

黄杞的化学成分研究

杨大松^{1,2}, 杨锦超^{1#}, 杨永平^{1,2}, 杨雪飞^{1*}, 李晓莉^{1,2*}

1. 中国科学院昆明植物研究所 资源植物与生物技术所级重点实验室, 云南 昆明 650201

2. 中国科学院昆明植物研究所 中国西南野生生物种质资源库, 中国科学院青藏高原研究所昆明部, 云南 昆明 650201

摘要: 目的 对黄杞 *Engelhardtia roxburghiana* 茎皮的化学成分进行研究。方法 采用多种柱色谱技术进行分离纯化, 通过波谱分析鉴定化合物结构。结果 从黄杞茎皮 90%乙醇提取物的醋酸乙酯萃取部分中分离得到 10 个化合物, 分别鉴定为 1 β , 6 α -二羟基桉烷-4(15)-烯 (1)、(4*S*)-4-羟基-1-四氢萘酮 (2)、(4*S*)-4, 8-二羟基-1-四氢萘酮 (3)、对羟基苯甲酸 (4)、山柰酚 (5)、异甘草黄酮醇 (6)、8, 3'-二异戊烯基山柰酚 (7)、6, 5'-二异戊烯基槲皮素 (8)、山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷 (9)、槲皮素-3-*O*- α -L-鼠李糖苷 (10)。结论 化合物 1、4 和 6~8 为首次从黄杞属植物中分离得到, 首次从该属植物中分离得到异戊烯基取代黄酮。

关键词: 黄杞属; 黄杞; 异戊烯基取代黄酮; 1 β , 6 α -二羟基桉烷-4(15)-烯; 异甘草黄酮醇; 6, 5'-二异戊烯基槲皮素

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2014)24-3520-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2014.24.003

Chemical constituents from *Engelhardtia roxburghiana*

YANG Da-song^{1,2}, YANG Jin-chao¹, YANG Yong-ping^{1,2}, YANG Xue-fei¹, LI Xiao-li^{1,2}

1. Key Laboratory of Economic Plants and Biotechnology, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China

2. Germplasm Bank of Wild Species in Southwest China; Institute of Tibetan Plateau Research at Kunming, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents from the stem barks of *Engelhardtia roxburghiana*. **Methods** The compounds were isolated and purified by various chromatographic techniques and their structures were elucidated by spectral analysis.

Results Ten compounds were obtained and identified as eudesm-4(15)-ene-1 β , 6 α -diol (1), (4*S*)-4-hydroxy-1-tetralone (2), (-)-regiolone (3), *p*-hydroxybenzoic acid (4), kaempferol (5), isolico flavonol (6), broussonol F (7), broussonol E (8), kaempferol-3-*O*- α -L-rhamnoside (9), and quercetin-3-*O*- α -L-rhamnoside (10). **Conclusion** Compounds 1, 4, and 6—8 are isolated from the plants of *Engelhardtia* Leschen. et Bl. for the first time, and the prenylated flavonoids are firstly reported in this genus.

Key words: *Engelhardtia* Leschen. et Bl.; *Engelhardtia roxburghiana* Wall.; prenylated flavonoids; eudesm-4(15)-ene-1 β , 6 α -diol; isolico flavonol; broussonol E

黄杞 *Engelhardtia roxburghiana* Wall. 为胡桃科 (Juglandaceae) 黄杞属 *Engelhardtia* Leschen. et Bl. 的一种乔木, 主要分布于广东、广西、云南等亚热带地区, 资源丰富^[1]。《中华本草》记载黄杞树皮行气化湿; 叶可作茶饮, 具有清热解毒、生津止渴、解暑利湿的作用, 可用于脾胃湿滞、胸腹胀闷、感

冒发烧等的治疗^[2]。本课题组在广西进行民族药用植物调查的时候了解到, 当地有人用黄杞茎皮毒鱼, 因其有毒导致部分人不敢将其叶尖做茶, 转而利用树汁或树皮的水提物治疗麻疹、皮炎之类的皮肤病。此外《中国植物志》也记载了黄杞的该毒性。先前研究表明黄杞中含有的次生代谢产物具有丰富的结

收稿日期: 2014-09-24

基金项目: 科技基础性工作专项重点项目 (2012FY110300); 国家重点基础研究发展计划 (2010CB951704); 国家自然科学基金资助项目 (31300293); 云南省应用基础研究计划面上项目 (2013FB067)

作者简介: 杨大松, 从事天然药物化学研究。E-mail: yangdasongyunnan@126.com

杨锦超, 从事民族植物学研究。E-mail: yangjinchao@mail.kib.ac.cn

*通信作者 杨雪飞 Tel: (0871)65223909 E-mail: xuefei@mail.kib.ac.cn

李晓莉 Tel: (0871)65223231 E-mail: li_xiaoli1@mail.kib.ac.cn

#为共同第一作者

构多样性,包括黄酮、二芳基庚烷、萜醌、紫罗兰酮、倍半萜、三萜、酚类化合物等^[3-7]。为了深入阐明黄杞发挥药效及表现毒性的物质基础,为民族药用植物资源的合理开发利用奠定基础,本实验对黄杞茎皮90%乙醇提取物的醋酸乙酯萃取部分的化学成分进行了系统的研究,从中分离并得到了10个化合物,分别鉴定为1 β , 6 α -二羟基桉烷-4(15)-烯[eudesm-4(15)-ene-1 β , 6 α -diol, **1**]、(4*S*)-4-羟基-1-四氢萜酮 [(4*S*)-4-hydroxy-1-tetralone, **2**]、(4*S*)-4, 8-二羟基-1-四氢萜酮 [(-)-regiolone **3**]、对羟基苯甲酸(*p*-hydroxybenzoic acid, **4**)、山柰酚(kaempferol, **5**)、异甘草黄酮醇(isolicoflavonol, **6**)、8, 3'-二异戊烯基山柰酚(broussoflavonol F, **7**)、6, 5'-二异戊烯基槲皮素(broussonol E, **8**)、山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷(kaempferol-3-*O*- α -L-rhamnoside, **9**)、槲皮素-3-*O*- α -L-鼠李糖苷(querctetin-3-*O*- α -L-rhamnoside, **10**)。其中,化合物**1**、**4**、**6**~**8**为首次从该属植物中分离得到,此外该研究首次从黄杞属植物中分离得到了异戊烯基取代黄酮。

1 仪器与材料

Avance III 600 型核磁共振仪, Finnigan MAT 90 型质谱仪, Agilent 1200 型高效液相色谱仪(DAD检测器), 柱色谱硅胶(80~100、200~300目)及薄层板 GF₂₅₄ 均为青岛海洋化工厂生产, Sephadex LH-20 为 Amersham Biosciences 公司产品, RP₁₈ 为 Merck 公司产品, MCI 为三菱公司产品。

黄杞于2013年采自广西壮族自治区防城港市上思县,由中国科学院昆明植物研究所杨永平研究员鉴定为胡桃科黄杞属黄杞 *Engelhardtia roxburghiana* Wall., 凭证标本(YangYP-20130717)保存于中国科学院昆明植物研究所标本馆。

2 提取与分离

黄杞的干燥茎皮5 kg, 粉碎后用90%乙醇15 L 室温浸泡提取3次, 每次3 d, 提取液减压浓缩后得到浸膏, 加适量水混悬, 再用醋酸乙酯萃取3次, 每次10 L, 回收溶剂得到醋酸乙酯浸膏558 g。浸膏用乙醇溶解经 MCI 脱色处理后用硅胶柱色谱进行粗分, 经氯仿-甲醇系统(100:0→50:50)梯度洗脱, 得到6个部分(Fr. A~F)。其中 Fr. A (1.5 g) 经硅胶、Sephadex LH-20 分离纯化得化合物**1** (4 mg); Fr. B (4 g) 经 Sephadex LH-20 纯化后经半制备 HPLC 分离纯化得化合物**2** (12 mg) 和**3** (8 mg); Fr. C (3 g) 经硅胶、Sephadex LH-20 和半制备 HPLC

分离纯化得**6** (9 mg)、**7** (11 mg) 和**8** (4 mg); Fr. D (40 g) 经硅胶和 Sephadex LH-20 分离纯化得化合物**4** (6 mg) 和**5** (11 mg); Fr. E (230 g) 经硅胶和 Sephadex LH-20 分离纯化得化合物**9** (36 g) 和**10** (25 g)。

3 结构鉴定

化合物**1**: 白色粉末。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 5.00 (1H, brs, H-15a), 4.72 (1H, brs, H-15b), 3.69 (1H, t, *J* = 9.8 Hz, H-6), 3.40 (1H, dd, *J* = 11.5, 4.7 Hz, H-1), 2.31 (1H, ddd, *J* = 13.1, 4.8, 2.0 Hz, H-3a), 2.22 (1H, sed, *J* = 7.0, 2.5 Hz, H-11), 2.05 (1H, td, *J* = 13.4, 5.1 Hz, H-3b), 1.89 (1H, dt, *J* = 12.3, 3.0 Hz, H-9a), 1.84 (1H, dtd, *J* = 12.5, 5.0, 2.1 Hz, H-2a), 1.72 (1H, d, *J* = 9.9 Hz, H-5), 1.51 (1H, qd, *J* = 12.9, 4.8 Hz, H-2b), 1.50 (1H, m, H-8a), 1.27 (1H, tt, *J* = 12.3, 2.8 Hz, H-7), 1.20 (1H, qd, *J* = 12.9, 2.9 Hz, H-8b), 1.15 (1H, td, *J* = 12.7, 2.7 Hz, H-9b), 0.93 (3H, d, *J* = 7.0 Hz, H-12), 0.85 (3H, d, *J* = 7.0 Hz, H-13), 0.68 (3H, s, H-14); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 79.0 (C-1), 31.9 (C-2), 35.1 (C-3), 146.2 (C-4), 55.8 (C-5), 67.0 (C-6), 49.3 (C-7), 18.1 (C-8), 36.3 (C-9), 41.7 (C-10), 26.0 (C-11), 21.1 (C-12), 16.1 (C-13), 11.6 (C-14), 107.8 (C-15)。以上数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物**1**为1 β , 6 α -二羟基桉烷-4(15)-烯。

化合物**2**: 淡黄色油状液体。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 8.01 (1H, brd, *J* = 8.2 Hz, H-8), 7.59 (2H, m, H-5, 6), 7.41 (1H, m, H-7), 4.98 (1H, m, H-4), 2.93 (1H, ddd, *J* = 17.3, 7.5, 4.5 Hz, H-2a), 2.60 (1H, ddd, *J* = 17.3, 9.6, 4.6 Hz, H-2b), 2.40 (1H, ddd, *J* = 16.9, 8.1, 4.3 Hz, H-3a), 2.17 (1H, m, H-3b); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 197.4 (C-1), 35.1 (C-2), 32.1 (C-3), 67.9 (C-4), 127.0 (C-5), 134.1 (C-6), 127.2 (C-7), 128.4 (C-8), 131.2 (C-9), 145.3 (C-10)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物**2**为(4*S*)-4-羟基-1-四氢萜酮。

化合物**3**: 白色粉末。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 12.38 (1H, s, 8-OH), 7.46 (1H, t, *J* = 7.9 Hz, H-6), 6.99 (1H, d, *J* = 7.9 Hz, H-5), 6.88 (1H, d, *J* = 7.9 Hz, H-7), 4.87 (1H, dd, *J* = 6.8, 3.2 Hz, H-4), 2.96 (1H, dddd, *J* = 17.8, 8.2, 4.8, 2.2 Hz, H-2 α), 2.61 (1H, dddd, *J* = 17.8, 8.3, 4.8, 1.8 Hz, H-2 β), 2.30 (1H, dddd, *J* = 13.1, 8.3, 4.2, 2.1 Hz, H-3 β), 2.15 (1H,

dddd, $J = 13.1, 7.8, 4.8, 2.2$ Hz, H-3 α); ^{13}C -NMR (150 MHz, CDCl_3) δ : 204.3 (C-1), 34.5 (C-2), 31.1 (C-3), 67.6 (C-4), 117.7 (C-5), 137.0 (C-6), 117.4 (C-7), 162.6 (C-8), 115.2 (C-9), 145.9 (C-10)。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **3** 为 (4*S*)-4, 8-二羟基-1-四氢萘酮。

化合物 **4**: 白色粉末。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3COCD_3) δ : 7.92 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-2, 6), 6.92 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-3, 5); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3COCD_3) δ : 122.5 (C-1), 132.7 (C-2, 6), 115.9 (C-3, 5), 162.5 (C-4), 167.9 (C-7)。以上数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **4** 为对羟基苯甲酸。

化合物 **5**: 黄色无定形粉末。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3COCD_3) δ : 8.17 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'), 7.00 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 6.52 (1H, s, H-8), 6.26 (1H, s, H-6); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3COCD_3) δ : 147.0 (C-2), 136.9 (C-3), 176.8 (C-4), 162.1 (C-5), 99.1 (C-6), 164.9 (C-7), 94.4 (C-8), 157.7 (C-9), 104.1 (C-10), 123.5 (C-1'), 130.4 (C-2', 6'), 116.2 (C-3', 5'), 160.0 (C-4')。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **5** 为山柰酚。

化合物 **6**: 黄色无定形粉末。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3COCD_3) δ : 8.05 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-2'), 7.97 (1H, dd, $J = 8.5, 2.2$ Hz, H-6'), 7.00 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.50 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-8), 6.26 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-6), 5.38 (1H, t, $J = 7.4$ Hz, H-8'), 3.39 (2H, d, $J = 7.4$ Hz, H-7'), 1.74 (3H, s, H-10'), 1.73 (3H, s, H-11'); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3COCD_3) δ : 147.2 (C-2), 136.5 (C-3), 176.5 (C-4), 162.2 (C-5), 99.1 (C-6), 165.1 (C-7), 94.4 (C-8), 157.7 (C-9), 104.0 (C-10), 123.3 (C-1'), 130.2 (C-2'), 129.0 (C-3'), 157.8 (C-4'), 115.8 (C-5'), 127.9 (C-6'), 29.0 (C-7'), 123.2 (C-8'), 133.1 (C-9'), 25.9 (C-10'), 17.9 (C-11')。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **6** 为异甘草黄酮醇。

化合物 **7**: 黄色无定形粉末。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3COCD_3) δ : 12.10 (1H, s, 5-OH), 9.62 (1H, s, 7-OH), 8.99 (1H, s, 4'-OH), 8.06 (1H, dd, $J = 8.2, 2.2$ Hz, H-6'), 8.05 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-2'), 7.01 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.34 (1H, s, H-6), 5.39 (1H, t, $J = 7.4$ Hz, H-8'), 5.31 (1H, t, $J = 7.0$ Hz, H-12), 3.55 (2H, d, $J = 7.0$ Hz, H-11), 3.40 (2H, d, $J = 7.4$ Hz, H-7'), 1.79 (3H, s, H-14), 1.74 (6H, s, H-10', 11'), 1.64 (3H,

s, H-15); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3COCD_3) δ : 147.1 (C-2), 136.4 (C-3), 176.7 (C-4), 159.9 (C-5), 98.8 (C-6), 162.0 (C-7), 107.2 (C-8), 154.9 (C-9), 104.1 (C-10), 22.2 (C-11), 123.4 (C-12), 132.1 (C-13), 18.1 (C-14), 25.8 (C-15), 123.7 (C-1'), 129.9 (C-2'), 129.1 (C-3'), 157.8 (C-4'), 115.8 (C-5'), 128.2 (C-6'), 29.0 (C-7'), 123.0 (C-8'), 133.3 (C-9'), 17.8 (C-10'), 25.8 (C-11')。以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **7** 为 8, 3'-二异戊烯基山柰酚。

化合物 **8**: 黄色无定形粉末。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3COCD_3) δ : 12.41 (1H, s, 5-OH), 7.69 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2'), 7.60 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6'), 6.55 (1H, s, H-8), 5.37 (1H, t, $J = 7.4$ Hz, H-8'), 5.26 (1H, t, $J = 7.3$ Hz, H-12), 3.40 (2H, d, $J = 7.4$ Hz, H-7'), 3.35 (2H, d, $J = 7.3$ Hz, H-11), 1.77 (3H, s, H-11'), 1.75 (3H, s, H-15), 1.73 (3H, s, H-10'), 1.63 (3H, s, H-14); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3COCD_3) δ : 146.8 (C-2), 136.6 (C-3), 176.4 (C-4), 158.9 (C-5), 111.6 (C-6), 162.6 (C-7), 93.7 (C-8), 155.5 (C-9), 103.9 (C-10), 21.9 (C-11), 123.1 (C-12), 131.6 (C-13), 17.9 (C-14), 25.8 (C-15), 122.9 (C-1'), 113.3 (C-2'), 145.0 (C-3'), 146.3 (C-4'), 129.1 (C-5'), 121.7 (C-6'), 29.0 (C-7'), 123.4 (C-8'), 132.9 (C-9'), 17.9 (C-10'), 25.9 (C-11')。以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **8** 为 6, 5'-二异戊烯基槲皮素。

化合物 **9**: 黄色无定形粉末。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.71 (2H, d, $J = 8.3$ Hz, H-2', 6'), 6.90 (2H, d, $J = 8.3$ Hz, H-3', 5'), 6.30 (1H, s, H-8), 6.14 (1H, s, H-6), 5.36 (1H, brs, H-1"), 0.92 (3H, d, $J = 5.2$ Hz, H-6"); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 158.3 (C-2), 136.1 (C-3), 179.4 (C-4), 163.0 (C-5), 99.8 (C-6), 165.7 (C-7), 94.7 (C-8), 161.4 (C-9), 105.8 (C-10), 122.5 (C-1'), 131.9 (C-2', 6'), 116.4 (C-3', 5'), 159.1 (C-4'), 103.4 (C-1"), 72.0 (C-2"), 73.2 (C-3"), 71.9 (C-4"), 71.8 (C-5"), 17.6 (C-6")。以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **9** 为山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷。

化合物 **10**: 黄色无定形粉末。ESI-MS m/z : 447 $[\text{M} - \text{H}]^-$, 895 $[2\text{M} - \text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.20 (1H, s, H-2'), 7.15 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, H-6'), 6.78 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, H-5'), 6.16 (1H, s, H-8), 6.02 (1H, s, H-6), 5.22 (1H, brs, H-1"), 0.83 (3H, d, $J = 5.8$ Hz, H-6"); ^{13}C -NMR (150 MHz,

CD₃OD) δ : 159.1 (C-2), 136.0 (C-3), 179.3 (C-4), 162.8 (C-5), 99.7 (C-6), 165.5 (C-7), 94.7 (C-8), 158.2 (C-9), 105.7 (C-10), 122.9 (C-1'), 116.9 (C-2'), 146.0 (C-3'), 149.5 (C-4'), 116.3 (C-5'), 122.8 (C-6'), 103.3 (C-1''), 71.8 (C-2''), 72.0 (C-3''), 73.1 (C-4''), 71.8 (C-5''), 17.5 (C-6''). 以上波谱数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **10** 为槲皮素-3-O- α -L-鼠李糖苷。

4 讨论

黄杞中已报道了众多的黄酮及其苷类化学成分^[3-4], 并被认为是该中药发挥药效的主要物质基础, 很多黄酮如花旗松素、落新妇苷等还申请了提取工艺和药用价值方面的专利^[18-19]; 化合物 **6~8** 为异戊烯基取代的黄酮, 该类化合物为首次从黄杞属中分离得到。异戊烯基的存在增加了黄酮的脂溶性, 使其对细胞膜具有更强的亲和力, 因此与母核黄酮相比异戊烯基取代的黄酮表现出更强和更广泛的活性。据报道该类化合物具有抗菌、抗溃疡、抗炎、抑制疱疹病毒等活性^[20], 这表明该类物质很可能是黄杞用于治疗皮肤病的药效物质基础; 此外该类物质表现的抗菌、细胞毒、诱导 DNA 损伤表明该类物质也可能是该植物用于防治农作物病虫害和毒鱼的药效物质基础。

化合物 **9** 和 **10** 在黄杞中具有较高的量, 为黄杞总黄酮的主要成分, 且极性相对较大, 具有一定的水溶性, 结合黄酮类化合物广泛的生理活性, 表明它们很可能是黄杞在民间作为甜茶饮用, 具有降血糖、调血脂、抗凝血、抗血栓和抗氧化的重要物质基础, 其量较高说明其具有一定的工业化提取和用于药物、保健品开发的潜力和价值。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第21卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [2] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 (第五卷) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.
- [3] 孙 彤, 邓安珺, 李志宏, 等. 黄杞叶中黄酮类化学成分的研究 [J]. 中国药理学杂志, 2012, 47(20): 1617-1620.
- [4] Xin W B, Huang H Q, Yu L, *et al.* Three new flavanonol glycosides from leaves of *Engelhardtia roxburghiana*, and their anti-inflammation, antiproliferative and antioxidant properties [J]. *Food Chem*, 2012, 132(2): 788-798.
- [5] Lin W Y, Peng C F, Tsai I L, *et al.* Antitubercular constituents from the roots of *Engelhardtia roxburghiana* [J]. *Planta Med*, 2005, 71(2): 171-175.
- [6] Wu C C, Peng C F, Tsai I L, *et al.* Secondary metabolites from the roots of *Engelhardtia roxburghiana* and their antitubercular activities [J]. *Phytochemistry*, 2007, 68(9): 1338-1343.
- [7] Wu H C, Cheng M J, Peng C F, *et al.* Secondary metabolites from the stems of *Engelhardtia roxburghiana* and their antitubercular activities [J]. *Phytochemistry*, 2012, 82: 118-127.
- [8] Zhang H J, Tan G T, Santarsiero B D, *et al.* New sesquiterpenes from *Litsea verticillata* [J]. *J Nat Prod*, 2003, 66(5): 609-615.
- [9] 高 双, 叶开河, 张 英, 等. 枫杨树皮化学成分的研究 [J]. 中草药, 2013, 44(7): 803-807.
- [10] Talapatra S K, Karmacharya B, De S C, *et al.* (-)-Regiolone, an α -tetralone from *Juglans regia*: structure, stereochemistry and conformation [J]. *Phytochemistry*, 1988, 27(12): 3929-3932.
- [11] 李广志, 陈 峰, 沈连钢, 等. 石菖蒲根茎的化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(7): 808-811.
- [12] 赵 凯, 姜 勇, 薛培凤, 等. 国产肉桂的化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(17): 2358-2363.
- [13] 殷志琦, 巢剑非, 张雷红, 等. 构树化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(3): 420-422.
- [14] 倪 刚, 张庆建, 郑重飞, 等. 华桑茎皮的化学成分研究 [J]. 中草药, 2010, 41(2): 191-195.
- [15] Zhang P C, Wang S, Wu Y, *et al.* Five new diprenylated flavonols from the leaves of *Broussonetia kazinoki* [J]. *J Nat Prod*, 2001, 64(9): 1206-1209.
- [16] 金永日, 于又曦, 张丽粒, 等. 山荷叶的化学成分 [J]. 吉林大学学报, 2011, 49(2): 340-342.
- [17] 张 沛, 薛 莹, 青琳森, 等. 月季花的化学成分研究 [J]. 中草药, 2010, 41(10): 1616-1618.
- [18] 侯文彬, 张新鑫, 单 淇, 等. 一种从黄杞叶中制备花旗松素单体的方法及用途: 中国, CN 102477453 A [P]. 2012-05-30.
- [19] 季 红, 袁 牧. 一种从黄杞叶中提取落新妇苷和二氢槲皮素的方法及其提取物的用途: 中国, CN 102234300 A [P]. 2011-11-09.
- [20] Botta B, Vitali A, Menendez P, *et al.* Prenylated flavonoids: pharmacology and biotechnology [J]. *Curr Med Chem*, 2005, 12(6): 713-739.