

文章编号 1006-8147(2016)02-0119-03

论著

大株红景天化学成分的研究

赵娜¹, 赵国华², 王仁久², 曹明光², 吴海波², 柴雅晴¹, 唐生安¹, 段宏泉^{1,3}

(1. 天津医科大学药学院, 天津市临床药物关键技术重点实验室, 天津 300070; 2. 通化玉圣药业股份有限公司, 通化 134000; 3. 天津医科大学基础医学研究中心, 天津 300070)

摘要 目的: 对四川产大株红景天的化学成分进行分离鉴定。方法: 采用硅胶柱色谱、凝胶柱色谱和 HPLC 制备色谱等方法分离纯化得到单体化合物, 采用有机波谱方法鉴定化合物结构。结果: 从大株红景天萃取物中分离得到 10 个化合物, 分别鉴定为 lotaustralin (1)、仲丁基葡萄糖苷 (2)、没食子酸 (3)、3-甲氧基没食子酸 (4)、没食子酸甲酯 (5)、3-羟基-4-甲氧基苯甲酸 (6)、苯甲醇 (7)、阿魏酸 (8)、对羟基肉桂酸 (9)、棉黄素-7-O-(3"-O-β-D-葡萄糖基)-α-L-鼠李糖苷 (10)。结论: 化合物 2、6 为首次从该属植物中分离得到, 化合物 1、5、8、9、10 为首次从该种植物中分离得到。

关键词 红景天属; 大株红景天; 化学成分; 结构鉴定

中图分类号 R9

文献标志码 A

Studies on chemical constituents from *Rhodiola wallichiana*

ZHAO Na¹, ZHAO Guo-hua², WANG Ren-jiu², CAO Ming-guang², WU Hai-bo², CHAI Ya-qing¹, TANG Sheng-an¹, DUAN Hong-quan¹
(1. School of Pharmacy, Tianjin Medical University, Tianjin Key Laboratory on Technologies Enabling Development of Clinical Therapeutics and Diagnostics (Theranostics), Tianjin 300070, China; 2. Tonghua Yusheng Medicine Co., Ltd. Tonghua 134000, China; 3. Research Center of Basic Medical Sciences, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China)

Abstract **Objective:** To study the chemical constituents from *Rhodiola wallichiana*. **Methods:** Chemical constituents were isolated and purified by repeated column chromatography (silica gel, Toyopearl HW-40C and preparative HPLC). Their structures were elucidated on the basis of spectral data analysis. **Results:** Ten compounds (1-10) were isolated and their structures were identified by comparing their spectral data with literature values as follows: lotaustralin (1), sec-butyl-O-β-D-glycosidase (2), trihydroxybenzoic acid (3), 3-methoxy-trihydroxybenzoic acid (4), methyl gallate (5), 3-hydroxy-4-methoxy-benzoic acid (6), benzyl alcohol (7), ferulic acid (8), 4-Hydroxycinnamic acid (9), gossypetin-7-O-(3"-O-β-D-glucosyl)-α-L-rhamnoside (10). **Conclusion:** Compound 2 and 6 are isolated from the genus *Rhodiola* for the first time, compound 1, 5, 8, 9 and 10 are isolated from this plant for the first time.

Key words *Rhodiola*; *Rhodiola wallichiana*; chemical constituents; structure identification

大株红景天 (*Rhodiola wallichiana*) 为景天科红景天属植物, 全名大株粗茎红景天^[1], 2000 多年前的《神农本草经》和唐代的《千金翼方》及明代的《本草纲目》均有记载。大株红景天分布于西藏、四川及云南等地。红景天享有“高原人参”、“北极玫瑰”之美称, 具有适应原作用, 包括保护心脏、神经, 抗疲劳, 抗衰老, 抗辐射, 调节生理机能, 延长寿命, 被广泛应用于医疗、保健品、化妆品等领域^[2-4]。红景天中含糖苷类、香豆素类、黄酮类、挥发油、生物碱、甾体、苯酚类化合物以及有机酸 (没食子酸、草酸、柠檬酸、苹果酸、琥珀酸) 和微量无机元素等^[5-6]。本文以天然药物化学研究手段, 对大株红景天进行了提取分离, 采用硅胶柱色谱、凝胶柱色谱和制备型 HPLC 等色谱方法分离纯化得到单体化合物, 采用 1D NMR、2D NMR、MS 等有机波谱方法以及与文献报

道数据进行对比鉴定化合物结构。

1 仪器与方法

1.1 仪器、试剂及材料 核磁共振仪: Bruker AV 400 instrument (TMS 内标); 液质联用色谱仪: Alliance2695, Quattro Micro TM ESI (Waters); 半制备高效液相色谱仪: 日本分光公司 (JASCO), PU-2089 (泵), RI-2031 和 UV-2075 (检测器); 制备 HPLC 色谱柱: C-18 反相柱: YMC-Pack ODS-A SH-343-5 (20 mm×250 mm), GPC (凝胶渗透色谱柱): Shodex, Asahipak GS-20G (20 mm×500 mm×2); 凝胶柱色谱: Toyopearl HW-40C (Tosoh); 氘代试剂 (ALDRICH 公司); 柱色谱和薄层色谱用硅胶均系青岛海洋化工厂生产, 所用试剂均系分析纯。

本文所用药材大株红景天 [*Rhodiola wallichiana* (HK) S H Fu var *Cholaensis* (Praag) S H Fu] 于 2012 年 9 月采自四川省阿坝州, 由天津医科大学药学院生药学教研室周晔教授鉴定, 标本 (D20130610) 存放

作者简介 赵娜 (1990-), 女, 硕士在读, 研究方向: 天然活性化学成分研究; 通信作者: 段宏泉, E-mail: duanhq@tjmu.edu.cn。

于天津医科大学药学院。

1.2 提取分离 取自然干燥的大株红景天根茎 14 kg, 粉碎后用 75% 的乙醇回流提取 3 次, 每次 2 h。提取液减压浓缩, 得浸膏 1 530.3 g, 浸膏加水混悬后, 分别用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取 3 次, 每次 3.5 L, 合并萃取液, 减压浓缩得石油醚提取物 26.5 g, 乙酸乙酯提取物 175.7 g, 正丁醇提取物 281.5 g。

取乙酸乙酯萃取物 (175.7 g) 经硅胶柱色谱 (800 g, 300~400 目) 分离, 石油醚-乙酸乙酯-甲醇梯度洗脱 (石油醚-乙酸乙酯, 6:1, 4:1, 3:1, 2:1, 含 5% 甲醇的乙酸乙酯, 10% 甲醇的乙酸乙酯, 20% 甲醇的乙酸乙酯, 甲醇), TLC 检测合并类似部分, 得到 8 个组分 (Fr.1~8)。Fr.4 经凝胶 Toyopearl HW-40C 柱色谱 (35 × 1 200 mm, 二氯甲烷-甲醇, v/v, 2:1) 洗脱分离, 得到 5 个组分 (Fr.4.1~4.5), 组分 Fr.4.5 经制备 HPLC (ODS-A, 5 μm, 20 × 250 mm, 甲醇-水, v/v, 7:3) 纯化得到化合物 4 (33.6 mg)。Fr.5 经硅胶柱色谱分离, 二氯甲烷-甲醇梯度洗脱 (v/v, 97:3, 95:5, 9:1, 85:15+1% 冰醋酸) 得到 6 个组分 (Fr.5.1~5.6), 其中 Fr.5.3 经凝胶 Toyopearl HW-40C 柱色谱 (35 × 1 200 mm, 二氯甲烷-甲醇, v/v, 2:1) 洗脱分离, 得到 5 个组分 (Fr.5.3.1~5.3.5)。Fr.5.3.3 进一步以制备 HPLC (ODS-A, 5 μm, 20 × 250 mm, 甲醇-水, v/v, 6:4) 纯化得到化合物 6 (49.5 mg) 和化合物 8 (158.5 mg)。Fr.5.3.4 经凝胶渗透 HPLC (GPC, 20 × 500 mm × 2, 甲醇) 纯化, 得到化合物 9 (24.2 mg)。Fr.6 经凝胶 Toyopearl HW-40C 柱色谱 (35 × 1 200 mm, 二氯甲烷-甲醇, v/v, 2:1) 洗脱分离, 得到 3 个组分 (Fr.6.1~6.3), 组分 Fr.6.1 进一步以凝胶渗透 HPLC (GPC, 20 × 500 mm × 2, 甲醇) 纯化, 得到化合物 2 (30.4 mg)。组分 Fr.6.3 经制备 HPLC (ODS-A, 5 μm, 20 × 250 mm, 甲醇-水, v/v, 7:3) 纯化得到化合物 7 (27.2 mg)。组分 Fr.7 经硅胶柱色谱分离, 二氯甲烷-甲醇 (v/v, 9:1, 85:15, 7:3, 6:4) 梯度洗脱, 分离得到 7 个组分 (Fr.7.1~7.7), 其中 Fr.7.3 经凝胶 Toyopearl HW-40C 柱色谱 (35 × 1 200 mm, 二氯甲烷-甲醇, v/v, 1:1) 分离得到 7 个组分 (Fr.7.3.1~7.3.7)。Fr.7.3.3 进一步以制备 HPLC (ODS-A, 5 μm, 20 × 250 mm, 甲醇-水, v/v, 3:7) 分离得化合物 1 (27.8 mg)。Fr.7.3.6 进一步经凝胶 Toyopearl HW-40C 柱色谱 (35 × 1 200 mm, 二氯甲烷-甲醇, v/v, 1:1) 分离得到化合物 3 (150.5 mg)。

取正丁醇萃取物 (281.5 g) 经硅胶柱色谱 (800 g, 300~400 目) 分离, 二氯甲烷-甲醇梯度洗脱 (95:5,

9:1, 85:15, 8:2), 二氯甲烷-甲醇-水 (75:25:0.2, 65:35:0.3) 和甲醇梯度洗脱, 所得组分经聚酰胺色谱柱, 凝胶渗透柱色谱 Toyopearl HW-40 及制备高效液相色谱柱分离纯化, 分别得到化合物 5 (20.5 mg) 和 10 (25.5 mg)。

2 结果

从大株红景天 *R. wallichiana* 提取物中分离得到 10 个化合物, 见图 1。

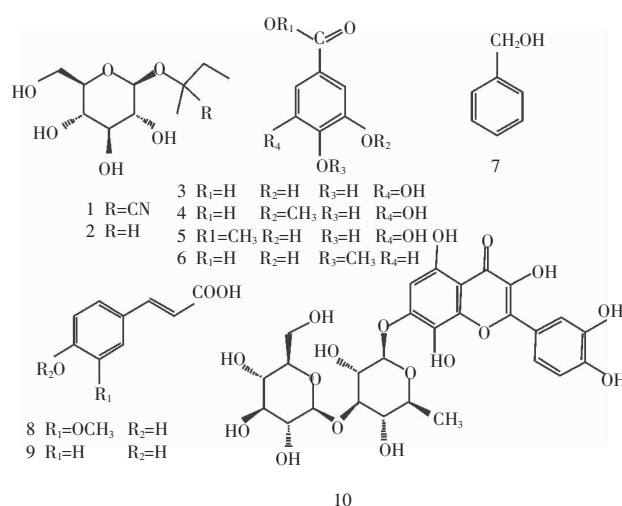


图1 从大株红景天中分离得到的化合物

Fig 1 Compounds 1~10 isolated from *R. wallichiana*

2.1 化合物 1 lotaustralin, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 262 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 1.90 (1H, m, H-3a), 1.81 (1H, m, H-3b), 0.98 (3H, t, J = 7.6 Hz, H-4), 1.55 (3H, s, J = 7.6 Hz, H-5), 4.77 (1H, J = 7.8 Hz, H-1'), 2.9~3.7 (6H, 糖); ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 120.6 (C-1), 75.5 (C-2), 32.8 (C-3), 8.4 (C-4), 23.9 (C-5), 99.3 (C-1'), 73.1 (C-2'), 76.9 (C-3'), 69.7 (C-4'), 76.9 (C-5'), 60.8 (C-6')。

2.2 化合物 2 仲丁基葡萄糖苷, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 237 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 0.87 (3H, J = 7.4 Hz, H-4), 1.13 (3H, J = 6.0 Hz, H-1), 1.44 (2H, m, H-3), 3.65 (1H, H-2), 4.16 (1H, J = 7.6 Hz, H-1')。 ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 21.0 (C-1), 9.3 (C-4), 28.5 (C-3), 75.8 (C-2), 102.3 (C-1'), 70.1 (C-2'), 76.8 (C-3'), 73.6 (C-4'), 76.6 (C-5'), 61.1 (C-6')。

2.3 化合物 3 没食子酸, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 171 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 7.05 (2H, s, H-2, 6); ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 123.6 (C-1), 110.3 (C-2, 6), 146.3

(C-3, 5), 139.0 (C-4), 71.6 (-COOH)。

2.4 化合物 4 3-甲氧基没食子酸, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 185 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 7.02 (1H, d, $J = 2.4$ Hz), 7.07 (1H, d, $J = 2.4$ Hz), 3.7 (3H, s, -OCH₃); ^{13}C -NMR (CD₃OD, 100 MHz) δ : 123.7 (C-1), 104.8 (C-2), 147.7 (C-3), 138.3 (C-4), 145.2 (C-5), 111.1 (C-6), 55.7 (-OCH₃), 168.9 (-COOH)。

2.5 化合物 5 没食子酸甲酯, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 185 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 6.95 (2H, s, H-2, 6), 3.75 (3H, s, -OCH₃); ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 119.2 (C-1), 108.5 (C-2, 6), 145.5 (C-3, 5), 138.4 (C-4), 166.3 (-COOH)。

2.6 化合物 6 3-羟基-4-甲氧基苯甲酸, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 169 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 7.45 (1H, dd, $J = 8.4, 2.0$ Hz, H-6), 7.44 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2), 6.85 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5), 3.81 (3H, s, OCH₃); ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 121.6 (C-1), 115.0 (C-2), 147.2 (C-3), 151.0 (C-4), 112.6 (C-5), 123.4 (C-6), 55.5 (-OCH₃), 167.2 (-COOH)。

2.7 化合物 7 苯甲醇, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 109 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (CD₃OD, 400 MHz) δ : 7.33 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2, 6), 7.30 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3, 5), 7.22 (1H, m, H-4), 4.59 (2H, s); ^{13}C -NMR (CD₃OD, 100 MHz) δ : 142.7 (C-1), 129.4 (C-2, 6), 128.0 (C-3, 5), 128.3 (C-4), 65.2 (C-7)。

2.8 化合物 8 阿魏酸, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 195 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 7.49 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7), 7.28 (1H, br s, H-2), 7.08 (1H, br d, $J = 8.4$ Hz, H-6), 6.79 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5), 6.37 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-8), 3.82 (3H, s, OCH₃); ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 115.6 (C-1), 111.1 (C-2), 147.9 (C-3), 149.0 (C-4), 125.7 (C-5), 122.8 (C-6), 144.5 (C-7), 115.5 (C-8), 55.6 (-OCH₃), 168.0 (-COOH)。

2.9 化合物 9 对羟基肉桂酸, 为白色固体粉末。ESI-MS m/z : 165 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 7.44 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-2, 6), 7.36 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7), 6.78 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-3, 5), 6.27 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-8); ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 125.7 (C-1), 129.5 (C-2, 6), 118.5 (C-3, 5), 159.2 (C-4), 141.7 (C-7), 115.7 (C-8), 169.0 (C-9)。

2.10 化合物 10 棉黄素-7-*O*-(3''-*O*- β -D-葡萄

糖基)- α -L-鼠李糖苷, 为黄色固体粉末。ESI-MS m/z : 625 $[M-H]^-$ 。 1H -NMR (DMSO- d_6 , 400 MHz) δ : 6.53 (1H, s, H-6), 6.85 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-3'), 7.72 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6'), 4.44 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, 葡萄糖端基氢), 5.47 (1H, br s, 鼠李糖端基氢), 1.07 (3H, d, $J = 7.6$ Hz, 鼠李糖甲基), 3.56-4.12 (4H, 鼠李糖), 3.03-3.60 (6H, 葡萄糖); ^{13}C -NMR (DMSO- d_6 , 100 MHz) δ : 147.4 (C-2), 135.9 (C-3), 176.3 (C-4), 151.5 (C-5), 98.3 (C-6), 149.5 (C-7), 127.2 (C-8), 144.4 (C-9), 104.7 (C-10), 122.1 (C-1'), 120.3 (C-2'), 115.5 (C-3'), 147.9 (C-4'), 145.0 (C-5'), 115.5 (C-6'), 99.2 (C-1''), 68.9 (C-2''), 80.8 (C-3''), 70.4 (C-4''), 69.4 (C-5''), 17.8 (C-6''), 104.4 (C-1'''), 74.0 (C-2'''), 76.8 (C-3'''), 69.8 (C-4'''), 76.2 (C-5'''), 60.9 (C-6''')。

3 讨论

本文运用硅胶、凝胶柱色谱及半制备液相色谱等方法, 对四川产地的大株红景天进行化学成分提取、分离和纯化, 并通过核磁共振波谱、质谱等方法, 鉴定化合物的结构。结果表明, 从大株红景天中分离得到 10 个化合物, 1H -NMR 和 ^{13}C -NMR 数据与文献报道一致, 依次鉴定为 lotaustralin (1)^[7]、丁基葡萄糖苷 (2)^[8]、没食子酸 (3)^[9]、3-甲氧基没食子酸 (4)^[10]、没食子酸甲酯 (5)^[11]、3-羟基-4-甲氧基苯甲酸 (6)^[12]、苯甲醇 (7)^[13]、阿魏酸 (8)^[14]、对羟基肉桂酸 (9)^[15]、棉黄素-7-*O*-(3''-*O*- β -D-葡萄糖基)- α -L-鼠李糖苷 (10)^[16]。其中化合物 2、6 为首次从该属植物中分离得到, 化合物 1、5、8、9、10 为首次从该种植物中分离得到。目前国内外对红景天的化学成分、药理及临床的研究都有一定进展, 研究发现红景天其有效成分在抗肿瘤、抗缺氧、增强记忆力、抗衰老、抗辐射等方面有作用, 且疗效显著、不良反应少, 具有很大的药用价值。该研究进一步丰富了红景天的化学成分研究内容, 其药理作用还有待深入研究。

参考文献:

- [1] 谷燕莉, 陈玉婷. 药用红景天初考-兼与《中国药典》商榷[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(9): 929
- [2] 黄钰芳. 红景天活性成分及药理作用[J]. 中医临床杂志, 2008, 20(5): 528
- [3] Spasov A A, Wikman G K, Mandrikov V B, et al. A double-blind, placebo-controlled pilot study of the stimulating and adaptogenic effect of *Rhodiola rosea* SHR-5 extract on the fatigue of students caused by stress during an examination period with a repeated low-dose regimen[J]. Phytomedicine, 2000, 7(2): 85

(下转第 125 页)

torcetrapib。

分子对接初步证明其可以抑制 CETP, 具有理论活性, 表明基于 CETP 治疗冠状动脉粥样硬化具有一定可行性, 为治疗冠状动脉粥样硬化的先导化合物的结构改造及活性测定奠定了基础。

参考文献:

- [1] Zhang L, Yan F, Zhang S, et al. Structural basis of transfer between lipoproteins by cholesteryl ester transfer protein [J]. Nat Chem Biol, 2012, 8(4): 342
- [2] Bishop B M. Systematic review of CETP inhibitors for increasing high-density lipoprotein cholesterol: where do these agents stand in the approval process [J] Am J Ther, 2015,22(2): 147
- [3] Chapman M J, Wilfried L G, Guerin M, et al. Cholesteryl ester transfer protein: at the heart of the action of lipid-modulating therapy with statins, fibrates, niacin, and cholesteryl ester transfer protein inhibitors [J]. Eur Heart J, 2010, 31(2): 149
- [4] Barter P J, Brewer H B, Chapman M J, et al. Cholesteryl ester transfer protein: a novel target for raising HDL and inhibiting atherosclerosis [J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2003, 23(2): 160
- [5] Ding Y Y, Zhang W, Zhang M Q, et al. Functional and association studies of the cholesteryl ester transfer protein (CETP) gene in a Wannan Black pig model[J]. Anim Genet, 2015,46(6): 702
- [6] Morton R E, Izem L. Modification of CETP function by changing its substrate preference: a new paradigm for CETP drug design[J]. J Lipid Res, 2015, 56(3): 612
- [7] 杨征, 邱敏. 丹参酮 IIA 的心血管作用及机制研究进 [J]. 中国动脉硬化杂志, 2011, 19(4): 372
- [8] Collins H L, Drazul-Schrader D, Sulpizio A, et al. L-Carnitine intake and high trimethylamine N-oxide plasma levels correlate with low aortic lesions in ApoE transgenic mice expressing CETP[J]. Atherosclerosis, 2015, 244: 29
- [9] Miyosawa K, Watanabe Y, Murakami K, et al. New CETP inhibitor K-312 reduces PCSK9 expression: a potential effect on LDL cholesterol metabolism[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2015, 309(2): 177
- [10] Jeenduang N, Porntadavity S, Nuinoon M, et al. Studies of the CETP TaqIB and ApoE polymorphisms in southern thai subjects with the metabolic syndrome[J]. Biochem Genet, 2015, 53 (7/8): 184
- [11] Hitchcock E, Patankar J V, Tyson C, et al. A novel microdeletion affecting the CETP gene raises HDL-associated cholesterol levels [J]. Clin Genet, 2015,1
- [12] Greene D J, Izem L, Morton R E. Defective triglyceride biosynthesis in CETP-deficient SW872 cells[J]. J Lipid Res, 2015, 56(9): 1669
- [13] Liu S P, Mistry A, Jennifer M, et al. Crystal structures of cholesteryl ester transfer protein in complex with inhibitors[J]. J Biol chem, 2015, 287(44): 37321
- [14] Oostenbrink C, Soares T A, Vander Vegt N F, et al. Validation of the 53A6 GROMOS force field [J]. Eur Biophys J, 2005,34(4): 273
- [15] Halgren T A, Murphy R B, Friesner R A, et al. Glide: a new approach for rapid, accurate docking and scoring. 2. Enrichment factors in database screening [J]. J Med Chem, 2004, 47(7): 1750
- [16] Irwin J J, Shoichet B K. ZINC—a free database of commercially available compounds for virtual screening[J]. J Chem Inf Model, 2005, 45(1):177
- [17] 洪渊. 基质金属蛋白酶及其抑制剂的分子对接研究 [D]. 吉林: 吉林大学, 2007
- [18] Morehouse L A, Sugarman E D, Bourassa P A, et al. Inhibition of CETP activity by torcetrapib reduces susceptibility to diet-induced atherosclerosis in NZW rabbits[J]. J Lipid Res, 2007,48(6):1263

(2015-10-09 收稿)

(上接第 121 页)

- [4] 罗定强, 赵翔宇, 王军宪. 小丛红景天化学成分研究[J]. 中药材, 2005, 28(2): 98
- [5] Lee M W, Lee Y A, Park H M, et al. Antioxidative phenolic compounds from the roots of *Rhodiola sachalinensis* A. Bor[J]. Arch Pharm Res, 2000, 23(5):455
- [6] Nakamura S, Li X Z, Matsuda H, et al. Chemical structures of acyclic alcohol glycosides from the roots of *Rhodiola crenulata*[J]. Chem Pharm Bull, 2008, 56(4):536
- [7] Yurdanur A, Daneel F, Ehab A, et al. Lotaustralin from *Rhodiola rosea* roots[J]. Fitoterapia, 2004,75(6): 612
- [8] Sigurskjold B W, Haunstrup I, Bock K. Hydrolysis of substrate analogues catalysed by beta-D-glucosidase from *Aspergillus niger*. Part III. Alkyl and aryl beta-D-glucopyranosides[J]. Acta Chem Scand, 1992, 46(10): 451
- [9] 陈纪军, 陈金素, 陈润英, 等. 德钦红景天的化学成分[J]. 云南植物研究, 1999, 21(4): 525
- [10] Liu B M, Chen R G, Cai Q L. Preliminary study on the chemical constituents of *Glochidion ericarpum* Champ[J]. Guangxi J Tradit Chin Med, 2000, 23(40): 52
- [11] 舒希凯. 芍药花抗氧化活性成分的分离与鉴定[D]. 山东: 山东师范大学, 2013.
- [12] Ding H Y, Lin H C, Teng C M, et al. Phytochemical and pharmacological studies on Chinese Paeonia Species[J]. J Agric Food Chem, 2000, 47 (2):381
- [13] 张忠立, 左月明, 罗光明, 等. 梔子化学成分研究[J]. 中药材, 2013, 36(3): 401
- [14] Xiao H, Parkin K. Isolation and identification of phase II enzyme-inducing agents from Nonpolar Extracts of Green Onion (*Allium spp.*)[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(22): 8417
- [15] Bai N S, He K, Roller M, et al. Flavonolignans and other constituents from *Lepidium meyenii* with activities in anti-inflammation and human cancer cell lines[J]. J Agric Food Chem, 2015, 63(9): 2458
- [16] Hussein S A, Hashem A N, Selim M A, et al. Polyoxygenated flavonoids from *Eugenia edulis*[J]. Phytochemistry, 2003, 64(4): 883

(2015-09-15 收稿)