

青龙衣中三萜类化合物的分析

杨炳友, 孟颖, 刘兆熙, 蒋艳秋, 周媛媛*
(黑龙江中医药大学药学院, 哈尔滨 150040)

[摘要] 目的:研究青龙衣抗肿瘤活性部位三萜类的化学成分。方法:采用反复硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 以及重结晶方法进行分离和纯化,根据理化性质及 NMR 光谱数据进行结构鉴定。结果:从青龙衣中分离并鉴定了 10 个化合物,分别鉴定为 20(S)-原人参二醇(1),20(S)-原人参二醇-3-酮(2),20(S)-羟基达玛烷-24-烯-3-酮(3),20(S),24(R)-二羟基达玛烷-25-烯-3-酮(4),1 β ,12 β ,20(S)-三羟基达玛烷-24-烯-3-酮(5),2 α -羟基齐墩果酸(6),2 α ,23-二羟基齐墩果酸(7),2 α -羟基熊果酸(8),23-羟基熊果酸(9),3-epikatic acid(10)。结论:化合物 1,3,5~10 为首次从胡桃属植物中分离得到。

[关键词] 青龙衣; 三萜类; 结构鉴定

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2015)02-0049-04

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2015020049

Triterpenes from Pericarps of *Juglans regia* YANG Bing-you, MENG Ying, LIU Zhao-xi, JIANG Yan-qiu, ZHOU Yuan-yuan* (College of Pharmacy, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China)

[Abstract] **Objective:** To study the anti-tumor triterpenes from the pericarps of *Juglans regia*. **Method:** The chemical constituents isolated and purified by silica gel, Sephadex LH-20 columns and recrystallization. The structures of isolated compounds were elucidated on the basis of NMR spectral data and physicochemical properties. **Result:** Ten compounds were separated and identified as 20 (S) -protopanaxadiol (1), 20 (S) -protopanaxadiol-3-one (2), 20 (S) -hydroxydammar-24-en-3-one (3), 20 (S), 24 (R) -dihydroxydammar-25-en-3-one (4), 1 β , 12 β , 20 (S) -trihydroxydammar-24-en-3-one (5), 2 α -hydroxyoleanolic acid (6), 2 α , 23-dihydroxyoleanolic acid (7), 2 α -hydroxyursolic acid (8), 23-hydroxyursolic acid (9), 3-epikatic acid (10). **Conclusion:** Compounds 1, 3, and 5-10 were isolated from *J. regia* for the first time.

[Key words] *Juglans regia*; triterpene; structure identification

青龙衣是胡桃科植物核桃和胡桃楸未成熟果实的干燥果皮,主产于东北、山东、河北等地。青龙衣始载于《开宝本草》^[1],味苦性寒,具有清热、解毒、止痢、抗疟、镇痛等功效^[2]。临床用于治疗胃溃疡、子宫脱垂、白细胞减少等,尤其在抗肿瘤方面的作用较为突出^[3]。据文献报道三萜类化合物抗肿瘤作用已得到公认,且毒副作用明显小于萜醌类,因此本实验重点对青龙衣中的三萜类化合物进行了深入提取和分离,从中分离得到 10 个三萜类化合物,化合物 1,3,5~10 为首次从该属植物中分离得到。本研

究为进一步研究青龙衣中的抗肿瘤活性成分提供了物质基础和科学依据。

1 材料

400 型超导核磁共振仪(德国 Bruker 公司),DTC-22 型隔膜真空泵(东京理化公司),AB-8 型大孔吸附树脂(南开大学化工厂),柱色谱硅胶 200~300 目(青岛海洋化工厂),HG/T2354 薄层色谱硅胶(青岛海洋化工厂),Sephadex LH-20(GE Healthcare Bio-Sciences AB),其他试剂均为分析纯。

青龙衣药材于 2012 年购于哈尔滨市三棵树药

[收稿日期] 20140529(007)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81202890);中国博士后科学基金面上资助(一等)项目(2013M530164);哈尔滨市青年科技创新人才项目(2013RFQXJ052);黑龙江中医药大学博士创新基金项目(B201103)

[第一作者] 杨炳友,博士,教授,从事中药质量评价及新药开发,Tel:13836196700,E-mail:ybywater@163.com

[通讯作者] *周媛媛,博士,副教授,从事中药及复方药效物质基础研究,Tel:18724628165,E-mail:zhouyuan yuan1998@163.com

材市场,经黑龙江中医药大学中药资源教研室王振月教授鉴定为胡桃楸 *Juglans regia* 未成熟果实的干燥果皮。

2 提取分离

将干燥的青龙衣药材 5.0 kg,粉碎,95% EtOH 回流提取 3 次,每次 2 h,减压浓缩得乙醇浸膏 327 g。提取物加适量水使其溶解,用三氯甲烷萃取 3 次,萃取液减压浓缩,得到三氯甲烷层浸膏 54 g,经硅胶柱色谱分离,反应用石油醚-乙酸乙酯进行梯度洗脱, Sephadex LH-20 以及重结晶方法进行分离和纯化,合并相同流分,得到化合物 **1** (10 mg), **2** (14 mg), **3** (9 mg), **4** (8 mg), **5** (7 mg), **6** (15 mg), **7** (11 mg), **8** (5 mg), **9** (13 mg), **10** (6 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1** 白色结晶(丙酮), Liebermann-Burchard 反应阳性; ESI-MS (m/z) 461 [M + H]⁺, 相对分子质量 460。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 3.41 (1H, br s, H-3), 3.54 (1H, dt, $J = 10.4, 5.2$ Hz, H-12), 1.75 (1H, t, $J = 10.6$ Hz, H-13), 5.18 (1H, t, H-24), 0.84, 0.88, 0.89, 0.94, 0.98, 1.19, 1.63, 1.69 (3H \times 8, s, CH₃-28, CH₃-19, CH₃-30, CH₃-29, CH₃-18, CH₃-21, CH₃-27, CH₃-26); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 40.1 (C-1), 28.5 (C-2), 76.2 (C-3), 39.9 (C-4), 53.7 (C-5), 19.7 (C-6), 35.5 (C-7), 40.3 (C-8), 50.7 (C-9), 37.6 (C-10), 31.2 (C-11), 71.0 (C-12), 48.9 (C-13), 51.7 (C-14), 30.9 (C-15), 27.2 (C-16), 53.5 (C-17), 16.9 (C-18), 16.0 (C-19), 74.4 (C-20), 26.3 (C-21), 35.1 (C-22), 23.2 (C-23), 125.0 (C-24), 131.8 (C-25), 25.6 (C-26), 17.8 (C-27), 22.3 (C-28), 16.4 (C-29), 15.7 (C-30)。以上波谱数据与文献[4]报道基本一致,故鉴定化合物 **1** 为 20(S)-原人参二醇 [20(S)-protopanaxadiol]。

化合物 **2** 白色粉末(甲醇), Liebermann-Burchard 反应阳性, Molish 反应阴性; ESI-MS (m/z) 457 [M - H]⁻, 相对分子质量 458。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 2.50 (2H, ddd, H-1), 3.56 (1H, dt, $J = 5.2, 10.4$ Hz, H-12), 1.77 (1H, t, $J = 10.8$ Hz, H-13), 5.14 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-24), 0.96, 0.97, 1.04, 1.06, 1.09, 1.17, 1.60, 1.66 (3H \times 8, s, CH₃-19, CH₃-30, CH₃-18, CH₃-28, CH₃-29, CH₃-21, CH₃-27, CH₃-26); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 40.0 (C-1), 35.6 (C-2), 220.2 (C-3), 49.4 (C-4), 56.9 (C-5), 20.9 (C-6), 35.6 (C-7), 40.5 (C-8), 50.6 (C-

9), 38.3 (C-10), 32.0 (C-11), 71.4 (C-12), 50.2 (C-13), 52.3 (C-14), 32.8 (C-15), 27.8 (C-16), 54.9 (C-17), 15.6 (C-18), 16.0 (C-19), 74.3 (C-20), 26.6 (C-21), 36.1 (C-22), 23.3 (C-23), 126.0 (C-24), 132.3 (C-25), 17.4 (C-26), 25.5 (C-27), 22.0 (C-28), 26.4 (C-29), 16.7 (C-30)。以上波谱数据与文献[5]报道基本一致,故鉴定化合物 **2** 为 20(S)-原人参二醇-3-酮 [20(S)-protopanaxadiol-3-one]。

化合物 **3** 白色针晶(丙酮), Liebermann-Burchard 反应阳性; ESI-MS (m/z) 442 [M]⁺, 相对分子质量为 442。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 3.60 (1H, dt, $J = 10.4, 5.2$ Hz, H-12), 5.16 (1H, m, H-24), 0.88, 0.94, 1.00, 1.04, 1.08, 1.15, 1.63, 1.67 (3H \times 8, s, CH₃-19, CH₃-30, CH₃-18, CH₃-28, CH₃-29, CH₃-21, CH₃-27, CH₃-26); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 39.9 (C-1), 34.5 (C-2), 218.1 (C-3), 47.4 (C-4), 55.3 (C-5), 19.6 (C-6), 24.8 (C-7), 40.3 (C-8), 49.8 (C-9), 36.8 (C-10), 22.0 (C-11), 27.5 (C-12), 42.4 (C-13), 50.3 (C-14), 31.2 (C-15), 25.7 (C-16), 50.0 (C-17), 16.3 (C-18), 16.0 (C-19), 75.4 (C-20), 25.5 (C-21), 40.5 (C-22), 22.6 (C-23), 124.7 (C-24), 131.6 (C-25), 25.7 (C-26), 17.7 (C-27), 26.7 (C-28), 21.0 (C-29), 15.2 (C-30)。以上波谱数据与文献[6-7]报道基本一致,故鉴定化合物 **3** 为 20(S)-羟基达玛烷-24-烯-3-酮 [20(S)-hydroxydammar-24-en-3-one]。

化合物 **4** 无色针状结晶(甲醇), Liebermann-Burchard 反应阳性; ESI-MS (m/z) 457 [M - H]⁻, 相对分子质量为 458。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 2.52 (1H, m, H-2a), 2.55 (1H, m, H-2b), 3.92 (1H, t, $J = 6.6$ Hz, H-24), 4.82, 4.91 (2H, brs, H-26), 0.91, 0.95, 0.99, 1.06, 1.08, 1.16, 1.73 (3H \times 7, s, CH₃-30, CH₃-19, CH₃-18, CH₃-28, CH₃-29, CH₃-21, CH₃-27); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 39.9 (C-1), 34.1 (C-2), 218.1 (C-3), 47.4 (C-4), 55.3 (C-5), 19.6 (C-6), 34.5 (C-7), 40.3 (C-8), 50.0 (C-9), 36.8 (C-10), 22.0 (C-11), 27.5 (C-12), 42.5 (C-13), 50.3 (C-14), 31.1 (C-15), 24.8 (C-16), 50.0 (C-17), 15.2 (C-18), 16.0 (C-19), 75.3 (C-20), 25.3 (C-21), 36.2 (C-22), 25.1 (C-23), 89.7 (C-24), 143.7 (C-25), 114.0 (C-26), 17.6 (C-27), 26.7 (C-28), 21.0 (C-29), 16.2 (C-30)。以上波谱数据与文献[8]报道的数据一致,故鉴定化合物 **4** 为 20

(S), 24(R)-二羟基达玛烷-25-烯-3-酮[20(S), 24(R)-dihydroxydammar-25-en-3-one]。

化合物5 无色晶体(甲醇), Liebermann-Burchard 反应阳性; ESI-MS(m/z) 473 [M - H]⁻, 相对分子质量为 474。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 3.93(1H, dd, $J = 10.9, 6.1$ Hz, H-1), 2.97(1H, dd, $J = 19.6, 10.8$ Hz, H-2a), 2.17(1H, dd, $J = 19.6, 6.0$ Hz, H-2b), 3.66(1H, td, $J = 10.6, 5.6$ Hz, H-12), 1.76(1H, t, $J = 10.8$ Hz, H-13), 5.12(1H, t, $J = 7.0$ Hz, H-24), 0.92, 0.93, 1.02, 1.05, 1.07, 1.19, 1.64, 1.71(3H × 8, s, CH₃-19, CH₃-30, CH₃-18, CH₃-28, CH₃-29, CH₃-21, CH₃-27, CH₃-26); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 79.4(C-1), 215.0(C-3), 51.9(C-4), 47.7(C-5), 19.8(C-6), 34.7(C-7), 40.4(C-8), 50.1(C-9), 36.5(C-10), 22.2(C-11), 27.2(C-12), 42.6(C-13), 50.3(C-14), 31.5(C-15), 25.5(C-16), 50.0(C-17), 16.3(C-18), 16.1(C-19), 74.5(C-20), 27.0(C-21), 34.7(C-22), 22.5(C-23), 125.2(C-24), 131.7(C-25), 25.9(C-26), 18.1(C-27), 27.9(C-28), 20.0(C-29), 16.9(C-30)。以上波谱数据与文献[9]报道基本一致, 故鉴定化合物5为1β, 12β, 20(S)-三羟基达玛烷-24-烯-3-酮[1β, 12β, 20(S)-trihydroxydammar-24-en-3-one]。

化合物6 白色粉末(甲醇), Liebermann-Burchard 反应阳性; ESI-MS(m/z) 471 [M - H]⁻, 相对分子质量为 472。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ: 4.06(1H, m, H-2), 4.14(1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-3), 5.42(1H, m, H-12), 0.93, 0.96, 0.99, 1.02, 1.05, 1.24, 1.26(3H × 7, s, CH₃-24, CH₃-29, CH₃-30, CH₃-26, CH₃-25, CH₃-23, CH₃-27); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ: 47.8(C-1), 69.8(C-2), 85.0(C-3), 40.1(C-4), 56.2(C-5), 19.3(C-6), 33.2(C-7), 40.2(C-8), 48.9(C-9), 39.7(C-10), 24.9(C-11), 123.1(C-12), 145.2(C-13), 42.2(C-14), 28.5(C-15), 23.8(C-16), 47.3(C-17), 41.8(C-18), 46.9(C-19), 31.1(C-20), 34.1(C-21), 32.8(C-22), 28.6(C-23), 17.1(C-24), 16.9(C-25), 17.1(C-26), 25.2(C-27), 180.5(C-28), 30.2(C-29), 22.4(C-30)。以上波谱数据与文献[10]报道基本一致, 故鉴定化合物6为2α-羟基齐墩果酸(2α-hydroxyolea-nolic acid)。

化合物7 无色针晶(丙酮), 无色针状粉末(MeOH), Liebermann-Burchard 反应阳性, Molish 反

应阴性。ESI-MS(m/z) 487 [M - H]⁻, 相对分子质量为 488。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 3.69(1H, m, H-2), 3.34(1H, dd, $J = 9.6, 1.6$ Hz, H-3), 5.24(1H, t, $J = 3.2$ Hz, H-12), 3.27(1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-23a), 3.47(1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-23b), 0.67, 0.76, 0.87, 0.90, 1.02, 1.12(3H × 6, s, CH₃-24, CH₃-26, CH₃-29, CH₃-30, CH₃-25, CH₃-27); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 46.8(C-1), 66.9(C-2), 78.7(C-3), 39.8(C-4), 47.6(C-5), 18.2(C-6), 32.8(C-7), 39.8(C-8), 42.8(C-9), 38.2(C-10), 23.3(C-11), 122.3(C-12), 144.5(C-13), 41.4(C-14), 27.6(C-15), 23.5(C-16), 46.7(C-17), 41.5(C-18), 40.4(C-19), 30.8(C-20), 33.4(C-21), 32.3(C-22), 71.0(C-23), 16.9(C-24), 16.1(C-25), 16.6(C-26), 25.6(C-27), 180.3(C-28), 32.7(C-29), 22.6(C-30)。以上波谱数据与文献[11]报道基本一致, 故鉴定化合物7为2α, 23-二羟基齐墩果酸(2α, 23-dihydroxyoleanolic acid)。

化合物8 白色粉末(甲醇), Liebermann-Burchard 反应阳性; ESI-MS(m/z) 471 [M - H]⁻, 相对分子质量为 472。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 5.18(1H, m, H-12), 4.34(1H, d, $J = 8.9$ Hz, H-2α), 0.93(3H, d, $J = 6.4$ Hz, CH₃-30), 0.85(3H, d, $J = 6.2$ Hz, CH₃-29), 0.73, 0.76, 0.93, 1.07, 1.26(3H × 5, s, CH₃-25, CH₃-24, CH₃-26, CH₃-27, CH₃-23); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 47.0(C-1), 67.1(C-2), 80.3(C-3), 39.1(C-4), 54.9(C-5), 19.3(C-6), 32.2(C-7), 39.3(C-8), 47.3(C-9), 37.9(C-10), 23.5(C-11), 125.2(C-12), 138.7(C-13), 42.3(C-14), 27.9(C-15), 24.0(C-16), 47.1(C-17), 52.8(C-18), 38.9(C-19), 39.9(C-20), 32.5(C-21), 37.1(C-22), 28.9(C-23), 16.3(C-24), 16.9(C-25), 17.1(C-26), 23.3(C-27), 178.6(C-28), 17.1(C-29), 20.1(C-30)。以上波谱数据与文献[12]报道基本一致, 故鉴定该化合物8为2α-羟基熊果酸(2α-hydro-xyursolic acid)。

化合物9 白色粉末(甲醇), Liebermann-Burchard 反应阳性; ESI-MS(m/z) 471 [M - H]⁻, 相对分子质量为 472。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 3.67(1H, m, H-3), 5.19(1H, m, H-12), 2.46(1H, d, $J = 11.6$ Hz, H-18), 3.78(1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-23a), 4.26(1H, d, $J = 11.3$ Hz, H-23b), 0.76, 0.92, 1.01, 1.13(3H × 4, s, CH₃-25, CH₃-24, CH₃-27, CH₃-26), 0.78(3H, d, $J = 6.8$ Hz, CH₃-29), 0.88(3H, d,

$J = 6.8 \text{ Hz}$, $\text{CH}_3\text{-30}$); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 39.4 (C-1), 28.0 (C-2), 76.8 (C-3), 43.1 (C-4), 48.2 (C-5), 19.1 (C-6), 33.7 (C-7), 40.2 (C-8), 48.2 (C-9), 37.9 (C-10), 23.5 (C-11), 125.4 (C-12), 138.9 (C-13), 42.1 (C-14), 29.2 (C-15), 24.7 (C-16), 48.0 (C-17), 53.0 (C-18), 39.2 (C-19), 39.0 (C-20), 33.5 (C-21), 37.5 (C-22), 68.5 (C-23), 15.6 (C-24), 17.2 (C-25), 17.2 (C-26), 22.8 (C-27), 180.1 (C-28), 17.1 (C-29), 21.0 (C-30)。以上波谱数据与文献[13]报道基本一致,故鉴定化合物**9**为23-羟基熊果酸(23-hydroxyursolic acid)。

化合物**10** 无色针晶, Liebermann-Burchard 反应阳性; ESI-MS (m/z) 456 [M]⁺, 相对分子量为456。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 3.26 (1H, m, H-3), 5.19 (1H, t, $J = 3.4 \text{ Hz}$, H-12), 0.79, 0.84, 0.91, 0.94, 0.98, 1.12, 1.22 (3H \times 7, s, $\text{CH}_3\text{-26}$, $\text{CH}_3\text{-24}$, $\text{CH}_3\text{-28}$, $\text{CH}_3\text{-25}$, $\text{CH}_3\text{-30}$, $\text{CH}_3\text{-23}$, $\text{CH}_3\text{-27}$); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 39.3 (C-1), 28.2 (C-2), 78.7 (C-3), 39.2 (C-4), 54.2 (C-5), 18.9 (C-6), 32.5 (C-7), 40.5 (C-8), 48.2 (C-9), 37.6 (C-10), 24.0 (C-11), 123.8 (C-12), 144.6 (C-13), 41.5 (C-14), 27.9 (C-15), 27.2 (C-16), 32.8 (C-17), 48.9 (C-18), 40.2 (C-19), 41.1 (C-20), 34.0 (C-21), 27.7 (C-22), 28.6 (C-23), 16.4 (C-24), 16.4 (C-25), 17.6 (C-26), 26.5 (C-27), 28.9 (C-28), 181.4 (C-29), 19.9 (C-30)。以上波谱数据与文献[14-15]报道基本一致,故鉴定化合物**10**为3-epikatononic acid。

4 讨论

本实验对青龙衣抗肿瘤部位进行了成分的提取和分离,从中得到10个三萜类化合物,其中化合物**1, 3, 5 ~ 10**为首次从该属植物中分离得到。丰富了青龙衣抗肿瘤作用的化学成分,同时为进一步研究胡桃楸外果皮主要成分、生物活性以及药用价值的开发提供参考依据。目前国内、外对青龙衣三萜类化合物的研究较少,本研究结果可为开发和利用青龙衣植物资源提供参考。

[参考文献]

- [1] 江苏新医学院. 中药大词典. 下册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 1544.
- [2] 赵守讯, 黄泰康, 丁志遵, 等. 中药辞海. 三卷[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1996.
- [3] 曲中原, 邹翔, 胡国军, 等. 青龙衣中胡桃醌提取工艺研究[J]. 中医药学报, 2008, 36(4): 30-32.
- [4] 曹家庆, 符鹏, 赵余庆. 三七茎叶皂苷酸水解产物中一个新化合物的分离和鉴定[J]. 中草药, 2013, 44(2): 137-140.
- [5] 周媛媛, 王栋, 牛峰. 抗肿瘤中药青龙衣化学成分的研究[J]. 中草药, 2010, 41(1): 11-14.
- [6] 张前军, 杨小生, 朱海燕, 等. 连钱草中三萜类化学成分[J]. 中草药, 2006, 37(12): 1780-1781.
- [7] 杨翀, 梁光义, 钟幻思, 等. 德务淫羊藿的化学成分研究[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(1): 34-35.
- [8] Lee I S, Oh S R, Ahn K S, et al. Semialactone, isofouquierone peroxide and fouquierone, three new dammarane triterpenes from *Rhus javanica* [J]. Chem Pharm Bull, 2001, 49(8): 1024-1026.
- [9] Asai T, Hara N, Fujimoto Y. Fatty acid derivatives and dammarane triterpenes from the glandular trichome exudates of *Ibicella lutea* and *Proboscidea louisiana* [J]. Phytochem, 2010, 71: 877-894.
- [10] 赵晶, 高文远, 段宏泉, 等. 日本路边青的化学成分研究[J]. 中草药, 2008, 39(7): 978-981.
- [11] 肖朝江, 周星利, 韩冰洋, 等. 腺花香茶菜地下根茎化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(3): 333-337.
- [12] 李药兰, 王冠, 薛一, 等. 白马骨化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(7): 605-608.
- [13] 丁林芬, 马银海, 吴兴德, 等. 珍珠菜的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(6): 984-986.
- [14] 杨光忠, 郭夫江, 李援朝. 雷公藤多苷三萜类成分的研究[J]. 中国药学杂志, 2000, 35(1): 50-51.
- [15] Fujita R, Duan H, Takaishi Y. Terpenoids from *Tripterigium hypoglaucum* [J]. Phytochem, 2000, 53(6): 715-722.

[责任编辑 顾雪竹]