1H, s, H-5), 7.05 (1H, s, H-8), 5.51 (2H, m, H-11), 6.79 (1H, d, J = 1.7 Hz, H-2'), 6.90 (1H, d, J = 7.9 Hz, H-5'), 6.77 (1H, dd, J = 1.7, 7.9 Hz, H-6'), 6.07 (2H, s, O-CH₂-O), 3.78 (3H, s, 4-OCH₃), 4.06 (3H, s, 6-OCH₃), 4.10 (3H, s, 7-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 134.5 (C-1), 119.0 (C-2), 124.7 (C-3), 148.1 (C-4), 100.7 (C-5), 151.5 (C-6), 150.7 (C-7), 106.4 (C-8), 126.0 (C-9), 130.9 (C-10), 67.0 (C-11), 66.7 (C-12), 128.8

(C-1'), 110.9 (C-2'), 147.6 (C-3'), 147.6 (C-4'), 108.5 (C-5'), 123.7 (C-6'), 101.3 (O-CH₂-O), 59.7 (4-OCH₃), 56.4 (6-OCH₃), 56.0 (7-OCH₃)。化合物 7 鉴定为爵床脂素 A^[6]。

参考文献

- [1] 宋小妹, 刘海静. 太白七药研究与应用 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011.
- [2] 张 丽, 王 菲, 许 欢, 等. 窝儿七的研究进展 [J]. 现代中医药, 2017, 37(1): 89-92.
- [3] 马养民, 郑敬海, 刘建军, 等. 太白七药窝儿七化学成分的研究 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(32): 19781-19782.
- [4] 郑敬海. 窝儿七化学成分的研究 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2012.
- [5] 李 真, 范冬冬, 张东东, 等. 窝儿七化学成分研究 [J]. 西北药学杂志, 2015, 30(6): 666-668.
- [6] 白 玮, 李 真, 张 丽, 等. 窝儿七中 1 个新的木脂素成分 [J]. 中草药, 2018, 49(7): 1504-1507.
- [7] 张 娇, 李 真, 张 丽, 等. 窝儿七化学成分的研究 [J]. 中南药学, 2018, 16(9): 1225-1228.
- [8] 杨秀芳, 马养民, 郑敬海, 等. 窝儿七中化学成分活性的研究 [J]. 陕西科技大学学报: 自然科学版, 2013, 31(1): 86-89.
- [9] 孙 涛, 白吉庆, 吉叶平, 等. 陕西野生窝儿七的有效成分与土壤因子的相关性分析 [J]. 中国现代中药, 2015, 17(6): 577-582.
- [10] 夏红旻, 张东明. 小黄皮茎的木脂素类化学成分研究 [J]. 中草药, 2018, 49(19): 4494-4499.
- [11] 左月明, 王亚芳, 张忠立, 等. 缬草中木脂素类化学成分研究 [J]. 中药材, 2018, 41(5): 1091-1094.
- [12] Fonseca S F, Nielsen L T, Rúveda E A. Lignans of *Araucaria angustifolia* and ¹³C-NMR analysis of some phenyltetralin lignans [J]. *Phytochemistry*, 1979, 18(10): 1703-1708.
- [13] Greger H, Hofer O. New unsymmetrically substituted tetrahydrofuran lignans from *Artemisia absinthium*: Assignment of the relative stereochemistry by lanthanide induced chemical shifts [J]. *Tetrahedron*, 1980, 36(24): 3551-3558.
- [14] Shulha O, Çiçek S S, Wangenstein H, et al. Lignans and sesquiterpene lactones from *Hypochaeris radicata* subsp. *neapolitana* (Asteraceae, Cichorieae) [J]. *Phytochemistry*, 2019, doi:10.1016/j.phytochem.2019.05.020.
- [15] Li Y, Qin X B, Liu H X, et al. Two pairs of enantiomeric

- propylated flavonoids and a new lignan from the aerial parts of *Abrus precatorius* [J]. *Fitoterapia*, 2018, 133: 125-129.
- [16] Shao S Y, Yang Y N, Feng Z M, *et al.* An efficient method for determining the relative configuration of furofuran lignans by ^1H -NMR spectroscopy [J]. *J Nat Prod*, 2018, 81(4): 1023-1028.
- [17] Hosokawa A, Sumino M, Nakamura T, *et al.* A new lignan from *Balanophora abbreviata* and inhibition of lipopolysaccharide (LPS)-induced inducible nitric oxide synthase (iNOS) expression [J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(10): 1265-1267.
- [18] Lee J, Lee D, Jang D S, *et al.* Two new stereoisomers of tetrahydrofuranoid lignans from the flower buds of *Magnolia fargesii* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2007, 55(1): 137-139.
- [19] 杜冬生, 秦 艳, 程志红, 等. 紫花地丁的化学成分研究 [J]. 中草药, 2018, 49(9): 2007-2012.
- [20] 付朝晖, 张玉梅, 谭宁华, 等. 云南油杉的化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(2): 257-261.