

大豆荚的化学成分研究

张 蒙¹, 许琼明¹, 王桃云^{1,2*}, 杨世林¹

1. 苏州大学药学院, 江苏 苏州 215123

2. 苏州科技学院化学生物与材料工程学院, 江苏 苏州 215009

摘 要: **目的** 研究大豆 *Glycine max* 荚的化学成分。**方法** 利用反复硅胶柱色谱法、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱法、中压柱色谱及半制备高效液相色谱等方法分离纯化, 通过 NMR、MS 等谱学技术鉴定化合物结构。**结果** 从大豆荚乙醇提取物中分离得到 14 个化合物, 分别鉴定为 4,4'-二苯甲烷二氨基甲酸乙酯 (1)、2,6-二甲氧基-1,4-对苯醌 (2)、杜仲树脂酚 (3)、蒲公英萜酮 (4)、羽扇豆烯酮 (5)、7,3',4'-三羟基黄酮 (6)、考迈斯托醇 (7)、3-吲哚甲酸 (8)、芹菜素 (9)、phaseol (10)、7,4'-二羟基黄酮 (11)、豆甾醇 (12)、 β -谷甾醇 (13)、胡萝卜苷 (14)。**结论** 化合物 1~5 为首次从大豆属植物中分离得到, 化合物 6 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 大豆; 4,4'-二苯甲烷二氨基甲酸乙酯; 2,6-二甲氧基-1,4-对苯醌; 杜仲树脂酚; 蒲公英萜酮; 羽扇豆烯酮

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2015)03-0344-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.03.007

Chemical constituents from pods of *Glycine max*

ZHANG-Meng¹, XU Qiong-ming¹, WANG Tao-yun^{1,2}, YANG Shi-lin¹

1. College of Pharmaceutical Science, Soochow University, Suzhou 215123, China

2. College of Chemical, Biological and Material Engineering, Soochow University of Science and Technology, Suzhou 215009, China

Abstract: **Objective** To investigate the chemical constituents from the pods of *Glycine max*. **Methods** The chemical constituents were isolated by repeated silica gel chromatography, Sephadex LH-20 gel column chromatography, medium pressure column chromatography, and semi-preparative liquid chromatography. Their structures were elucidated by chemical properties and spectroscopic analyses. **Results** Fourteen compounds were identified to be 4,4'-diphenylmethane-bis (ethyl) carbamates (1), 2,6-dimethoxy-1,4-benzoquinone (2), (+)-medioresinol (3), taraxerone (4), lupenone (5), 7,3',4'-trihydroxyflavone (6), coumestrol (7), indole-3-carboxylic acid (8), apigenin (9), phaseol (10), 7,4'-dihydroxyflavone (11), stigmaterol (12), β -sitosterol (13), and β -daucosterol (14). **Conclusion** Compounds 1—5 are obtained from the pods of *G. max* for the first time, and compound 6 is obtained from this plant for the first time.

Key words: *Glycine max* (L.) Merr.; 4,4'-diphenylmethane-bis (ethyl) carbamates; 2,6-dimethoxy-1,4-benzoquinone; medioresinol; taraxerone; lupenone

大豆 *Glycine max* (L.) Merr. 为豆科 (Leguminosae) 大豆属 *Glycine* Willd. 植物, 原产中国, 全世界广泛种植, 营养全面, 且资源非常丰富。该属植物主要含有黄酮类、皂苷类、生物碱类、甾醇类、磷脂、多肽、低聚糖等^[1]。由于大豆皂苷有明确的防止血栓、调血脂、清除自由基的功效, 可有效防治心血管疾病; 大豆异黄酮亦有防治乳腺癌、前列腺癌及直肠癌的临床效果和雌激素样作用^[2], 因而对大豆

的研究方兴未艾。但目前的研究大都集中于大豆的种子, 对大豆荚的研究却鲜有文献报道。本研究将探索大豆荚中的化学成分, 明确其药效作用的物质基础, 为大豆各部位的综合开发利用提供实验依据。从大豆荚中分离得到 14 个化合物, 分别鉴定为 4,4'-二苯甲烷二氨基甲酸乙酯 [4,4'-diphenylmethane-bis (ethyl) carbamates, 1]、2,6-二甲氧基-1,4-对苯醌 (2,6-dimethoxy-1,4-benzoquinone, 2)、杜仲树脂酚

收稿日期: 2014-10-15

作者简介: 张 蒙, 男, 硕士研究生。

*通信作者 王桃云, 男, 副教授。Tel: (0512)68418938 E-mail: wangtaoyun@mail.usts.edu.cn

(medioresinol, **3**)、蒲公英萜酮 (taraxerone, **4**)、羽扇豆烯酮 (lupenone, **5**)、7,3',4'-三羟基黄酮 (7,3',4'-trihydroxyflavone, **6**)、考迈斯托醇 (coumestrol, **7**)、3-吲哚甲酸 (indole-3-carboxylic acid, **8**)、芹菜素 (apigenin, **9**)、phaseol (**10**)、7,4'-二羟基黄酮 (7,4'-dihydroxyflavone, **11**)、豆甾醇 (stigmasterol, **12**)、 β -谷甾醇 (β -sitosterol, **13**)、胡萝卜苷 (β -daucosterol, **14**)。其中化合物 **1**~**5** 为首次从大豆属植物中分离得到, 化合物 **6** 为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

旋转蒸发仪 (东京理化器械独资工厂); UNITY INOVA 500 核磁共振仪 (美国瓦里安公司, TMS 内标); 半制备高效液相色谱仪 (LC-20AT, SPD-20A, 日本岛津公司); C₁₈ 半制备色谱柱 (250 mm×10 mm, 5 μ m, 美国 Kromsil 公司); Sephadex LH-20 凝胶 (美国 GE 公司); TOF-MS (英国 Micromass 公司); XT5 显微熔点测定仪 (北京科仪电光仪器有限公司); EL204 电子天平 [梅特勒-托利多仪器 (上海) 有限公司]; Autopol IV 型旋光仪 (美国鲁道夫公司); 化学试剂 (分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 薄层色谱硅胶板 (HSGF₂₅₄, 烟台市芝罘黄务硅胶开发试验厂出品); 各种柱色谱用硅胶均为青岛海洋化工厂出品。

大豆荚于2012年9月采自江苏省苏州市胥口农场, 由苏州大学药学院李笑然教授鉴定为大豆 *Glycine max* (L.) Merr. 的豆荚。

2 提取与分离

大豆荚 60 kg 经粉碎后, 粉末经 10 倍量工业乙醇冷浸 3 次, 每次 48 h, 合并 3 次浸提液, 用布氏漏斗减压抽滤以除去不溶性杂质, 所得滤液经减压浓缩, 得干浸膏 2.53 kg。用适量蒸馏水将浸膏分散, 分别依次用石油醚、醋酸乙酯、正丁醇多次萃取, 各部分萃取液经减压浓缩, 得石油醚萃取物 587 g、醋酸乙酯萃取物 565 g、正丁醇萃取物 1 783 g。醋酸乙酯萃取部位经硅胶柱色谱 (200~300 目), 分别用石油醚-醋酸乙酯和氯仿-甲醇梯度洗脱, 并利用 Sephadex LH-20 柱色谱及半制备高效液相色谱 (ODS) 进一步分离纯化, 得到化合物 **1** (5 mg)、**2** (8 mg)、**3** (10 mg)、**4** (6 mg)、**5** (12 mg)、**6** (7 mg)、**7** (11 mg)、**8** (5 mg)、**9** (18 mg)、**10** (30 mg)、**11** (15 mg)、**12** (17 mg)、**13** (14 mg)、**14** (17 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色晶体 (甲醇), mp 186~188 °C, HR-EI-MS m/z : 314.126 1 [M]⁺。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 1.28 (6H, t, J = 10.5 Hz, -CH₃), 3.31 (4H, m, -OCH₂-), 3.84 (2H, s, -CH₂-), 7.07 (4H, d, J = 10.5 Hz, H-2, 2', 6, 6'), 7.30 (4H, d, J = 10.5 Hz, H-3, 3', 5, 5'); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 155.0 (C=O), 136.9 (C-1, 1'), 136.3 (C-4, 4'), 128.9 (C-2, 2', 6, 6'), 118.9 (C-3, 3', 5, 5'), 60.6 (-OCH₂-), 40.2 (-CH₂-), 13.7 (-CH₃)。以上数据与相关文献报道基本一致^[3], 故鉴定化合物 **2** 为 4,4'-二苯甲烷二氨基甲酸乙酯。

化合物 **2**: 黄色固体 (甲醇)。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 3.76 (6H, s, -OCH₃), 5.97 (2H, s, H-3, 5); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 176.6 (C-1), 157.7 (C-2, 6), 107.5 (C-3, 5), 187.6 (C-4), 57.0 (-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[4], 故鉴定化合物 **2** 为 2,6-二甲氧基-1,4-对苯醌。

化合物 **3**: 白色无定形粉末 (甲醇), mp 175.0~176.0 °C, ESI-MS m/z : 388 [M+H]⁺。10%硫酸-乙醇显色呈蓝色, 三氯化铁-铁氰化钾反应阳性, 表明存在酚羟基。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 3.02 (2H, brs, H-1, 5), 3.75 (9H, s, 3', 3'', 5''-OCH₃), 3.74~4.12 (4H, m, H-4, 8), 4.59 (2H, brs, H-2, 6), 6.58 (1H, s, H-2'', 6''), 6.73 (2H, d, J = 8.0 Hz, H-5', 6'), 6.78 (1H, s, H-2'), 8.22 (1H, s, 4''-OH), 8.88 (1H, s, 4'-OH); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 148.5 (C-3'', 5''), 148.2 (C-3'), 146.6 (C-4'), 135.5 (C-4''), 132.9 (C-1'), 132.1 (C-1''), 119.2 (C-6'), 115.8 (C-5'), 111.1 (C-2'), 104.3 (C-2'', 6''), 86.0 (C-2), 85.8 (C-6), 71.7 (C-4), 71.5 (C-8), 56.6 (3'', 5''-OCH₃), 56.3 (3'-OCH₃), 54.3 (C-5), 54.2 (C-1)。以上数据与文献报道基本一致^[5], 故鉴定化合物 **3** 为杜仲树脂酚。

化合物 **4**: 白色针状结晶 (氯仿), mp 244~246 °C, EI-MS m/z : 424 [M]⁺, 409, 300, 285, 204, 189, 133。¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 0.82 (3H, s, H-28), 0.91 (3H, s, H-29), 0.92 (3H, s, H-30), 0.96 (3H, s, H-24), 1.07 (3H, s, H-25), 1.08 (3H, s, H-26), 1.09 (3H, s, H-23), 1.14 (3H, s, H-27), 2.06 (1H, d, J = 12.8 Hz, H-5), 2.20~2.50 (1H, m, H-10), 2.50~2.70 (1H, m, H-18), 5.55 (1H, dd, J = 2.8, 8.0 Hz, H-15); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃) δ : 217.7 (C-3), 157.5 (C-14), 117.1 (C-15), 55.7 (C-5), 48.8 (C-18), 48.7

(C-9), 47.7 (C-4), 40.5 (C-19), 38.8 (C-8), 38.4 (C-1), 37.8 (C-10), 37.7 (C-13), 37.5 (C-17), 36.7 (C-16), 35.7 (C-12), 35.0 (C-7), 34.1 (C-2), 33.5 (C-29), 33.4 (C-22), 33.0 (C-21), 29.9 (C-26), 29.8 (C-28), 28.8 (C-20), 26.1 (C-23), 25.4 (C-27), 21.5 (C-24), 21.4 (C-30), 19.9 (C-6), 17.5 (C-1'), 14.8 (C-25)。以上数据与文献报道基本一致^[6], 故鉴定化合物 **4** 为蒲公英萜酮。

化合物 **5**: 白色粉末 (氯仿), mp 168~170 °C。¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃) δ : 0.79 (3H, s, H-28), 0.91 (3H, s, H-25), 0.94 (3H, s, H-27), 1.04 (3H, s, H-24), 1.06 (3H, s, H-26), 1.07 (3H, s, H-23), 1.68 (3H, s, H-30), 4.56 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-29), 4.67 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-29); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃) δ : 218.1 (C-3), 150.8 (C-20), 109.4 (C-29), 54.9 (C-5), 49.8 (C-9), 48.2 (C-18), 47.9 (C-19), 47.3 (C-4), 43.0 (C-14), 42.9 (C-17), 40.8 (C-8), 40.0 (C-22), 39.6 (C-1), 38.2 (C-13), 36.9 (C-10), 35.5 (C-16), 34.1 (C-2), 33.7 (C-7), 29.9 (C-21), 27.4 (C-15), 26.7 (C-23), 25.2 (C-12), 21.6 (C-11), 21.0 (C-24), 19.7 (C-6), 19.3 (C-30), 18.0 (C-28), 16.0 (C-25), 15.8 (C-26), 14.5 (C-27)。以上数据与文献报道基本一致^[7], 故鉴定化合物 **5** 为羽扇豆烯酮。

化合物 **6**: 深黄色结晶 (甲醇), mp 325~326.5 °C, ESI-MS m/z : 270 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 6.62 (1H, s, H-3), 6.90, 6.91, 6.94 (3H, m, H-6, 8, 5'), 7.40 (2H, t, J = 8.2 Hz, H-2', 6'), 7.96 (1H, d, J = 8.8 Hz, H-5); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 164.6 (C-2), 103.7 (C-3), 178.8 (C-4), 126.3 (C-5), 112.7 (C-6), 163.7 (C-7), 102.1 (C-8), 158.3 (C-9), 115.7 (C-10), 122.6 (C-1'), 114.9 (C-2'), 145.6 (C-3'), 149.4 (C-4'), 115.4 (C-5'), 118.8 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **6** 为 7,3',4'-三羟基黄酮。

化合物 **7**: 淡黄色粉末 (甲醇), mp 385 °C, ESI-MS m/z : 268 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 6.90 (1H, brs, H-4), 6.93 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-2), 6.96 (1H, brd, J = 8.1 Hz, H-8), 7.17 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-10), 7.69 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-7), 7.85 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-1); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 122.7 (C-1), 104.2 (C-2), 157.6 (C-3), 102.5 (C-4), 154.6 (C-4a), 161.2 (C-6), 103.0 (C-6a), 114.6 (C-6b), 120.6 (C-7), 113.8 (C-8), 157.0 (C-9),

98.7 (C-10), 159.5 (C-11a), 114.0 (C-11b), 161.2 (C-6), 170.0 (-COOH), 56.6 (3-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物 **7** 为考迈斯托醇。

化合物 **8**: 浅黄色晶体 (甲醇), mp 226~228 °C, ESI-MS m/z : 162 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 7.20 (2H, m, H-5, 6), 7.44 (1H, d, J = 8.7 Hz, H-7), 7.98 (1H, s, H-2), 8.08 (1H, d, J = 8.7 Hz, H-4); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 132.4 (C-2), 107.5 (C-3), 120.7 (C-4), 122.4 (C-5), 121.2 (C-6), 111.7 (C-7), 136.9 (C-8), 126.4 (C-9), 168.1 (-COOH)。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **8** 为 3-吲哚甲酸。

化合物 **9**: 黄色粉末 (甲醇)。ESI-MS m/z : 269 [M-H]⁻。 ¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 6.20 (1H, d, J = 1.9 Hz, H-6), 6.49 (1H, d, J = 1.9 Hz, H-8), 6.77 (1H, s, H-3), 6.93 (2H, d, J = 8.7 Hz, H-3', 5'), 7.92 (2H, d, J = 8.7 Hz, H-2', 6'), 10.38 (1H, s, 4'-OH), 10.87 (1H, s, 7-OH), 12.95 (1H, s, 5-OH); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 164.2 (C-2), 102.8 (C-3), 181.7 (C-4), 161.4 (C-5), 98.8 (C-6), 163.7 (C-7), 93.9 (C-8), 157.3 (C-9), 103.6 (C-10), 121.1 (C-1'), 128.4 (C-2', 6'), 115.9 (C-3', 5'), 161.1 (C-4')。以上数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **9** 为芹菜素。

化合物 **10**: 白色针状晶体 (氯仿), mp 248~250 °C, ESI-MS m/z : 336 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (500 MHz, C₅D₅N) δ : 3.16 (3H, s, H-5'), 3.49 (3H, s, H-4'), 5.44 (2H, d, J = 7.5 Hz, H-1'), 7.20 (1H, t, J = 7.5 Hz, H-2'), 8.76 (1H, d, J = 8.5 Hz, H-8), 8.84 (1H, d, J = 8.5 Hz, H-2), 8.97 (1H, s, H-10), 9.27 (1H, d, J = 8.5 Hz, H-7), 9.64 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-1); ¹³C-NMR (125 MHz, C₅D₅N) δ : 121.3 (C-1), 114.6 (C-2), 154.8 (C-3), 106.6 (C-4), 161.5 (C-4a), 162.0 (C-6), 104.4 (C-6a), 117.2 (C-6b), 122.9 (C-7), 116.1 (C-8), 158.4 (C-9), 100.9 (C-10), 159.8 (C-10a), 160.0 (C-11a), 106.6 (C-11b), 24.5 (C-1'), 123.8 (C-2'), 133.5 (C-3'), 19.5 (C-4'), 27.1 (C-5')。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **10** 为 phaseol。

化合物 **11**: 黄白色粉末 (甲醇), mp 314~316 °C, ESI-MS m/z : 254 [M+H]⁺。 ¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 6.70 (1H, s, H-3), 6.91 (1H, dd, J = 9.0, 2.0 Hz, H-6), 6.93 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-3', 5'), 6.96 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 7.85 (1H, d, J = 9.0 Hz, H-5),

7.90 (2H, d, $J=9.0$ Hz, H-2', 6'); ^{13}C -NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 162.4 (C-2), 104.4 (C-3), 176.2 (C-4), 126.4 (C-5), 114.9 (C-6), 162.9 (C-7), 102.4 (C-8), 157.4 (C-9), 115.9 (C-10), 121.7 (C-1'), 128.0 (C-2', 6'), 115.8 (C-3', 5'), 160.8 (C-4')。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **11** 为 7,4'-二羟基黄酮。

化合物 **12**: 无色针状结晶 (石油醚-丙酮), 经 TLC 在多种体系下展开, 与豆甾醇对照品 Rf 值完全相同。 ^{13}C -NMR (125 MHz, CDCl_3) δ : 37.4 (C-1), 31.8 (C-2), 71.8 (C-3), 42.3 (C-4), 140.8 (C-5), 121.6 (C-6), 31.9 (C-7), 32.0 (C-8), 50.3 (C-9), 36.5 (C-10), 21.2 (C-11), 39.7 (C-12), 42.4 (C-13), 56.9 (C-14), 24.4 (C-15), 29.0 (C-16), 55.9 (C-17), 12.1 (C-18), 19.5 (C-19), 40.5 (C-20), 21.1 (C-21), 138.2 (C-22), 129.3 (C-23), 51.3 (C-24), 31.8 (C-25), 19.0 (C-26), 21.2 (C-27), 25.3 (C-28), 12.3 (C-29)。以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **12** 为豆甾醇。

化合物 **13**: 白色晶体 (氯仿), mp 138~140 °C。10% H_2SO_4 -乙醇溶液显紫红色, Liebermann-Burchard 反应呈阳性, Molish 反应呈阴性。在高效薄层色谱板上与 β -谷甾醇对照品对照, 其 Rf 值及显色行为均一致。 ^{13}C -NMR (125 MHz, CDCl_3) δ : 37.8 (C-1), 32.3 (C-2), 71.3 (C-3), 43.4 (C-4), 142.1 (C-5), 121.2 (C-6), 32.6 (C-7), 32.3 (C-8), 50.5 (C-9), 36.9 (C-10), 21.3 (C-11), 40.0 (C-12), 42.5 (C-13), 56.8 (C-14), 24.5 (C-15), 28.6 (C-16), 56.3 (C-17), 12.2 (C-18), 20.0 (C-19), 36.4 (C-20), 19.7 (C-21), 34.2 (C-22), 26.4 (C-23), 46.0 (C-24), 29.4 (C-25), 18.9 (C-26), 19.2 (C-27), 23.3 (C-28), 12.2 (C-29)。以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **13** 为 β -谷甾醇。

化合物 **14**: 白色粉末 (氯仿), mp 296~298 °C, Liebermann-Burchard 反应阳性。Molish 反应阳性。与胡萝卜苷对照品 Rf 值相同, 混合熔点不下降。故鉴定化合物 **14** 为胡萝卜苷。

参考文献

- [1] 罗凤莲, 夏延斌, 欧阳建勋. 大豆中功能成分及其应用 [J]. 粮食科技与经济, 2008(3): 37-39.
- [2] 王炳智, 王 涛. 大豆成分的功能及其应用研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2001, 22(2): 25-28.
- [3] 郑兆广, 王汝上, 汤 丹, 等. 白皮化学成分的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2011, 23(3): 399-400.
- [4] 马宁宁, 陈光英, 宋小平, 等. 葡萄蒺藜的化学成分 [J]. 中成药, 2013, 35(5): 982-985.
- [5] Wu T, Kong D Y, Li H T. Identification of the structure of two new nitro group phenolic glycosides from *Schisandra propinqua* (Wall.) Baill var. *intermedia* A. C. Smith [J]. *Acta Pharm Sin*, 2004, 39(7): 534-537.
- [6] 魏 健, 朱海燕, 沈德凤, 等. 黄背越橘化学成分的研究 [J]. 中药材, 2007, 30(1): 47-49.
- [7] Zhang N, Li N, Sun Y N, et al. Diacylglycerol compounds from barks of *Betula platyphylla* with inhibitory activity against acyltransferase [J]. *Chin Herb Med*, 2014, 6(2): 164-167.
- [8] 陈 青, 杨小生, 朱海燕, 等. 贵州产白刺花种子的化学成分研究 [J]. 中草药, 2006, 37(7): 986-987.
- [9] 王胜超, 张国刚. 紫花苜蓿的化学成分研究 [J]. 中草药, 2008, 6(6): 690-693.
- [10] 郭森辉, 钟惠民, 林文翰. 中国南海海绵 *Xestospongia testudinaria* 化学成分研究 [J]. 青岛科技大学学报: 自然科学版, 2007, 28(6): 502-504.
- [11] 孟令杰, 刘百联, 张 英, 等. 地骨皮化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(15): 2139-2142.
- [12] Yuk H J, Lee J H, Curtis-Long M J, et al. The most abundant polyphenol of soy leaves, coumestrol, displays potent α -glucosidase inhibitory activity [J]. *Food Chem*, 2011, 126(3): 1057-1063.
- [13] Hun S Y, Ji S L, Chul Y K, et al. Flavonoids of *Crotalaria sessiliflora* [J]. *Arch Pharm Res*, 2004, 27(5): 544-546.
- [14] 南海函, 张 偲, 吴 军. 许树化学成分研究 [J]. 中草药, 2005, 36(4): 492-494.
- [15] 李泓波, 胡 军, 陈剑超, 等. 江西青牛胆的化学成分 [J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(2): 125-127.