

• 化学成分 •

乌药的化学成分研究

海萍^{1,2}, 高原^{2,3}, 李蓉涛^{1*}, 王飞^{2*}

1. 昆明理工大学生命科学与技术学院, 云南 昆明 650500

2. 云南西力生物技术股份有限公司, 云南 昆明 650201

3. 宜宾学院化学与化工学院, 四川 宜宾 644000

摘要: 目的 研究乌药 *Lindera aggregata* 根的化学成分。方法 应用硅胶、Sephadex LH-20 等多种色谱技术进行分离纯化, 并利用波谱分析方法 (MS, 1D、2D-NMR) 鉴定化合物结构。结果 从乌药根 95%乙醇提取物中分离得到 14 个化合物, 其中化合物 **1** 为新化合物, 命名为乌药双查耳酮 (**1**), 其余已知化合物分别鉴定为乌药环戊烯二酮甲醚 (**2**)、乌药环戊烯二酮 (**3**)、帕夏查耳酮 (**4**)、球松素 (**5**)、甲基赤芝酮 (**6**)、松属素 (**7**)、5,7-二羟基-6,8-二甲氧基黄酮 (**8**)、赤芝酮 (**9**)、乙基赤芝酮 (**10**)、肉桂酸 (**11**)、球松素查耳酮 (**12**)、蓟黄素 (**13**) 和 β -谷甾醇 (**14**)。结论 化合物 **1** 为新化合物, 化合物 **13** 为首次从该属植物中分离得到。

关键词: 乌药; 乌药双查耳酮; 球松素; 赤芝酮; 肉桂酸; 蓟黄素

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2016)06-0872-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.06.002

Chemical constituents from roots of *Lindera aggregata*HAI Ping^{1,2}, GAO Yuan^{2,3}, LI Rong-tao¹, WANG Fei²

1. Faculty of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China

2. BioBioPha Co., Ltd., Kunming 650201, China

3. College of Chemistry and Chemical Engineering, Yibin University, Yibin 644000, China

Abstract: **Objective** To study the chemical constituents from the roots of *Lindera aggregata*. **Methods** The compounds were isolated and purified by various column chromatographies. Their structures were elucidated by means of spectral analyses (MS, 1D-NMR, and 2D-NMR). **Results** Fourteen compounds were isolated from 95% ethanol extract of *L. aggregata*. Compound **1** was isolated as a new one and named as bi-linderachalcone (**1**), and the other compounds were identified as methylinderone (**2**), linderone (**3**), pashanone (**4**), pinostrobin (**5**), methyllicudone (**6**), pinocembrin (**7**), 5,7-dihydroxy-6,8-dimethoxyflavone (**8**), licudone (**9**), ethyllucidone (**10**), cinnamic acid (**11**), pinostrobinchalcone (**12**), cirsimaritin (**13**), and β -sitosterol (**14**), respectively. **Conclusion** Compound **1** is isolated as a new compound and compound **13** is firstly obtained from the plants of *Lindera* Thunb..

Key words: *Lindera aggregata* (Sims) Kosterm.; bi-linderachalcone; pinostrobin; licudone; cinnamic acid; cirsimaritin

乌药 *Lindera aggregata* (Sims) Kosterm. 为樟科 (Lauraceae) 山胡椒属 *Lindera* Thunb. 植物, 别名 鳊鲃树、铜钱树、天台乌药、斑皮柴等, 主产于浙江、安徽、湖南等地, 为常绿灌木或小乔木, 树皮灰褐色, 根有纺锤结或结节状膨大^[1]。传统中药以其块根入药, 其药性辛温, 归肺、脾、肾、膀胱经, 主治寒凝气滞、胸腹胀痛、呃逆、气厥头痛等气通

症; 现代药理学研究表明乌药不仅具有抗菌、抗病毒作用, 还对消化系统、心血管系统以及促凝血等方面有显著的作用^[2-3]。对乌药的早期化学成分研究表明, 乌药的主要化合物结构类型包括异喹啉生物碱、黄酮、倍半萜等^[4-6]。本课题组前期已从该植物根的醇提物中分离得到了 2 类罕见的具有戊烯二酮螺环结构片段的化合物 linderaspiron 和 bi-linderone, 2 类

收稿日期: 2015-12-14

基金项目: 国家发改委“大规模综合性化合物库建设”专项基金

作者简介: 海萍 (1984—), 女, 硕士在读, 研究方向为天然药物化学。Tel: 15808862598 Fax: (0871)65215563 E-mail: seasea80188532@126.com

*通信作者 李蓉涛, 女, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为天然药物化学。Tel: (0871)65920569 E-mail: rongtaolikm@163.com

王飞, 男, 博士, 研究方向为天然产物化学。Tel: (0871)65215193 E-mail: f.wang@mail.biobiopharma.com

结构均显示出十分显著的改善胰岛素抵抗活性^[7-8]。为进一步深入研究该植物的化学成分,本实验采用现代色谱分离技术,对乌药的化学成分进行了系统的分离,从其根的95%乙醇提取物中分离得到了14个化合物。其中化合物**1**为新化合物,命名为乌药双查耳酮(bi-linderachalcone, **1**),其余已知化合物分别鉴定为乌药环戊烯二酮甲醚(methylinderone, **2**)、乌药环戊烯二酮(linderone, **3**)、帕夏查耳酮(pashanone, **4**)、球松素(pinostrobin, **5**)、甲基赤芝酮(methylucidone, **6**)、松属素(pinocembrin, **7**)、5,7-二羟基-6,8-二甲氧基黄酮(5,7-dihydroxy-6,8-dimethoxyflavone, **8**)、赤芝酮(lucidone, **9**)、乙基赤芝酮(ethylucidone, **10**)、肉桂酸(cinnamic acid, **11**)、球松素查耳酮(pinostrobinchalcone, **12**)、蒟黄素(cirsimaritin, **13**)和 β -谷甾醇(β -sitosterol, **14**)。其中,化合物**1**为新化合物,化合物**13**为首次从该属植物中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker AV-400 MHz 和 Bruker DRX-500 MHz 核磁共振光谱仪; LC-IT-TOF 质谱仪(日本岛津公司); Bruker Tensor 27 FT-IR 红外光谱仪; Agilent 1200 型高效液相色谱仪; Büchi 旋转蒸发仪; SHB-3 循环式多用真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司); ZF-1 型三用紫外仪(上海精科实业有限公司); 柱色谱硅胶(80~100、200~300目,青岛海洋化工有限公司), Sephadex LH-20(瑞典 Amersham Biosciences 公司)。

乌药根茎2008年2月采于云南宁洱,原植物由中国科学院昆明植物研究所陈渝鉴定为樟科植物乌药 *Lindera aggregata* (Sims) Kosterm, 样品标本(BBP0020)储存在云南西力生物技术股份有限公司。

2 提取与分离

干燥的乌药根茎粉末(10 kg), 95%乙醇溶液加热回流提取3次, 每次3 d, 得到浸膏约800 g, 再经硅胶柱色谱分离, 石油醚-丙酮(9:1→8:2→7:3→6:4→1:1→0:1)洗脱, TLC检测合并得到Fr. 1~10。Fr. 1(石油醚-丙酮9:1)经反复硅胶柱色谱并结合 Sephadex LH-20(氯仿-甲醇1:1)得到化合物**1**(11 mg)、**2**(124.7 g)、**3**(8.5 g)、**4**(8.3 g)、**5**(500 mg)、**6**(1.2 g)、**8**(240 mg)、**9**(3.1 g)、**10**(80 mg)、**14**(100 mg)。Fr. 3(石油醚-丙酮8:2)经过反复正相硅胶柱色谱和 Sephadex LH-20(氯仿-甲醇1:1)得到化合物**7**(3.1 g)、**11**

(2.4 g)、**12**(300 mg)、**13**(4 mg)。

3 结构鉴定

化合物**1**: 橙黄色粉末, FAB-MS 给出分子离子峰 m/z 551 $[M-H]^-$, HR-ESI-MS 显示为 $[M-H]^-$ 551.170 6(计算值 551.170 5, $C_{33}H_{27}O_8$), 推断其分子式 $C_{33}H_{28}O_8$ 。IR 光谱在 3 423, 3 245, 1 630 cm^{-1} 处有强吸收, 提示化合物中存在羟基和共轭羰基。在 1H -NMR (500 MHz, DMSO- d_6) 谱中(表1), δ 7.67 (4H, m, H-2, 2'', 6, 6''), 7.43 (6H, m, H-3, 3'', 4, 4'', 5, 5'') 为查耳酮 B 环上的芳烃质子信号; δ 8.12 (2H, d, $J = 15.8$ Hz, H- β , β'), 7.69 (2H, d, $J = 15.8$ Hz, H- α , α') 为反式双键上的烯烃质子信号; δ 6.06 (2H, s, H-5', 5'') 为查耳酮 A 环上的芳烃质子信号; δ 3.72 (6H, s, -OCH₃) 和 13.73 (2H, s, -OH) 分别为甲氧基与缔合羟基的质子信号; δ 3.67 (2H, s) 为亚甲基的质子信号。在 ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) 谱中(表1), δ 192.4 (s, C=O), 141.4 (d, C- β , β'), 127.8 (d, C- α , α') 表明结构中存在 α , β 不饱和酮片段; δ 135.1 (s, C-1, 1''), 128.3 (d, C-2, 2''), 129.1 (d, C-3, 3''), 130.1 (d, C-4, 4''), 129.1 (d, C-5, 5''), 128.3 (d, C-6, 6'') 表明结构中存在单取代苯环结构片段; δ 104.8 (s, C-1', 1), 163.0 (s, C-2', 2'''), 106.8 (s, C-3', 3'''), 164.3 (s, C-4', 4'''), 90.6 (d, C-5', 5'''), 160.4 (s, C-6', 6''') 表明结构中存在五取代苯环; δ 55.5 (q, 4',

表1 化合物**1**的 1H -NMR 和 ^{13}C -NMR 数据

Table 1 1H -NMR and ^{13}C -NMR data for compound **1**

碳位	δ_H	δ_C
C=O	—	192.4 (s)
1, 1''	—	135.1 (s)
2, 2'' 6, 6''	7.67 (m)	128.3 (d)
3, 3'' 5, 5''	7.43 (m)	129.1 (d)
4, 4''	7.43 (m)	130.3 (d)
α , α'	7.69 (d, $J = 15.8$ Hz)	127.8 (d)
β , β'	8.12 (d, $J = 15.8$ Hz)	141.4 (d)
7'	3.67 (s)	15.4 (d)
1', 1'''	—	104.8 (s)
2', 2'''	—	163.0 (s)
3', 3'''	—	106.8 (s)
4', 4'''	—	164.3 (s)
5', 5'''	6.06 (s)	90.6 (d)
6', 6'''	—	160.4 (s)
2', 2'''-OH	13.73 (s)	—
4', 4'''-OCH ₃	3.72 (s)	55.5 (q)
6', 6'''-OH	11.05 (s)	—

4'''-OMe) 和 15.4 (d, H-7') 分别表明结构中存在甲氧基和亚甲基基团。

通过仔细分析对比化合物 **1** 和 **12** 的 $^1\text{H-NMR}$ 和 $^{13}\text{C-NMR}$ 图谱,发现它们的 NMR 信号十分相似,其 $^1\text{H-NMR}$ 主要差异在于化合物 **12** 中的 3 位次甲基信号 (δ_{C} 96.0, δ_{H} 6.03) 被化合物 **1** 中的季碳信号 (δ_{C} 106.8) 所取代,同时化合物 **1** 比化合物 **12** 多出了 1 个特殊的、具有高场碳化学位移和低场氢化学位移的亚甲基信号 (δ_{C} 15.4, δ_{H} 3.67)。通过仔细分析以上差异,结合相对分子质量信息,可推测该化合物是化合物 **12** 的 3'位碳原子通过亚甲基相连而形成的查耳酮二聚体。以上推测可以合理地解释上述亚甲基信号的特殊性是由双取代苯基的顺磁屏蔽效应所导致,并可进一步通过 HMBC 谱中 δ 3.67 (2H, s, H-7') 和 106.8 (s, C-3', 3'''), 163.0 (s, C-2', 2'') 以及 164.3 (s, C-4', 4'') 之间的强相关信号所证实。在 HMBC 谱中,甲氧基信号 δ 3.72 (6H, s, -OCH₃) 和亚甲基信号 δ 3.67 (2H, s, H-7') 同时与 δ 164.3 (s, C-4', 4'') 之间有显著相关,说明该甲氧基连接在 C-4', 4'''位; 13.73 (2H, s, -OH) 和亚甲基信号 δ 3.67 (2H, s, H-7') 同时与 δ 163.0 (s, C-2', 2'') 之间有显著相关,表明 δ 13.73 (2H, s, -OH) 连接在 C-2', 2'''位。此外,由于芳香氢信号 δ 6.06 (2H, s) 化学位移处于明显高场(邻二氧取代位置),并与 δ 104.8 (s, C-1', 1), 106.8 (s, C-3', 3'''), 160.4 (s, C-6', 6'') 和 164.3 (s, C-4', 4'') 之间有强 HMBC 相关信号,可推测该质子处于 5', 5'''位,且 δ 11.05 (2H, s, -OH) 必然位于 C-6', 6'''位置。综上所述,确定该化合物是以亚甲基为对称中心的二聚查耳酮,分子结构见图 1,为新化合物,命名为乌药双查耳酮。

化合物 **2**: 黄色粉末。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl₃) δ : 7.93 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-7), 7.59 (2H, dd, J = 8.0, 1.7 Hz, H-10, 14), 7.51 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-8), 7.37 (3H, m, H-11~13), 4.19 (3H, s, OMe), 4.18 (3H, s, OMe), 4.09 (3H, s, OMe)。上述数据与文献报道一致^[9],故鉴定化合物 **2** 为乌药环戊烯二酮甲醚。

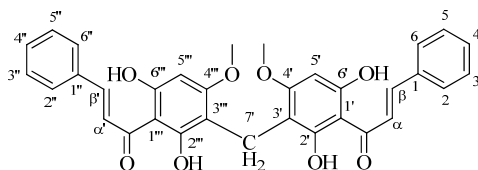


图 1 化合物 **1** 的化学结构

Fig. 1 Structure of compound **1**

化合物 **3**: 黄色粉末。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl₃) δ : 11.55 (1H, s, OH), 7.67 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-7), 7.63 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-8), 7.61 (2H, brd, J = 7.5 Hz, H-10, 14), 7.39 (3H, m, H-11, 12, 13), 4.20 (3H, s, OMe), 4.16 (3H, s, OMe)。上述数据与文献报道一致^[10],故鉴定化合物 **3** 为乌药环戊烯二酮。

化合物 **4**: 黄色粉末。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl₃) δ : 13.93 (1H, s, OH), 8.14 (1H, d, J = 15.6 Hz, H- β), 7.86 (1H, d, J = 15.6 Hz, H- α), 7.39~7.66 (5H, m, H-2~6), 6.90 (1H, s, OH), 6.10 (1H, s, H-3'), 3.91 (3H, s, OMe), 3.86 (3H, s, OMe)。上述数据与文献报道一致^[11],故鉴定化合物 **4** 为帕夏查耳酮。

化合物 **5**: 白色粉末。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl₃) δ : 12.03 (1H, s, OH), 7.44~7.46 (5H, m, H-2'~6'), 6.06~6.09 (2H, s, H-6, 8), 5.43 (1H, dd, J = 12.8, 2.8 Hz, H-2), 3.09 (1H, dd, J = 16.8, 12.8 Hz, H-3 α), 2.82 (1H, dd, J = 16.8, 2.8 Hz, H-3 β), 3.81 (3H, s, OMe)。上述数据与文献报道一致^[12],故鉴定化合物 **5** 为球松素。

化合物 **6**: 黄色粉末。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl₃) δ : 7.99/7.93 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-7), 7.59~7.62 (3H, m, H-8, 10, 14), 7.37~7.41 (3H, m, H-11, 12, 13), 5.92/5.93 (1H, s, H-5), 4.20/4.19 (3H, s, OMe), 3.93/3.92 (3H, s, OMe)。上述数据与文献报道一致^[13],故鉴定化合物 **6** 为互变异构体甲基赤芝酮。

化合物 **7**: 白色粉末。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, Acetone-*d*₆) δ : 7.56 (2H, d, J = 7.6 Hz, H-2', 6'), 7.45 (2H, dd, J = 7.6, 7.2 Hz, H-3', 5'), 7.39 (1H, dd, J = 7.2, 7.2 Hz, H-4'), 5.99 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 5.96 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 5.57 (1H, dd, J = 12.8, 3.1 Hz, H-2), 3.17 (1H, dd, J = 16.8, 12.8 Hz, H-3 α), 2.80 (1H, dd, J = 16.8, 3.1 Hz, H-3 β)。上述数据与文献报道一致^[14],故鉴定化合物 **7** 为松属素。

化合物 **8**: 白色粉末。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.67 (1H, s, OH), 10.51 (1H, s, OH), 8.06 (2H, brd, J = 7.6 Hz, H-2', 6'), 7.58~7.62 (3H, m, H-3'~5'), 7.00 (1H, s, H-3), 3.87 (3H, s, OMe), 3.77 (3H, s, OMe)。上述数据与文献报道一致^[15],故鉴定化合物 **8** 为 5,7-二羟基-6,8-二甲氧基黄酮。

化合物 **9**: 黄色粉末。 $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl₃) δ : 7.76 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-7), 7.66 (1H, d, J = 15.9 Hz, H-8), 7.64 (2H, m, H-10, 14), 7.40~7.43 (3H, m, H-11~13), 5.85 (1H, s, H-5), 3.96 (3H, s, OMe)。上述数

据与文献报道一致^[13], 故鉴定化合物 **9** 为赤芝酮。

化合物 **10**: 黄色粉末。¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 8.04/7.98 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-7), 7.59~7.65 (3H, m, H-8, 10, 14), 7.38~7.41 (3H, m, H-11~13), 5.91/5.93 (1H, s, H-5), 4.48/4.44 (2H, q, J = 7.2 Hz, -CH₂CH₃), 3.93/3.92 (3H, s, OMe), 1.47/1.46 (3H, t, J = 7.2 Hz, -CH₂CH₃)。上述数据与文献报道一致^[13], 故鉴定化合物 **10** 为互变异构体乙基赤芝酮。

化合物 **11**: 白色粉末。¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 7.79 (1H, d, J = 16.0 Hz, H- β), 7.51~7.55 (2H, dd, J = 7.8, 1.6 Hz, H-2, 6), 7.37~7.40 (3H, m, H-3~5), 6.45 (1H, d, J = 16.0 Hz, H- α)。上述数据与文献报道一致^[16], 故鉴定化合物 **11** 为肉桂酸。

化合物 **12**: 黄色粉末。¹H-NMR (400 MHz, Acetone-*d*₆) δ : 12.06 (1H, s, OH), 8.25 (1H, d, J = 15.8 Hz, H- β), 7.79 (1H, d, J = 15.8 Hz, H- α), 7.69 (2H, brd, J = 7.8 Hz, H-2, 6), 7.42~7.46 (3H, m, H-3~5), 6.03 (2H, s, H-3', 5'), 3.81 (3H, s, OMe); ¹³C-NMR (125 MHz, Acetone-*d*₆) δ : 192.7 (C=O), 167.1 (C-2'), 165.2 (C-4'), 163.4 (C-1'), 141.8 (C- β), 135.5 (C-1), 128.7 (C-3, 4, 5), 128.3 (C-2, 6), 127.7 (C- α), 105.1 (C-1'), 96.0 (C-3'), 91.5 (C-5'), 55.4 (-OCH₃)。上述数据与文献报道一致^[17], 故鉴定化合物 **12** 为球松素查耳酮。

化合物 **13**: 黄色粉末。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 12.93 (1H, s, OH), 10.41 (1H, s, OH), 7.96 (2H, d, J = 8.0 Hz, H-2', 6'), 6.92 (2H, d, J = 8.0 Hz, H-3', 5'), 6.93 (1H, s, H-3), 6.86 (1H, s, H-8), 3.92 (3H, s, OMe), 3.72 (3H, s, OMe); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 164.0 (C-2), 102.6 (C-3), 182.2 (C-4), 152.0 (C-5), 131.9 (C-6), 158.6 (C-7), 91.6 (C-8), 152.6 (C-9), 105.0 (C-10), 121.1 (C-1'), 128.4 (C-2', 6'), 116.0 (C-3', 5'), 161.3 (C-4'), 60.0 (-OCH₃), 56.4 (-OCH₃)。上述数据与文献报道一致^[18], 故鉴定化合物 **13** 为蒽黄素。

化合物 **14**: 白色针晶 (石油醚-丙酮)。与 β -谷甾醇对照品对照, R_f 值相同 (石油醚-醋酸乙酯 5 : 1), 故鉴定化合物 **14** 为 β -谷甾醇。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [2] 俞桂新, 王峥涛, 徐璐珊. 乌药的化学成分及药理作用

- [J]. 中国野生植物资源, 1999, 18(3): 5-10.
- [3] 王军伟, 阮冰. 乌药的植化及药理研究概况 [J]. 浙江中医杂志, 2006, 41(11): 675-677.
- [4] 张朝凤, 孙启时, 赵燕燕. 乌药叶中黄酮类成分研究 [J]. 中国药物化学杂志, 2001, 11(5): 274-276.
- [5] Kozuka M, Yoshikawa M, Sawada T, *et al.* Alkaloids from *Lindera strychnifolia* [J]. *J Nat Prod*, 1984, 47(6): 1063.
- [6] Gan L H, Zheng Y L, Zhou C X, *et al.* Sesquiterpenelactones from the root tubers of *Lindera aggregata* [J]. *J Nat Prod*, 2009, 72(8): 1497-1501.
- [7] Wang F, Gao Y, Liu J K, *et al.* Bi-linderone, a highly modified methyl-linderonedimer from *Lindera aggregata* with activity toward improvement of insulin sensitivity *in vitro* [J]. *Org Lett*, 2010, 12(10): 2354-2357.
- [8] Wang F, Gao Y, Zhang L, *et al.* A pair of windmill-shaped enantiomers from *Lindera aggregata* with activity toward improvement of insulin sensitivity [J]. *Org Lett*, 2010, 12(14): 3196-3199.
- [9] Leong Y W, Harrison L J, Bennett G J, *et al.* Adihydrochalcone from *Lindera lucida* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(5): 891-894.
- [10] Kiang A K, Lee H H, Sim K Y, *et al.* The structure of linderone and methyl-linderone [J]. *J Chem Soc*, 1962, 11: 4338-4345.
- [11] Ichino K, Tanaka H, Ito K, *et al.* Synthesis of helilandin B, pashanone, and their isomers [J]. *J Nat Prod*, 1988, 51(5): 906-914.
- [12] Hodgetts K J. Inter-and intramolecular Mitsunobu reaction based approach to 2-substituted chromans and chroman-4-ones [J]. *Tetrahedron*, 2005, 61(28): 6860-6870.
- [13] Lee H H. The structure of lucidone and methyl-lucidone [J]. *Tetrahedron Lett*, 1968, 9(40): 4243-4246.
- [14] 姜苗苗, 冯毅凡, 姚新生. 景洪哥纳香根的化学成分研究 [J]. 中草药, 2011, 42(2): 214-216.
- [15] Horie T, Kawamura Y, Yamashita K, *et al.* Synthesis of 5, 8-dihydroxy-6, 7-dimethoxyflavones and revised structures for some natural flavones [J]. *Phytochemistry*, 1995, 39(5): 1201-1210.
- [16] 裴静, 沈建红, 秦向东. 肉桂酸的合成及其谱学研究 [J]. 光谱实验室, 2001, 18(6): 715-718.
- [17] Bail J L, Pouquet C, Faqner C, *et al.* Chalcones are potent inhibitors of aromatase and 17 β -hydroxysteroid dehydrogenase activities [J]. *Life Sci*, 2001, 68(7): 751-761.
- [18] Hasrat J A, Pieters L, Claeys M, *et al.* Adenosine-1 active ligands: cirsimarin, a flavone glycoside from *Microtea debilis* [J]. *J Nat Prod*, 1997, 60(6): 638-641.