

肺筋草化学成分研究

黄 兰^{1,2}, 潘 杰^{1,2}, 曹佩雪², 潘卫东^{2*}, 梁光义^{2,3}

1. 贵州大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550025

2. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵州 贵阳 550002

3. 贵阳中医学院, 贵州 贵阳 550002

摘 要: 目的 研究肺筋草 *Aletris spicata* 全草的化学成分。方法 利用正、反相硅胶柱色谱、薄层色谱、Sephadex LH-20 柱色谱及半制备高效液相色谱等方法进行分离纯化, 然后根据理化性质和波谱数据鉴定化合物的结构, 并对其中的三萜类化合物(化合物 1~3)进行了抗肿瘤活性和抗菌活性初步筛选。结果 从肺筋草的干燥全草中分离得到了 9 个化合物, 分别鉴定为 24-甲基-9, 19-环羊毛甾-24-烯-3-醇(1)、24-甲基-9, 19-环羊毛甾-25-烯-3-醇(2)、24, 24-二甲基-环木菠萝烷-3-醇(3)、美商陆酚 A(4)、异美商陆酚 A(5)、9'-methyl americanol A(6)、1-(4'-羟基苯基)-7-(3"-甲氧基-4"-羟基苯基)-4-烯-3-庚酮(7)、methyl-9, 12, 13-trihydroxyoctadeca-10E, 15Z-dienoate(8)、5-羟甲基-2-呋喃甲醛(9)。结论 所有化合物均为首次从该属植物中分离得到。化合物 1~3 无抗肿瘤和抗菌活性。

关键词: 肺筋草; 24-甲基-9, 19-环羊毛甾-24-烯-3-醇; 24, 24-二甲基-环木菠萝烷-3-醇; 美商陆酚 A; 5-羟甲基-2-呋喃甲醛
中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2013)07-0812-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.07.007

Study on chemical constituents of *Aletris spicata*

HUANG Lan^{1,2}, PAN Jie^{1,2}, CAO Pei-xue², PAN Wei-dong², LIANG Guang-yi^{2,3}

1. College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China

2. The Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China

3. Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550002, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of *Aletris spicata*. **Methods** The compounds were isolated and repeatedly purified by silica gel, TLC, and Sephadex LH-20 column chromatography as well as semi-Prep HPLC, and their structures were elucidated by means of spectral analysis and physicochemical properties. The antitumor and antibacterial activities of triterpenoids (compounds 1—3) were primarily screened. **Results** Nine compounds were obtained and identified as 24-methyl-9, 19-cyclolanost-24-en-3-ol (1), 24-methyl-9, 19-cyclolanost-25-en-3-ol (2), cycloneolitsol (3), americanol A (4), isoamericanol A (5), 9'-methyl americanol A (6), 1-(4'-hydroxyphenyl)-7-(3"-methoxyl-4"-hydroxyphenyl)-heptene-4-en-3-one (7), methyl-9, 12, 13-trihydroxyoctadeca-10E, 15Z-dienoate (8), and 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde (9). **Conclusion** All the compounds are isolated from the plants in *Aletris* L. for the first time. No anti-tumor and anti-bacterial activities are found in compounds 1—3.

Key words: *Aletris spicata* (Thunb.) Franch.; 24-methyl-9, 19-cyclolanost-24-en-3-ol; cycloneolitsol; americanol A; 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde

粉条儿菜属植物全世界共有 23 种和 1 个变种, 其中有 18 种及 1 个变种分布于东亚, 5 个种分布于北美洲。我国产 15 个种和 1 个变种, 常见于我国西南部, 其中 8 个种为我国特有^[1]。该属植物作为贵州特色的民间药物, 其化学成分的研究报道较少。

肺筋草 *Aletris spicata* (Thunb.) Franch. 是一种民间草药, 别名蛆儿草(遵义)、一窝蛆(贵阳), 是百合科(Liliaceae)粉条儿菜属 *Aletris* L. 植物粉条儿菜的全草, 多年生草本, 广泛分布于贵州湄潭、遵义、贵阳、长顺、榕江、安龙、毕节、赫章、独山

收稿日期: 2012-09-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(81160390); 贵州省优秀青年科技人才培养计划项目(黔科合人字[2011]33号); 贵州省优秀科技教育人才省长专项资金项目(黔省专合字[2010]71号)

作者简介: 黄 兰(1988—), 女, 贵州省贵阳市人, 硕士研究生, 主要从事天然药物化学研究。E-mail: huanglan0612@163.com

*通信作者 潘卫东, 男, 博士, 副研究员, 硕士生导师。E-mail: wdpan@163.com

等地苗乡,此外,全国大部分地区均有分布。其性平,味甘,有利尿渗湿、润肺平喘、驱蛔之功效^[2]。鉴于有多数国内专利将肺筋草作为抗肺癌、肺炎及治疗各种咳嗽药物的主方成分之一,其开发应用前景较大。为了阐明其药效物质基础,本实验对肺筋草全草的化学成分进行了较为系统的研究,分离得到3个萜类化合物、3个木脂素类化合物及3个其他类型的化合物,分别鉴定为24-甲基-9,19-环羊毛甾-24-烯-3-醇(24-methyl-9,19-cyclolanost-24-en-3-ol, **1**)、24-甲基-9,19-环羊毛甾-25-烯-3-醇(24-methyl-9,19-cyclolanost-25-en-3-ol, **2**)、24,24-二甲基-环木菠萝烷-3-醇(cycloneolitsol, **3**)、美商陆酚A(americanol A, **4**)、异美商陆酚A(isoamericanol A, **5**)、9'-methyl americanol A(**6**)、1-(4'-羟基苯基)-7-(3"-甲氧基-4"-羟基苯基)-4-烯-3-庚酮[1-(4'-hydroxyphenyl)-7-(3"-methoxyl-4"-hydroxylphenyl)-heptene-4-en-3-one, **7**]、methyl-9,12,13-trihydroxy-octadeca-10E,15Z-dienoate(**8**)、5-羟甲基-2-呋喃甲醛(5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde, **9**)。所有化合物均为首次从该属植物中分离得到。

1 仪器与材料

半制备高效液相色谱(W600泵和W2829紫外检测器,Waters公司);Inova 400 MHz核磁共振波谱仪(Varian公司);HP—5973型气相色谱-质谱联用仪、HP—1100 MSD型液相色谱-质谱联用仪(美国惠普公司);XT—2型显微熔点测定仪(北京泰克仪器有限公司);柱色谱硅胶(中国青岛海洋化工厂);薄层硅胶(中国青岛海洋化工厂);Sephadex LH-20(GE Healthcare);小孔树脂(日本三菱,MCI-GEL CHP20P 75~150 μm);色谱用溶剂为工业纯试剂经重蒸处理;半制备高效液相色谱用乙腈和甲醇为色谱纯溶剂(天津登科化学试剂有限公司);纯净水(乐百氏纯净水);其他试剂均为分析纯。

药材于2010年5月采自贵州省贵阳市,经贵阳中医学院陈德媛教授鉴定为肺筋草 *Aletris spicata* (Thunb.) Franch. 的干燥全草,样本(FJC-201005)保存在贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室。

2 提取与分离

肺筋草干燥全草约25 kg,粉碎后用75%乙醇加热回流提取3次,每次提取3 h,滤过,合并滤液,减压浓缩得总浸膏800 g,加水溶解,然后用石油醚、醋酸乙酯萃取分段,减压浓缩得石油醚部分60 g和醋酸乙酯部分150 g。石油醚部分经硅胶柱色谱,以石

油醚-醋酸乙酯(100:0→0:100)梯度洗脱,硅胶、Sephadex LH-20凝胶反复柱色谱纯化得到化合物**1**(13.0 mg)、**2**(13.3 mg)和**3**(20.5 mg)。醋酸乙酯部分经硅胶柱色谱,以石油醚-丙酮(100:0→0:100)、氯仿-甲醇(100:0→0:100)梯度洗脱,硅胶、Sephadex LH-20凝胶反复柱色谱及半制备高效液相色谱分离得到化合物**4**(7.6 mg)、**5**(15.5 mg)、**6**(13.4 mg)、**7**(13.3 mg)、**8**(11.2 mg)、**9**(18.2 mg)。

3 结构鉴定

化合物**1**:白色针晶(氯仿-甲醇),mp 120~121 $^{\circ}\text{C}$;Liebermann-Burchard反应呈阳性;EI-MS m/z : 440 $[\text{M}]^{+}$ 。¹H-NMR(400 MHz, CDCl_3) δ : 4.73(1H, brs, H-24a), 4.68(1H, d, J = 1.6 Hz, H-24b), 3.29(1H, dd, J = 4.8, 11.6 Hz, H-3), 1.03(3H, d, J = 6.4 Hz, H-27), 0.98(3H, s, H-29), 0.97(6H, s, H-18, 20), 0.90(6H, s, H-27, 28), 0.89(3H, s, H-30), 0.81(3H, s, H-31), 0.33(1H, d, J = 4.8 Hz, H-19);¹³C-NMR(100 MHz, CDCl_3) δ : 32.2(C-1), 30.6(C-2), 79.1(C-3), 40.7(C-4), 47.3(C-5), 21.3(C-6), 26.2(C-7), 48.2(C-8), 20.2(C-9), 26.3(C-10), 26.7(C-11), 33.1(C-12), 45.5(C-13), 49.0(C-14), 35.8(C-15), 28.4(C-16), 52.5(C-17), 18.2(C-18), 30.1(C-19), 36.3(C-20), 18.5(C-21), 35.2(C-22), 31.5(C-23), 157.1(C-24), 34.0(C-25), 22.2(C-26), 22.1(C-27), 25.6(C-28), 14.2(C-29), 19.6(C-30), 106.1(C-31)。以上数据与文献报道一致^[3],故鉴定化合物**1**为24-甲基-9,19-环羊毛甾-24-烯-3-醇。

化合物**2**:白色针晶(氯仿-甲醇),mp 120~121 $^{\circ}\text{C}$;Liebermann-Burchard反应呈阳性;EI-MS m/z : 440 $[\text{M}]^{+}$ 。¹H-NMR(400 MHz, CDCl_3) δ : 4.66(2H, m, H-26), 3.20(1H, dd, J = 9.6, 14.0 Hz, H-3), 2.30(1H, m, H-24), 1.56(2H, m, H-11), 1.55(2H, m, H-7), 1.44(2H, m, H-2), 1.42(1H, m, H-17), 1.36(1H, m, H-20), 1.25(1H, m, H-5), 1.21(2H, m, H-23), 1.00(3H, d, J = 7.2 Hz, H-31), 0.97(6H, s, H-27, 28), 0.96(6H, s, H-18, 20), 0.89(3H, s, H-30), 0.81(3H, s, H-29), 0.33(1H, d, J = 4.8 Hz, H-19);¹³C-NMR(100 MHz, CDCl_3) δ : 32.0(C-1), 30.4(C-2), 78.9(C-3), 40.5(C-4), 47.1(C-5), 21.1(C-6), 28.1(C-7), 48.0(C-8), 20.0(C-9), 26.1(C-10), 26.5(C-11), 32.9(C-12), 48.8(C-13), 45.3(C-14), 35.6(C-15), 26.0(C-16), 52.3(C-17), 18.0(C-18), 29.9(C-19), 36.0(C-20), 18.3(C-21), 33.9(C-22), 31.5(C-23), 41.6

(C-24), 150.2 (C-25), 109.4 (C-26), 18.7 (C-27), 25.4 (C-28), 14.0 (C-29), 19.3 (C-30), 20.1 (C-31)。以上数据与文献报道一致^[4], 故鉴定化合物 **2** 为 24-甲基-9, 19-环羊毛甾-25-烯-3-醇。

化合物 **3**: 白色针晶 (氯仿-甲醇), mp 114~116 °C; Libermann-Burchard 反应呈阳性; ESI-MS m/z : 455 $[M+H]^+$ 。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 4.69 (2H, d, $J = 24.0$ Hz, H-26), 3.28 (1H, m, H-3), 1.69 (3H, s, H-30), 1.25 (6H, s, H-31, 32), 1.01 (6H, s, H-18, 20), 0.97 (6H, s, H-27, 28), 0.88 (3H, s, H-29), 0.55 (1H, d, $J = 4.0$ Hz, H-5), 0.33 (1H, d, $J = 4.4$ Hz, H-6); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 31.8 (C-1), 30.5 (C-2), 78.4 (C-3), 40.2 (C-4), 47.8 (C-5), 20.9 (C-6), 27.9 (C-7), 47.6 (C-8), 20.9 (C-9), 26.2 (C-10), 27.0 (C-11), 35.4 (C-12), 45.0 (C-13), 48.6 (C-14), 32.6 (C-15), 26.9 (C-16), 51.9 (C-17), 18.2 (C-18), 29.7 (C-19), 36.4 (C-20), 18.2 (C-21), 30.6 (C-22), 37.1 (C-23), 38.5 (C-24), 152.2 (C-25), 109.0 (C-26), 48.4 (C-27), 19.8 (C-28), 13.8 (C-29), 25.4 (C-30), 27.3 (C-31), 27.3 (C-32)。以上数据与文献报道一致^[5], 故鉴定化合物 **3** 为 24, 24-二甲基-环木菠萝烷-3-醇。

化合物 **4**: 淡红色无定形粉末, ESI-MS m/z : 330 $[M]^+$ 。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.99 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.94 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-2'), 6.88 (1H, dd, $J = 6.4, 14.8$ Hz, H-6'), 6.85 (1H, s, H-2), 6.78 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-5), 6.77 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6), 6.48 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7'), 6.22 (1H, m, H-8'), 4.80 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-7), 4.20 (2H, d, $J = 5.2$ Hz, H-9'), 3.98 (1H, m, H-8), 3.66 (1H, d, $J = 10.4$ Hz, H-9a), 3.46 (1H, dd, $J = 4.8, 12.0$ Hz, H-9b); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 130.0 (C-1), 115.2 (C-2), 145.6 (C-3), 144.6 (C-4), 116.2 (C-5), 120.4 (C-6), 75.8 (C-7), 78.2.0 (C-8), 61.1 (C-9), 132.2 (C-1'), 115.6 (C-2'), 144.9 (C-3'), 145.0 (C-4'), 118.0 (C-5'), 120.7 (C-6'), 131.4 (C-7'), 128.1 (C-8'), 63.8 (C-9')。以上数据与文献报道一致^[6], 故鉴定化合物 **4** 为美商陆酚。

化合物 **5**: 淡红色无定形粉末, EI-MS m/z : 330 $[M]^+$ 。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.02 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 6.99 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.90 (1H, dd, $J = 2.0, 8.4$ Hz, H-6'), 6.84 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2), 6.82 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5), 6.77 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6), 6.49 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7'), 6.21 (1H, m, H-8'), 4.80 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-7), 4.19 (2H,

dd, $J = 1.2, 5.6$ Hz, H-9'), 3.97 (1H, m, H-8), 3.67 (1H, dd, $J = 2.4, 12.4$ Hz, H-9a), 3.47 (1H, dd, $J = 4.8, 12.4$ Hz, H-9b); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 129.5 (C-1), 115.5 (C-2), 146.6 (C-3), 147.1 (C-4), 116.3 (C-5), 120.4 (C-6), 77.7 (C-7), 80.0 (C-8), 62.1 (C-9), 132.2 (C-1'), 115.6 (C-2'), 144.9 (C-3'), 145.0 (C-4'), 118.0 (C-5'), 120.7 (C-6'), 131.4 (C-7'), 128.1 (C-8'), 63.8 (C-9')。以上数据与文献报道一致^[6], 故鉴定化合物 **5** 为异美商陆酚。

化合物 **6**: 红色无定形粉末, ESI-MS m/z : 367 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.99 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.94 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-2'), 6.88 (1H, dd, $J = 6.4, 14.8$ Hz, H-6'), 6.87 (1H, s, H-2), 6.78 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-5), 6.75 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6), 6.48 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7'), 6.13 (1H, m, H-8'), 4.80 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-7), 4.04 (2H, dd, $J = 3.6, 4.8$ Hz, H-9'), 3.98 (1H, m, H-8), 3.66 (1H, dd, $J = 2.4, 12.4$ Hz, H-9a), 3.46 (1H, dd, $J = 4.8, 12.4$ Hz, H-9b), 3.30 (3H, s, -OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 129.5 (C-1), 115.5 (C-2), 146.6 (C-3), 147.1 (C-4), 116.3 (C-5), 120.4 (C-6), 77.6 (C-7), 80.1 (C-8), 62.1 (C-9), 131.7 (C-1'), 115.7 (C-2'), 144.8 (C-3'), 145.3 (C-4'), 118.0 (C-5'), 121.0 (C-6'), 133.7 (C-7'), 124.8 (C-8'), 74.2 (C-9'), 58.0 (9'-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[7], 故鉴定化合物 **6** 为 9'-methyl americanol A。

化合物 **7**: 绿色无定形粉末, ESI-MS m/z : 326 $[M]^+$ 。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.02 (H, d, $J = 8.8$ Hz, H-2', 6'), 6.95 (2H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7), 6.84 (2H, dd, $J = 10.4, 15.6$ Hz, H-6), 6.77 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5''), 6.68 (H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 6.67 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-2''), 6.24 (2H, d, $J = 15.2$ Hz, H-6''), 3.87 (3H, s, 3''-OCH₃), 2.88 (2H, m, H-1), 2.81 (2H, m, H-2); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 30.9 (C-1), 42.8 (C-2), 202.9 (C-3), 130.3 (C-4), 149.4 (C-5), 35.8 (C-6), 34.9 (C-7), 133.3 (C-1'), 130.3 (C-2', 6'), 116.2 (C-3', 5'), 156.7 (C-4'), 134.0 (C-1''), 111.1 (C-2''), 149.3 (C-3''), 149.5 (C-4''), 116.5 (C-5''), 123.0 (C-6''), 56.4 (3-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[8], 故鉴定化合物 **7** 为 1-(4'-羟基苯基)-7-(3''-甲氧基-4''-羟基苯基)-4-烯-3-庚酮。

化合物 **8**: 白色无定形粉末, ESI-MS m/z : 342 $[M]^+$ 。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 1.28~2.32

(2H, m, H-2, 8), 4.07 (H, s, H-9), 5.71 (1H, dd, $J = 8.4, 5.2$ Hz, H-10, 11), 3.95 (2H, d, $J = 4.8$ Hz, H-12), 3.45 (H, m, H-13), 2.31 (2H, m, H-14), 5.45 (1H, s, H-15, 16), 2.10 (2H, m, H-17), 0.96 (3H, m, H-18), 3.64 (3H, s, -OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 176.0 (C-1), 34.8 (C-2), 26.0 (C-3), 30.1 (C-4), 30.3 (C-5), 30.5 (C-6), 26.0 (C-7), 38.3 (C-8), 73.0 (C-9), 136.5 (C-10), 136.5 (C-11), 131.1 (C-12), 75.8 (C-13), 31.5 (C-14), 126.4 (C-15), 134.3 (C-16), 21.7 (C-17), 14.6 (C-18), 52.0 (-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[9], 故鉴定化合物 **8** 为 methyl-9, 12, 13-trihydroxy-octadeca-10E, 15Z-dienoate。

化合物 **9**: 粉红色无定形粉末, ESI-MS m/z : 126 [M]⁺。 ¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 9.53 (1H, s, H-1), 7.38 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, H-3), 6.58 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, H-4), 4.61 (2H, s, H-6); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 179.5 (C-1), 153.9 (C-2), 124.8 (C-3), 110.9 (C-4), 163.2 (C-5), 57.6 (C-6)。以上数据与文献报道一致^[10], 故鉴定化合物 **9** 为 5-羟甲基-2-呋喃甲醛。

4 生物活性筛选

对化合物 **1~3** 分别进行了抗肿瘤活性筛选 (人肺癌 A549 细胞株、人白血病 K562 细胞株及人微血管内皮细胞增殖抑制模型) 和抗菌活性筛选。结果表明化合物 **1~3** 对本次实验所采用的抗肿瘤和抗菌实验模型均无抑制作用。

志谢: 核磁和质谱数据分别由贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室张建新研究员和王道平老师测定。活性筛选结果由贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室活性筛选室杨付梅老师完成。

参考文献

- [1] 张少颖, 巩江, 倪士峰, 等. 粉条儿菜属药学研究概况 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(14): 7301-7307.
- [2] 何顺志, 徐文芬. 贵州中药资源研究 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2007.
- [3] Lee S Y, Choi S U, Lee J H, *et al.* A new phenylpropane glycoside from the rhizome of *Sparganium stoloniferum* [J]. *Arch Pharm Res*, 2010, 33(4): 515-521.
- [4] Chen Y H, Chang F R, Lu M C, *et al.* New benzoyl glucosides and cytotoxic pterisin sesquiterpenes from *Pteris ensiformis* Burm [J]. *Molecules*, 2008, 13(2): 255-266.
- [5] 毕志明, 王峥涛, 徐珊, 等. 云南石仙桃化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2004, 29(1): 47-49.
- [6] Waibel R, Benirschke G, Benirschke M, *et al.* Sesqueneolignans and other constituents from the seeds of *Joannesia princeps* [J]. *Phytochemistry*, 2003, 15(6): 805-811.
- [7] Li G H, Zhao P J, Shen Y M, *et al.* Antibacterial activities of neolignans isolated from the seed endotheliums of *Trewia nudiflora* [J]. *Acta Bot Sin*, 2004, 46(9): 1122-1127.
- [8] Lee K S, Li G, Kim S H, *et al.* Cytotoxic diarylheptanoids from the roots of *Juglans mandshurica* [J]. *J Nat Prod*, 2002, 6(5): 1707-1709.
- [9] Suemune H, Harabe T, Sakai K. Syntheses of unsaturated trihydroxy C-18 fatty acids isolated from rice plants suffering from rice blast disease [J]. *Chem Pharm Bull*, 1988, 36(9): 3632-3637.
- [10] Wang H M, Liang N, Hou X H, *et al.* Simultaneous determination of four effective compounds in Juejin Decoction by HPLC [J]. *Asian J Tradit Med*, 2011, 6(4): 168-174.