

大株红景天化学成分研究 (I)

王雪晶^{1,2}, 谢雪^{1,2}, 罗鑫^{1,2}, 宋亚玲^{1,2}, 赵祎武^{1,2}, 黄文哲^{1,2}, 王振中^{1,2}, 萧伟^{1,2*}

1. 江苏康缘药业股份有限公司, 江苏 连云港 222000

2. 中药制药过程新技术国家重点实验室, 江苏 连云港 222000

摘要: 目的 对大株红景天 *Rhodiola wallichiana* var. *cholaensis* 根茎进行化学成分研究。方法 采用反复 DAC 柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱及 HPLC 等色谱手段进行分离纯化, 并采用有机波谱学等手段对化合物进行结构鉴定。结果 从大株红景天水提取物中分离得到 15 个化合物, 分别鉴定为没食子酸 (1)、丁香酸 (2)、酪醇 (3)、红景天苷 (4)、3,4-二羟基苯甲酸 (5)、对羟基苯甲酸 (6)、对羟基苯乙酸 (7)、对羟基苯丙烯酸 (8)、对羟基苯丙烯酸 4-*O*- β -D-葡萄糖苷 (9)、苯甲醇-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷 (10)、云杉苷 (11)、二氢松柏苷 (12)、岩白菜素 (13)、rhodiocyanoside A (14)、5-羟甲基糠醛 (15)。结论 化合物 7、15 为首次从红景天属植物中分离得到, 化合物 5~6、8~12、14 为首次从大株红景天中分离得到。

关键词: 大株红景天; 对羟基苯乙酸; 云杉苷; 岩白菜素; rhodiocyanoside A; 5-羟甲基糠醛

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2015)23-3471-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.23.005

Chemical constituents from *Rhodiola wallichiana* var. *cholaensis* (I)

WANG Xue-jing^{1,2}, XIE Xue^{1,2}, LUO Xin^{1,2}, SONG Ya-ling^{1,2}, ZHAO Yi-wu^{1,2}, HUANG Wen-zhe^{1,2}, WANG Zhen-zhong^{1,2}, XIAO Wei^{1,2}

1. Jiangsu Kanion Pharmaceutical Co., Ltd., Lianyungang 222000, China

2. State Key Laboratory of New-tech for Chinese Medicine Pharmaceutical Process, Lianyungang 222000, China

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents from the water extract of *Rhodiola wallichiana*. **Methods** The chemical constituents were isolated by repeated dynamic axial compression chromatography, Sephadex LH-20 column chromatography, and prep-HPLC, and their structures were identified by the basis of spectral data analysis. **Results** Eleven compounds were isolated from the water extract and identified to be gallic acid (1), syringic acid (2), tyrosol (3), salidroside (4), 3,4-dihydroxybenzoic acid (5), 4-hydroxybenzoic acid (6), 4-hydroxyphenylacetic acid (7), *p*-coumaric acid (8), *p*-coumaric acid-4-*O*- β -D-glucopyranoside (9), benzyl-*O*- β -D-glucopyranoside (10), piceoside (11), dihydroconiferin (12), bergenin (13), rhodiocyanoside A (14), and 5-hydroxymethylfurfural (15). **Conclusion** Compounds 7 and 15 are isolated from the plants of *Rhodiola* L. for the first time, and compounds 5~6, 8~12, and 14 are obtained from *R. wallichiana* for the first time.

Key words: *Rhodiola wallichiana* (Hook.) S. H. Fu var. *cholaensis* (Praeger) S. H. Fu; 4-hydroxyphenylacetic acid; piceoside; bergenin; rhodiocyanoside A; 5-hydroxymethylfurfural

大株红景天 *Rhodiola wallichiana* (Hook.) S. H. Fu var. *cholaensis* (Praeger) S. H. Fu 为景天科 (Crassulaceae) 红景天属 *Rhodiola* L. 多年生草本植物, 又名大株粗茎红景天, 主产于我国云南西北部、西藏等地^[1]。现代临床及药理学研究表明, 红景天属植物具有明显的抗肿瘤、抗衰老、抗缺氧、

抗辐射、抗疲劳以及调节神经系统等作用^[2-4], 其主要化学成分有酪醇及其苷类、黄酮苷类、苯丙素类以及萜类等化合物^[3]。大株红景天作为传统藏药, 应用广泛且用药历史悠久, 目前对其化学成分研究却鲜有报道, 本实验对大株红景天展开了系统的化学成分研究, 从其水提取物中分离得到 11 个化合

收稿日期: 2015-06-04

基金项目: 科技部重大新药创制: 现代中药创新集群与数字制药技术平台 (2013ZX09402203)

作者简介: 王雪晶, 助理研究员, 主要从事中药物质基础研究工作。Tel: (0518)81152323 E-mail: wangxuejing87@126.com

*通信作者 萧伟, 男, 研究员级高级工程师, 博士, 研究方向为中药新药的研究与开发。Tel: (0518)81152367 E-mail: kanionlunwen@163.com

物, 并采用现代波谱学手段鉴定了化合物的结构, 分别为没食子酸 (gallic acid, **1**)、丁香酸 (syringic acid, **2**)、酪醇 (tyrosol, **3**)、红景天苷 (salidroside, **4**)、3,4-二羟基苯甲酸 (3,4-dihydroxybenzoic acid, **5**)、对羟基苯甲酸 (4-hydroxybenzoic acid, **6**)、对羟基苯乙酸 (4-hydroxyphenylacetic acid, **7**)、对羟基苯丙烯酸 (*p*-coumaric acid, **8**)、对羟基苯丙烯酸 4-*O*- β -*D*-葡萄糖苷 (*p*-coumaric acid-4-*O*- β -*D*-glucopyranosid, **9**)、苯甲醇-*O*- β -*D*-吡喃葡萄糖苷 (benzyl-*O*- β -*D*-glucopyranodide, **10**)、云杉苷 (piceoside, **11**)、二氢松柏苷 (dihydroconiferin, **12**)、岩白菜素 (bergenin, **13**)、rhodiocyanoside A (**14**)、5-羟甲基糠醛 (5-hydroxymethylfurfural, **15**)。其中化合物 **7**、**15** 为首次从红景天属植物中分离得到, 化合物 **5**~**6**、**8**~**12**、**14** 为首次从大株红景天中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker-AV-400 型核磁共振光谱仪; DAC 反相色谱 (江苏汉邦科技有限公司); Agilent 1260 制备型高效液相色谱仪; Sephadex LH-20 (Pharmacia 公司); Fuji C₁₈ (250 mm×50 mm, 5 μ m) 色谱柱; Welch Ultimate Polar-RP (250 mm×21.2 mm, 5 μ m) 色谱柱; 色谱乙腈 (OCEANPAK); 分析纯试剂 (南京化学试剂有限公司)。

大株红景天由南京中医药大学吴启南教授鉴定为景天科植物大株红景天 *Rhodiola wallichiana* (HK.) S. H. Fu var. *cholaensis* (Praeger) S. H. Fu 的干燥根及根茎。

2 提取与分离

大株红景天干燥根茎 15 kg, 水回流提取 2 次, 每次 2.5 h, 提取液混合后浓缩至原药液的 1/2, 加适量 95%乙醇醇沉, 静置, 离心, 将上清液减压浓缩。浓缩液与反相 C₁₈ 以 1:1.5 比例拌样, 经 DAC 反相色谱以乙腈-水为流动相进行梯度洗脱, 得到 8 个馏份 Fr. 1~8。Fr. 2 经制备型 HPLC, 流动相为乙腈 (A)-水 (B), 0~60 min, 5%~50% A 梯度洗脱。以 5%~50%乙腈-水 (0~60 min) 梯度洗脱, 得 7 个馏份 Fr. A1~A7。其中 Fr. A1 再经制备型 HPLC 及 Sephadex LH-20 反复分离纯化, 得到化合物 **1** (58 mg)、**2** (14 mg)。Fr. A3 经制备型 HPLC, 以水洗脱得到化合物 **14** (37 mg)、**15** (12 mg)。Fr. A4 经制备型 HPLC 结合 Sephadex LH-20 柱色谱反复分离纯化, 得到化合物 **8** (34 mg)、**9** (90 mg)、**11** (5 mg)、**12** (8 mg)。Fr. A6 重结晶得到化合物

13 (218 mg), 除去结晶后溶液经制备型 HPLC 制备得到化合物 **4** (62 mg)、**10** (17 mg)。Fr. 3 经 Sephadex LH-20 纯化, 以 50%甲醇-水洗脱, 得到 Fr. B1~B7, 其中 Fr. B4 经制备型 HPLC, 以 15%~18%乙腈-水, 0~50 min 梯度洗脱, 得到的馏份 Fr. B4-3 经凝胶纯化后结晶得化合物 **3** (172 mg); Fr. B4-5 经制备型 HPLC 分离, 得到化合物 **7** (22 mg)。Fr. B7 经凝胶柱色谱及制备型 HPLC 分离, 得到化合物 **5** (20 mg)、**6** (29 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色针状结晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 169 [M-H]⁻。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.06 (2H, s, H-2, 6); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 122.3 (C-1), 146.5 (C-2, 6), 110.6 (C-3, 5), 139.8 (C-4), 170.6 (-COOH)。以上数据与文献报道一致^[5], 故鉴定化合物 **1** 为没食子酸。

化合物 **2**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 197 [M-H]⁻。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.26 (2H, s, H-2, 6), 3.81 (6H, s, 2×-OCH₃)。 ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 122.0 (C-1), 108.5 (C-2, 6), 148.2 (C-3, 5), 141.8 (C-4), 56.1 (-OCH₃), 170.2 (-COOH)。以上数据与文献报道一致^[6], 故鉴定化合物 **2** 为丁香酸。

化合物 **3**: 白色结晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 137 [M-H]⁻。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.06 (2H, d, J = 8.6 Hz, H-4, 8), 6.74 (2H, d, J = 8.6 Hz, H-5, 7), 3.67 (2H, t, J = 7.0 Hz, H-1), 2.74 (2H, t, J = 7.0 Hz, H-2); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 63.3 (C-1), 38.2 (C-2), 130.4 (C-3), 129.8 (C-4, 8), 114.5 (C-5, 7), 155.6 (C-6)。以上数据与文献报道一致^[7], 故鉴定化合物 **3** 为酪醇。

化合物 **4**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 301 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.06 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-2, 6), 6.69 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-3, 5), 4.29 (1H, d, J = 7.8 Hz, H-1'), 2.82 (2H, t, J = 7.6 Hz, H-7), 3.18 (2H, m, H-8); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 155.4 (C-1), 129.6 (C-4), 129.3 (C-3, 5), 114.7 (C-2, 6), 103.0 (C-1'), 73.7 (C-2'), 76.5 (C-3'), 70.7 (C-8), 70.2 (C-4'), 76.7 (C-5'), 61.3 (C-6'), 35.0 (C-7)。以上数据与文献报道一致^[7-8], 故鉴定化合物 **4** 为红景天苷。

化合物 **5**: 白色针晶 (醋酸乙酯), mp 213~215 °C, ESI-MS m/z : 155 [M+H]⁺。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.43 (1H, s, H-2), 7.42 (1H, d, J = 7.8 Hz, H-5), 6.79 (1H, d, J = 8.2 Hz, H-6); ¹³C-NMR (100

MHz, CD₃OD) δ : 123.4 (C-1), 117.7 (C-2), 146.1 (C-3), 151.5 (C-4), 115.8 (C-5), 123.9 (C-6), 170.5 (-COOH)。以上数据与文献报道一致^[9], 故鉴定化合物 **5** 为 3,4-二羟基苯甲酸。

化合物 **6**: 白色针晶 (醋酸乙酯), mp 213~215 °C, ESI-MS m/z : 139 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.88 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-2, 6), 6.81 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-3, 5), 5.03 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-1'), 2.56 (3H, s, -CH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 122.6 (C-1), 132.9 (C-2, 6), 115.9 (C-3, 5), 163.3 (C-4), 170.0 (-COOH)。以上数据与文献报道一致^[10], 故鉴定化合物 **6** 为对羟基苯甲酸。

化合物 **7**: 白色针晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 153 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.08 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-2, 6), 6.73 (2H, d, J = 8.8 Hz, H-3, 5), 3.48 (2H, s, H-7); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 125.4 (C-1), 129.9 (C-2, 6), 114.9 (C-3, 5), 155.9 (C-4), 39.7 (C-7), 175.0 (-COOH)。以上数据与文献报道一致^[11], 故鉴定化合物 **7** 为对羟基苯乙酸。

化合物 **8**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 165 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.52 (2H, d, J = 7.8 Hz, H-2, 6), 6.85 (2H, d, J = 7.8 Hz, H-3, 5), 7.48 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-7), 6.24 (1H, d, J = 15.8 Hz, H-8); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 127.4 (C-1), 130.9 (C-2, 6), 117.9 (C-3, 5), 158.8 (C-4), 147.7 (C-7), 115.4 (C-8), 171.4 (C-9)。以上数据与文献报道一致^[12], 故鉴定化合物 **8** 为对羟基苯丙烯酸。

化合物 **9**: 白色结晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 325 [M-H]⁻。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.12 (2H, d, J = 8.6 Hz, H-2, 6), 7.55 (2H, d, J = 8.6 Hz, H-3, 5), 7.63 (1H, d, J = 16 Hz, H-7), 6.36 (1H, d, J = 16.0 Hz, H-8), 4.95 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-1'), 3.90 (1H, dd, J = 12.1, 2.0 Hz, H-6'a), 3.70 (1H, dd, J = 12.1, 5.6 Hz, H-6'b); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 160.9 (C-1), 118.0 (C-2, 6), 130.8 (C-3, 5), 130.0 (C-4), 146.0 (C-7), 117.5 (C-8), 170.7 (C-9), 101.8 (C-1'), 74.9 (C-2'), 78.0 (C-3'), 71.3 (C-4'), 78.3 (C-5'), 62.5 (C-6')。以上数据与文献报道一致^[13], 故鉴定化合物 **9** 为对羟基苯丙烯酸 4- β -D-葡萄糖苷。

化合物 **10**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 285 [M-H]⁻。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.32 (2H, d, J = 7.6 Hz, H-2, 6), 7.25 (2H, d, J = 7.6 Hz, H-3, 5), 7.23 (1H, t, J = 6.8 Hz, H-4), 4.32 (1H, d, J = 8.0 Hz,

H-1'); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 139.2 (C-1), 128.6 (C-2, 6), 130.1 (C-3, 5), 128.6 (C-4), 71.0 (C-7), 102.8 (C-1'), 74.9 (C-2'), 78.0 (C-3'), 71.4 (C-4'), 78.2 (C-5'), 62.7 (C-6')。以上数据与文献报道一致^[14], 故鉴定化合物 **10** 为苯甲醇- O - β -D-吡喃葡萄糖苷。

化合物 **11**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 321 [M+Na]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.16 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-2, 6), 7.98 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-3, 5), 5.03 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-1'), 2.56 (3H, s, -CH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 163.1 (C-1), 117.3 (C-2, 6), 131.7 (C-3, 5), 130.9 (C-4), 199.4 (C=O), 26.5 (-CH₃), 101.8 (C-1'), 74.8 (C-2'), 77.9 (C-3'), 71.3 (C-4'), 78.3 (C-5'), 62.5 (C-6')。以上数据与文献报道一致^[15], 故鉴定化合物 **11** 为云杉苷。

化合物 **12**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 343 [M-H]⁻。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.86 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-2, 6), 7.08 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-3, 5), 2.51 (2H, t, J = 7.6 Hz, H-7), 3.45 (2H, t, J = 7.6 Hz, H-9), 4.85 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-1'), 3.56 (3H, s, -CH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 160.1 (C-1), 117.8 (C-2, 6), 130.7 (C-3, 5), 131.9 (C-4), 30.9 (C-7), 42.9 (C-8), 198.9 (C=O), 23.5 (-CH₃), 101.7 (C-1'), 74.9 (C-2'), 77.8 (C-3'), 71.2 (C-4'), 78.2 (C-5'), 62.8 (C-6')。以上数据与文献报道一致^[16], 故鉴定化合物 **12** 为二氢松柏苷。

化合物 **13**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 351 [M+Na]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 9.80 (1H, s, 6-OH), 8.45 (1H, s, 8-OH), 6.99 (1H, s, H-9), 4.00 (1H, t, J = 10.0 Hz, H-3), 4.96 (1H, t, J = 10.5 Hz, H-4), 3.55 (1H, t, J = 8.6 Hz, H-13), 3.85 (1H, brd, J = 12.0 Hz, H-14a), 3.76 (3H, s, -OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 163.8 (C-1), 80.1 (C-3), 72.5 (C-4), 118.5 (C-5), 151.4 (C-6), 148.5 (C-7), 140.9 (C-8), 109.9 (C-9), 116.4 (C-10), 74.1 (C-11), 71.0 (C-12), 82.1 (C-13), 61.5 (C-14), 60.2 (-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[17], 故鉴定化合物 **13** 为岩白菜素。

化合物 **14**: 黄色油状物, ESI-MS m/z : 260 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.46 (1H, dd, J = 1.3, 6.9 Hz, H-3), 4.43 (1H, dd, J = 1.3, 6.9 Hz, H-4a), 4.54 (1H, dd, J = 1.3, 6.9 Hz, H-4b), 4.32 (1H, d, J = 7.7 Hz, H-1'), 1.98 (3H, s, -CH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 117.8 (C-1), 111.8 (C-2), 144.6 (C-3), 67.7 (C-4), 19.9 (C-5), 103.4 (C-1'), 73.8

(C-2'), 77.6 (C-3'), 70.6 (C-4'), 77.6 (C-5'), 62.6 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[18], 故鉴定化合物 **14** 为 rhodiocyanoside A。

化合物 **15**: 棕黄色油状物, ESI-MS m/z : 127 $[M+H]^+$ 。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 9.53 (1H, s, -CHO), 7.38 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, H-3), 6.58 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, H-4); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 178.0 (-CHO), 152.5 (C-2), 123.4 (C-3), 109.5 (C-4), 161.8 (C-5), 56.2 (-CH₂OH)。以上数据与文献报道一致^[19], 故鉴定化合物 **15** 为 5-羟甲基糠醛。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [2] 张明发, 沈雅琴. 红景天苷及其苷元酪醇的抗炎、抗肿瘤和免疫调节作用 [J]. 药物评价研究, 2013, 36(3): 228-233.
- [3] 王爱玲, 曲 玮, 梁敬钰. 红景天属植物化学成分及药理作用研究进展 [J]. 海峡药学, 2014, 26(1): 1-8.
- [4] 金永日, 于晓风, 吕忠智, 等. 红景天茎叶提取物的抗衰老作用研究 II [J]. 中国老年学杂志, 2001, 21(5): 228-229.
- [5] He X Y, Han L, Huang X S. A new phenolic glucoside from *Paeonia lactiflora* [J]. *Chin Herb Med*, 2011, 3(2): 84-86.
- [6] 王呈文, 陈光英, 宋小平, 等. 牛大力的化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(11): 1515-1520.
- [7] 罗 鑫, 王雪晶, 张 桥, 等. 同时制备克级高纯度酪醇、大花红天素及红景天苷的工艺研究 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(7): 1300-1304.
- [8] Wu C H, Wang T, Yamaguchi Y, *et al.* A New phenylpropanol glycoside and its Five known analogues from *Boschniakia rossica* [J]. *Chin Herb Med*, 2013, 5(1): 5-8.
- [9] 杨大松, 李资磊, 王 雪, 等. 土党参的化学成分及其抗血管生成活性研究 [J]. 中草药, 2015, 46(4): 470-475.
- [10] 倪付勇, 陈 重, 许琼明, 等. 高山红景天化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(7): 798-802.
- [11] 杨晓波, 杨盛鑫, 李敏一, 等. 印度红树植物木果楝种子的化学成分研究 [J]. 中草药, 2010, 41(6): 846-851.
- [12] 肖同书, 王 琼, 蒋骊龙, 等. 刘寄奴化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(5): 515-518.
- [13] 马朝阳, 姜在祥, 吕文平, 等. 玫瑰红景天化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2012, 12(24): 1549-1553.
- [14] 华会明, 李 铄, 邢素娥, 等. 柳穿鱼化学成分研究 [J]. 中国药学杂志, 2005, 40(9): 653-655.
- [15] 刘俊岭, 热 娜, 堵年生. 帕米尔红景天化学成分的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 1999, 12(3): 30-33.
- [16] 杨桢楠, 冯子明, 姜建双, 等. 大花红景天化学成分的研究 [J]. 中国药学杂志, 2013, 48(6): 410-413.
- [17] 谢朋飞, 邹录惠, 邱 莉, 等. 华山矾地上部分的化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(20): 2895-2899.
- [18] Yoshikawa M, Shimada H, Murakami N, *et al.* Bioactive constituents of Chinese natural medicines. II. Rhodiola Radix (1). Chemical structures and antiallergic activity of rhodiocyanosides A and B from the underground part of *Rhodiola Radix* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1996, 44(11): 2086-2091.
- [19] 李广志, 陈 锋, 沈连刚, 等. 石菖蒲根茎的化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(7): 808-811.