

南沙参的化学成分

徐谦^{1,2}, 李振麟², 赵彦敏^{1,2}, 蔡芷辰^{1,2}, 钱士辉^{2,3*}

(1. 南京中医药大学附属中西医结合医院, 南京 210046; 2. 江苏省中医药研究院, 南京 210028;
3. 江苏省农业种质资源保护与利用平台, 南京 210014)

[摘要] 目的:研究南沙参的化学成分。方法:采用硅胶、凝胶等色谱方法进行分离和纯化,并通过理化性质和波谱分析鉴定化合物的结构。结果:从南沙参甲醇提取物的石油醚、乙酸乙酯和正丁醇萃取部分中分离得到13个化合物,分别鉴定为 α -香树脂醇乙酸酯(1),蒲公英萜酮(2),羽扇豆烯酮(3), β -谷甾醇(4),羽扇豆醇乙酸酯(5),无柄沙参酸-3-*O*-异戊酸酯(6),胡萝卜苷(7),正十五烷酸(8),邻苯二甲酸二己酯(9),汉黄芩苷(10),愈创木酚 β -*D*-吡喃葡萄糖苷(11),5-羟甲基糠醛(12),黄芩苷(13)。结论:其中化合物1,8,10,11,13为首次从桔梗科分离得到;9,12为首次从沙参属分离得到;6为首次从该植物中分离得到。

[关键词] 南沙参; 化学成分; 结构鉴定; 无柄沙参酸-3-*O*-异戊酸酯

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)07-0058-04

[doi] 10.13422/j.cnki.syfx.2016070058

Chemical Constituents from *Adenophorae Radix*

XU Qian^{1,2}, LI Zhen-lin², ZHAO Yan-min^{1,2}, CAI Zhi-chen^{1,2}, QIAN Shi-hui^{2,3*}

(1. *Liated Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Nanjing University of Traditional Chinese Medicine (TCM), Nanjing 210046, China;*
2. *Jiangsu Province Academy of TCM, Nanjing 210028, China;*
3. *Jiangsu Provincial Platform for Conservation and Utilization of Agricultural Germplasm Resources, Nanjing 210014, China*)

[Abstract] **Objective:** To study the chemical constituents of *Adenophorae Radix*. **Method:** The compounds were isolated and purified by silica gel column, sephadex LH-20 column chromatography. Their structures were identified by physicochemical properties and spectral data. **Result:** Thirteen compounds have been isolated from the petroleum ether, ethyl acetate and *n*-butanol fractions. They were respectively identified as α -amyrin acetate (1), taraxerone (2), lupenone (3), β -sitosterol (4), lupeol acetate (5), sessilifolic acid 3-*O*-isovalerate (6), stigmastane (7), *n*-pentadecanoic acid (8), bis (2-ethylhexyl) phthalatel (9), wogonoside (10), guaiacol β -*D*-glucopyranoside (11), 5-hydroxymethyl furfural (12), baicalin (13). **Conclusion:** Compound 1, 8, 10, 11, 13 were obtained from the Campanulaceae for the first time, compound 9, 12 were obtained from the *Adenophora* for the first time, and compound 6 was obtained from this plant for the first time.

[Key words] *Adenophorae Radix*; chemical constituents; structure identification; sessilifolic acid 3-*O*-isovalerate

南沙参为桔梗科植物轮叶沙参或沙参的干燥根。春、秋二季采挖,除去须根,洗后趁鲜刮去粗皮,洗净,干燥。养阴清肺,益胃生津,化痰,益气。用于肺热燥

咳,阴虚劳嗽,干咳痰黏,胃阴不足,食少呕吐,气阴不足,烦热口干^[1]。据文献报道,南沙参主要含有多糖、三萜、酚酸、挥发油等化学成分^[2-3],具有镇咳祛痰、抗

[收稿日期] 20150601(004)

[基金项目] 江苏省科技基础设施建设计划项目(BM2013072)

[第一作者] 徐谦,在读硕士,从事中药资源化学研究, Tel:18501259793, E-mail:xuqian2013nzy@163.com

[通讯作者] *钱士辉,研究员,从事中药资源化学研究, Tel:025-85639644, E-mail:njqsh2005@126.com

氧化、抗衰老、抗辐射等现代药理作用^[4-6]。为进一步阐明南沙参的化学成分,为南沙参的资源综合利用提供依据,本文对轮叶沙参的化学成分进行了系统研究,从中分离、纯化、鉴定了 13 个化合物,其中化合物 **1, 8, 10, 11, 13** 首次从桔梗科分离得到;化合物 **9, 12** 首次从沙参属分离得到;化合物 **6** 首次从该植物中分离得到。

1 材料

AV-300 型核磁共振仪(德国 Bruker), 1100 系列 LC-MSD Trap 型质谱仪(美国 Agilent), 2695 型, Waters 600 型制备液相色谱仪(美国 Waters 公司), Dr Flash II 型中低压液相色谱仪(苏州利穗科技有限公司), B-540 型熔点测试仪(瑞士 Buchi 公司), 羟丙基葡聚糖凝胶(Sephadex LH-20)和 RP-C₁₈ 反相制备色谱填料(50 μm, Merck 公司), 小孔树脂 MCI 反相柱色谱填料(CHP20P, 70 ~ 150 μm, 日本 Mitsubishi Chemical Corporation), 薄层色谱硅胶 GF₂₅₄ 及柱色谱硅胶(青岛海洋化工厂产品); 制备液相试剂为色谱纯, 其他试剂为分析纯。

轮叶沙参药材购于亳州市万珍中药饮片厂(批号 131127, 产地内蒙古), 经江苏省中医药研究院中药资源化学研究室钱士辉研究员鉴定为桔梗科轮叶沙参 *Adenophora tetraphylla* 的干燥根, 留样存放于本院中药资源化学研究室。

2 提取与分离

轮叶沙参药材 6 kg, 工业甲醇梯度渗漉提取, 提取液浓缩得到浸膏, 纯水复溶后依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 合并萃取液, 回收溶剂, 得到各部分浸膏。石油醚部位浸膏约 40 g, 经硅胶柱色谱(100 ~ 200 目), 石油醚-乙酸乙酯(100:0 ~ 3:2) 梯度洗脱, 得到 14 个组分(Fr. A ~ N), 其中 Fr. D 经反复硅胶柱色谱, Sephadex LH-20 纯化和重结晶, 得到化合物 **1** (63.5 mg), **2** (45.7 mg); Fr. E 经硅胶柱色谱(200 ~ 300 目), 得到 7 个组分(Fr. E1 ~ E7), 其中 Fr. E4 经反复硅胶柱色谱, 得到化合物 **3** (36.3 mg); Fr. H 经反复硅胶柱色谱, 得到化合物 **4** (2.6 g); 乙酸乙酯部位浸膏约 70 g, 经硅胶柱色谱(100 ~ 200 目), 石油醚-乙酸乙酯(10:1 ~ 1:1) 到乙酸乙酯-甲醇(100:1 ~ 5:1) 梯度洗脱, 得到 11 个组分(Fr. A ~ K), 由 Fr. A 分离得到化合物 **5** (500.8 mg), **6** (25.6 mg); Fr. J 中分离得到化合物 **7** (1.7 g); Fr. K 经硅胶柱色谱(200 ~ 300 目), 得到 5 个组分(Fr. 1 ~ 5), 由 Fr. 3 中分离得到化合物 **8** (15.2 mg); Fr. 4 中分离得到化合物 **9** (65.3 mg); Fr. 5 经 MCI 柱色谱, 得到 3 个组分(Fr. 5I ~ 5III),

由 Fr. 5II 重结晶得到化合物 **10** (80.1 mg); 正丁醇部位浸膏(157 g), 经 D101 大孔树脂柱色谱, 以乙醇-水(0:100 ~ 100:0) 梯度洗脱, 得到 5 个组分(Fr. A ~ E), 其中 Fr. B 经 MCI 柱色谱, 以甲醇-水(0:100 ~ 100:0) 梯度洗脱, 得到 7 个组分(Fr. 1 ~ 7), 其中 Fr. 1 经 Sephadex LH-20 以及半制备液相色谱仪, 得到化合物 **11** (77.8 mg); Fr. 3 经 Sephadex LH-20 以及中低压液相色谱仪, 得到化合物 **12** (105.8 mg); Fr. 6 经重结晶得化合物 **13** (205.1 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1** 白色针状结晶(石油醚-乙酸乙酯)。¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz) δ: 5.13 (1H, t, J = 4.0 Hz, H-12), 4.51 (1H, t, J = 6.1 Hz, H-3), 2.05 (3H, s, CH₃CO), 1.07 (3H, s, H-27), 1.01 (3H, s, H-26), 0.98 (3H, s, H-25), 0.92 (3H, d, H-30), 0.88 (3H, s, H-24), 0.87 (3H, s, H-23), 0.80 (3H, s, H-28), 0.79 (3H, d, H-29); ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz) δ: 15.70 (C-25), 16.70 (C-24), 16.84 (C-26), 17.46 (C-29), 18.22 (C-6), 21.25 (CH₃), 21.34 (C-30), 23.20 (C-11), 23.35 (C-27), 23.58 (C-2), 26.59 (C-16), 28.04 (C-23), 28.08 (C-28), 28.71 (C-15), 31.22 (C-21), 32.86 (C-7), 33.72 (C-17), 36.81 (C-10), 37.69 (C-4), 38.46 (C-1), 39.59 (C-19), 39.63 (C-20), 40.01 (C-8), 41.51 (C-22), 42.11 (C-14), 47.64 (C-9), 55.26 (C-5), 59.07 (C-18), 80.94 (C-3), 124.31 (C-12), 139.93 (C-13), 171.02 (C=O)。以上数据与文献[7]报道基本一致, 可以确定化合物 **1** 为 α-香树脂醇乙酸酯(α-amyrin acetate)。

化合物 **2** 白色结晶(石油醚-乙酸乙酯)。¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz) δ: 0.83 (3H, s, 28-CH₃), 0.91 (3H, s, 27-CH₃), 0.92 (3H, s, 30-CH₃), 0.95 (3H, s, 29-CH₃), 1.01 (3H, s, 24-CH₃), 1.06 (3H, s, 23-CH₃), 1.11 (3H, s, 25-CH₃), 1.16 (3H, s, 26-CH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz) δ: 36.66 (C-1), 33.06 (C-2), 217.59 (C-3), 47.58 (C-4), 48.77 (C-5), 17.44 (C-6), 37.73 (C-7), 37.68 (C-8), 55.77 (C-9), 37.53 (C-10), 19.95 (C-11), 33.56 (C-12), 28.79 (C-13), 157.60 (C-14), 117.18 (C-15), 40.62 (C-16), 38.87 (C-17), 48.69 (C-18), 35.09 (C-20), 35.77 (C-21), 38.34 (C-21), 34.14 (C-22), 21.33 (C-23), 21.48 (C-24), 14.80 (C-25),

33.35 (C-26), 26.09 (C-27), 25.56 (C-28), 29.84 (C-29), 29.91 (C-30)。以上数据与文献[8]报道基本完全一致,故确定化合物**2**为蒲公英萜酮(taraxerone)。

化合物**3** 白色晶体(石油醚-乙酸乙酯)。¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz) δ: 0.80 (3H, s, 28-CH₃), 0.92 (3H, s, 25-CH₃), 0.93 (3H, s, 27-CH₃), 1.03 (3H, s, 24-CH₃), 1.07 (6H, s, 23, 26-CH₃), 1.68 (3H, s, 30-CH₃), 4.57 (1H, br s, 29a-H), 4.69 (1H, br s, 29b-H); ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz) δ: 14.49 (C-27), 15.80 (C-26), 15.95 (C-25), 18.02 (C-28), 19.32 (C-30), 19.70 (C-6), 21.03 (C-24), 21.49 (C-11), 25.20 (C-12), 26.67 (C-23), 27.46 (C-15), 29.86 (C-21), 33.60 (C-7), 34.15 (C-1), 35.54 (C-16), 36.90 (C-10), 38.21 (C-13), 39.63 (C-2), 39.99 (C-22), 40.81 (C-8), 42.92 (C-17), 43.00 (C-14), 47.33 (C-4), 47.97 (C-19), 48.28 (C-18), 49.82 (C-9), 54.97 (C-5), 109.38 (C-29), 150.86 (C-20), 218.23 (C-3)。以上数据与文献[9]报道基本完全一致,确定化合物**3**为羽扇豆烯酮(lupenone)。

化合物**4** 白色粉末(石油醚-乙酸乙酯)。mp 138~140℃;与β-谷甾醇对照品共薄层,多种TLC展开R_f一致,混合熔点不下降,证明两者是同一化合物,故确定化合物**4**为β-谷甾醇(β-sitosterol)。

化合物**5** 白色针晶(石油醚-丙酮)。¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz) δ: 0.79 (3H, s, H-28), 0.84 (3H, s, H-24), 0.85 (3H, s, H-23), 0.86 (3H, s, H-25), 0.94 (3H, s, H-27), 1.03 (3H, s, H-26), 1.68 (3H, s, 30-CH₃), 2.03 (3H, s, O=C-CH₃), 4.47 (1H, m, H-3); ¹³C-NMR (CDCl₃, 75 MHz) δ: 14.52 (C-27), 16.00 (C-26), 16.17 (C-25), 16.48 (C-24), 18.00 (C-28), 18.22 (C-6), 19.30 (C-29), 20.97 (C-11), 21.27 (C-31), 23.73 (C-2), 25.15 (C-12), 27.46 (C-15), 27.95 (C-23), 29.87 (C-21), 34.25 (C-7), 35.59 (C-16), 37.11 (C-10), 37.81 (C-4), 38.42 (C-1), 40.01 (C-22), 40.89 (C-8), 42.85 (C-14), 43.00 (C-17), 48.33 (C-18), 48.01 (C-19), 50.39 (C-9), 55.42 (C-5), 80.99 (C-3), 109.34 (C-30), 150.93 (C-20), 170.95 (C-32)。以上数据与文献[10]报道基本一致,确定化合物**5**为羽扇豆醇乙酸酯(lupeol acetate)。

化合物**6** 无色针晶(石油醚-丙酮)。¹H-NMR

(CDCl₃, 300 MHz) δ: 0.79 (3H, s, CH₃), 0.83 (3H, s, CH₃), 0.94 (3H, s, CH₃), 0.96 (3H, d, J=6.7 Hz, CH₃), 1.03 (6H, s, CH₃ × 2), 1.27 (3H, s, CH₃), 1.69 (3H, s, Me), 2.12 (1H, m, H-3'), 2.22 (2H, d, J=1.5 Hz, H-2'), 2.35 (1H, m, H-19), 4.53 (1H, d, J=4.2 Hz, H-3), 4.58 (1H, br s, Ha-29), 4.69 (1H, d, J=1.8 Hz, Hb-29); ¹³C-NMR (CDCl₃, 75 MHz) δ: 38.71 (C-1), 24.15 (C-2), 78.76 (C-3), 47.79 (C-4), 56.57 (C-5), 19.77 (C-6), 34.23 (C-7), 40.67 (C-8), 50.10 (C-9), 37.61 (C-10), 21.22 (C-11), 25.10 (C-12), 38.03 (C-13), 42.83 (C-14), 27.40 (C-15), 35.52 (C-16), 42.99 (C-17), 48.24 (C-18), 47.97 (C-19), 150.89 (C-20), 29.82 (C-21), 39.97 (C-22), 23.63 (C-23), 178.29 (C-24), 13.87 (C-25), 15.80 (C-26), 14.43 (C-27), 17.99 (C-28), 109.37 (C-29), 19.28 (C-30), 172.82 (C-1'), 43.79 (C-2'), 25.67 (C-3'), 22.35 (C-4' and C-5')。以上数据与文献[11]报道基本一致,确定化合物**6**为无柄沙参酸-3-O-异戊酸酯(sessilifolic acid 3-O-isovalerate)。

化合物**7** 白色粉末(石油醚-乙酸乙酯)。mp 138~140℃;与胡萝卜苷对照品共薄层,多种TLC展开R_f一致,混合熔点不下降,证明两者是同一化合物,故确定化合物**7**为胡萝卜苷(stigmastane)。

化合物**8** 白色晶体(三氯甲烷)。¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz) δ: 0.88 (3H, t), 1.26 (22H, s), 1.64 (2H, t), 2.35 (2H, t), 羧基氢可能由于溶剂影响未能出峰。¹³C-NMR (CDCl₃, 75 MHz) δ: 14.10 (C-15), 22.69 (C-14), 24.70 (C-13), 29.07 (CH₂), 29.24 (CH₂), 29.36 (CH₂), 29.44 (CH₂), 29.59 (CH₂), 29.68 (CH₂), 分别为4~12位C, 31.93 (C-3), 33.91 (C-2), 175.18 (C-1)。以上数据与文献[12]报道基本一致,故确定化合物**8**为正十五烷酸(*n*-pentadecanoic acid)。

化合物**9** 黄色油状物(三氯甲烷)。¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz) δ: 7.70 (1H, dd, J=6.2, 3.7 Hz), 7.52 (1H, dd, J=6.2, 3.7 Hz), 4.22 (2H, m), 1.68 (1H, m), 1.26~1.47 (8H, m), 0.88~0.95 (6H, m); ¹³C-NMR (CDCl₃, 75 MHz) δ: 167.73 (C=O), 132.52 (C-1, 2), 130.85 (C-4, 5), 128.81 (C-3, 6), 68.18 (C-1'), 38.79 (C-2'), 30.41 (C-3'), 28.95 (C-4'), 23.80 (C-1''), 22.98 (C-5'), 14.02 (C-6'), 10.96 (C-2'')。以上数据与文献[13]报道基本一致,故确定化合物**9**为

邻苯二甲酸二己酯 [*bis*(2-ethylhexyl) phthalate]。

化合物 **10** 淡黄色粉末 (甲醇)。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 300 MHz) δ : 12.54 (1H, s, 5-OH), 8.09 (2H, m, H-2', 6'), 7.63 (3H, m, H-3', 4', 5'), 7.07 (1H, s, H-3), 6.72 (1H, s, H-6), 5.55 (1H, GlcA-H-1), 3.87 (3H, s, 8-OCH₃); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 75 MHz) δ : 182.33 (C-4), 169.91 (C-6''), 163.54 (C-2), 155.93 (C-5, 7), 149.15 (C-9), 132.22 (C-4'), 130.70 (C-1'), 129.23 (C-8, 3', 5'), 126.38 (C-2', 6'), 105.31 (C-10), 105.23 (C-3), 99.63 (C-1''), 98.64 (C-6), 75.77 (C-5''), 75.34 (C-3''), 72.87 (C-2''), 71.12 (C-4'), 61.36 (-OCH₃)。以上数据与文献[14]报道基本一致,故确定化合物 **10** 为汉黄芩苷 (wogonoside)。

化合物 **11** 白色固体 (甲醇)。¹H-NMR (PYR-*d*₅, 300 MHz) δ : 7.64 (1H, Ar-H), 5.77 (1H, d, *J* = 6.2 Hz, H-1'), 4.53 (1H, d, *J* = 12.53 Hz, H-6a'), 4.37 ~ 4.42 (4H, m, H-2', 4', 5', 6b'), 4.14 (1H, m, H-3'), 3.71 (3H, s, -OCH₃); ¹³C-NMR (PYR-*d*₅, 75 MHz) δ : 150.25 (C-1), 149.53 (C-2), 123.32 (C-6), 123.19 (C-3), 115.17 (C-5), 114.11 (C-4), 101.76 (C-1'), 79.00 (C-5'), 78.55 (C-2'), 74.81 (C-4'), 71.17 (C-3), 62.31 (C-6'), 55.78 (-OCH₃)。以上数据与文献[15]报道基本一致,故确定化合物 **11** 为愈创木酚 β -D-吡喃葡萄糖苷 (guaiacol β -D-glucopyranoside)。

化合物 **12** 黄色油状 (三氯甲烷)。¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz) δ : 9.52 (1H, s, CHO), 7.24 (1H, d, *J* = 3.57 Hz, H-3), 6.52 (1H, d, *J* = 3.54 Hz, H-4), 4.68 (2H, s, H-5), 4.11 (1H, br s, 5-OH); ¹³C-NMR (CDCl₃, 75 MHz) δ : 177.73 (CHO), 161.10 (C-2), 123.50 (C-3), 109.82 (C-4), 151.88 (C-5), 57.01 (2-CH₂-OH)。以上数据与文献[16]报道基本一致,故确定化合物 **12** 为 5-羟甲基糠醛 (5-hydroxymethyl furfural)。

化合物 **13** 淡黄色粉末 (甲醇)。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 300 MHz) δ : 12.54 (1H, s, 5-OH), 8.64 (1H, 6-OH), 8.08 (2H, d, *J* = 6.3 Hz, H-2', 6'), 7.61 (3H, m, H-3', 4', 5'), 7.05 (1H, s, H-3), 7.00 (1H, s, 8-H), 5.48 (1H, GlcA-H-1); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 75 MHz) δ : 182.49 (C-4), 169.94 (C-6''), 163.50 (C-2), 151.24 (C-7), 149.15 (C-9), 146.75 (C-5), 131.98 (C-4'), 130.81 (C-1'), 129.11 (C-6, 3', 5'), 126.33 (C-

2', 6'), 106.10 (C-3), 104.72 (C-10), 99.97 (C-1''), 93.73 (C-8), 75.45 (C-5), 75.22 (C-3), 72.77 (C-2''), 71.26 (C-4'')。以上数据与文献[14]报道基本一致,故确定化合物 **13** 为黄芩苷 (baicalin)。

[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: 228.
- [2] 屠鹏飞, 徐国钧, 徐璐珊, 等. 沙参类的研究 II: 多糖的含量测定 [J]. 中草药, 1992, 23 (7): 355-356.
- [3] 魏巍, 吴疆, 郭章华. 南沙参的化学成分和药理作用研究进展 [J]. 药物评价研究, 2011, 34 (4): 298-300.
- [4] 屠鹏飞, 张红彬, 徐国钧, 等. 中药沙参类研究 V. 镇咳祛痰药理作用比较 [J]. 中草药, 1995, 26 (1): 22-23.
- [5] 孙亚捷, 李新芳. 南沙参多糖对小鼠的抗衰老及清除氧自由基作用研究 [J]. 中国药师, 2005, 8 (9): 713-716.
- [6] 葛明珠, 张勇, 任少林. 南沙参多糖的辐射防护作用 [J]. 中华放射医学与防护医学, 1996, 16 (2): 123-125.
- [7] 黄建鹏, 马养民, 姜建双, 等. 海南狗牙花化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31 (14): 1166-1168.
- [8] 包淑云, 林文翰. 红树植物尖瓣海莲的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31 (14): 1168-1171.
- [9] 赵奎君, 刘锁兰, 杨隽, 等. 多歧沙参化学成分的研究 [J]. 中草药, 2001, 32 (11): 964-966.
- [10] 黄梦初, 廖志新, 陈道峰. 沙生风毛菊的化学成分及其细胞毒活性 [J]. 中草药, 2007, 38 (10): 1463-1466.
- [11] Tu P F, Xu G J, Yang X W, et al. A Triterpene from the roots of *Adenophora stricta* subsp. *sessilifolia* [J]. *Shoyakugaku Zasshi*, 1990, 44 (2): 99-100.
- [12] 王国凯, 林彬彬, 秦民坚. 木棉叶化学成分研究 [J]. 中国野生植物资源, 2012, 31 (6): 47-48.
- [13] Li J T, Yin B L, Liu Y, et al. Mono-aromatic constituents of *Dendrobium longicornu* [J]. *Chem Nat Compd*, 2009, 45 (2): 234-235.
- [14] 黄伟, 谭桂山, 徐康平, 等. 百两金细胞毒活性成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22 (6): 949-951.
- [15] Hayasaka Y, Dungey K A, Baldock G A. Identification of a β -D-glucopyranoside precursor to guaiacol in grape juice following grapevine exposure to smoke [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2010, 660 (1/2): 143-148.
- [16] 黄烈军, 穆淑珍, 张建新, 等. 中药广藿香非挥发性化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34 (4): 410-413.

[责任编辑 顾雪竹]