

## 骨碎补化学成分研究

隋洪飞<sup>1</sup>, 尹世强<sup>2#</sup>, 邹爱英<sup>1\*</sup>

1. 天津中医药大学第二附属医院, 天津 300150

2. 国药控股天津有限公司, 天津 300040

**摘要:** 目的 研究骨碎补(槲蕨 *Drynaria roosii* 的干燥根茎)的化学成分。方法 采用溶剂法提取, 再利用硅胶、ODS、Sephadex LH-20 及高效制备液相等柱色谱方法进行分离纯化, 通过化合物理化性质及 MS、NMR 等波谱技术鉴定化合物结构。结果 从骨碎补 75%乙醇提取物中分离得到 7 个化合物, 分别鉴定为 12-*O*-咖啡酰基-12-羟基正十二烷酸甲酯(1)、对羟基苯丙酸(2)、3,4-二羟基-苯乙醇 8-*O*-β-*D*-吡喃阿洛糖苷(3)、木犀草素 7-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷(4)、补骨脂素(5)、原儿茶酸(6)及咖啡酸(7)。**结论** 化合物 1 为新化合物, 命名为骨碎补烷酸酯 A, 2~5 为首次从槲蕨属植物中分离得到。

**关键词:** 骨碎补; 骨碎补烷酸酯 A; 3,4-二羟基-苯乙醇 8-*O*-β-*D*-吡喃阿洛糖苷; 木犀草素 7-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷; 补骨脂素  
中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2015)20-2992-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.20.004

## Studies on chemical constituents of *Drynaria roosii*

SUI Hong-fei<sup>1</sup>, YIN Shi-qiang<sup>2</sup>, ZOU Ai-ying<sup>1</sup>

1. Second Affiliated Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300150, China

2. Chinese Medicine Holding Tianjin Co., Ltd., Tianjin 300040, China

**Abstract: Objective** To investigate the chemical constituents from the rhizomes of *Drynaria fortunei*. **Methods** The compounds were purified by silica gel, ODS, Sephadex LH-20 column chromatography, and preparative HPLC, and their structures were identified on the basis of chemical and spectroscopic methods, such as MS and NMR. **Results** Seven compounds were isolated from the 75% ethanol extract and identified as 12-*O*-caffeoyl-12-hydroxydodecanoic acid methyl ester (1), *p*-hydroxy benzenepropanoic acid (2), 3,4-dihydroxyphenyl ethyl 8-*O*-β-*D*-allopyranoside (3), luteolin 7-*O*-β-*D*-glucopyranoside (4), psoralen (5), protocatechoic acid (6), and caffeic acid (7). **Conclusion** Compound 1 is a new compound, named drynalkylester A, and compounds 2—5 are obtained from the plants of *Drynaria* Willd. for the first time.

**Key words:** *Drynaria roosii* Nakaike; drynalkylester A; 3,4-dihydroxyphenyl ethyl 8-*O*-β-*D*-allopyranoside; luteolin 7-*O*-β-*D*-glucopyranoside; psoralen

骨碎补为水龙骨科植物槲蕨 *Drynaria roosii* Nakaike 的干燥根茎, 具有疗伤止痛、补肾强骨等功效, 常用于跌扑闪挫、筋骨折伤、肾虚腰痛、筋骨痿软、耳鸣耳聋、牙齿松动等症; 外用治疗斑秃、白癜风等<sup>[1-2]</sup>。骨碎补主要含有黄酮、三萜、苯丙素以及挥发油类等化学成分<sup>[3]</sup>。本课题组研究表明骨碎补中含有一系列的呋喃衍生物<sup>[4]</sup>, 本实验继续研究骨碎补 75%乙醇提取物的化学成分。采用醋酸乙酯萃取法, 结合正相硅胶、反相 ODS、Sephadex LH-20 及制备高效液相等柱色谱法分离鉴定了 7 个

化合物, 理化性质及波谱方法鉴定其结构分别为: 12-*O*-咖啡酰基-12-羟基正十二烷酸甲酯(12-*O*-caffeoyl-12-hydroxydodecanoic acid methyl ester, 1)、对羟基苯丙酸(*p*-hydroxy benzenepropanoic acid, 2)、3,4-二羟基-苯乙醇 8-*O*-β-*D*-吡喃阿洛糖苷(3,4-dihydroxyphenyl ethyl 8-*O*-β-*D*-allopyranoside, 3)、木犀草素 7-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷(luteolin 7-*O*-β-*D*-glucopyranoside, 4)、补骨脂素(psoralen, 5)、原儿茶酸(protocatechoic acid, 6)、咖啡酸(caffeic acid, 7), 其中化合物 1 为新化合物, 2~5

收稿日期: 2015-06-18

作者简介: 隋洪飞(1982—), 男, 天津人, 主管药师, 硕士, 主要从事临床药学工作。Tel: (022)60335452 E-mail: 44064457@qq.com

\*通信作者 邹爱英, 主任药师, 药学硕士生导师, 主要从事中药药事管理工作。Tel: (022)60335452 E-mail: zy2fyxb@163.com

#为共同第一作者

为首次从槲蕨属植物分离得到。

### 1 仪器与材料

Bruker AVANCEIII 500 超导核磁共振波谱仪(瑞士布鲁克公司); Agilent 6410(三重四级杆)及6520(四级杆-飞行时间)系列质谱仪(美国安捷伦公司); 制备高效液相色谱仪为 Agilent 1200 series(美国安捷伦公司), 制备色谱柱: Agilent Eclipse XDB-C<sub>18</sub> 柱(250 mm×21.2 mm, 7 μm); Rudolph Autopol<sup>®</sup> IV automatic polarimeter 旋光仪(*l*=50 mm, 美国鲁道夫公司)。薄层色谱板 GF<sub>254</sub>(天津思利达科技有限公司); 柱色谱硅胶(青岛海洋化工厂分厂); 反相 ODS(50 μm, 日本 YMC 公司); Sephadex LH-20(美国 GE 公司); 分析纯石油醚、甲醇、乙醇、醋酸乙酯及色谱纯甲醇等有机溶剂(天津市康科德科技有限公司)、二氯甲烷、氯仿(分析纯, 天津市江天化工技术有限公司)。

骨碎补药材购买于河北省安国市药材市场, 经天津中医药大学第二附属医院刘宗昌主任药师鉴定为水龙骨科植物槲蕨 *Drynaria roosii* Nakaike 的干燥根茎, 标本(20120301)存放于天津中医药大学第二附属医院。

### 2 提取与分离

骨碎补(20 kg)用8倍量体积分数75%乙醇回流提取2次, 每次2 h, 滤过, 合并滤液, 减压回收, 真空干燥得干膏2 994 g。取干膏2 400 g, 加去离子水2.5 L 混悬, 用等体积的醋酸乙酯萃取3次, 合并醋酸乙酯层, 减压浓缩得醋酸乙酯萃取物400 g。对萃取物进行硅胶柱色谱分离, 二氯甲烷-甲醇(100:0→0:100)梯度洗脱, TLC 检识, 合并相同组分, 得5个组分 Fr. 1~5。

Fr. 1(75 g)经硅胶柱色谱, 石油醚-醋酸乙酯(100:0→0:100)梯度洗脱, TLC 检识, 合并相同组分, 得到8个组分, 其中 Fr. 1.3(675 mg)经 Sephadex LH-20(甲醇洗脱)和制备高效液相色谱(75%甲醇洗脱)分离得到了化合物5(18 mg); Fr. 2(70 g)经硅胶柱色谱, 石油醚-醋酸乙酯(100:0→0:100)梯度洗脱, 得到8个组分, 其中 Fr. 2.8(3 143 mg)经制备高效液相色谱(65%甲醇洗脱)分离得到化合物2(120 mg); Fr. 3(60 g)经硅胶柱色谱, 氯仿-甲醇(100:0→0:100)梯度洗脱, 得到10个组分, 其中 Fr. 3.10(2 230 mg)经 Sephadex LH-20(甲醇洗脱)和制备高效液相色谱(65%甲醇洗脱)分离得到化合物1(32 mg); Fr. 4(100 g)

经 ODS 柱色谱, 甲醇-水(30:70→100:0)梯度洗脱, 得到11个组分, 其中 Fr. 4.1(8.56 g)经 Sephadex LH-20(甲醇洗脱)和制备高效液相色谱(30%甲醇洗脱)分离得到化合物4(140 mg); Fr. 4.2(5.62 g)经制备高效液相色谱(40%甲醇洗脱)分离得到化合物6(1 450 mg); Fr. 4.4(3.25 g)经制备高效液相色谱(55%甲醇洗脱)分离得到化合物3(517 mg)和7(27 mg)。

### 3 结构鉴定

化合物1: 白色无定形粉末, 易溶于甲醇。[α]<sub>D</sub><sup>20</sup>+4.9°(*c* 0.1, MeOH)。在负离子 HR-ESI-TOF-MS 谱中, 可以看到准分子离子峰 *m/z*: 391.211 9 [M-H]<sup>-</sup>(C<sub>22</sub>H<sub>31</sub>O<sub>6</sub>, 计算值 391.212 6), 推测其分子式为 C<sub>22</sub>H<sub>32</sub>O<sub>6</sub>。红外吸收图谱中 3 340 和 1 729 cm<sup>-1</sup> 分别提示羟基和羰基的存在。紫外图谱中在 325 和 300 nm 有最大吸收。在 <sup>1</sup>H-NMR(500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 谱低场区, 可以看到1组 ABX 芳香氢信号 δ 7.03(1H, d, *J* = 1.5 Hz, H-2'), 6.94(1H, dd, *J* = 1.5, 8.0 Hz, H-6'), 6.77(1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5'); 1组反式烯氢信号 δ 7.52(1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-7'), 6.25(1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-8'); 在中低场区可以观测到1组连氧氢信号 δ 4.16(2H, t, *J* = 6.5 Hz, H-12); 在高场区可以看到1组脂肪氢信号 δ 2.30(2H, t, *J* = 7.0 Hz, H-2), 1.69(2H, m, H-11), 1.59(2H, t, *J* = 7.0 Hz, H-3), 1.39(2H, m, H-6), 1.30(12H, m, H-4, 5, 7~10), 氢谱中还可看到1个甲氧基信号 δ 3.64(3H, s, 1-OCH<sub>3</sub>)。在 <sup>13</sup>C-NMR(125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 谱中出现6个相应的芳香碳信号 δ 127.8(C-1'), 115.2(C-2'), 146.9(C-3'), 149.6(C-4'), 116.5(C-5') 和 123.0(C-6'); 1组双键碳信号 δ 146.8(C-7'), 115.3(C-8'); 2个羰基碳信号 δ 169.5(C-9') 和 176.1(C-1); 10个脂肪碳信号: δ 34.8(C-2), 29.9(C-11), 27.1(C-6), 26.1(C-3), 30.2~30.6(C-4, 5, 7~10); 1个连氧碳信号 δ 65.6(C-12), 以及1个甲氧基信号 δ 52.0。经数据对比发现化合物1与12-*O*-咖啡酰基-12-羟基正十二烷酸<sup>[5]</sup>仅相差1个甲氧基。HMBC 谱(图1)中可以观测到 δ 3.64(-OCH<sub>3</sub>) 与 δ 176.1(C-1) 相关; δ 4.16(H-12) 与

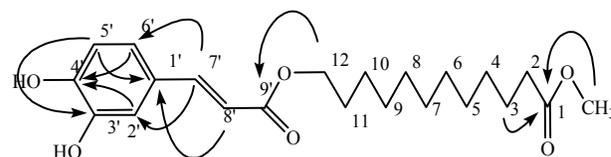


图1 化合物1的重要 HMBC 相关

Fig. 1 Key HMBC correlations of compound 1

$\delta$  169.5 (C-9') 相关, 分别表明甲氧基连于 C-1 位; 9'位羰基连与 C-12 位相连。经 HSQC、HMBC 二维谱验证化合物的碳氢直接相关和重要的远程相关信息, 最终确定化合物 **1** 为 12-*O*-咖啡酰基-12-羟基正

十二烷酸甲酯, 经 SCI finder 检索, 该化合物为 1 个新化合物, 命名为骨碎补烷酸酯 A。具体核磁数据见表 1。

化合物 **2**: 白色无定形粉末。ESI-MS  $m/z$ : 167.0

表 1 化合物 **1** 的  $^1\text{H-NMR}$  和  $^{13}\text{C-NMR}$  数据  
Table 1  $^1\text{H-NMR}$  and  $^{13}\text{C-NMR}$  data of compound **1**

碳位	$\delta_{\text{H}}$	$\delta_{\text{C}}$	碳位	$\delta_{\text{H}}$	$\delta_{\text{C}}$
1	—	176.1	1'	—	127.8
2	2.30 (2H, t, $J=7.0$ Hz)	34.8	2'	7.03 (1H, d, $J=1.5$ Hz)	115.2
3	1.59 (2H, t, $J=7.0$ Hz)	26.1	3'	—	146.9
4	1.30 (2H, m)	30.2~30.6	4'	—	149.6
5	1.30 (2H, m)	30.2~30.6	5'	6.77 (1H, d, $J=8.0$ Hz)	116.5
6	1.39 (2H, m)	27.1	6'	6.94 (1H, dd, $J=1.5, 8.0$ Hz)	123.0
7	1.30 (2H, m)	30.2~30.6	7'	7.52 (1H, d, $J=16.0$ Hz)	146.8
8	1.30 (2H, m)	30.2~30.6	8'	6.25 (1H, d, $J=16.0$ Hz)	115.3
9	1.30 (2H, m)	30.2~30.6	9'	—	169.5
10	1.30 (2H, m)	30.2~30.6	-OCH <sub>3</sub>	3.64 (3H, s)	52.0
11	1.69 (2H, m)	29.9			
12	4.16 (2H, t, $J=6.5$ Hz)	65.6			

$[\text{M}+\text{H}]^+$ , 推测其相对分子质量为 166。在  $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ ) 谱低场区, 可以看到 1 组 AA'BB'芳香氢信号  $\delta$  6.69 (2H, d,  $J=8.5$  Hz, H-2, 6), 7.02 (2H, d,  $J=8.5$  Hz, H-3, 5), 在高场区可以看到 1 组脂肪氢信号  $\delta$  2.80 (2H, t,  $J=7.5$  Hz, H-7), 2.53 (2H, t,  $J=7.5$  Hz, H-8)。在  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ ) 谱上出现 4 个相应的芳香碳信号  $\delta$  116.2, 130.3, 133.0 和 156.8, 进一步验证化合物存在 AA'BB'对称结构,  $^{13}\text{C-NMR}$  谱中还观测到  $\delta$  177.0, 推测为羧基碳信号, 高场区  $\delta$  31.3 和 37.2 分别为 C-7 和 C-8 信号。经  $^1\text{H}$ 、 $^{13}\text{C-NMR}$  谱数据推测, 并与文献报道对比<sup>[6]</sup>, 确定化合物 **2** 为对羟基苯丙酸。

化合物 **3**: 白色无定形粉末。ESI-MS  $m/z$ : 317.0  $[\text{M}+\text{H}]^+$ , 推测其相对分子质量为 316。在  $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ ) 谱可以看到芳香氢信号  $\delta$  6.62 (1H, brs, H-2), 6.63 (1H, d,  $J=8.0$  Hz, H-6), 6.48 (1H, d,  $J=8.0$  Hz, H-5); 脂肪氢信号  $\delta$  2.66 (2H, m, H-7), 3.85 (1H, dt,  $J=9.5, 16.5$  Hz, H-8b), 3.48 (1H, dt,  $J=9.5, 16.5$  Hz, H-8a); 以及 1 组  $\beta$ -*D*-阿洛糖信号  $\delta$  4.47 (1H, d,  $J=8.0$  Hz, H-1'), 3.13 (1H, dd,  $J=2.0, 8.0$  Hz, H-2'), 3.82 (1H, brd,  $J=2.0$  Hz, H-3'), 3.27 (1H, dd,  $J=2.0, 9.5$  Hz, H-4'), 3.47 (1H, dd,  $J=6.0, 9.5$  Hz, H-5'), 3.42 (1H, dd,  $J=6.0, 11.5$  Hz,

H-6'a), 3.64 (1H, d,  $J=11.5$  Hz, H-6'b)。在  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ ) 谱上出现 6 个相应的芳香碳信号  $\delta$  129.2 (C-1), 116.2 (C-2), 144.9 (C-3), 143.4 (C-4), 115.4 (C-5) 和 119.4 (C-6); 1 组脂肪碳信号  $\delta$  35.1 (C-7), 69.8 (C-8); 1 组  $\beta$ -*D*-阿洛糖信号  $\delta$  100.4 (C-1'), 70.5 (C-2'), 71.3 (C-3'), 67.4 (C-4'), 74.3 (C-5') 和 61.3 (C-6')。经  $^1\text{H}$ 、 $^{13}\text{C-NMR}$  谱数据推测, 并与文献报道对比<sup>[7-8]</sup>, 确定化合物 **3** 为 3,4-二羟基-苯乙醇 8-*O*- $\beta$ -*D*-吡喃阿洛糖苷。

化合物 **4**: 黄色无定形粉末。ESI-MS  $m/z$ : 448.9  $[\text{M}]^+$ , 推测其相对分子质量为 448。 $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ ) 谱低场区, 可以看到  $\delta$  12.99 (1H, s) 为 5 位羟基与羰基缩合信号; 芳香氢信号  $\delta$  6.45 (1H, d,  $J=2.0$  Hz, H-6), 6.79 (1H, d,  $J=2.0$  Hz, H-8) 和 6.75 (1H, s, H-3);  $\delta$  6.91 (1H, d,  $J=8.5$  Hz, H-5'), 7.42 (1H, d,  $J=2.0$  Hz, H-2') 和 7.45 (1H, dd,  $J=2.0, 8.5$  Hz, H-6'); 1 组  $\beta$ -*D*-葡萄糖信号  $\delta$  5.08 (1H, d,  $J=7.5$  Hz, H-1''), 3.28 (1H, m, H-2''), 3.30 (1H, m, H-3''), 3.19 (1H, m, H-4''), 3.45 (1H, m, H-5''), 3.71 (1H, dd,  $J=4.0, 11.5$  Hz, H-6''b), 3.49 (1H, m, H-6''a)。在  $^{13}\text{C-NMR}$  (125 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ ) 谱上出现黄酮苷元相应的 15 个碳信号:  $\delta$  94.6 (C-8), 99.4 (C-6), 103.1 (C-3), 105.2 (C-10), 113.5 (C-2'), 115.9

(C-5'), 119.1 (C-6'), 121.3 (C-1'), 145.7 (C-3'), 149.8 (C-4'), 156.8 (C-9), 161.0 (C-5), 162.8 (C-7), 164.4 (C-2) 和 181.8 (C-4);  $\beta$ -D-葡萄糖信号:  $\delta$  99.8 (C-1''), 73.0 (C-2''), 76.3 (C-3''), 69.4 (C-4''), 77.2 (C-5''), 60.5 (C-6'')。经  $^1\text{H}$ 、 $^{13}\text{C}$ -NMR 谱数据推测, 并与文献报道对比<sup>[9]</sup>, 确定化合物 **4** 为木犀草素 7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **5**: 白色结晶。ESI-MS  $m/z$ : 187.1  $[\text{M}]^+$ , 推测其相对分子质量为 186。在  $^1\text{H}$ -NMR (500 MHz, DMSO- $d_6$ ) 谱低场区, 可以看到 1 组邻位耦合的芳香氢信号  $\delta$  6.44 (1H, d,  $J = 9.5$  Hz, H-3), 8.18 (1H, d,  $J = 9.5$  Hz, H-4); 还可以观测到 2 个呋喃氢邻位耦合信号  $\delta$  7.10 (1H, d,  $J = 2.5$  Hz, H-4'), 8.11 (1H, d,  $J = 2.5$  Hz, H-5'), 以及 2 个孤立芳香氢信号  $\delta$  7.73 (1H, s, H-5), 8.02 (1H, s, H-8)。核磁数据经文献报道对比<sup>[10]</sup>, 确定化合物 **5** 为补骨脂素。

化合物 **6**: 白色无定形粉末。ESI-MS  $m/z$ : 155.0  $[\text{M}]^+$ , 推测其相对分子质量为 154。在  $^1\text{H}$ -NMR (500 MHz, DMSO- $d_6$ ) 谱低场区, 可以看到 1 组 ABX 芳香氢信号  $\delta$  7.34 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-2), 7.29 (1H, dd,  $J = 2.0, 8.0$  Hz, H-6), 6.78 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-5)。在  $^{13}\text{C}$ -NMR (125 MHz, DMSO- $d_6$ ) 谱上出现 6 个相应的芳香碳信号  $\delta$  121.6 (C-1), 116.5 (C-2), 144.8 (C-3), 149.9 (C-4), 115.1 (C-5) 和 121.8 (C-6); 1 个羰基碳信号  $\delta$  167.2。经  $^1\text{H}$ 、 $^{13}\text{C}$ -NMR 谱数据推测, 并与文献报道对比<sup>[11]</sup>, 确定化合物 **6** 为原儿茶酸。

化合物 **7**: 白色无定形粉末。在正离子 ESI-MS 谱中, 可以看到准分子离子峰  $m/z$ : 181.1  $[\text{M}]^+$ , 推测其相对分子质量为 180。在  $^1\text{H}$ -NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 谱低场区, 可以看到 1 组 ABX 芳香氢信号:  $\delta$  7.05 (1H, d,  $J = 1.0$  Hz, H-2), 6.94 (1H, dd,  $J = 1.0, 8.0$  Hz, H-6), 6.78 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-5), 1 组反式烯氢信号  $\delta$  7.54 (1H, d,  $J = 16.0$  Hz, H-7),  $\delta$  6.22 (1H, d,  $J = 16.0$  Hz, H-8)。在  $^{13}\text{C}$ -NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 谱上出现 6 个相应的芳香碳信号  $\delta$  127.8 (C-1), 115.2 (C-2), 146.8 (C-3), 149.4 (C-4), 116.5

(C-5) 和 122.9 (C-6); 1 组双键碳信号  $\delta$  147.1 (C-7), 115.5 (C-8); 1 个羰基碳信号  $\delta$  171.1 (C-9)。经  $^1\text{H}$ 、 $^{13}\text{C}$ -NMR 谱数据推测, 并与文献报道对比<sup>[12]</sup>, 确定化合物 **7** 为咖啡酸。

#### 参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [2] 彭双, 韩立峰, 王涛, 等. 骨碎补中的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 天津中医药大学学报, 2012, 31(2): 122-125.
- [3] 李顺祥, 龙勉, 张志光. 骨碎补的研究进展 [J]. 中国中医药信息杂志, 2002, 9(11): 75-78.
- [4] 隋洪飞. 骨碎补化学成分分离鉴定 [J]. 内蒙中医药, 2015, 34(5): 142-143.
- [5] Wang X L, Wang N L, Gao H, et al. Phenylpropanoid and flavonoids from osteoprotective fraction of *Drynaria fortunei* [J]. *Nat Prod Res*, 2010, 24(13): 1206-1213.
- [6] Owen R W, Haubner R, Mier W, et al. Isolation, structure elucidation and antioxidant potential of the major phenolic and flavonoid compounds in brined *Olive Drupes* [J]. *Food Chem Toxicol*, 2003, 41(5): 703-717.
- [7] Franzyk H, Olsen C E, Jensen S R. Dopaoal 2-keto- and 2, 3-diketoglycosides from *Chelone obliqua* [J]. *J Nat Prod*, 2004, 67(6): 1052-1054.
- [8] Liang Y H, Ye M, Yang W Z, et al. Flavan-3-ols from the rhizomes of *Drynaria fortunei* [J]. *Phytochemistry*, 2011, 72(14/15): 1876-1882.
- [9] Lu Y R, Foo L Y. Flavonoid and phenolic glycosides from *Salvia officinalis* [J]. *Phytochemistry*, 2000, 55(3): 263-267.
- [10] 范菊娣. 从补骨脂中分离鉴定补骨脂素和异补骨脂素 [J]. 贵阳医学院学报, 2003, 28(2): 171-174.
- [11] Flamini G, Antognoli E, Morelli I. Two flavonoids and other compounds from the aerial parts of *Centaurea bracteata* from Italy [J]. *Phytochemistry*, 2001, 57(4): 559-564.
- [12] Teng R W, Wang D Z, Wu Y S, et al. Nmr assignments and single-crystal X-ray diffraction analysis of deoxyloganic acid [J]. *Magn Reson Chem*, 2005, 43(1): 92-96.