

# 丽江产红景天的化学成分研究

周凌云<sup>1</sup> 张祥华<sup>2</sup> 陈昌祥<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室 昆明 650204;

2. 贵阳医学院药理学系 贵阳 550001)

**摘要** 从丽江产红景天粗提物中分离得到了 14 个化合物,经波谱数据分别鉴定为二十六烷醇(1-hexacosanol, 1), $\beta$ -谷甾醇( $\beta$ -sitosterol, 2),胡萝卜苷(daucosterol, 3),酪醇(tyrosol, 4),红景天苷(salidroside, 5),没食子酸(gallic acid, 6),山奈酚(kaempferol, 7),草质素-7-O-(3''- $\beta$ -D-葡萄糖基)- $\alpha$ -L-鼠李糖苷(rhodosin, 8),德钦红景天苷(rhodiumin, 9),对羟基苯甲酸(4-hydroxybenzoic acid, 10), geranyl 1-O- $\alpha$ -L-arabinopyranosyl(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -D-glucopyranoside(11), 2, 7-anhydro- $\beta$ -D-heptulopyranoses (the altro isomer, 12), 乙酸二十六烷醇酯(ceretyl acetate, 13), 1, 2, 3, 4, 6-五没食子酰基- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖(1, 2, 3, 4, 6-pentagalloyl- $\beta$ -D-glucopyranose, 14)。根据分离所得的单体,用 HPLC 对商业化粗提物色谱中的 8 个峰进行了指认,并测定了云南千山生物工程有限公司利用不同工艺流程所得四批粗提物中红景天苷的含量。

**关键词** 丽江产红景天;HPLC 分析;红景天苷

## CHEMICAL STUDY ON RHODIOLA FROM LIJIANG

ZHOU Ling-yun<sup>1</sup>, ZHANG Xiang-hua<sup>2</sup>, CHEN Chang-xiang<sup>1\*</sup>

(1. State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China;

2. The Pharmaceutical Department of Guiyang Medical College, Guiyang 550001, China)

**Abstract** Fourteen compounds were isolated from the crude extracts of *Rhodiola* from Lijiang. They were identified as 1-hexacosanol (1),  $\beta$ -sitosterol (2), daucosterol (3), tyrosol (4), salidroside (5), gallic acid (6), kaempferol (7), rhodosin (8), rhodiumin (9), 4-hydroxybenzoic acid (10), geranyl 1-O- $\alpha$ -L-arabinopyranosyl (1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -D-glucopyranoside (11), 2, 7-anhydro- $\beta$ -D-heptulopyranoses (12), ceretyl acetate (13), 1, 2, 3, 4, 6-penta-galloyl- $\beta$ -D-glucopyranose (14) by MS, <sup>1</sup>H NMR and <sup>13</sup>C NMR data. With the isolated salidroside, the content of commercial crude extracts of *Rhodiola* from Lijiang were determined. At the same time, eight compounds were confirmed in the HPLC chromatograph of commercial crude extracts of *Rhodiola* from Lijiang.

**Key words** *Rhodiola* from Lijiang; HPLC analysis; salidroside

景天科红景天属(*Rhodiola*)植物在我国主要分布于东北、华北和西南<sup>[1]</sup>。该属植物具有类似人参与刺五加“适应原样”作用,抗疲劳作用超过人参与刺五加,兴奋智力活动则优于刺五加。已有对该属植物药理活性的综述<sup>[2]</sup>。对该属植物已进行过许多化学成分方面的研究,以黄酮类、苷类成分居多,

另含有部分酚类及脂溶性成分<sup>[3~6]</sup>。为了了解原料的均一性,工业流程的稳定性,提高产品中红景天苷的含量,我们对丽江产红景天粗提物进行了研究,从中分离得到了 14 个化合物,并对其进行了结构鉴定。通过 HPLC 分析,对商业化粗提物色谱中的 8 个峰进行了指认,分别对应于化合物 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14。同时测定了云南千山生物工程有限公司利用不同工艺流程所得四批粗提物中红景天苷的含量,为优化产品质量提供了科学依据。

收稿日期:2004-02-24 接受日期:2004-06-04

\* 通讯作者 Tel:86-871-5223245; E-mail:cxchen@mail.kib.ac.cn

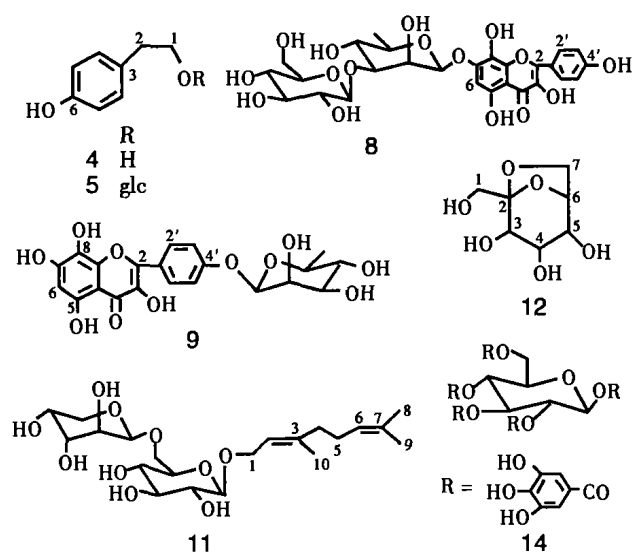


图1 化合物1~14的结构

Fig.1 The structures of compounds 1~14

## 1 仪器和材料

核磁共振谱用 AM-500 型核磁共振波谱仪测定, TMS 为内标。质谱用 VG Autospec 质谱仪测定。中压液相色谱(MPLC): 用 Brucker-681 型中压液相色谱。层析材料: 柱层析用青岛海洋化工厂生产的 100 目, 200~300 目硅胶及硅胶 H, 日本产 Sephadex LH-20, 薄层层析用市售硅胶 GF<sub>254</sub>, 反相材料为 Rp-18(5 μm)。HPLC 为 Agilent 1100 型。

## 2 提取和分离

取云南千山生物工程有限公司提供的粗提物 475 g(NO.020524), 甲醇溶解, 用硅胶干法装柱, 经石油醚: 乙酸乙酯(2:1)、氯仿: 甲醇(7:3)洗脱分成 2 个部分。第一部分经硅胶柱层析(石油醚: 乙酸乙酯=6:1)分别得到化合物 1(1.8 g), 2(610 mg), 13(52 mg), 再经硅胶柱层析(石油醚: 乙酸乙酯=3:1)分别得到化合物 3(320 mg), 10(56 mg); 第二部分经硅胶柱层析(氯仿: 甲醇=8:1)得到化合物 7(2.1 g), 后经硅胶柱层析(氯仿: 甲醇=6:1)分别得到化合物 4(1.0 g), 5(1.1 g), 8(510 mg), 及流份 A(1.0 g), 最后经硅胶柱层析(氯仿: 甲醇=4:1)分别得到化合物 9(820 mg), 11(24 mg), 12(40 mg), 及流份 B(210 mg)。

A 用甲醇: 水=20:80 洗脱, 流速 4 mL/min, 检测波长为 254 nm, ZORBAX SB-C<sub>18</sub> HPLC 半制备柱纯化得化合物 6(120 mg); 在相同条件下, B 用甲醇: 水=33:67 洗脱得化合物 14(40 mg)。

## 3 结构鉴定

**二十六烷醇(1)** 白色粉末。EIMS  $m/z$ : 364 [M-18]<sup>+</sup>, 336 [M-18-28]<sup>+</sup> (γH 重排)。<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500 MHz): δ 0.86 (3H, t,  $J$  = 7.2 Hz, H-26), 1.10-1.30 (H-3-25), 3.62 (2H, t,  $J$  = 7.2 Hz, H-1)。<sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 125 MHz): δ 22.7, 25.7, 29.1-29.7, 31.9, 32.8 (C2-25), 14.1 (C-26), 63.1 (C-1)。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[7]</sup>。

**β-谷甾醇(2)** 无色针晶(丙酮)。mp. 141~142 °C。与 β-谷甾醇已知品在 TLC 上的  $R_f$  值一致, 且混合熔点不下降。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[8]</sup>。

**胡萝卜苷(3)** 白色粉末。mp. 292.5~293.5 °C。与胡萝卜苷已知品在 TLC 上的  $R_f$  值一致, 且混合熔点不下降。

**酪醇(4)** 白色针晶(甲醇)。mp. 89~90 °C。EIMS  $m/z$ : 138 [M]<sup>+</sup>, 107 [M-CH<sub>2</sub>OH]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H NMR (CD<sub>3</sub>OD, 500 MHz): δ 7.00 (2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-4, 8), 6.71 (2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-5, 7), 3.67 (2H, t,  $J$  = 7.0 Hz, H-1), 2.69 (2H, t,  $J$  = 7.0 Hz, H-2) (由于 D<sub>2</sub>O 交换, 酚羟基氢及羧基氢的峰消失)。<sup>13</sup>C NMR (CD<sub>3</sub>OD, 125 MHz): δ 64.7 (C-1), 39.5 (C-2), 131.1 (C-3, 4, 8), 116.3 (C-5, 7), 156.7 (C-6)。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[9]</sup>。

**红景天苷(5)** 白色簇晶(甲醇)。mp. 158~159 °C。<sup>1</sup>H NMR (CD<sub>3</sub>OD, 500 MHz): δ 7.03 (2H, d,  $J$  = 8.1 Hz, H-4, 8), 6.68 (2H, d,  $J$  = 8.1 Hz, H-5, 7), 4.27 (1H, d,  $J$  = 7.8 Hz, glc-H-1), 3.20-4.01 (7H, m, H-2, glc-H-2, 6), 2.80 (2H, t,  $J$  = 7.8 Hz)。<sup>13</sup>C NMR (CD<sub>3</sub>OD, 125 MHz): δ 71.5 (C-1), 36.3 (C-2), 130.7 (C-3), 130.9 (C-4, 8), 116.1 (C-5, 7), 156.6 (C-6), 104.22 (glc-1), 75.0 (glc-2), 77.8 (glc-3), 72.0 (glc-4), 78.0 (glc-5), 62.7 (glc-6)。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[9]</sup>。

**没食子酸(6)** 白色针晶(甲醇)。mp. 231~233 °C。FAB-MS  $m/z$ : 299 [M-1]<sup>+</sup>。<sup>1</sup>H NMR (CD<sub>3</sub>OD, 500 MHz): δ 7.09 (2H, s, H-2, 6) (由于 D<sub>2</sub>O 交换, 酚羟基氢及羧基氢的峰消失)。<sup>13</sup>C NMR (CD<sub>3</sub>OD, 125 MHz): δ 122.0 (C-1), 110.3 (C-2, 6), 146.3 (C-3, 5), 139.5 (C-4), 170.5 (C-7)。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[10]</sup>。

**山奈酚(7)** 黄色粉末。mp. 274~276 °C。<sup>1</sup>H

NMR(DMSO- $d_6$ , 500 MHz):  $\delta$  12.46(1H, s, 5-OH), 8.03(2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.91(2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-3', 5'), 6.42(1H, s, H-8), 6.18(1H, s, H-6), 3.39(3H, brs, 4', 3, 7-OH)。 $^{13}\text{C}$  NMR(DMSO- $d_6$ , 125 MHz):  $\delta$  146.8(C-2), 135.7(C-3), 175.9(C-4), 160.7(C-5), 98.2(C-6), 163.9(C-7), 93.5(C-8), 156.2(C-9), 103.1(C-10), 121.7(C-1'), 129.5(C-2', 6'), 115.5(C-3', 5'), 159.2(C-4')。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[11]</sup>。

**草质素-7-O-(3''- $\beta$ -D-葡萄糖基)- $\alpha$ -L-鼠李糖苷(8)** 黄色粉末。mp. 231~233 °C。 $^1\text{H}$  NMR(DMSO- $d_6$ , 500 MHz): 11.87(1H, s), 10.14(1H, s), 9.49(1H, s), 8.87(1H, s), 8.13(2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.93(2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-3', 5'), 6.59(1H, s, H-6), 5.53(1H, brs, rha-H-1), 4.48(1H, d,  $J$  = 7.8 Hz, glc-H-1), 1.14(3H, d,  $J$  = 6.0 Hz, rha-H-6)。 $^{13}\text{C}$  NMR(DMSO- $d_6$ , 125 MHz):  $\delta$  151.5(C-2), 135.8(C-3), 176.4(C-4), 144.4(C-5), 98.5(C-6), 149.5(C-7), 127.3(C-8), 147.4(C-9), 104.5(C-10), 121.8(C-1'), 129.8(C-2', 6'), 115.5(C-3', 5'), 159.4(C-4'), 104.8(glc-1), 74.0(glc-2), 76.3(glc-3), 70.5(glc-4), 76.8(glc-5), 61.0(glc-6), 99.2(rha-1), 69.4(rha-2), 80.9(rha-3), 69.8(rha-4), 68.9(rha-5), 17.9(rha-6)。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[12]</sup>。

**德钦红景天苷(9)** 黄色粉末。mp. 350 °C。 $^1\text{H}$  NMR( $\text{CD}_3\text{OD}$ , 500 MHz):  $\delta$  12.69(1H, s), 8.67(2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-2', 6'), 7.20(2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-3', 5'), 6.31(1H, s, H-6), 4.66(1H, brs, rha-H-1), 1.54(3H, d,  $J$  = 6.0 Hz, rha-H-6)。 $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CD}_3\text{OD}$ , 125 MHz):  $\delta$  146.2(C-2), 138.0(C-3), 177.9(C-4), 151.6(C-5), 99.7(C-6), 153.4(C-7), 129.2(C-8), 148.4(C-9), 106.4(C-10), 123.4(C-1'), 130.9(C-2', 6'), 116.4(C-3', 5'), 160.9(C-4'), 101.5(rha-1), 71.8(rha-2), 72.4(rha-3), 73.7(rha-4), 71.4(rha-5), 18.6(rha-6)。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[9]</sup>。

**对羟基苯甲酸(10)** 白色粉末。mp. 216~218 °C。 $^1\text{H}$  NMR( $\text{CD}_3\text{OD}$ , 500 MHz):  $\delta$  7.86(2H,  $J$  = 7.8 Hz, H-2, 6), 6.80(2H,  $J$  = 7.8 Hz, H-3, 5), 4.92(1H, brs, OH),  $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CD}_3\text{OD}$ , 125 MHz):  $\delta$  122.7(C-1), 133.0(C-2, 6), 116.0(C-3, 5), 163.3(C-4), 170.1(C-7)。其波谱数据与文献报道的一

致<sup>[13]</sup>。

**Geranyl 1-O- $\alpha$ -L-arabinopyranosyl(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -D-glucopyranoside(11)** 无色粘稠物质。 $^1\text{H}$  NMR( $\text{CD}_3\text{OD}$ , 500 MHz): 4.37(1H, dd,  $J$  = 11.0, 7.0 Hz, H-1a), 4.70(1H, dd,  $J$  = 11.0, 6.0 Hz, H-1b), 5.55(1H, dd,  $J$  = 7.0, 6.0 Hz, H-2), 5.12(1H, t,  $J$  = 6.0 Hz, H-6), 4.82(1H, d,  $J$  = 8.0 Hz, glc-H-1), 4.96(1H, br. d,  $J$  = 6.8 Hz, ara-H-1)。 $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CD}_3\text{OD}$ , 125 MHz): 66.0(C-1), 121.6(C-2), 140.1(C-3), 39.9(C-4), 26.8(C-5), 124.7(C-6), 131.6(C-7), 17.9(C-8), 25.9(C-9), 16.7(C-10), 103.5(glc-1), 75.1(glc-2), 78.5(glc-3), 71.8(glc-4), 77.1(glc-5), 70.0(glc-6), 105.6(ara-1), 72.4(ara-2), 74.5(ara-3), 69.7(ara-4), 66.7(ara-5)。波谱数据与文献报道的一致<sup>[14]</sup>。

**2,7-Anhydro- $\beta$ -D-heptulopyranoses(12)** 无色针状结晶(甲醇)。 $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{D}_2\text{O}$ , 125 MHz): 60.4(C-1), 108.1(C-2), 72.9(C-3), 70.7(C-4), 70.7(C-5), 78.4(C-6), 67.1(C-7)。其波谱数据与文献值一致<sup>[15]</sup>。据报道<sup>[16]</sup>, 其 3, 4 位形成稳定缩酮结构 hylotelephin 后具有抗肝炎活性。将化合物 12 在水溶液中放置一段时间后, 其波谱数据发生变化, 其波谱数据如下:  $^1\text{H}$  NMR( $\text{D}_2\text{O}$ , 500 MHz): 3.52(1H, d,  $J$  = 7.3 Hz, H-1a), 3.61(1H, d,  $J$  = 7.3 Hz, H-1b), 3.69(1H, brs, H-4), 3.70(1H, d,  $J$  = 7.3 Hz, H-7a), 4.09(1H, d,  $J$  = 7.3 Hz, H-7b), 4.13(1H, brs, H-5), 4.07~4.09(2H, m, H-3, 6)。 $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{D}_2\text{O}$ , 125 MHz): 61.3(C-1), 104.9(C-2), 84.8(C-3), 64.1(C-4), 76.9(C-5), 78.9(C-6), 66.1(C-7)。但由于二维谱中某些位置重叠严重, 所以其变化后的结构未能确定, 正在进一步鉴定当中。

**乙酸二十六烷醇酯(13)** 白色蜡状物质。EIMS  $m/z$ : 409[M-15]<sup>+</sup>, 381[M-CH<sub>3</sub>CO]<sup>+</sup>, 364[M-60]<sup>+</sup>( $\gamma$ H重排)。与 1 相比, 仅多出一个乙酰基信号, 表现为  $^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz):  $\delta$  2.02(3H, s) 和  $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz):  $\delta$  21.0(CH<sub>3</sub>CO), 171.2(CH<sub>3</sub>CO)。

**1,2,3,4,6-五没食子酰基- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖(14)** 黄色粉末状物质。 $^1\text{H}$  NMR( $\text{CD}_3\text{OD}$ , 500 MHz): 6.23(1H, d,  $J$  = 8.0 Hz, glc-H-1), 5.89(1H, t,  $J$  = 8.0 Hz, glc-H-3), 5.61(1H, t,  $J$  = 8.0 Hz, glc-H-4), 5.58(1H, t,  $J$  = 8.0 Hz, glc-H-2), 4.39~4.50(3H, m, glc-H-5, 6), 6.89, 6.95, 6.97, 7.05, 7.11(10H,

苯基质子)。 $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CD}_3\text{OD}$ , 125 MHz): 93.8 (glc-1), 74.4 (glc-2), 74.1 (glc-5), 72.2 (glc-2), 69.8 (glc-4), 63.1 (glc-1), 167.9, 167.3, 167.0, 166.9, 166.2 (羰基碳), 146.3, 146.4, 146.4, 146.5, 146.5 (苯基 3 位碳), 140.0, 140.1, 140.3, 140.4, 140.8 (苯基 4 位碳), 110.4, 110.4, 110.4, 110.5, 110.7 (苯基 2 位碳), 119.7, 120.2, 120.2, 120.4, 121.1 (苯基 1 位碳)。其波谱数据与文献报道的一致<sup>[17]</sup>。

## 4 HPLC 部分

### 4.1 指纹图谱的绘制

样品的预处理:称取 5 g 样品,100 mL 水溶解,

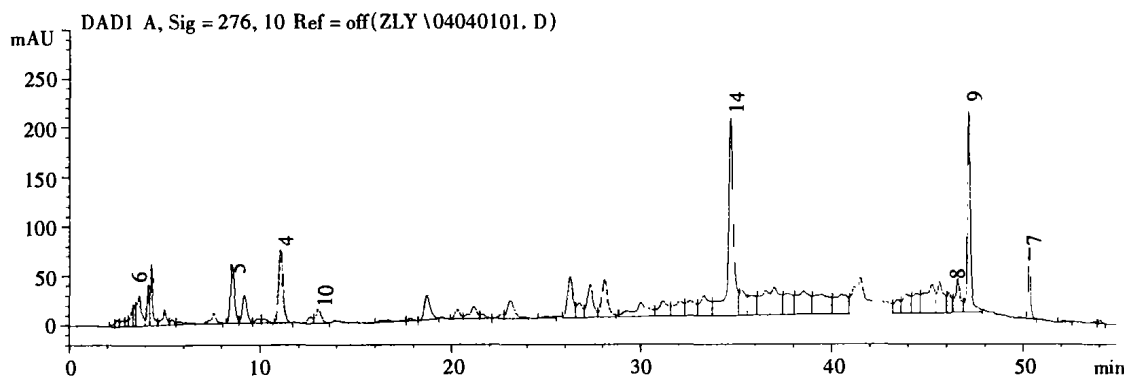


图 2 丽江产红景天粗提物(NO.020524)的 HPLC 图

Fig. 2 HPLC chromatograph of crude extracts of *Rhodiola* from Lijiang

### 4.2 红景天苷含量的测定

样品处理:将云南千山生物工程有限公司经不同生产工艺生产所得四批样品(NO. 030730、020520、020523、020524)分别干燥 20 h,取出称量。将称量样品分别装入 50 mL 三角瓶中,用 15 mL 水溶解,水浴(60~70 °C)加热约 5 min 后超声萃取 15 min,过滤,滤液上 DM130 柱,用水冲洗至无浑浊后,将水洗液弃去,再用 20% 乙醇冲洗至无色。将洗脱液回收蒸干,用甲醇定容于 5 mL 容量瓶中。

对照品处理:分析天平称取分离的红景天苷标准品 1.1211  $\mu\text{g}$ (纯度 99.99%),定容于 1 mL 容量瓶中。

色谱条件:同上。

标准曲线绘制:将对照品溶液分别进样 1, 3, 5, 7, 9  $\mu\text{L}$ ,可得到 5 组数据,HPLC 工作站绘制出其标准曲线。 $(y=224.3x+6.4, R=0.9999, \text{线性范围: } 1.1211\text{--}10.0899 \mu\text{g})$ 含量测定:根据外标法,测定样品中红景天苷平均含量:NO.030730 为 1.420 mg/

过滤,滤液回收蒸干,甲醇溶解,定容于 25 mL 容量瓶中。吸取 1 mL,稀释 3 倍。

色谱柱:ZORBAX SB-C<sub>18</sub>(4.6 mm i. d.  $\times$  250 mm, 5  $\mu\text{m}$ );检测波长:276 nm;

柱温:30 °C;流速:1 mL/min;

流动相:甲醇:水梯度洗脱。0 min(20:80) $\rightarrow$ 7 min(20:80) $\rightarrow$ 15 min(25:75) $\rightarrow$ 25 min(30:70) $\rightarrow$ 40 min(45:55) $\rightarrow$ 45 min(60:40) $\rightarrow$ 50 min(70:30)

对商业化粗提物色谱中的 8 个峰进行了指认,分别对应于化合物 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14。如下图所示:

g、NO.020520 为 2.934 mg/g、NO.020523 为 2.201 mg/g、NO.020524 为 2.478 mg/g。

## 5 讨论

云南千山生物工程有限公司提供的原料采集于丽江。丽江地区主产德钦红景天(*Rhodiola atuntsuensis*)、长鞭红景天(*Rhodiola fastigiata*)、云南红景天(*Rhodiola yunnanensis*)、大花红景天(*Rhodiola crenulata*),而农工由于知识的局限性,难免混采。根据文献报道各个种所分离鉴定的化合物<sup>[9,12,18~21]</sup>与从云南千山生物工程有限公司提取物中所分到的化合物对比,我们认为云南千山生物工程有限公司提取物的原料应以大花红景天为主,并混有德钦红景天。为了提高红景天苷和酪醇的含量,尚需对原产地各种红景天做进一步含量分析,并对现有工艺做进一步改进。

致谢 感谢云南千山生物工程有限公司提供样品,本室仪器组梁惠玲、吴玉、何以能代测波谱数据。

## 参考文献

- 1 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志 34 卷 第一分册. 北京: 科学出版社, 1984. 161
- 2 钱彦丛, 刘景东. 红景天药理研究进展. 基层中药杂志, 2000, 14(3): 46-47
- 3 Krasnov EA, Khoruzhaya TG. Flavonols and coumarins of *Rhodiola coccinea* and *Rhodiola quadrifida*. *Khim Prir Soedin*, 1976, 4: 537
- 4 Krasnov EA, Demidenko LA, Zeman LP. p-Hydroxyacetophenone and picein from *Rhodiola litvinovii*. *Khim Prir Soedin*, 1973, 9(3): 421-422
- 5 Krasnov EA, Duvidzon LM, Khnykina LA, et al. Phytochemical study of *Rhodiola rosea*. *Nerv Sist*, 1966, 7: 72-76
- 6 Yadrov BN, Krasnov EA, Syrneva ZY. Study of *Rhodiola linearifolia*. *Mater Mezhuuz Nauch Konf*, 1973, 72-73
- 7 宋志宏, 张建兰. 黄花铁线莲的化学成分研究(II). 天然产物研究与开发, 1997, 9(2): 11-16
- 8 张艺, 李文军, 孟宪丽, 等. 藏药翼首草化学成分的研究. 成都中医药大学学报, 2002, 25(3): 41
- 9 陈纪军, 陈金素. 德钦红景天的化学成分. 云南植物研究, 1999, 21(4): 525-530
- 10 王岩, 王婴, 周玲莉, 等. 显齿蛇葡萄化学成分的研究. 中药材, 2002, 25(4): 254
- 11 龚运淮. 天然有机化合物的  $^{13}\text{C}$  核磁共振化学位移. 昆明: 云南科技出版社, 1986. 131
- 12 彭江南, 马成禹. 大花红景天化学成分的研究. 中草药, 1995, 26(4): 177-179
- 13 郑兴, 许云龙, 朱炳阳, 等. 垫伏卷柏化学成分的研究. 中草药, 2001, 32(1): 17-18
- 14 Kazuko Y, Masahiro N, Mitsuru W, et al. Aroma glycoside from *Hovenia dulcis*. *Phytochemistry*, 1993, 34(5): 1431-1433
- 15 R. George S. Ritchie, Natsuko CYR, Arthur S. Perlin, et al. Configurational effects on  $^{13}\text{C}$  chemical shifts of 1, 6-anhydrohexopyranoses and related compounds. utility of  $^{13}\text{C}$ - $^1\text{H}$  coupling patterns for signal assignments. *Can J Chem*, 1976, 54: 2301-2309
- 16 Zuo CX. Research and development of hylotelephin. Abstracts of ASOMPS XI. Kunming, 2003. 112
- 17 Elizaeth A. Haddock, Raj K. Gupta, Sabah M. K. Al-Shafi. The metabolism of acid and hexahydroxydiphenic acid in plants. Part 1. Introduction. naturally occurring galloyl esters. *J Chem Soc Perkin Trans I*, 1982, 2515-2524
- 18 彭江南, 葛永潮, 李晓晖. 长鞭红景天化学成分的研究. 药学学报, 1996, 31(10): 798-800
- 19 陈金瑞, 邱林刚, 连敏, 等. 长鞭红景天化学成分研究. 植物学报, 1991, 33(1): 61-64
- 20 杜玫, 谢家敏. 云南大花红景天化学成分研究. 化学学报, 1994, 52: 927-931
- 21 郭运通, 王锋鹏, 肖倬殷. 云南红景天的化学成分. 天然产物研究与开发, 1993, 5(3): 1-6