

ESI-MS m/z : 431.0 $[M-H]^-$, 284.9 $[M-H-146]^-$. 1H -NMR (DMSO- d_6 , 500 MHz) δ : 8.09 (2H, d, $J=8.9$ Hz, H-2', 6'), 6.95 (2H, d, $J=8.9$ Hz, H-3', 5'), 6.83 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-8), 6.43 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-6), 5.55 (1H, s, H-1'), 3.85 (1H, d, $J=3.2$ Hz, H-5'), 3.65 (1H, dd, $J=9.4$, 3.4 Hz, H-2'), 3.32 (2H, d, $J=9.4$ Hz), 1.13 (3H, d, $J=6.2$ Hz, CH_3-5'). ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 125 MHz) δ : 161.5 (C-7), 160.2 (C-5), 159.2 (C-4'), 155.8 (C-9), 129.7 (C-2'), 129.7 (C-6'), 121.6 (C-1'), 115.5 (C-3'), 115.5 (C-5'), 98.9 (C-6), 98.5 (C-1'), 94.5 (C-8), 71.6 (C-4'), 70.2 (C-3'), 70.1 (C-2'), 69.8 (C-5'), 17.9 (C-6'). 光谱数据与文献对照一致^[9], 鉴定该化合物为山柰酚-7-O- α -L-鼠李糖苷。

化合物 VIII 类白色结晶 (甲醇), mp 276~278 °C. ESI-MS m/z : 328.9 $[M-H]^-$. 1H -NMR (DMSO- d_6 , 500 MHz) δ : 10.82 (1H, s, OH-7), 9.68 (1H, s, OH-4'), 9.38 (1H, s, OH-3'), 7.52 (1H, d, $J=1.8$ Hz, H-2'), 7.40 (1H, dd, $J=1.8, 8.6$ Hz, H-6'), 6.90 (1H, d, $J=8.4$ Hz, H-5'), 6.43 (1H, d, $J=1.8$ Hz, H-8), 6.37 (1H, d, $J=1.5$ Hz, H-6), 3.82 (3H, s, OCH_3-5) 和 3.71 (3H, s, OCH_3-3)。光谱数据与文献对照一致^[10], 鉴定该化合物为山核桃素。

化合物 IX: 黄色结晶 (甲醇), mp 306~308 °C。

ESI-MS m/z : 314.9 $[M-H]^-$. 1H -NMR (DMSO- d_6 , 500 MHz) δ : 12.72 (1H, s, OH-5), 10.87 (1H, s, OH-7), 9.80 (1H, s, OH-3), 9.43 (1H, s, OH-4'), 7.55 (1H, d, $J=2.1$ Hz, H-2'), 7.45 (1H, dd, $J=2.1, 8.7$ Hz, H-6'), 6.91 (1H, d, $J=8.7$ Hz, H-5'), 6.41 (1H, d, $J=2.1$ Hz, H-8), 6.20 (1H, d, $J=2.1$ Hz, H-6)。光谱数据与文献对照一致^[11], 鉴定该化合物为异鼠李素。

参考文献:

- [1] 吴征镒主编 云南植物志(第四卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [2] 黄泰康主编 现代本草纲目上卷 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2001.
- [3] 陈锦明, 秦延年, 舒伟. 羊蹄躅镇痛有效成分的研究 [J]. 徐州医学院学报, 1981, 1: 6-10.
- [4] 杨天明, 朱景申, 张长弓. 羊蹄躅的研究进展 [J]. 中药材, 2002, 25(11): 829-832.
- [5] 丁盈, 姜梅香, 周应军, 等. 桑叶降糖活性成分研究 [J]. 中国药物化学杂志, 2007, 17(6): 386-389.
- [6] 段静雨, 阮金兰. 小连翘化学成分研究 [J]. 中草药, 2005, 36(10): 1461-1463.
- [7] 陈江骏, 冯峰. 四川寄生的化学成分研究 [J]. 中药材, 2007, 30(11): 1393-1395.
- [8] Isobe T, Kanazawa K, Fujimura M, et al. Flavonoids of *Polypogon sieboldi* and *P. filiforme* [J]. Bull Chem Soc Jpn, 1981, 54: 3239.
- [9] 李宁, 李锐, 冯志国, 等. 过山蕨中黄酮类成分的研究 [J]. 中国药理学杂志, 2007, 42(14): 1049-1053.
- [10] 黄开毅, 张冬松, 高慧媛, 等. 黄独的化学成分 [J]. 沈阳药科大学学报, 2007, 24(3): 145-147.
- [11] 王斌, 李慧梁, 汤建, 等. 藜芦的黄酮类化学成分研究 [J]. 药学服务与研究, 2007, 7(5): 347-349.

雷公藤红素衍生物的合成与评价

王家强¹, 刘军峰², 关玉昆¹, 赵烽¹, 许卉¹, 刘珂^{1,2,*}

(1. 烟台大学药学院, 烟台 264005; 2. 山东靶点药物研究有限公司, 烟台 264006)

摘要:目的 以蛋白酶抑制剂雷公藤红素为先导化合物进行结构修饰, 以期得到脂溶性的前体药物。方法 经常规提取分离得到雷公藤红素(I), 通过脱水缩合方法和先成盐后酯化方法合成雷公藤红素衍生物; 采用MTT法研究了5个衍生物的细胞毒活性。结果 合成的5个衍生物经结构确证为雷公藤红素甲酯(II)、雷公藤红素苄酯(III)、雷公藤红素正十六醇酯(IV)、雷公藤红素环氧丙酯(V)和雷公藤红素酰胺(VI); 5个衍生物除雷公藤红素酰胺外, 其余4个衍生物的细胞毒活性与母体相当, 均比阳性对照药顺铂的细胞毒活性强。结论 首次合成了雷公藤红素酯类衍生物, 且具有较强细胞毒活性。

关键词:雷公藤红素; 雷公藤红素甲酯; 雷公藤红素苄酯; 雷公藤红素正十六醇酯; 雷公藤红素环氧丙酯; 结构修饰; 细胞毒活性

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2009)02-0201-04

* 收稿日期: 2008-05-04

作者简介: 王家强(1983—), 男, 山东省临沂市人, 在读硕士。Tel: (0535) 6706030-8003 E-mail: wjq8283@126.com

* 通讯作者 刘珂 Tel: (0535) 6706066 E-mail: liuke@ytu.edu.cn

雷公藤红素(南蛇藤醇 celastrol)是从传统中药雷公藤 *Tripterygium wilfordii* Hook. f. 中提取分离得到的三萜类成分^[1]。雷公藤在临床上用于风湿性关节炎^[2]、系统性红斑狼疮^[3,4]等疾病,体外药理实验证实雷公藤红素具有抗炎^[1]、抑制肿瘤细胞增殖和诱导白血病细胞凋亡等作用^[5~7]。最近的研究证实雷公藤红素是通过抑制癌细胞的蛋白酶进而诱发癌细胞凋亡而发挥抗癌作用,它可以有效抑制纯化的 20S 蛋白酶的糜蛋白样作用($IC_{50} = 2.5 \mu\text{mol/L}$)和人前列腺癌细胞的 26S 蛋白酶体($IC_{50} = 1 \sim 5 \mu\text{mol/L}$);在体内实验中,雷公藤红素可以显著地抑制裸鼠前列腺癌的生长,抑制率达65%~93%^[8]。

雷公藤红素作为抗肿瘤的先导化合物,在水相和油相中溶解度均较差,不易做成注射给药剂型。为解决以上问题,本实验对雷公藤红素进行结构修饰,以 29 位羧酸酯化反应为基础,合成一系列酯化衍生物,以期改善其在油中的溶解度,以便制成水包油型亚微米乳剂。在雷公藤红素的抗肿瘤活性研究中,认为雷公藤红素 A 环的 C-2 和 C-6 与其活性密切相关^[8]。本实验在保持结构中长共轭链不变的前提下,设计合成了 5 个分属不同类别的雷公藤红素衍生物:雷公藤红素甲酯(扁蒴藤素, II)^[9]、雷公藤红素苄酯(III)、雷公藤红素正十六醇酯(IV)、雷公藤红素环氧丙酯(V)和雷公藤红素酰胺(VI),并采用 MTT 法对 5 种衍生物的体外抗肿瘤活性进行了测定。

1 仪器与试剂

1.1 仪器:XT-4 型熔点测定仪;核磁共振谱用 BRUKER AV-400 型核磁共振仪测定,TMS 为内标;质谱用 Thermo Electron Corporation TSQ Quantum Access 测定;96 孔细胞培养板:美国 Costar 公司;Synergy HT 多功能酶标检测仪:美国 Bio-TEK Instruments 公司;HEPA Class 100 型二氧化碳培养箱:Thermo Electron 公司;TE-2000 型倒置显微镜:Nikon;Vantage SE 型流式细胞仪:美国 BD 公司;德国 Brand 单道可调微量移液管(0.1~1.0 μL)。

1.2 药品与试剂:RPMI-1640,美国 GIBCO-BRL 公司;胰蛋白酶,美国 Sigma 公司;小牛血清,中美合资兰州民海生物工程有限公司;DMEM,美国 Sigma 公司;MTT, Sigma 公司;顺铂,齐鲁制药有限公司(批号 6060162)。

2 提取与分离

取雷公藤药材(药材经烟台大学药学院赵燕燕博士鉴定为 *Tripterygium wilfordii*),粉碎,用 95%乙醇回流提取 3 次,合并提取液,减压浓缩得浸膏。浸膏经硅胶柱色谱,用石油醚-醋酸乙酯(7:1~1:1)梯度洗脱,薄层色谱检识,收集含雷公藤红素部分。将含有雷公藤红素部分合并,浓缩,Sephadex LH-20 分离,甲醇洗脱,得雷公藤红素(I)。红色固体,mp 206~209 $^{\circ}\text{C}$;ESI-MS (m/z):451.4 $[M+H]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.06 (1H, dd, $J = 1.0, 7.2 \text{ Hz}$, H-6), 6.49 (1H, d, $J = 1.0 \text{ Hz}$, H-1), 6.32 (1H, d, $J = 7.2 \text{ Hz}$, H-7);碳谱数据见表 1。以上数据与文献报道^[10]的雷公藤红素(celastrol)基本一致。

3 衍生物的合成

3.1 雷公藤红素甲酯(II)的合成:在干燥的圆底烧瓶中依次加入 5 mL 甲醇和 287 mg EDCI·HCl,在搅拌下滴加 450 mg 雷公藤红素的甲醇(5 mL)溶液,回流反应 8 h。反应完毕后,浓缩蒸干,向反应瓶中加入 30 mL 氯仿,用去离子水 30 mL 萃取 2 次,有机相浓缩蒸干。产物经硅胶柱色谱分离,得红色固体 165 mg,收率 35.6%。该固体 mp 204~207 $^{\circ}\text{C}$;ESI-MS (m/z):465.4 $[M+H]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.03 (1H, dd, $J = 1.0, 7.2 \text{ Hz}$, H-6), 6.55 (1H, d, $J = 1.0 \text{ Hz}$, H-1), 6.35 (1H, d, $J = 7.2 \text{ Hz}$, H-7), 3.56 (3H, s, H-1');碳谱数据见表 1。以上数据与扁蒴藤素(pristimerin)^[9]基本一致。反应得到副产物雷公藤红素酰胺(VI) 85 mg;mp 203~207 $^{\circ}\text{C}$;ESI-MS (m/z):471.5 $[M+Na-H]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 6.99 (1H, d, $J = 7.0 \text{ Hz}$, H-6), 6.54 (1H, s, H-1), 6.28 (1H, d, $J = 7.0 \text{ Hz}$, H-7);碳谱数据见表 1。结构见图 1。

3.2 雷公藤红素苄酯(III)的合成:在干燥的圆底烧瓶中依次加入 2 mL 苯甲醇和 287 mg EDCI·HCl,在搅拌下滴加 450 mg 雷公藤红素的氯仿(10 mL)溶液,回流反应 12 h。反应完毕后,向反应液中加入 30 mL 去离子水,用氯仿萃取,有机相浓缩蒸干。产物经硅胶柱色谱分离,得红色固体 147 mg。收率 27.3%;mp 196~198 $^{\circ}\text{C}$;ESI-MS (m/z):541.5 $[M+H]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.00 (1H, dd, $J = 1.0, 7.2 \text{ Hz}$, H-6), 6.48 (1H, d, $J = 1.0 \text{ Hz}$, H-1), 6.32 (1H, d, $J = 7.2 \text{ Hz}$, H-7), 5.15 (1H, d, $J = 12.4 \text{ Hz}$, H-1'a), 4.94 (1H, d, $J = 12.4 \text{ Hz}$, H-1'b), 7.29 (2H, m, H-3', 7'), 7.31 (2H, m,

H-4',6'), 7. 17(2H, m, H-5'); 碳谱数据见表 1。结构式见图 1。

表 1 化合物 I~V 的碳谱数据(100 MHz, CDCl₃)

Table 1 ¹³C-NMR Data of compounds I—VI (100 MHz, CDCl₃)

碳位	I	II	III	IV	V	VI
1	120.6	118.1	118.1	118.1	118.1	118.3
2	178.3	178.2	178.3	178.3	178.4	178.4
3	147.1	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0
4	120.7	119.5	119.6	119.5	119.6	119.5
5	127.5	127.4	127.4	127.4	127.4	127.4
6	135.4	134.2	135.7	134.1	134.0	134.2
7	118.3	117.2	117.1	117.1	117.0	117.2
8	172.8	170.3	170.3	170.1	170.3	173.5
9	43.0	43.0	42.9	43.0	43.0	42.9
10	165.0	164.8	164.7	164.7	164.8	164.6
11	33.8	33.6	33.3	33.6	33.5	33.5
12	29.6	29.6	29.9	29.2	29.7	29.7
13	39.3	39.4	39.4	39.5	39.5	39.5
14	45.3	45.3	45.0	45.1	44.4	44.9
15	28.7	28.6	28.6	28.7	28.6	28.4
16	36.3	36.4	36.4	36.4	36.3	36.2
17	30.6	30.5	30.6	30.6	30.5	30.1
18	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.1
19	31.1	30.9	30.8	30.8	30.8	30.5
20	39.9	40.4	40.4	40.4	40.5	42.0
21	29.5	29.9	30.2	29.4	29.8	29.8
22	34.5	34.8	34.7	34.8	34.7	34.5
23	10.4	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
25	38.3	38.3	38.2	38.2	38.2	38.3
26	21.4	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6
27	18.7	18.3	18.5	18.4	18.6	19.2
28	31.4	31.4	31.6	31.6	31.6	31.5
29	182.5	178.7	177.9	178.8	178.0	169.4
30	32.4	32.8	32.8	32.8	32.8	31.7
1'		51.5	66.3	64.6	65.4	
2'			133.9	28.4	49.2	
3'			128.2	26.1	44.4	
4'			128.6			
5'			128.3			
15'				22.7		
16'				14.1		

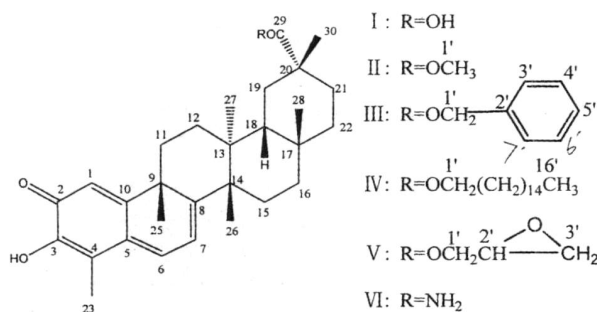


图 1 化合物 I~V 的结构式

Fig 1 Structures of compounds I—VI

3.3 雷公藤红素正十六醇酯(IV)的合成:在干燥的

圆底烧瓶中依次加入 5 mL 氯仿、287 mg EDCI · HCl 和 484 mg 十六醇,在搅拌下滴加 450 mg 雷公藤红素的氯仿(5 mL)溶液,回流反应 12 h。反应完毕后,向反应液中加入 30 mL 去离子水,用氯仿萃取,有机相浓缩蒸干。产物经硅胶柱色谱分离,得红色固体 165 mg,收率 24.5%;mp 204~207 °C;ESI-MS (*m/z*):674.5 [M + H]⁺; ¹H-NMR(400 MHz, CDCl₃) δ:7.02(1H, d, *J* = 7.2 Hz, H-6), 6.53(1H, s, H-1), 6.35(1H, d, *J* = 7.2 Hz, H-7), 3.95(1H, m, H-1'a), 3.82(1H, m, H-1'b), 0.88(3H, t, *J* = 6.7 Hz, H-16'), 在 δ 1.58 处多 2 个氢信号,为 H-2', 在 δ 1.25~δ 1.34 处多出 26 个氢信号,为脂肪链其余的氢。碳谱部分数据见表 1,在 δ 29.6 处为脂肪链其余 11 个碳的重叠信号。结构式见图 1。

3.4 雷公藤红素环氧丙酯(V)的合成:将 56 mg KOH 加入 25 mL 圆底烧瓶中,加水 5 mL,0.5 h 内搅拌下分批加入雷公藤红素 450 mg 氯仿溶液(5 mL),室温搅拌反应 1 h,萃取得水层,浓缩干燥得雷公藤红素钾盐 488 mg。将反应得到的雷公藤红素钾盐与 0.5 mL 环氧氯丙烷、10 mg 碘化四丁基铵和 15 mL 甲苯混合,升温回流搅拌 8 h。反应结束后,滤过,滤液用 30 mL 去离子水洗涤 2 次,甲苯液蒸干,硅胶柱色谱分离,得红色固体 116 mg,收率 26.5%;mp 195~197 °C;ESI-MS (*m/z*):507.4 [M + H]⁺; ¹H-NMR(400 MHz, CDCl₃) δ:7.01(1H, d, *J* = 7.2 Hz, H-6), 6.54(1H, s, H-1), 6.34(1H, d, *J* = 7.2 Hz, H-7), 4.39(1H, dd, *J* = 2.4, 13.0 Hz, H-1'a), 4.27(1H, dd, *J* = 2.4, 13.0 Hz, H-1'b), 3.14(1H, m, H-2'), 2.82(1H, m, H-3'a), 2.60(1H, m, H-3'b); 碳谱数据见表 1。结构式见图 1。

4 衍生物细胞毒活性测定

4.1 细胞培养:5 种肿瘤细胞株分别为人前列腺癌细胞 PC3、肝癌细胞 SMMC-7721、乳腺癌细胞 MCF-7、纤维肉瘤细胞 HT-1080 和宫颈癌细胞 He-La 由烟台大学药学院分子药理室保种传代。He-La、SMMC-7721、HT-1080、MCF-7 常规培养于 RPMI1640 完全培养液内(含 10%小牛血清,青霉素 100 μg/mL 和链霉素 100 μg/mL);PC3 常规培养于 DMEM 完全培养液内(含 10%小牛血清,青霉素 100 μg/mL 和链霉素 100 μg/mL),置 37 °C、5% CO₂ 孵箱中培养。

4.2 活性测定:采用 MTT 法测定了化合物 I~VI 对上述肿瘤细胞生长的抑制作用,实验重复 3 次。活性测定结果见表 2。

表2 雷公藤红素衍生物对5种肿瘤细胞的细胞毒活性

Table 2 Cytotoxicity of celastrol derivatives on five human malignant tumor cells lines

肿瘤细胞	(IC ₅₀ , $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)						顺铂
	I	II	III	IV	V	VI	
PC3	1.49	1.32	1.87	1.56	2.01	55.22	29.77
HeLa	1.50	2.97	4.93	3.02	2.40	58.56	26.90
MCF-7	3.20	4.70	14.80	7.82	13.70	>100	60.20
SMMC-7721	3.70	7.70	7.98	6.58	20.03	91.7	20.90
HT-1080	2.61	8.10	11.40	8.80	11.90	>100	9.00

5 讨论

本实验通过硅胶柱色谱后凝胶柱分离方法分离得到雷公藤红素,以雷公藤红素为先导化合物,合成得到雷公藤红素的5个衍生物雷公藤红素甲酯、雷公藤红素苄酯、雷公藤红素正十六醇酯、雷公藤红素环氧丙酯和雷公藤红素酰胺,其中4个为新化合物,其结构经质谱和核磁共振谱得到确证。羧酸成酯的方法有多种,由于雷公藤红素含有一长的共轭链,较为敏感,且被认为与其抗肿瘤活性相关,所以实验中未采用酰氯法,DCC-DMAP法在反应中产率较低且副反应较多,所以在反应中采用EDCI作为综合剂合成I、III、IV和VI。V的合成采用先成盐再酯化的方法顺利得到产物。

体外的抗肿瘤活性表明其中4种雷公藤红素酯类衍生物均表现出较强的体外抗肿瘤活性,其中对瘤株PC3和HeLa与母体化合物基本相当,4种衍生物和母体化合物没有表现出选择性;母体化合物在瘤株MCF-7、SMMC-7721、HT-1080中抗肿瘤活性比这4种衍生物均强;但无论母体化合物还是4种酯类前药,除瘤株HT-1080外,均比阳性对照药顺铂的活性强。合成的雷公藤红素酰胺与母体化合

物的活性相差较大,体外抗肿瘤活性较低或基本没有活性。文献认为雷公藤红素A环的C-2和C-6与其活性密切相关,该化合物未改变母体化合物的A环,活性有较大的差异,具体的原因正在进一步研究中。

参考文献:

- [1] 赵承焄,梅斌夫. 中国雷公藤之研究(I) [J]. 中国生理学杂志, 1936, 10: 529-534.
- [2] Tao X, Younger J, Fan F Z, et al. Benefit of an extract of *Tripterygium wilfordii* Hook F. in patients with rheumatoid arthritis: a double-blind, placebo-controlled study [J]. *Arthrit Rheum*, 2002, 46(9): 1735-1743.
- [3] Li H, Zhang Y Y, Huang X Y, et al. Beneficial effect of tripteryrine on systemic lupus erythematosus induced by active chromatin in BALB/c mice [J]. *Eur J Pharmacol*, 2005, 512: 231-237.
- [4] Xu X, Wu Z, Xu C, et al. Observation on serum anti-double stranded DNA antibodies of tripteryrine in systemic lupus erythematosus of (NZBxW) F1 mice [J]. *Ann Rheum Dis*, 2003, 62: 377-378.
- [5] Chang F R, Hayashi K, Chen I H, et al. Antitumor agents. 228. Five new agarofurans, Reissantins A—E, and cytotoxic principles from *Reissantia buchananii* [J]. *J Nat Prod*, 2003, 66: 1416-1420.
- [6] 周幽心,黄煜伦,许期年,等. 雷公藤单体体外抑制胶质瘤细胞的实验研究 [J]. 癌症, 2002, 21(10): 1106-1108.
- [7] Nagase M, Oto J, Sugiyama S, et al. Apoptosis induction in HL-60 cells and inhibition of topoisomerase II by triterpene celastrol [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2003, 67: 1883-1887.
- [8] Yang H J, Chen D, Cui Q C, et al. Celastrol, a triterpene extracted from the Chinese "Thunder of God Vine", is a potent proteasome inhibitor and suppresses human prostate cancer growth in nude mice [J]. *Cancer Res*, 2006, 66(9): 4758-4765.
- [9] 蒋毅,李鹤,罗思齐. 南蛇藤活性成分的研究 [J]. 中草药, 1996, 27(2): 73-74.
- [10] Olipa N, Djajad S, John M P, et al. Quinone-methide triterpenes and salaspermic acid from *Kokoona ochracea* [J]. *J Nat Prod*, 1994, 57(1): 1-8.

钩藤生物碱类成分研究

辛文波^{1,2},俞桂新^{1,2*},王峰涛^{1,2*}

(1. 上海中医药大学中药研究所 中药标准化教育部重点实验室,上海 201203; 2. 上海中药标准化研究中心,上海 201203)

摘要:目的 研究钩藤 *Uncaria rhynchophylla* 的生物碱类成分。方法 用硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 柱色谱和 ODS 柱色谱及薄层色谱等技术进行分离纯化,采用多种光谱分析技术,对所分离得到的化合物进行结构鉴定。结果 得到 12 个吲哚类生物碱,分别鉴定为去氢毛钩藤碱(I)、毛钩藤碱(II)、缝籽嗉甲醚(III)、柯诺辛(IV)、去氢钩藤碱(V)、异去氢钩藤碱(VI)、钩藤碱(VII)、异钩藤碱(VIII)、喜果甘(IX)、直瑞兹亚酰胺(斯垂特萨米碱, stricfosamide, X)、卡丹宾碱(XI)和二氢卡丹宾碱(XII)。结论 化合物 XI 和 XII 为首次从该植物中分得,通过 2D-

* 收稿日期:2008-04-02

作者简介:辛文波(1982—),男,博士,研究方向为中药活性成分与质量标准研究。E-mail: xwb2006raul@hotmail.com

* 通讯作者 俞桂新 Tel: (021) 50805522-3032 E-mail: chouguxin@hotmail.com