

# 中药附子的化学成分

张晶, 孙桂波, 雷崎方, 李广志, 王钧麓, 斯建勇\*

(中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193)

**[摘要]** 目的:研究有毒中药附子的化学成分。方法:采用硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱、中压 MCI 柱色谱、制备液相等方法分离纯化,通过其理化性质和波谱数据鉴定化合物的结构。结果:从附子中分离得到了 10 个化合物,分别鉴定为尼奥灵(1)、附子灵(2)、异塔拉萨定(3)、8-乙氧基-14-苯甲酰基中乌头碱(4)、苯甲酰新乌头碱(5)、芝麻素(6)、表芝麻素(7)、异落叶松脂素(8)、亚油酸(9)、 $\beta$ -fruf(2 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -glu(10)。结论:化合物 6~10 为首次从该中药中分离得到。

**[关键词]** 附子; 化学成分; 木脂素

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2014)15-0108-04

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2014150108

## Chemical Constituents of Aconiti Lateralis Radix Praeparata

ZHANG Jing, SUN Gui-bo, LEI Qi-fang, LI Guang-zhi, WANG Jun-chi, SI Jian-yong\*

(Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China)

**[Abstract]** **Objective:** To investigate the chemical constituents of Aconiti Lateralis Radix Praeparata. **Method:** The constituents were isolated by silica gel, Sephadex LH-20 gel, medium-pressure MCI columns and HPLC, and their structures were identified by chemical properties and spectroscopic analyses. **Result:** Ten compounds were isolated and their structures were elucidated as neoline (1), fuziline (2), isotalatizidine (3), 8-OEt-14-benzoylmesaconine (4), 14-benzoyaconitine (5), sesamin (6), episesamin (7), isolaricresinol (8), linoleic acid (9),  $\beta$ -fruf(2 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -glu(10). **Conclusion:** Compounds 6-10 are obtained from this plant for the first time.

**[Key words]** Aconiti Lateralis Radix Praeparata; constituents; lignans

附子根据加工方法不同,分为盐附子、黑顺片及白附片等,具有回阳救逆,补火助阳,散寒止痛等作用。用于治疗亡阳虚脱,肢冷脉微,阳萎宫冷,脘腹冷痛,虚寒吐泻,阴寒水肿,阳虚外感,寒湿痹痛。孕妇慎用,不宜与半夏、瓜蒌、天花粉、贝母、白蔹、白及等同用<sup>[1]</sup>。

附子主要活性和毒性成分为二萜类生物碱,附子在炮制过程中二萜类生物碱发生转化,剧毒成分的双酯型生物碱含量降低,单酯型生物碱含量增

加<sup>[2-3]</sup>。除此之外还有一些其他类型化合物,如木脂素、脂肪酸、黄酮、皂苷、糖类等,其中多糖具有降血糖、抗抑郁等作用<sup>[4]</sup>,但这些物质基础研究较少。为了揭示附子药效和毒性的物质基础,本实验对生附子活性部位进行了化学研究,从中分离得到了 10 个化合物,包括 5 个生物碱、3 个木脂素、1 个脂肪酸及 1 个双糖。通过理化鉴定、波谱分析方法(NMR, ESI-MS)结合已知数据对照后确定其结构分别为尼奥灵(neoline, 1)、附子灵(fuziline, 2)、异塔拉萨定

**[收稿日期]** 20130826(003)

**[基金项目]** 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB522805);国家“重大新药创制”科技重大专项(2011ZX09307-002-01, 2012ZX09301-001-001)

**[第一作者]** 张晶,硕士,从事天然产物化学研究工作,Tel:010-57833273,E-mail:changletingzhu@163.com

**[通讯作者]** \* 斯建勇,博士,研究员,从事天然产物化学研究工作,Tel:010-57833299,E-mail:jysi@implad.ac.cn

(isotalatizidine, **3**)、8-乙氧基-14-苯甲酰基中乌头碱(8-OEt-14-benzoylmesaconine, **4**)、苯甲酰新乌头碱(14-benzoyaconitine, **5**)、芝麻素(sesamin, **6**)、表芝麻素(episesamin, **7**)、异落叶松脂素(isolariciresinol, **8**)、亚油酸(linoleic acid, **9**)、 $\beta$ -fruf(2 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -glu(**10**)。其中,化合物**6**~**10**为首次从该中药中分离得到。

## 1 材料

Bruker AM-600 型核磁共振仪(德国 Bruker 公司), LTQ Orbitrap XL Spectrometer(美国 Thermo Fisher Scientific 公司),薄层色谱硅胶 GF254(烟台化学工业研究所),凝胶 Sephadex LH-20(美国 GE 公司),柱色谱硅胶均(青岛海洋化工厂),MCI(日本三菱公司),大孔阳离子交换树脂 D001(浙江争光实业股份有限公司),中压液相色谱仪(美国 Waters 公司),分析纯试剂均购自北京化工厂;色谱纯试剂均购自 Karl Fischer 公司。

药材生附子购自四川江油中坝附子科技发展有限公司,采挖时间为 2009 年 6 月 30 日。经中国医学科学院药用植物研究所张本刚研究员鉴定为毛茛科乌头属植物乌头 *Aconitum carmichaeli* Debx. 的干燥子根。

## 2 提取与分离

生附子 20 kg 粉碎,95% 乙醇回流提取 3 次,每次 2 h,得浸膏 8 kg,充分溶解于 1% HCl 溶液中,过滤得到的酸水液通过 D001 型大孔阳离子交换树脂,用去离子水将树脂冲至中性后晾干,用 10% 氨水碱化,三氯甲烷提取,减压蒸干后得到三氯甲烷部位 78.5 g。经过反复硅胶色谱柱色谱、MCI 色谱、Sephadex LH-20 色谱、反相 ODS 制备色谱等方法,分离得到**1**(300 mg),**2**(210 mg),**3**(35 mg),**4**(20 mg),**5**(12 mg),**6**(9 mg),**7**(11 mg),**8**(9 mg),**9**(4 mg),**10**(500 mg)。

## 3 结构鉴定

化合物**1** 白色粉末(二氯甲烷-甲醇);碘化铊钾试剂显色阳性;ESI-MS  $m/z$ : 438 [M + H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR(600 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 4.19(1H, d,  $J$  = 6.6 Hz, H-6), 4.09(1H, t,  $J$  = 4.2 Hz, H-14), 3.58(1H, m, H-1), 3.44, 3.35, 3.30(各 3H, s, -OCH<sub>3</sub>), 3.33(1H, m, H-16), 1.05(3H, d,  $J$  = 7.2 Hz, -NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>);<sup>13</sup>C-NMR(150 MHz, MeOD) 数据见表 1。以上数据与文献[5]报道基本一致,故鉴定化合物**1**为尼奥灵。

化合物**2** 淡黄色结晶(二氯甲烷-甲醇);碘化

铊钾试剂显色阳性;ESI-MS  $m/z$ : 454 [M + H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR(600 MHz, MeOD)  $\delta$ : 4.38(1H, d,  $J$  = 7.2 Hz, H-16), 4.16(1H, d,  $J$  = 7.2 Hz, H-15), 4.15(1H, t,  $J$  = 4.2 Hz, H-14), 4.06(1H, t,  $J$  = 6.0 Hz, H-6), 3.70(1H, brs, H-1), 3.65(1H, d,  $J$  = 7.8 Hz,  $\alpha$ H-18), 3.41, 3.34, 3.31(各 3H, s, -OCH<sub>3</sub>), 3.16(1H, d,  $J$  = 7.8 Hz,  $\beta$ H-18), 1.12(3H, t,  $J$  = 7.2 Hz, -NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>);<sup>13</sup>C-NMR(150 MHz, MeOD) 数据见表 1。以上数据与文献[5]报道基本一致,故鉴定化合物**2**为附子灵。

化合物**3** 白色粉末(二氯甲烷-甲醇);碘化铊钾试剂显色阳性;ESI-MS  $m/z$ : 408 [M + H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR(600 MHz, MeOD)  $\delta$ : 4.21(1H, t,  $J$  = 4.2 Hz, H-14), 3.83(1H, brs, H-1), 3.41, 3.39(各 3H, s, -OCH<sub>3</sub>), 3.27, 2.85(各 1H, d,  $J$  = 9.0 Hz,  $\alpha$ H-18,  $\beta$ H-18), 1.20(3H, t,  $J$  = 7.2 Hz, -NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>);<sup>13</sup>C-NMR(150 MHz, MeOD) 数据见表 1。以上数据与文献[6-7]报道基本一致,故鉴定化合物**3**为异塔拉萨定。

化合物**4** 白色粉末(二氯甲烷-甲醇);碘化铊钾试剂显色阳性;ESI-MS  $m/z$ : 618 [M + H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR(600 MHz, MeOD)  $\delta$ : 8.10(2H, m, H-3', 5'), 7.61(1H, m, H-4'), 7.48(2H, m, H-2', 6'), 4.78(1H, d,  $J$  = 5.6 Hz, H-14), 4.49(1H, d,  $J$  = 5.6 Hz, H-15), 4.10(1H, m, H-6), 3.73, 3.31, 3.30, 3.29(各 3H, s, -OCH<sub>3</sub>), 3.51(2H, q,  $J$  = 7.0 Hz, -OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 2.34(3H, s, N-CH<sub>3</sub>), 0.51(3H, t,  $J$  = 7.0 Hz, -OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>);<sup>13</sup>C-NMR(150 MHz, MeOD) 数据见表 1。以上数据与文献[8]报道基本一致,故鉴定化合物**4**为 8-乙氧基-14-苯甲酰基中乌头碱。

化合物**5** 白色粉末(二氯甲烷-甲醇);碘化铊钾试剂显色阳性;ESI-MS  $m/z$ : 590 [M + H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR(600 MHz, MeOD)  $\delta$ : 8.07(2H, m, H-3', 5'), 7.56(1H, m, H-4'), 7.48(2H, t,  $J$  = 7.8 Hz, H-2', 6'), 5.01(1H, d,  $J$  = 6.2 Hz, H-14), 4.57(1H, d,  $J$  = 6.2 Hz, H-6), 4.23(1H, d,  $J$  = 7.2 Hz, H-15), 3.70, 3.39, 3.35, 3.32(各 3H, s, -OCH<sub>3</sub>), 3.18(1H, d,  $J$  = 7.2 Hz, H-16), 2.48(3H, s, -NCH<sub>3</sub>);<sup>13</sup>C-NMR(150 MHz, MeOD) 数据见表 1。以上数据与文献[9]报道基本一致,故鉴定化合物**5**为苯甲酰新乌头碱。

化合物**6** 无色针晶(甲醇);ESI-MS  $m/z$ : 355 [M + H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR(600 MHz, MeOD)  $\delta$ : 6.86(2H, s, H-2, 2'), 6.82(2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-5, 5'), 6.76

(2H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-6, 6'), 5.91 (4H, s, -OCH<sub>2</sub>O<sup>-</sup>), 4.69 (2H, d,  $J = 4.5$  Hz, H-7, 7'), 4.21 (2H, dd,  $J = 6.8, 9.0$  Hz, H-9 $\alpha$ , 9' $\alpha$ ), 3.84 (2H, dd,  $J = 4.0, 9.0$  Hz, H-9 $\beta$ , 9' $\beta$ ), 3.07 (2H, m, H-8, 8'); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, MeOD)  $\delta$ : 149.4 (C-4, 4'), 148.6 (C-3, 3'), 136.5 (C-1, 1'), 120.6 (C-6, 6'), 108.9 (C-5, 5'), 107.5 (C-2, 2'), 102.4 (-OCH<sub>2</sub>O<sup>-</sup>), 87.3 (C-7, 7'), 72.7 (C-9, 9'), 55.6 (C-8, 8')。以上数据与文献[10-11]报道基本一致,故鉴定化合物 **6** 为芝麻素。

化合物 **7** 无色针晶(甲醇);ESI-MS  $m/z$ :355 [M + H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, MeOD)  $\delta$ : 6.76 ~ 6.87(6H, m, 芳香氢), 5.97 (2H, s, -OCH<sub>2</sub>O<sup>-</sup>), 5.95 (2H, s, -OCH<sub>2</sub>O<sup>-</sup>); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, MeOD)  $\delta$ :149.2 (C-4'), 148.5 (C-5'), 148.9 (C-4), 147.6 (C-3), 135.9 (C-1), 133.6 (C-1'), 120.8 (C-2'), 120.0 (C-6), 109.0 (C-3', 5), 107.6 (C-2), 107.5 (C-6'), 102.5, 102.4 (-OCH<sub>2</sub>O<sup>-</sup>), 89.3 (C-7'), 83.5 (C-7), 72.11 (C-9), 70.7 (C-9'), 55.9 (C-8'), 51.4 (C-8)。以上数据与文献[12]报道基本一致,故鉴定化合物 **7** 为表芝麻素。

化合物 **8** 白色粉末(甲醇)ESI-MS  $m/z$ :383 [M + Na]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, MeOD)  $\delta$ : 6.77 (1H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-5), 6.71 (1H, d,  $J = 1.8$  Hz, H-2), 6.70 (1H, s, H-2'), 6.66 (1H, dd,  $J = 1.8$  Hz, 8.4Hz, H-6), 6.23 (1H, s, H-5'), 3.79 (3H, s, 3'-OCH<sub>3</sub>), 3.79 (2H, d,  $J = 10.4$  Hz, H-7), 3.76 (3H, s, 3-OCH<sub>3</sub>), 3.70 (2H, m, H-9'), 3.69, 3.39 (2H, dd,  $J = 4.0, 11.0$  Hz, H-9), 2.80 (2H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-7'), 1.99 (1H, m, H-8), 1.75 (1H, m, H-8'); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, MeOD)  $\delta$ : 148.9 (C-3), 147.1 (C-3'), 145.8 (C-4), 145.2 (C-4'), 138.5 (C-1), 134.1 (C-6'), 129.0 (C-1'), 123.1 (C-6), 117.2 (C-5'), 115.9 (C-5), 113.8 (C-2), 112.3 (C-2'), 65.9 (C-9'), 62.2 (C-9), 56.4 (3'-OCH<sub>3</sub>), 56.3 (3-OCH<sub>3</sub>), 48.1 (C-7, 8), 40.0 (C-8'), 33.4 (C-7')。以上数据与文献[13]报道基本一致,故鉴定化合物 **8** 为异落叶松脂素。

化合物 **9** 淡黄色油状(三氯甲烷);ESI-MS  $m/z$ :281 [M + H]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 5.39 (4H, m, H-9, 10, 12, 13), 2.85 (2H, t,  $J = 6.6$  Hz, H-11), 2.34 (1H, t,  $J = 7.2$  Hz, H-2), 2.11 (4H, m, H-8, 14), 1.65 (2H, m, H-3), 1.27 (14H, brs, H-4 ~ 7, 15 ~ 17), 0.89 (3H, t,  $J = 7.2$  Hz, H-18)。<sup>13</sup>C-

NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 178.9 (C-1), 132.3 (C-10), 129.9 (C-12), 128.4 (C-13), 127.3 (C-9), 34.5 (C-2), 31.0 (C-16), 29.7 (C-7), 29.6 (C-6), 29.5 (C-15), 29.3 (C-5), 29.1 (C-4), 27.7 (C-8), 27.7 (C-14), 25.7 (C-11), 24.7 (C-3), 22.6 (C-17), 14.2 (C-18)。以上数据与文献[14]报道基本一致,故鉴定化合物 **9** 为亚油酸。

化合物 **10** 无色晶体(甲醇);ESI-MS  $m/z$ :341 [M-H]<sup>-</sup>;Molish 试剂阳性。<sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, MeOD)  $\delta$ : 103.8 (C-2), 92.2 (C-1'), 81.4 (C-5), 76.6 (C-3), 74.1 (C-4), 72.7 (C-3'), 72.5 (C-2'), 71.1 (C-5'), 69.3 (C-4'), 62.4 (C-6), 61.5 (C-6'), 60.2 (C-1)。以上数据与文献[15]报道基本一致,故鉴定化合物 **10** 为  $\beta$ -fruf(2 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -glu。

表 1 化合物 1 ~ 5 的 <sup>13</sup>C-NMR 数据

C	1	2	3	4	5
1	72.2	72.3	73.4	81.1	82.2
2	29.4	29.6	27.5	35.8	37.7
3	29.9	30.1	30.7	69.8	70.9
4	38.1	38.2	38.1	43.8	44.4
5	44.8	45.0	42.4	46.0	45.7
6	83.2	85.6	25.6	83.5	83.4
7	52.2	48.6	45.0	42.6	50.4
8	74.3	79.9	74.5	83.1	79.1
9	48.3	45.6	47.2	45.5	49.7
10	40.6	40.8	44.8	42.0	42.0
11	49.5	49.8	49.5	49.9	51.0
12	29.8	30.8	30.0	36.8	38.1
13	44.1	43.8	41.0	74.1	76.4
14	75.8	76.8	76.1	79.3	80.9
15	42.7	79.9	42.6	78.9	81.8
16	82.2	92.3	84.0	95.5	94.5
17	63.5	63.8	64.3	62.2	62.0
18	80.3	80.8	79.6	76.8	79.8
19	57.1	57.6	57.5	49.1	51.9
-NCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	48.2	48.4	48.6		
-NCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	13.0	13.7	13.1		
-NCH <sub>3</sub>				43.0	42.3
1-OCH <sub>3</sub>				58.9	58.0
6-OCH <sub>3</sub>	57.8	57.6		56.2	57.9
8-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>				57.6, 15.6	
16-OCH <sub>3</sub>	56.3	58.5	56.2	62.1	58.2
18-OCH <sub>3</sub>	59.2	59.6	59.4	59.0	59.6
14-OCO <sup>-</sup>				167.8	167.8
1'				131.6	131.7
2',6'				130.8	130.4
3',5'				129.2	128.9
4'				131.6	134.0

# 不同栽培品种橘皮中主要活性成分的动态积累

刘荣, 韦正, 樊丹青, 杨丽, 陈鸿平, 刘友平\*  
(成都中医药大学药学院, 中药资源系统研究与开发利用省部  
共建国家重点实验室培育基地, 成都 611137)

**[摘要]** 目的: 比较不同采收时间 3 个栽培品种红橘、樟头红、南丰蜜橘皮中黄酮、生物碱、总酚酸、多糖类成分的含量, 探讨橘皮类药材中上述 4 种活性成分及相对间的组成比例随采收时间的动态积累过程。方法: 采用紫外-可见分光光度法测定橘皮中总黄酮、总酚酸、多糖的含量; HPLC 测定药材中 4 种主要黄酮类成分、辛弗林的含量。HPLC 测定药材中 4 种主要黄酮类成分及辛弗林含量, Hypersil BDS C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm × 200 mm, 5 μm), 流动相为 0.05% 磷酸-乙腈梯度洗脱, 柱温 30 ℃, 流速 0.7 mL·min<sup>-1</sup>, 双波长检测 283, 335 nm, 进样量 5 μL。结果: 3 种橘皮中黄酮、总酚酸、辛弗林含量随采收时间的增加逐渐降低至果实成熟时趋于稳定, 多糖则逐渐上升至成熟期达最高; 红橘和樟头红中总黄酮与总酚酸(7.01 ~ 11.14, 6.37 ~ 9.14)的比例随果实成熟度增加而增加, 而南丰蜜橘(6.25 ~ 4.04)则降低; 3 种橘皮中多糖与总酚酸(6.18 ~ 21.45, 2.70 ~ 4.40, 6.36 ~ 14.51)的比例均随果实成熟度的增加而升高。结论: 该研究为阐释我国传统中药青皮、陈皮两药“同源不同效、一体二用”的物质基础差异及橘皮类药材质量标准的升级提供参考。

**[关键词]** 橘皮; 活性成分; 黄酮; 生物碱; 总酚酸; 多糖; 动态积累

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2014)15-0111-07

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2014150111

**[收稿日期]** 20130728(008)

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目(81072991); 四川省教育厅自然科学重点项目(09ZA033)

**[第一作者]** 刘荣, 在读硕士, 从事中药化学成分与质量标准化研究, Tel: 15928667250, E-mail: liurong2007@126.com

**[通讯作者]** \* 刘友平, 研究员, 博士生导师, 从事中药质量标准化及药效物质基础研究, Tel: 028-61800158, E-mail: lyp@cdutcm.edu.cn

## [参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 177.

[2] 周思思, 马增春, 梁乾德, 等. 基于 UPLC/Q-TOF-MS 分析附子煎煮过程中化学成分的变化[J]. 中西医结合学报, 2012, 10(8): 894.

[3] 陈荣昌, 孙桂波, 张强, 等. 附子毒性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(8): 1126.

[4] 张思佳, 刘敏卓, 刘静涵, 等. 附子的化学成分研究[J]. 药学研究, 2010, 37(3): 262.

[5] 丁立生, 陈维新. 天然 C<sub>19</sub>-二萜生物碱的核磁共振谱(I)[J]. 天然产物研究与开发, 1989, 7(1): 6.

[6] Pelletier S W, Keith L H, Parthasarathy P C. Structure of condalpine isotalatizidine and talatizidine[J]. J Am Chem Soc, 1967, 89(7): 4146.

[7] Khetwal K S, Desai H K, Joshi B S, et al. A new norditerpenoid alkaloids from the seeds of *Delphinium ajacis*[J]. Heterocycles, 1994, 38(4): 833.

[8] 于海兰, 贾世山. 蒙药草乌叶中的一个新二萜生物碱

Bewucine[J]. 药学学报, 2000, 35(3): 232.

[9] 魏巍, 李绪文, 杨瑞杰, 等. 3 种单酯型乌头碱的 NMR 研究[J]. 波谱学杂志, 2010, 27(2): 238.

[10] Christov R, Bankova V, Tsvetkova I, et al. Antibacterial furofuran lignans from Canary Islands propolis[J]. Fitoterapia, 1999, 70(6): 89.

[11] 叶敏, 阎玉凝, 乔梁, 等. 中药菟丝子化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2002, 27(2): 115.

[12] Chen I S, Chen T L, Chang Y L, et al. Chemical constituents and biological activities of the fruit of *Zanthoxylum intergrifolium*[J]. J Nat Prod, 1999, 62(6): 833.

[13] Jutiviboonsuk A, Zhang H J, Tan G T, et al. Bioactive constituents from roots of *Bursera tonkinensis*[J]. Phytochemistry, 2005, 66(23): 2745.

[14] 杨阳, 蔡飞, 陈万生, 等. 头花蓼化学成分的研究(I)[J]. 第二军医大学学报, 2009, 30(8): 937.

[15] Munksgaard V. Oligosaccharider I honing[D]. Kemisk Institut; Danmarks Farmaceutiske Hojskole, 1981.

[责任编辑 邹晓翠]