

白子菜醋酸乙酯部位的化学成分研究

陈 剑^{1,2,3}, MANGELINCKX Sven³, 吕 寒², 李维林², DE KIMPE Norbert³, 王峰涛^{1,4*}

1. 中国药科大学 生药学教研室, 江苏 南京 210009

2. 江苏省中国科学院植物研究所, 江苏 南京 210014

3. 根特大学生命科学学院, 比利时 根特 9000

4. 上海中医药大学 中药研究所/中药标准化教育部重点实验室, 上海 201203

摘要: 目的 研究白子菜 *Gynura divaricata* 地上部分醋酸乙酯萃取部位的化学成分。方法 采用不同柱色谱技术进行分离纯化, 结合 MS 和 NMR 数据进行结构鉴定。结果 从白子菜地上部分 80%乙醇回流提取物的醋酸乙酯萃取部位中分离纯化得到 14 个化合物, 分别鉴定为丁二酸(1)、丁二酸单甲酯(2)、丁二酸单乙酯(3)、丁二酸甲酯乙酯(4)、对羟基苯甲酸(5)、水杨酸(6)、异香草酸(7)、对香豆酸(8)、马栗树皮素(9)、槲皮素(10)、山柰酚(11)、异槲皮苷(12)、紫云英苷(13)、芦丁(14)。结论 化合物 1~4、6~9 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 白子菜; 丁二酸; 对香豆酸; 异香草酸; 马栗树皮素

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2013)05-0524-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.05.004

Chemical constituents in ethyl acetate extract from aerial part of *Gynura divaricata*

CHEN Jian^{1,2,3}, MANGELINCKX Sven³, LV Han², LI Wei-lin², DE KIMPE Norbert³, WANG Zheng-tao^{1,4}

1. Department of Pharmacognosy, China Pharmaceutical University, Nanjing 210009, China

2. Institute of Botany, Jiangsu Province and China Academy of Sciences, Nanjing 210014, China

3. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Ghent B-9000, Belgium

4. Institute of Chinese Materia Medica, Shanghai R&D Center for Standardization of Traditional Chinese Medicines/Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of ethyl acetate fraction in 80% ethanol reflux extract from the aerial part of *Gynura divaricata*. **Methods** Column chromatographic techniques were applied to isolate and purify the chemical constituents. The chemical structures of the constituents were elucidated on the basis of mass properties and NMR spectral data. **Results** Fourteen compounds were isolated and their structures were determined spectroscopically as succinic acid (1), methyl succinate (2), ethyl succinate (3), ethyl methyl succinate (4), 4-hydroxybenzoic acid (5), salicylic acid (6), isovanillic acid (7), *p*-coumaric acid (8), esculetin (9), quercetin (10), kaempferol (11), isoquercitrin (12), astragaloside (13), and rutin (14). **Conclusion** Compounds 1—4 and 6—9 are isolated from this plant for the first time.

Key words: *Gynura divaricata* (L.) DC.; succinic acid; *p*-coumaric acid; isovanillic acid; esculetin

白子菜 *Gynura divaricata* (L.) DC. 系菊科菊三七属植物, 该属约 40 余个物种, 主要分布于亚洲、非洲和澳洲, 其中, 我国南方地区约分布有 10 个物种^[1]。该属植物的化学成分主要包括挥发性成分^[2-5]、酚类^[6]、香豆素类^[7]、甾体类^[8]、脑苷脂类^[9-12], 以及吡咯里西啶生物碱等化合物^[13-16]。虽然含有吡咯里西啶生物碱的植物在传统医药中应用广泛, 但其

肝毒性也应受到关注^[17]。白子菜又名白背三七, 在江苏、浙江和福建等地, 民间摘取其新鲜叶片或以茎叶冲茶煮水服用, 对糖尿病有较好的疗效^[18]。本课题组前期的药理研究显示, 白子菜的醋酸乙酯粗提物对正常及四氧嘧啶致糖尿病模型小鼠均有显著的降低血糖作用^[18]。为阐明其药效物质基础, 合理开发和利用该植物资源, 本研究对白子菜地上部分

收稿日期: 2012-09-05

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (30900123); 江苏省科技基础设施建设计划—科技公共服务平台项目 (BM2011117)

作者简介: 陈 剑 (1980—), 男, 在读博士研究生, 江苏省中国科学院植物研究所助理研究员。

*通信作者 王峰涛 E-mail: wangzht@hotmail.com

醋酸乙酯萃取部位进行化学成分研究,从中分离纯化得到14个化合物,分别鉴定为丁二酸(succinic acid, 1)、丁二酸单甲酯(methyl succinate, 2)、丁二酸单乙酯(ethyl succinate, 3)、丁二酸甲酯乙酯(ethyl methyl succinate, 4)、对羟基苯甲酸(4-hydroxybenzoic acid, 5)、水杨酸(salicylic acid, 6)、异香草酸(isovanillic acid, 7)、对香豆酸(*p*-coumaric acid, 8)、马栗树皮素(esculetin, 9)、槲皮素(quercetin, 10)、山柰酚(kaempferol, 11)、异槲皮苷(isoquercitrin, 12)、紫云英苷(astragalin, 13)、芦丁(rutin, 14)。其中,化合物1~4和6~9为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

X-6显微熔点测定仪(北京泰克公司); JEOL ECLIPSE+ 300型核磁共振仪(日本电子); Agilent 1100 LC-MSD 高效液相色谱质谱仪(美国安捷伦); Agilent Prep-HPLC 1100 制备型高效液相色谱仪(美国安捷伦); 薄层色谱板和柱色谱硅胶来自美国 Grace 公司; LiChroprep RP-18 (40~63 μm) 购于 Merck 公司; Sephadex LH-20 购于 GE 公司; MCI gel CHP20P 购于三菱化学; 高效液相色谱用试剂为色谱纯,其他试剂均为分析纯。

白子菜地上部分于2010年7月采自江苏南京,由江苏省中国科学院植物研究所郭荣麟研究员鉴定为白子菜 *Gymura divaricata* (L.) DC. 的地上部分。

2 提取与分离

白子菜干燥地上部分8.5 kg,用80%乙醇回流提取2次,每次2 h,减压回收得浸膏900 g,浸膏用一定体积蒸馏水溶解成悬浮液,依次用石油醚、醋酸乙酯、正丁醇萃取。醋酸乙酯萃取液合并减压回收,得萃取物47.5 g。

醋酸乙酯萃取物经硅胶柱色谱,分别以石油醚-醋酸乙酯和醋酸乙酯-丙酮梯度洗脱,得到10个组分(Fr. 1~10)。在石油醚-醋酸乙酯(100:5)洗脱组分 Fr. 4 中重结晶得到化合物1。该组分母液回收溶剂后再经硅胶柱色谱,经石油醚-醋酸乙酯和二氯甲烷-丙酮梯度洗脱得到7个组分(Fr. 4-1~4-7)。组分 Fr. 4-3 经硅胶柱色谱,以二氯甲烷-甲醇梯度洗脱分离得到化合物4和6以及组分 Fr. 4-3-5。组分 Fr. 4-3-5 再经 Sephadex LH-20 色谱,以甲醇-水梯度洗脱,得到化合物2和3。组分 Fr. 4-5 经 MCI gel 柱色谱,甲醇-水洗脱及进一步硅胶柱色谱,二氯甲烷-甲醇洗脱,得到化合物7、8和5。组分 Fr. 4-6 经硅胶柱色

谱,以二氯甲烷-丙酮梯度洗脱得到化合物9。

组分 Fr. 7 经 MCI gel 柱色谱,甲醇-水梯度洗脱得到4个组分 Fr. 7-1~7-4,其中组分 Fr. 7-2 经 RP₁₈ 反相硅胶柱色谱,以水-甲醇梯度洗脱,最后经制备型高效液相色谱(乙腈-水 25:75)纯化得到化合物11~13。Fr. 7-3 经同样方法,以制备型高效液相色谱进行纯化,得到化合物10和14。

3 结构鉴定

化合物1:白色粉末(醋酸乙酯), mp 184~185 $^{\circ}\text{C}$, ESI-MS m/z : 117 $[\text{M}-\text{H}]^{-}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, DMSO- d_6) δ : 2.40 (4H, s, $2\times-\text{CH}_2$), 3.35 (2H, brs, $2\times-\text{OH}$); $^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, DMSO- d_6) δ : 29.3 ($-\text{CH}_2$), 174.1 ($-\text{COOH}$)。以上数据与文献报道一致^[19],故鉴定化合物1为丁二酸。

化合物2:白色粉末(醋酸乙酯), mp 57~58 $^{\circ}\text{C}$, ESI-MS m/z : 131 $[\text{M}-\text{H}]^{-}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CD₃OD) δ : 2.49~2.51 (4H, m, $2\times-\text{CH}_2$), 3.57 (3H, s, $-\text{OCH}_3$); $^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CD₃OD) δ : 28.5 ($-\text{CH}_2$), 50.9 ($-\text{OCH}_3$), 173.5 ($-\text{COOCH}_3$), 174.8 ($-\text{COOH}$)。以上数据与文献报道一致^[19],故鉴定化合物2为丁二酸单甲酯。

化合物3:无色液状物(醋酸乙酯), ESI-MS m/z : 145 $[\text{M}-\text{H}]^{-}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl₃) δ : 1.25 (3H, t, $J = 6.9$ Hz, $-\text{CH}_3$), 2.38~2.69 (4H, m, $2\times-\text{CH}_2$), 4.16 (2H, q, $J = 6.9$ Hz, $-\text{OCH}_2$); $^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl₃) δ : 14.1 ($-\text{CH}_3$), 28.5 ($-\text{COCH}_2$), 60.9 ($-\text{OCH}_2$), 176.4 ($-\text{COOH}$, $-\text{COOCH}_2\text{CH}_3$)。以上数据与文献报道一致^[19],故鉴定化合物3为丁二酸单乙酯。

化合物4:无色液状物(醋酸乙酯)。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl₃) δ : 1.27 (3H, t, $J = 7.2$ Hz, $-\text{CH}_2\text{CH}_3$), 2.60~2.73 (4H, m, $2\times-\text{COCH}_2$), 3.71 (3H, s, $-\text{OCH}_3$), 4.16 (2H, q, $J = 7.2$ Hz, $-\text{OCH}_2$); $^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl₃) δ : 14.2 ($-\text{CH}_2\text{CH}_3$), 28.9 ($-\text{COCH}_2$), 52.1 ($-\text{OCH}_3$), 61.0 ($-\text{OCH}_2$), 172.3 ($-\text{COOCH}_2\text{CH}_3$), 172.8 ($-\text{COOCH}_3$)。以上数据与文献报道一致^[19],故鉴定化合物4为丁二酸甲酯乙酯。

化合物5:白色粉末(甲醇), ESI-MS m/z : 137 $[\text{M}-\text{H}]^{-}$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CD₃OD) δ : 6.71 (2H, d, $J = 8.3$ Hz, H-3, 5), 7.77 (2H, d, $J = 8.3$ Hz, H-2, 6); $^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CD₃OD) δ : 114.7 (C-3, 5), 121.7 (C-1), 131.7 (C-2, 6), 161.9 (C-4), 169.0 ($-\text{COOH}$)。以上数据与文献报道一致^[20],故鉴定化合物5为对羟基苯甲酸。

化合物 **6**: 白色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 137 $[M-H]^-$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 6.77 (1H, dd, $J = 8.3, 1.1$ Hz, H-3), 6.81 (1H, ddd, $J = 8.2, 7.2, 1.1$ Hz, H-5), 7.36 (1H, ddd, $J = 8.3, 7.2, 1.7$ Hz, H-4), 7.75 (1H, dd, $J = 8.2, 1.7$ Hz, H-6); ^{13}C -NMR (75 MHz, CD_3OD) δ : 112.6 (C-3), 116.8 (C-1), 118.7 (C-5), 130.2 (C-6), 135.3 (C-4), 161.9 (C-2), 172.2 (-COOH)。以上数据与文献报道一致^[21], 故鉴定化合物 **6** 为水杨酸。

化合物 **7**: 白色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 167 $[M-H]^-$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 3.81 (3H, s, -OCH₃), 6.75 (1H, d, $J = 8.7$ Hz, H-5), 7.47 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, H-2), 7.47 (1H, dd, $J = 8.3, 1.7$ Hz, H-6); ^{13}C -NMR (75 MHz, CD_3OD) δ : 55.0 (-OCH₃), 112.4 (C-5), 114.5 (C-2), 123.9 (C-6), 123.9 (C-1), 147.3 (C-3), 151.3 (C-4), 168.8 (-COOH)。以上数据与文献报道一致^[22], 故鉴定化合物 **7** 为异香草酸。

化合物 **8**: 淡黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 163 $[M-H]^-$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 6.20 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H- α), 6.73 (2H, dd, $J = 9.3, 2.1$ Hz, H-3, 5), 7.37 (2H, dd, $J = 9.3, 2.1$ Hz, H-2, 6), 7.52 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H- β); ^{13}C -NMR (75 MHz, CD_3OD) δ : 114.3 (C- α), 115.5 (C-2, 6), 125.9 (C-1), 129.8 (C-3, 5), 145.3 (C- β), 159.9 (C-4), 169.7 (-COOH)。以上数据与文献报道一致^[23], 故鉴定化合物 **8** 为对香豆酸。

化合物 **9**: 淡黄色结晶 (甲醇), ESI-MS m/z : 177 $[M-H]^-$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 6.09 (1H, d, $J = 9.9$ Hz, H-3), 6.67 (1H, s, H-8), 6.85 (1H, s, H-5), 7.70 (1H, d, $J = 9.9$ Hz, H-4); ^{13}C -NMR (75 MHz, CD_3OD) δ : 102.3 (C-8), 111.2 (C-4a), 111.5 (C-3), 111.7 (C-5), 143.2 (C-6), 144.7 (C-4), 149.1 (C-8a), 150.7 (C-7), 163.0 (C-2)。以上数据与文献报道一致^[24], 故鉴定化合物 **9** 为马栗树皮素。

化合物 **10**: 黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 301 $[M-H]^-$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 7.63 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2'), 7.53 (1H, dd, $J = 8.1, 2.1$ Hz, H-6'), 6.78 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 6.29 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-8), 6.08 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-6); ^{13}C -NMR (75 MHz, CD_3OD) δ : 93.1 (C-8), 97.9 (C-6), 103.2 (C-10), 114.7 (C-2'), 114.9 (C-5'), 120.3 (C-6'), 122.8 (C-1'), 135.9 (C-3), 144.9 (C-3'), 146.7 (C-2), 147.4 (C-4'), 156.9 (C-5), 161.2 (C-9), 164.2 (C-7), 176.0

(C-4)。以上数据与文献报道一致^[21], 故鉴定化合物 **10** 为槲皮素。

化合物 **11**: 黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 287 $[M+H]^+$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 7.99 (2H, dd, $J = 9.3, 3.0$ Hz, H-2', 6'), 6.81 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3', 5'), 6.30 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-8), 6.08 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6); ^{13}C -NMR (75 MHz, CD_3OD) δ : 93.1 (C-8), 97.9 (C-6), 103.2 (C-10), 115.0 (C-3', 5'), 122.2 (C-1'), 129.4 (C-2', 6'), 135.9 (C-3), 146.6 (C-2), 156.9 (C-5), 159.1 (C-4'), 161.2 (C-9), 164.3 (C-7), 175.8 (C-4)。以上数据与文献报道一致^[21], 故鉴定化合物 **11** 为山柰酚。

化合物 **12**: 黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 463 $[M-H]^-$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 7.60 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-2'), 7.49 (1H, dd, $J = 8.8, 2.2$ Hz, H-6'), 6.77 (1H, dd, $J = 8.8, 2.2$ Hz, H-5'), 6.27 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-8), 6.08 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6), 5.13 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1''), 3.30~3.64 (5H, m, H-2''~6'')。以上数据与文献报道一致^[25], 经 HPLC 分析, 其保留时间与实验室自制异槲皮苷对照品一致, 故鉴定化合物 **12** 为异槲皮苷。

化合物 **13**: 黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 447 $[M-H]^-$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 7.96 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2', 6'), 6.79 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3', 5'), 6.25 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-8), 6.07 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-6), 5.12 (1H, d, $J = 6.9$ Hz, H-1''), 3.30~3.62 (5H, m, H-2''~6'')。以上数据与文献报道一致^[25], 经 HPLC 分析, 其保留时间与实验室自制紫云英苷对照品一致, 故鉴定化合物 **13** 为紫云英苷。

化合物 **14**: 黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 609 $[M-H]^-$. 1H -NMR (300 MHz, CD_3OD) δ : 7.56 (1H, d, $J = 6.0, 2.1$ Hz, H-6'), 7.52 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2'), 6.78 (1H, d, $J = 8.7$ Hz, H-5'), 6.31 (1H, s, H-8), 6.12 (1H, s, H-6), 5.01 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1''), 3.26~3.73 (11H, m, sugar-H), 1.02 (3H, d, $J = 5.4$ Hz, -CH₃)。以上数据与文献报道一致^[26], 经 HPLC 分析, 其保留时间与实验室自制芦丁对照品一致, 故鉴定化合物 **14** 为芦丁。

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, 2009.
- [2] Rana V S, Blazquez M A. Chemical constituents of *Gynura cusimbua* aerial parts [J]. *J Essent Oil Res*, 2007,

- 19(1): 21-22.
- [3] Shimizu Y, Imayoshi Y, Kato M, *et al.* Volatiles from leaves of field-grown plants and shoot cultures of *Gynura bicolor* DC. [J]. *Flavour Frag J*, 2009, 24(5): 251-258.
- [4] Shimizu Y, Imayoshi Y, Kato M, *et al.* New eudesmane-type sesquiterpenoids and other volatile constituents from the roots of *Gynura bicolor* DC. [J]. *Flavour Frag J*, 2011, 26(1): 55-64.
- [5] Chen J, Adams A, Mangelinckx S, *et al.* Investigation of the volatile constituents of different *Gynura* species from two Chinese origins by SPME/GC-MS [J]. *Nat Prod Commun*, 2012, 7(5): 655-657.
- [6] Wan C P, Yu Y Y, Zhou S R, *et al.* Isolation and identification of phenolic compounds from *Gynura divaricata* leaves [J]. *Pharmacogn Mag*, 2011, 7(26): 101-108.
- [7] Bohlmann F, Zdero C. Gynuron, ein neues terpen-cumarin-derivat aus *Gynura crepioides* [J]. *Phytochemistry*, 1977, 16(4): 494-495.
- [8] Lin W Y, Kuo Y H, Chang Y L, *et al.* Anti-platelet aggregation and chemical constituents from the rhizome of *Gynura japonica* [J]. *Planta Med*, 2003, 69(8): 757-764.
- [9] Chen L, Wang J J, Zhang G G, *et al.* A new cerebroside from *Gynura divaricata* [J]. *Nat Prod Res*, 2009, 23(14): 1330-1336.
- [10] Chen L, Li H Q, Song H T, *et al.* A new cerebroside from *Gynura divaricata* [J]. *Fitoterapia*, 2009, 80(8): 517-520.
- [11] Chen L, Wang J J, Song H T, *et al.* New cytotoxic cerebroside from *Gynura divaricata* [J]. *Chin Chem Lett*, 2009, 20(9): 1091-1093.
- [12] Lin W Y, Yen M H, Teng C M, *et al.* Cerebrosides from the rhizomes of *Gynura japonica* [J]. *J Chin Chem Soc*, 2004, 51(6): 1429-1434.
- [13] Liang X T, Roeder E. Senecionine from *Gynura segetum* [J]. *Planta Med*, 1984, 50(4): 362.
- [14] Roeder E, Eckert A, Wiedenfeld H. Pyrrolizidine alkaloids from *Gynura divaricata* [J]. *Planta Med*, 1996, 62(4): 386.
- [15] Wiedenfeld H. Two new hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids from *Gynura scandens* [J]. *Planta Med*, 1982, 45(3): 136-137.
- [16] Wiedenfeld H. Two pyrrolizidine alkaloids from *Gynura scandens* [J]. *Phytochemistry*, 1982, 21(11): 2767-2768.
- [17] 高江国, 王长虹, 李岩, 等. 吡咯里西啉生物碱的药理作用、毒性及药(毒)物代谢动力学研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(5): 506-511.
- [18] Li W L, Ren B R, Zhuo M, *et al.* The anti-hyperglycemic effect of plants in genus *Gynura* Cass. [J]. *Am J Chin Med*, 37(5): 961-966.
- [19] National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. Integrated Spectral Database System of Organic Compounds [M/OL]. Japan: AIST, 2004. http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi.
- [20] 苏明智, 罗舟, 颜鸣, 等. 脱皮马勃化学成分的研究 [J]. 中草药, 2012, 43(4): 664-666.
- [21] 唐丽, 李国玉, 杨柄友, 等. 广枣化学成分的研究 [J]. 中草药, 2009, 40(4): 541-543.
- [22] 李炜, 唐于平, 高浩学, 等. 麦门冬合千金苇茎汤效应部位的化学成分 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(18): 78-81.
- [23] 张永勇, 罗佳波. 白花蛇舌草化学成分的研究 [J]. 南方医科大学学报, 2008, 28(1): 127-128.
- [24] 赵晓宏, 陈迪华, 斯建勇, 等. 中药升麻酚酸类化学成分研究 [J]. 药学报, 2002, 37(7): 535-538.
- [25] Deng S G, Deng Z Y, Fan Y W, *et al.* Isolation and purification of three flavonoid glycosides from the leaves of *Nelumbo nucifera* (Lotus) by high-speed counter-current chromatography [J]. *J Chromatogr B*, 2009, 877(24): 2487-2492.
- [26] 张朝凤, 孙启时, 俞桂新, 等. 乌药叶中黄酮类成分研究 [J]. 沈阳药科大学学报, 2003, 20(5): 342-344.