

乳香醋酸乙酯部位的化学成分研究

赵娜夏¹, 常允平², 夏广萍¹, 张俊艳³, 韩英梅^{1*}

1. 天津药物研究院 天津市新药设计与发现重点实验室, 天津 300193

2. 江苏吴中苏药医药开发有限责任公司, 江苏 南京 210009

3. 河北省沧州中西医结合医院, 河北 沧州 061001

摘要: 目的 研究乳香中醋酸乙酯部位的化学成分。方法 采用正反相硅胶柱色谱和重结晶等技术对其醋酸乙酯部位中的化学成分进行分离和纯化, 并根据波谱数据鉴定化合物的结构。结果 分离得到 9 个化合物, 分别鉴定为 3 α -乙酰氧基-甘遂-7,24-二烯-21-酸 (1)、3 α -乙酰氧基-羊毛甾-8,24-二烯-21-酸 (2)、3-羰基-甘遂-8,24-二烯-21-酸 (3)、3 β -羟基-羊毛甾-8,24-二烯-21-酸 (4)、3-乙酰基-11-羰基- β -乳香酸 (5)、3-乙酰基- α -乳香酸 (6)、3-乙酰基- β -乳香酸 (7)、incensole oxide acetate (8)、棕榈酸 (9)。结论 化合物 1 是首次从天然资源中分离得到, 化合物 9 为首次从乳香中分离得到。

关键词: 乳香; 乳香酸; 三萜; 3 α -乙酰氧基-甘遂-7,24-二烯-21-酸; 棕榈酸

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-5515(2013)06-0822-04

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2013.06.002

Chemical constituents in ethyl acetate fraction from *Olibanum*

ZHAO Na-xia¹, CHANG Yun-ping², XIA Guang-ping¹, ZHANG Jun-yan³, HAN Ying-mei¹

1. Tianjin Key Laboratory of Molecular Design and Drug Discovery, Tianjin Institute of Pharmaceutical Research, Tianjin 300193, China

2. Jiangsu Wuzhong Suyao Pharmaceutical Development Co. Ltd., Nanjing 210009, China

3. Hebei Province Cangzhou Hospital of Integrated Traditional and Western Medicine, Cangzhou 061001, China

Abstract: **Objective** To study the chemical constituents in the ethyl acetate fraction from *Olibanum*. **Methods** The chemical constituents in the ethyl acetate fraction from *Olibanum* were isolated and purified by methods of column chromatography (silica gel, including reversed phase) and recrystallization, and their structures were identified on the basis of spectroscopic data. **Results** Nine compounds were separated and identified as 3 α -acetoxy-tirucall-7,24-dien-21-oic acid (1), 3 α -acetoxy-lyanosta-8,24-dien-21-oic acid (2), 3-keto-tirucall-8,24-dien-21-oic acid (3), 3 β -hydroxy-lyanosta-8,24-dien-21-oic acid (4), 3-acetyl-11-keto- β -boswellic acid (5), 3-acetyl- α -boswellic acid (6), 3-acetyl- β -boswellic acid (7), incensole oxide acetate (8), and palmitic acid (9). **Conclusion** Compound 1 is isolated from natural source for the first time and compound 9 is found from *Olibanum* for the first time.

Key words: *Olibanum*; boswellic acid; triterpenoids; 3 α -acetoxy-tirucall-7,24-dien-21-oic acid; palmitic acid

乳香是橄榄科植物乳香树 *Boswellia carterii* Birdw. 及同属植物 *B. bhaw-dajiana* Birdw. 树皮渗出的树脂, 分为索马里乳香和埃塞俄比亚乳香。具有活血止痛、消肿生肌的功效, 用于治疗胸痹心痛、胃脘疼痛、痛经闭经、产后瘀阻、癥瘕腹痛、风湿痹痛、筋脉拘挛、跌打损伤、痈肿疮疡^[1]。乳香主要

含有乳香酸类化学成分^[2], 研究发现乳香酸类化合物及挥发油类具有抑制肿瘤细胞增殖、诱导细胞分化和凋亡等抗肿瘤作用^[3]。为寻找高效低毒的抗肿瘤药物, 本课题组对乳香的 95% 乙醇提取物进行了较为系统的化学成分研究, 从其提取物的醋酸乙酯部位共分离得到了 9 个化合物, 根据波谱数据分别

收稿日期: 2013-09-29

基金项目: 国家重大新药创制专项 (2011ZX09401-009)

作者简介: 赵娜夏 (1979—), 女 (满族), 硕士, 主要从事天然产物活性成分研究与创新药物研发。

Tel: (022)23006959 E-mail: farfarns@163.com

*通信作者 韩英梅, 研究员。Tel: (022)23006959 E-mail: hanyingmei@163.com

鉴定为 3 α -乙酰氧基-甘遂-7,24-二烯-21-酸 (1)、3 α -乙酰氧基-羊毛甾-8,24-二烯-21-酸 (2)、3-羰基-甘遂-8,24-二烯-21-酸 (3)、3 β -羟基-羊毛甾-8,24-二烯-21-酸 (4)、3-乙酰基-11-羰基- β -乳香酸 (5)、3-乙酰基- α -乳香酸 (6)、3-乙酰基- β -乳香酸 (7)、incensole oxide acetate (8)、棕榈酸 (9)。其中化合物 1 为首次从天然资源中分离得到, 化合物 9 是首次从乳香中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker AV-400、AV3-600MHz 型核磁共振仪 (德国 Bruker 公司); ZAB-HS 有机磁式质谱仪 (英国 VG 公司); Waters Model 510 型制备型高效液相色谱仪 (Waters 公司); 柱色谱用硅胶 (200~300 目, 青岛海洋化工厂); 反相 C₁₈ 填料 (20~30 μ m, 天津博瑞键合色谱技术有限公司生产); 试剂为药用品级或分析级常用试剂。

乳香药材购自河北安国药材市场, 生品, 经天津药物研究院韩英梅研究员鉴定为乳香树 *Boswellia carterii* Birdw 中渗出的树脂。

2 提取与分离

乳香药材 1.6 kg, 95%乙醇回流提取 3 次, 提取时间分别为 2、1.5、1.5 h。合并提取液并减压浓缩至无醇味, 将得到的浸膏分散于水中, 分别用 2%、4%、8% NaOH 溶液 900、200、40 mL 调节 pH 值至 9~10, 得到溶液约 3 000 mL。用醋酸乙酯萃取, 减压浓缩得流浸膏 I 约 580 g, 将上述碱性水层溶液用盐酸调 pH 值至 3~4, 再用醋酸乙酯萃取, 合并萃取液, 用水洗涤, 有机层用无水硫酸钠干燥, 减压浓缩得流浸膏 II 约 284 g。取流浸膏 II 50 g, 经硅胶柱色谱石油醚-醋酸乙酯 (100:0~0:100)、石油醚-丙酮 (4:6~7:3) 梯度洗脱, TLC 检测, 10%硫酸乙醇溶液显色, 合并相同组分, 得到 14 个组分。组分 2 (5.5 g) 经硅胶柱色谱石油醚-醋酸乙酯 (100:0~100:16) 梯度洗脱、制备薄层色谱石油醚-醋酸乙酯 (10:1) 洗脱, 得到化合物 8 (43.4 mg)。组分 3 中析出白色球状固体, 用石油醚反复重结晶, 得到化合物 9 (16.7 mg)。组分 5 中析出白色固体 (87.1 mg), 滤过, 经半制备型高效液相色谱甲醇-水-甲酸 (93:7:0.1) 分离, 得到化合物 1 (6.5 mg)、2 (41.7 mg)。组分 7 中析出白色粉末状固体 (300 mg), 经 C₁₈ 反相低压柱色谱乙醇-水 (70:30~100:0) 梯度洗脱、半制备型高效液相色谱甲醇-水-甲酸 (95:5:0.1) 分离,

得到化合物 6 (31.4 mg)、7 (41.9 mg)。组分 8 中析出白色固体, 经醋酸乙酯重结晶, 得到化合物 3 (422 mg)。组分 9 中析出的白色粉末状固体, 经醋酸乙酯重结晶, 得到化合物 4 (33 mg)。从组分 10 中析出的固体经石油醚-醋酸乙酯重结晶, 得到无色针状结晶为化合物 5 (2 300 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1: 白色无定形粉末。EI-MS m/z : 498 [M]⁺, 437, 423, 341, 281, 227, 187, 119, 69, 43, 分子式为 C₃₂H₅₀O₄; ¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 0.79 (3H, s, H-19), 0.87 (3H, s, H-28), 0.97 (3H, s, H-18), 1.01 (3H, s, H-29), 1.05 (3H, s, H-30), 1.61 (3H, s, H-26), 1.71 (3H, s, H-27), 2.10 (3H, s, CH₃CO), 2.33 (1H, brs, H-20), 4.71 (1H, brs, H-3), 5.15 (1H, brs, H-24), 5.29 (1H, brs, H-7); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 32.04 (C-1), 22.88 (C-2), 78.34 (C-3), 36.60 (C-4), 45.58 (C-5), 23.78 (C-6), 118.21 (C-7), 145.63 (C-8), 48.36 (C-9), 34.77 (C-10), 26.05 (C-11), 33.46 (C-12), 43.36 (C-13), 51.07 (C-14), 30.05 (C-15), 17.60 (C-16), 49.81 (C-17), 21.61 (C-18), 12.88 (C-19), 47.37 (C-20), 81.71 (C-21), 32.31 (C-22), 29.69 (C-23), 123.58 (C-24), 132.23 (C-25), 17.64 (C-26), 25.67 (C-27), 27.37 (C-28), 21.40 (C-29), 27.23 (C-30), 21.28 (CH₃CO), 170.77 (CH₃CO)。在 ¹H-NMR 谱中, δ 0.79、0.87、0.97、1.01、1.05、1.61、1.71、2.10 处显示 8 个甲基氢信号, 其中 δ 2.10 为乙酰基氢信号, δ 4.71 处为 1 个连氧叔氢信号, δ 5.15、5.29 处各显示 1 个烯键单氢信号; ¹³C-NMR 谱中显示 32 个碳信号, 其中 δ 21.28、170.77 为乙酰基信号, 与 ¹H-NMR 谱中相关氢信号相符, 说明结构中有 1 个乙酰基取代。氢、碳谱数据与文献报道^[4]的 3 α -羟基-甘遂-7,24-二烯酸数据相近, 主要区别在于 H-3 信号向低场位移, C-3 信号向低场位移, C-2、4 信号向高场位移, 说明 C-3 位 α -羟基乙酰化。结合相关文献^[5-6], 确定化合物 1 结构为 3 α -乙酰氧基-甘遂-7,24-二烯-21-酸, 该化合物曾报道由 3 α -羟基-甘遂-7,24-二烯酸合成而得^[7], 本研究是首次从天然资源中分离得到。

化合物 2: 白色粉末状固体 (醋酸乙酯)。EI-MS m/z : 498 [M]⁺, 423, 371, 303, 201, 135, 69, 43; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 0.85 (6H, s, H-18、28), 0.86 (3H, s, H-29), 0.88 (3H, s,

H-30), 0.92 (3H, s, H-19), 1.57 (3H, s, H-26), 1.66 (3H, s, H-27), 2.04 (3H, s, CH₃CO), 4.64 (1H, brs, H-3b), 5.08 (1H, brs, H-24); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 29.28 (C-1), 23.35 (C-2), 77.95 (C-3), 36.77 (C-4), 45.87 (C-5), 18.57 (C-6), 26.86 (C-7), 134.17 (C-8), 132.97 (C-9), 37.09 (C-10), 21.34 (C-11), 28.80 (C-12), 43.87 (C-13), 49.66 (C-14), 30.54 (C-15), 27.03 (C-16), 46.94 (C-17), 15.84 (C-18), 19.77 (C-19), 47.63 (C-20), 183.02 (C-21), 32.43 (C-22), 25.94 (C-23), 123.58 (C-24), 132.20 (C-25), 17.62 (C-26), 25.66 (C-27), 21.84 (C-28), 27.60 (C-29), 24.44 (C-30), 21.52 (CH₃CO), 170.83 (CH₃CO)。以上波谱数据与文献报道^[8]基本一致, 故鉴定化合物 **2** 为 3α-乙酰氧基-羊毛甾-8,24-二烯-21-酸。

化合物 **3**: 白色粉末 (醋酸乙酯)。EI-MS *m/z*: 454 [M]⁺, 439, 297, 243, 145, 69, 41; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 0.80 (3H, s, H-19), 0.88 (3H, s, H-30), 1.01 (3H, s, H-18), 1.03 (3H, s, H-28), 1.07 (3H, s, H-29), 1.56 (3H, s, H-27), 1.65 (3H, s, H-26), 5.07 (1H, t, *J*=7.2 Hz, H-24); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 35.57 (C-1), 34.53 (C-2), 217.90 (C-3), 47.29 (C-4), 51.47 (C-5), 20.15 (C-6), 26.84 (C-7), 134.39 (C-8), 132.65 (C-9), 37.12 (C-10), 25.92 (C-11), 32.39 (C-12), 43.88 (C-13), 49.68 (C-14), 29.28 (C-15), 27.39 (C-16), 46.95 (C-17), 19.62 (C-18), 15.80 (C-19), 47.58 (C-20), 182.86 (C-21), 21.35 (C-22), 28.67 (C-23), 123.53 (C-24), 132.26 (C-25), 25.67 (C-26), 17.62 (C-27), 21.13 (C-28), 26.57 (C-29), 24.25 (C-30)。以上波谱数据与文献报道^[9]基本一致, 故鉴定化合物 **3** 为 3-羰基-甘遂-8,2-二烯-21-酸。

化合物 **4**: 无色针状结晶 (醋酸乙酯)。EI-MS *m/z*: 456 [M]⁺, 423, 281, 201, 135, 69, 43; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 0.77 (3H, s, H-18), 0.80 (3H, s, H-28), 0.86 (3H, s, H-19), 0.91 (3H, s, H-30), 0.98 (3H, s, H-29), 1.56 (3H, s, H-26), 1.66 (3H, s, H-27), 2.25 (1H, dt, *J*=14.8、10.8 Hz, H-20), 3.21 (1H, dd, *J*=11.6、4.4 Hz, H-3a), 5.07 (1H, t, *J*=6.8 Hz, H-24); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 35.30 (C-1), 28.01 (C-2), 78.97 (C-3), 38.92 (C-4), 50.94 (C-5), 18.87 (C-6), 26.90 (C-7), 133.17 (C-8), 134.07 (C-9), 37.28 (C-10), 21.52

(C-11), 28.83 (C-12), 43.89 (C-13), 49.61 (C-14), 29.33 (C-15), 27.59 (C-16), 46.93 (C-17), 15.75 (C-18), 20.02 (C-19), 47.57 (C-20), 182.44 (C-21), 32.45 (C-22), 25.94 (C-23), 123.60 (C-24), 132.21 (C-25), 17.63 (C-26), 25.67 (C-27), 15.52 (C-28), 27.83 (C-29), 24.41 (C-30)。以上波谱数据与文献报道^[10]基本一致, 故鉴定化合物 **4** 为 3β-羟基-羊毛甾-8,24-二烯-21-酸。

化合物 **5**: 无色针状结晶 (石油醚-醋酸乙酯)。EI-MS *m/z*: 512 [M]⁺, 452, 408, 353, 273, 232, 135, 69, 43; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 0.78 (3H, d, *J*=6.4 Hz, H-29), 0.80 (3H, s, H-28), 0.92 (3H, s, H-30), 1.12 (3H, s, H-25), 1.17 (3H, s, H-26), 1.21 (3H, s, H-27), 1.32 (3H, s, H-23), 2.06 (3H, s, CH₃CO), 2.39 (1H, s, H-9), 5.28 (1H, brs, H-3), 5.53 (1H, s, H-12); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 34.59 (C-1), 23.51 (C-2), 73.09 (C-3), 46.47 (C-4), 50.41 (C-5), 18.73 (C-6), 32.83 (C-7), 43.76 (C-8), 60.31 (C-9), 37.37 (C-10), 199.30 (C-11), 130.46 (C-12), 165.01 (C-13), 45.05 (C-14), 27.51 (C-15), 27.22 (C-16), 33.95 (C-17), 59.02 (C-18), 39.31 (C-19), 39.26 (C-20), 30.90 (C-21), 40.90 (C-22), 23.82 (C-23), 181.62 (C-24), 13.16 (C-25), 18.36 (C-26), 21.10 (C-27), 28.83 (C-28), 17.39 (C-29), 20.50 (C-30), 21.29 (CH₃CO), 170.22 (CH₃CO)。以上波谱数据与文献报道^[11]基本一致, 故鉴定化合物 **5** 为 3-乙酰基-11-羰基-β-乳香酸。

化合物 **6**: 无色针状结晶 (甲醇), 10%硫酸乙醇溶液显紫色。EI-MS *m/z*: 498 [M]⁺, 438, 423, 379, 218, 203, 119, 55, 43; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 0.82 (3H, s, H-28), 0.85 (3H, s, H-30), 0.88 (3H, s, H-25), 0.99 (3H, s, H-26), 1.17 (3H, s, H-27), 1.22 (3H, s, H-23), 2.07 (3H, s, CH₃CO), 5.18 (1H, brs, H-12), 5.28 (1H, brs, H-3); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ: 34.28 (C-1), 23.55 (C-2), 73.23 (C-3), 46.86 (C-4), 50.60 (C-5), 19.61 (C-6), 32.53 (C-7), 39.81 (C-8), 47.35 (C-9), 37.45 (C-10), 23.55 (C-11), 121.80 (C-12), 145.06 (C-13), 41.92 (C-14), 26.99 (C-15), 26.10 (C-16), 32.75 (C-17), 46.66 (C-18), 46.78 (C-19), 31.07 (C-20), 34.74 (C-21), 37.12 (C-22), 23.67 (C-23), 182.42 (C-24), 13.09 (C-25), 16.76

(C-26), 25.93 (C-27), 28.43 (C-28), 23.67 (C-29), 33.31 (C-30), 21.29 (CH₃CO), 170.37 (CH₃CO)。以上波谱数据与文献报道^[11]基本一致, 故鉴定化合物 **6** 为 3-乙酰基- α -乳香酸。

化合物 **7**: 无色针状结晶 (甲醇), 10%硫酸乙醇溶液显紫色。EI-MS m/z : 498 [M]⁺, 438, 379, 257, 218, 133, 95, 55; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 0.79 (3H, br s, H-29), 0.89 (3H, s, H-28), 1.03 (6H, s, H-25、30), 1.10 (3H, s, H-26), 1.22 (6H, s, H-23、27), 2.08 (3H, s, CH₃CO), 5.13 (1H, brs, H-12), 5.29 (1H, brs, H-3); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 34.53 (C-1), 23.41 (C-2), 73.24 (C-3), 46.82 (C-4), 50.61 (C-5), 19.59 (C-6), 33.06 (C-7), 40.04 (C-8), 46.65 (C-9), 37.41 (C-10), 23.61 (C-11), 124.52 (C-12), 139.55 (C-13), 42.27 (C-14), 28.12 (C-15), 26.54 (C-16), 33.80 (C-17), 59.18 (C-18), 39.61 (C-19), 39.75 (C-20), 31.26 (C-21), 41.52 (C-22), 23.26 (C-23), 182.17 (C-24), 13.28 (C-25), 16.87 (C-26), 23.67 (C-27), 28.78 (C-28), 17.45 (C-29), 21.37 (C-30), 21.30 (CH₃CO), 170.35 (CH₃CO)。以上波谱数据与文献报道^[11]基本一致, 故鉴定化合物 **7** 为 3-乙酰基- β -乳香酸。

化合物 **8**: 黄色油状物, 10%硫酸乙醇溶液显紫色。EI-MS m/z : 366 [M]⁺; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 0.87 (3H, d, $J=7.2$ Hz, H-20), 0.89 (3H, d, $J=7.2$ Hz, H-19), 1.10 (3H, s, H-15), 1.19 (3H, s, H-17), 1.59 (3H, s, H-16), 2.04 (3H, s, CH₃CO), 2.95 (1H, dd, $J=4.8$ 、2.8 Hz, H-13), 4.91 (1H, d, $J=10.4$ Hz, H-5), 5.22 (1H, t, $J=6.6$ Hz, H-9); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 88.72 (C-1), 29.58 (C-2), 35.28 (C-3), 83.20 (C-4), 77.76 (C-5), 27.59 (C-6), 32.68 (C-7), 135.08 (C-8), 123.81 (C-9), 23.68 (C-10), 37.91 (C-11), 59.26 (C-12), 59.93 (C-13), 35.49 (C-14), 21.44 (C-15), 18.28 (C-16), 16.81 (C-17), 32.77 (C-18), 16.95 (C-19), 18.28 (C-20), 21.19 (CH₃CO), 171.28 (CH₃CO), 以上波谱数据与文献报道^[12]基本一致, 故鉴定化合物 **8** 为 incensole oxide acetate。

化合物 **9**: 白色粉末状晶体 (氯仿)。EI-MS m/z :

256 [M]⁺, 213, 129, 73, 60, 29, 分子式为 CH₃(CH₂)₁₄COOH; ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 0.86 (3H, t, $J=6.8$ Hz, H-1), 1.24 (26H, brs, H-3~15), 1.62 (2H, m, H-2), 2.33 (2H, t, $J=7.6$ Hz, H-16); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 14.10 (C-1), 22.69~34.05 (CH₂), 180.10 (C-16)。以上波谱数据与文献报道^[13]基本一致, 故确定化合物 **9** 为棕榈酸。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010: 207.
- [2] 王 峰, 华会明, 王淑美, 等. 乳香的化学成分研究 [J]. 中草药, 2011, 42(7): 1293-1296.
- [3] 常允平, 韩英梅, 张俊艳. 乳香的化学成分和药理活性研究进展 [J]. 现代药物与临床, 2012, 27(1): 52-59.
- [4] Mora A J, Delgado G, Díaz de Delgado G. 3 α -hydroxytirucalla-7,24-dien-21-oic acid: a triterpene from *Protium crenatum* sandwith [J]. *Acta Crystallogr C*, 2001, 57(Pt5): 638-640.
- [5] Maia R M, Barbosa R, Cruz F, et al. Triterpenes from the resin of *Protium heptaphyllum* March (Burseraceae): characterization in binary mixtures [J]. *Quim Nova*, 2000, 23(5): 623-626.
- [6] Liang G Y, Gray A L, Waternan P G. Tirucallane and oleanane triterpenes from the resin of *Aucoumea klaineana* [J]. *Phytochemistry*, 1988, 27(7): 2283-2286.
- [7] Banno N, Akihisa T, Yasukawa K, et al. Anti-inflammatory activities of the triterpene acids from the resin of *Boswellia carteri* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2006, 107(2): 249-253.
- [8] Rosecke J, König W A. Steroids from the fungus *Fomitopsis pinicola* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 52(8): 1621-1627.
- [9] Li F S, Yan D L, Liu R R, et al. Chemical constituents of *Boswellia carterii* (Frankincense) [J]. *Chin J Nat Med*, 2010, 8(1): 25-27.
- [10] 郭 辉, 张 玲, 尚立霞. 乳香抗哮喘有效部位化学成分的研究 [J]. 中草药, 2007, 38(7): 983-985.
- [11] 周金云, 崔 锐. 乳香的化学成分 [J]. 药学学报, 2002, 37(8): 633-635.
- [12] 李福双, 徐康平, 袁寿洪, 等. 乳香大环二萜类化学成分研究 [J]. 有机化学, 2010, 30(1): 107-111.
- [13] 薛 芊, 郭美丽, 张 戈. 青葙子化学成分研究 [J]. 药学服务与研究, 2006, 6(5): 345-347.