

# 白花木瓜成熟果实的化学成分研究

罗旭璐<sup>1</sup>, 姜力<sup>1</sup>, 李娜<sup>2,3</sup>, 张颖君<sup>2</sup>, 赵平<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>西南林业大学 西南山地森林资源保育与利用省部共建教育部重点实验室, 昆明 650224; <sup>2</sup>中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室, 昆明 650201; <sup>3</sup>中国科学院大学, 北京 100049

**摘要:** 采用硅胶、Diaion HP20 和 Sephadex LH-20 柱层析手段, 从白花木瓜成熟果实 80% 乙醇提取物中共分离得到 12 种化合物, 运用现代波谱技术分别鉴定为: (-)-表儿茶素(1)、(+)-儿茶素(2)、对苯二酚(3)、3,4-二羟基苯甲酸(4)、没食子酸(5)、3-羟基丁二酸甲酯(6)、槲皮素(7)、齐墩果酸(8)、白桦酸(9)、坡模酸(10)、原花青素 B2(11) 和原花青素 C1(12), 以上化合物均为首次从白花木瓜果实中分离得到。

**关键词:** 白花木瓜; 成熟果实; 化学成分; 分离鉴定

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.S.008

## Chemical Constituents from the Fruits of *Chaenomeles cathayensis* (cf. White Flower)

LUO Xu-lu<sup>1</sup>, JIANG Li<sup>1</sup>, LI Na<sup>2,3</sup>, ZHANG Ying-jun<sup>2</sup>, ZHAO Ping<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory for Forest Resources Conservation and Use in the Southwest Mountains of China, Ministry of Education, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; <sup>2</sup>State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; <sup>3</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** Twelve compounds were isolated from the 80% ethanol extract of the ripe fruits of *Chaenomeles cathayensis* (cf. White Flower) by column chromatographies on silica gel, Diaion HP20 and Sephadex LH-20. On the basis of spectral analyses, their chemical structures were elucidated as (-)-epicatechin (1), (+)-catechin (2), hydroquinone (3), 3,4-dihydroxybenzoic acid (4), gallic acid (5), methyl 3-hydroxybutanedioic acid (6), quercetin (7), oleanolic acid (8), betulinic acid (9), pomolic acid (10), procyanidin B2 (11), and procyanidin C1 (12), respectively. These compounds were isolated from the ripe fruits of title plant for the first time.

**Key words:** *Chaenomeles cathayensis* (cf. White Flower); ripe fruits; chemical constituents; isolation and identification

蔷薇科木瓜属 (*Chaenomeles*) 植物是我国重要的药食兼用植物, 包括光皮木瓜 (*C. sinensis*)、皱皮木瓜 (*C. speciosa*)、毛叶木瓜 (*C. cathayensis*)、西藏木瓜 (*C. tibetica*) 和日本木瓜 (*C. japonica*) 等五种<sup>[1]</sup>。该属植物富含多酚、黄酮和三萜等有效成分<sup>[2-8]</sup>, 具有抗氧化、抗炎、抗病毒、保肝、抗肿瘤和金属蛋白酶抑制等多种生理活性<sup>[9,10]</sup>。云南省特有植物白花木瓜 [*C. cathayensis* (cf. White Flower)] 为毛叶木瓜的一个变种<sup>[11]</sup>, 近年来在云南省临沧地区大量栽培, 种植面积已达 30 余万亩。白花木瓜用途广泛, 集食用、药用和观赏于一体, 经济效益显著, 但国内外关

于白花木瓜化学成分的研究尚未见报道。为充分利用该特色资源, 本研究以云南省临沧地区云县栽培的白花木瓜成熟果实为对象, 对其化学成分进行研究, 从中共分离鉴定了 12 个化合物, 分别为 (-)-表儿茶素(1)、(+)-儿茶素(2)、对苯二酚(3)、3,4-二羟基苯甲酸(4)、没食子酸(5)、3-羟基丁二酸甲酯(6)、槲皮素(7)、齐墩果酸(8)、白桦酸(9)、坡模酸(10)、原花青素 B2(11) 和原花青素 C1(12), 以上化合物均为首次从白花木瓜中分离得到。

## 1 仪器与材料

核磁共振谱用 Bruker AM-400 核磁共振仪测定, TMS 作内标; 柱层析硅胶 (200 ~ 300 目) 为临沂市海洋化工有限公司生产, 薄层层析硅胶为青岛海浪硅胶干燥剂厂生产; Sephadex LH-20 凝胶材料为

收稿日期: 2016-10-28 接受日期: 2016-12-29

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31260163); 云南省林学一流学科建设项目 (51600625); 云南省教育厅项目 (ZD2010006)

\* 通信作者 Tel: 86-871-63863022; E-mail: hypzhao@yahoo.com

GE Healthcare 公司生产, Diaion HP20 和 Sepabeads 树脂材料为 Mitsubishi Chemical Corporation 生产。白花木瓜成熟果实于 2015 年 8 月采自云南省临沧地区云县, 由云县茶叶办公室提供, 并由中国科学院昆明植物研究所杨崇仁研究员鉴定, 标本存放于西南林业大学林学院药用植物教研室。

## 2 提取与分离

白花木瓜成熟果实(30 kg), 切碎后用 80% 乙醇室温浸泡提取三次, 每次浸泡一周时间。合并提取液减压浓缩后, 依次用石油醚、乙酸乙酯各萃取 4 次, 各萃取液减压浓缩后, 得石油醚部分、乙酸乙酯部分和水溶液部分。乙酸乙酯部分(75 g), 加入少量甲醇后部分溶解, 抽滤后得到甲醇可溶部分(10 g)和沉淀部分(63 g)。甲醇可溶部分经 Diaion HP20 大孔吸附树脂柱层析(甲醇-水 0:1~1:0 梯度洗脱), 得到三个组分(Fr. 1~Fr. 3)。Fr. 1 经 Sephadex LH-20 凝胶柱(乙醇-水 0:1~1:0 洗脱)反复柱层析, 得到化合物 **1**(22.5 mg)和化合物 **2**(11.5 mg)。Fr. 2 经 Sephadex LH-20 柱层析(乙醇-水 0:1~1:0 洗脱)和制备薄层色谱板分离(氯仿: 甲醇 15:1), 得到化合物 **3**(10.9 mg)和化合物 **4**(2.0 mg)。沉淀部分经硅胶柱(氯仿-甲醇 20:1~5:1 梯度洗脱)、及 Sephadex LH-20 凝胶柱(氯仿: 甲醇 1:1 等度洗脱)反复柱层析, 分别得到化合物 **5**(1 mg)、**6**(1 mg)、**7**(76 mg)、**8**(9 mg)、**9**(10 mg)和 **10**(2 mg)。水溶液部分经 Sepabeads 大孔吸附树脂柱吸附, 用蒸馏水洗脱除杂后用乙醇洗脱, 乙醇洗脱物进一步经 Diaion HP20 树脂(乙醇-水 0:1~1:0 梯度洗脱)和 Sephadex LH-20 凝胶(乙醇等度洗脱)反复柱层析, 得到化合物 **11**(2 mg)和 **12**(8 mg)。

## 3 结构鉴定

**化合物 1** 淡黄色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (acetone- $d_6$ , 400 MHz):  $\delta$  8.14 (br s, OH), 7.04 (1H, d,  $J = 1.8$  Hz, H-2'), 6.82 (1H, d,  $J = 8.1$  Hz, H-5'), 6.77 (1H, br d,  $J = 8.1$  Hz, H-6'), 6.02 (1H, d,  $J = 1.5$  Hz, H-8), 5.90 (1H, br s, H-6), 4.86 (1H, br s, H-2), 4.20 (1H, br s, H-3), 2.86 (1H, dd,  $J = 16.5$ , 4.1 Hz, H-4), 2.74 (1H, dd,  $J = 16.5$ , 2.3 Hz, H-4);  $^{13}\text{C NMR}$  (acetone- $d_6$ , 100 MHz, ):  $\delta$  157.4 (s, C-7), 157.3 (s, C-5), 156.9 (s, C-9), 145.2 (s, C-4'), 145.1 (s, C-3'), 132.0 (s, C-1'), 119.2 (d, C-

6'), 115.4 (d, C-5'), 115.1 (d, C-2'), 99.6 (s, C-10), 96.1 (d, C-6), 95.5 (d, C-8), 79.2 (d, C-2), 66.8 (d, C-3), 28.8 (t, C-4)。以上数据与文献报道<sup>[12]</sup>的(-)-表儿茶素完全一致, 因此确定化合物 **1** 为(-)-表儿茶素[(-)-epicatechin]。

**化合物 2** 淡黄色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (400 MHz, acetone- $d_6$ ):  $\delta$  8.10 (br s, OH), 6.88 (1H, d,  $J = 1.6$  Hz, H-2'), 6.79 (1H, d,  $J = 8.1$  Hz, H-5'), 6.74 (1H, dd,  $J = 8.1$ , 1.6 Hz, H-6'), 6.01 (1H, d,  $J = 2.2$  Hz, H-8), 5.86 (1H, d,  $J = 2.2$  Hz, H-6), 4.55 (1H, d,  $J = 7.7$  Hz, H-2), 3.98 (1H, dd,  $J = 13.7$ , 8.1 Hz, H-3), 2.90 (1H, dd,  $J = 16.0$ , 5.4 Hz, H-4), 2.53 (1H, dd,  $J = 16.0$ , 8.5 Hz, H-4);  $^{13}\text{C NMR}$  (100 MHz, acetone- $d_6$ ):  $\delta$  157.6 (s, C-7), 157.1 (s, C-5), 156.8 (s, C-9), 145.6 (s, C-4'), 145.5 (s, C-3'), 132.1 (s, C-1'), 120.0 (d, C-6'), 115.6 (d, C-5'), 115.2 (d, C-2'), 100.6 (s, C-10), 96.0 (d, C-6), 95.3 (d, C-8), 82.6 (d, C-2), 68.2 (d, C-3), 28.8 (t, C-4)。以上数据与文献报道<sup>[12]</sup>的(+)-儿茶素完全一致, 因此化合物 **2** 鉴定为(+)-儿茶素[(+)-catechin]。

**化合物 3** 类白色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (acetone- $d_6$ , 400 MHz):  $\delta$  6.65 (4H, s);  $^{13}\text{C NMR}$  (acetone- $d_6$ , 100 MHz):  $\delta$  151.1 (each s, C-1, 4), 116.6 (each d, C-2, 3, 5, 6)。其 $^1\text{H NMR}$ 和 $^{13}\text{C NMR}$ 数据与文献报道<sup>[13]</sup>的对苯二酚完全一致, 因此化合物 **3** 鉴定为对苯二酚(hydroquinone)。

**化合物 4** 类白色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (MeOH- $d_4$ , 400 MHz):  $\delta$  7.44 (1H, d,  $J = 9.0$  Hz, H-5), 7.41 (1H, br s, H-2), 6.80 (1H, d,  $J = 9.0$  Hz, H-6);  $^{13}\text{C NMR}$  (MeOH- $d_4$ , 100 MHz):  $\delta$  170.3 (s, COOH), 151.4 (s, C-4), 145.9 (s, C-3), 123.9 (d, C-6), 123.1 (s, C-1), 117.7 (d, C-2), 115.7 (d, C-5), 其 $^1\text{H NMR}$ 和 $^{13}\text{C NMR}$ 数据与文献报道<sup>[13]</sup>的3,4-二羟基苯甲酸完全一致, 因此化合物 **4** 的结构鉴定为3,4-二羟基苯甲酸(3,4-dihydroxybenzoic acid)。

**化合物 5** 淡黄色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (acetone- $d_6$ , 400 MHz):  $\delta$  6.92 (2H, s, H-2, 6);  $^{13}\text{C NMR}$  (acetone- $d_6$ , 100 MHz):  $\delta$  167.6 (s, COOH), 145.5 (each s, C-3, 5), 138.1 (s, C-4), 120.6 (s, C-1), 108.8 (each d, C-2, 6)。其 $^1\text{H NMR}$ 和 $^{13}\text{C NMR}$ 数据与文献报道<sup>[13]</sup>的没食子酸完全一致, 因此化合物 **5** 鉴定为没食子酸(gallic acid)。

**化合物 6** 白色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (acetone- $d_6$ , 400 MHz):  $\delta$  4.50 (1H, dd,  $J = 4.7, 7.1$  Hz, H-3), 3.69 (3H, s, OCH<sub>3</sub>), 2.78 (1H, dd,  $J = 16.1, 4.7$  Hz, H-2a), 2.65 (1H, dd,  $J = 16.1, 7.1$  Hz, H-2b);  $^{13}\text{C NMR}$  (acetone- $d_6$ , 100 MHz):  $\delta$  174.2 (s, C-4), 172.0 (s, C-1), 68.3 (d, C-3), 52.3 (q, OCH<sub>3</sub>), 39.3 (t, C-2)。其  $^1\text{H NMR}$  和  $^{13}\text{C NMR}$  数据与文献报道<sup>[6]</sup>的3-羟基丁二酸甲酯完全一致,因此化合物**6**的结构鉴定为3-羟基丁二酸甲酯(methyl 3-hydroxybutanedioic acid)。

**化合物 7** 黄色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (acetone- $d_6$ , 400 MHz):  $\delta$  7.76 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-2'), 7.64 (1H, dd,  $J = 8.5, 2.0$  Hz, H-6'), 6.95 (1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-5'), 6.48 (1H, d,  $J = 1.9$  Hz, H-8), 6.23 (1H, d,  $J = 1.9$  Hz, H-6);  $^{13}\text{C NMR}$  (acetone- $d_6$ , 100 MHz):  $\delta$  147.3 (s, C-2), 136.6 (s, C-3), 176.7 (s, C-4), 162.1 (s, C-5), 99.3 (d, C-6), 165.1 (s, C-7), 94.5 (d, C-8), 157.7 (s, C-9), 103.1 (s, C-10), 123.5 (s, C-1'), 115.8 (d, C-2'), 146.1 (s, C-3'), 148.6 (s, C-4'), 116.2 (d, C-5'), 121.3 (d, C-6')。以上数据与文献报道<sup>[14]</sup>的槲皮素完全一致,因此化合物**7**的结构鉴定为槲皮素(quercetin)。

**化合物 8** 白色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (CDCl<sub>3</sub>, 400 MHz):  $\delta$  5.28 (1H, m, H-12), 3.21 (1H, m, H-3), 1.17 (3H, s), 0.98 (3H, s), 0.94 (3H, s), 0.92 (3H, s), 0.91 (3H, s), 0.80 (3H, s), 0.78 (3H, s);  $^{13}\text{C NMR}$  (CDCl<sub>3</sub>, 100 MHz):  $\delta$  38.0 (t, C-1), 27.2 (t, C-2), 78.3 (d, C-3), 38.3 (s, C-4), 54.9 (d, C-5), 18.0 (t, C-6), 32.5 (t, C-7), 39.3 (s, C-8), 48.2 (d, C-9), 36.5 (s, C-10), 23.2 (t, C-11), 121.9 (d, C-12), 143.5 (s, C-13), 40.9 (s, C-14), 26.4 (t, C-15), 23.5 (t, C-16), 46.0 (s, C-17), 41.2 (d, C-18), 45.6 (t, C-19), 30.2 (s, C-20), 33.3 (t, C-21), 30.2 (t, C-22), 27.5 (q, C-23), 15.1 (q, C-24), 14.8 (q, C-25), 16.3 (q, C-26), 26.0 (q, C-27), 180.5 (s, C-28), 32.2 (q, C-29), 23.2 (q, C-30)。该化合物的  $^1\text{H NMR}$  和  $^{13}\text{C NMR}$  波谱数据与文献报道<sup>[15]</sup>的齐墩果酸相一致,因此鉴定化合物**8**为齐墩果酸(oleanolic acid)。

**化合物 9** 白色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (CDCl<sub>3</sub>, 400 MHz):  $\delta$  4.74 (1H, br s, H-29), 4.61 (1H, br s, H-29), 3.20 (1H, m, H-3), 1.69 (3H, s, H-20), 0.98 (3H, s), 0.97 (3H, s), 0.93 (3H, s), 0.82 (3H, s),

0.75 (3H, s);  $^{13}\text{C NMR}$  (CDCl<sub>3</sub>, 100 MHz):  $\delta$  38.4 (t, C-1), 27.3 (t, C-2), 78.6 (d, C-3), 38.7 (s, C-4), 55.8 (d, C-5), 18.2 (t, C-6), 34.0 (t, C-7), 40.3 (s, C-8), 49.3 (d, C-9), 37.0 (s, C-10), 20.5 (t, C-11), 25.4 (t, C-12), 38.4 (d, C-13), 42.0 (s, C-14), 29.5 (t, C-15), 32.0 (t, C-16), 55.3 (s, C-17), 49.0 (d, C-18), 47.0 (d, C-19), 151.0 (t, C-20), 30.5 (t, C-21), 37.2 (q, C-22), 28.0 (q, C-23), 15.3 (q, C-24), 16.1 (q, C-25), 16.4 (q, C-26), 14.9 (s, C-27), 179.4 (s, C-28), 109.7 (t, C-29), 19.3 (q, C-30)。该化合物的  $^1\text{H NMR}$  和  $^{13}\text{C NMR}$  波谱数据与文献报道<sup>[16]</sup>的白桦酸相一致,因此鉴定化合物**9**为白桦酸(betulinic acid)。

**化合物 10** 白色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (CDCl<sub>3</sub>, 400 MHz):  $\delta$  5.34 (1H, m, H-12), 3.15 (1H, m, H-3), 1.24 (3H, s), 1.21 (3H, s), 0.96 (3H, s), 0.95 (3H, s), 0.87 (3H, s), 0.86 (3H, s), 0.71 (3H, d,  $J = 6.0$  Hz);  $^{13}\text{C NMR}$  (CDCl<sub>3</sub>, 100 MHz):  $\delta$  37.5 (t, C-1), 27.5 (t, C-2), 78.5 (d, C-3), 37.8 (s, C-4), 55.3 (d, C-5), 18.4 (t, C-6), 32.8 (t, C-7), 40.1 (s, C-8), 48.3 (d, C-9), 36.8 (s, C-10), 23.5 (t, C-11), 129.3 (d, C-12), 137.9 (s, C-13), 41.1 (s, C-14), 27.5 (t, C-15), 26.0 (t, C-16), 47.0 (s, C-17), 52.5 (d, C-18), 73.0 (s, C-19), 39.8 (d, C-20), 25.0 (t, C-21), 38.0 (t, C-22), 28.0 (q, C-23), 16.2 (q, C-24), 15.5 (q, C-25), 16.9 (q, C-26), 24.9 (q, C-27), 179.8 (s, C-28), 27.6 (q, C-29), 16.0 (q, C-30)。该化合物的  $^1\text{H NMR}$  和  $^{13}\text{C NMR}$  光谱数据与文献报道<sup>[17]</sup>的坡模酸相一致,因此鉴定化合物**10**为坡模酸(pomolic acid)。

**化合物 11** 黄色粉末;  $^1\text{H NMR}$  (acetone- $d_6$ , 400 MHz):  $\delta$  7.93 (br s, OH), ring-B, B': 6.72 ~ 7.10 (6H, in total, aromatic H); ring-A, A': 5.96-5.99 (3H, in total, H-6, 6', 8); ring-C, C': 5.04 (1H, s, H-2), 4.99 (1H, s, H-2'), 4.70 (1H, s, H-4), 4.31 (1H, m, H-3'), 3.99 (1H, s, H-3), 2.90 (1H, dd,  $J = 16.5, 3.8$  Hz, H-4'), 2.73 (1H, dd,  $J = 16.5, 2.6$  Hz, H-4');  $^{13}\text{C NMR}$  (acetone- $d_6$ , 100 MHz): ring-A, A', C, C':  $\delta$  158.3 x 2, 157.6, 155.9, 155.7 x 2 (each s, C-9, 9', 7, 7', 5, 5'), 107.1 (s, C-8'), 100.5 x 2 (each s, C-10, 10'), 97.0, 96.3, 95.9 (each d, C-8, 6, 6'), 79.2 (d, C-2'), 76.9 (d, C-2), 72.9 (d, C-3), 66.4 (d, C-3'), 36.8 (d, C-4), 28.9

(t, C-4'); ring-B, B': 145.3, 145.2, 145.0 x 2 (each s, C-3, 3', 4, 4'), 132.3, 131.7 (each s, C-1, 1'), 119.3, 119.1 (each d, C-6, 6'), 115.5, 115.2, 114.9 x 2 (each d, C-2, 2', 5, 5')。其<sup>1</sup>H NMR 和<sup>13</sup>C NMR 数据与文献报道<sup>[18]</sup>的原花青素 B2 完全一致,因此化合物 **11** 鉴定为原花青素 B2 (procyanidin B2)。

**化合物 12** 黄色粉末;<sup>1</sup>H NMR (acetone-d<sub>6</sub>, 400 MHz): ring-B, B', B'': δ 6.67 ~ 7.15 (9H, in total, aromatic H); ring-A, A', A'': 5.90-6.02 (4H in total, H-6, 8, 6', 6''); ring-C, C', C'': 5.15, 5.02, 4.97 (3H, m, H-2 in C-, C'-and C''-ring), 4.72, 4.70 (2H, br s, H-4 in C-and C'-ring), 4.32 (1H, m, H-3 in C''-ring), 4.17 (1H, br s, H-3 in C-and C'-ring), 2.69-2.88 (2H, m, H-4 in C''-ring); <sup>13</sup>C NMR (acetone-d<sub>6</sub>, 100 MHz): ring A, C: δ 154.0-157.4 (each s, C-5, 5', 5'', 7, 7', 7'', 9, 9', 9''), 100.4 (each s, C-10, 10', 10''), 95.8-97.2 (each d, C-6, 6', 6'', 8), 79.1 (d, C-2), 76.6 (d, C-2'), 73.0 (d, C-2''), 68.2 (d, C-3), 71.8 (d, C-3'), 66.2 (d, C-3''), 36.8 x 2 (each d/t, C-4', 4''), 29.2 (d, C-4); ring-B, B', B'': 145.3 x 3, 145.0 x 3 (each s, C-3, 3', 3'', 4, 4', 4''), 131.7 x 3 (each s, C-1, 1', 1''), 118.9 x 3 (each s, C-6, 6', 6''), 115.8 x 3 (each d, C-5, 5', 5''), 115.2, 115.0 (each d, C-2, 2', 2'')。其<sup>1</sup>H NMR 和<sup>13</sup>C NMR 数据与文献报道<sup>[19]</sup>的原花青素 C1 对照,二者数据完全一致,因此化合物 **12** 鉴定为原花青素 C1 (procyanidin C1)。

**致谢:**以上光谱数据均由中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室分析测试中心测定。

#### 参考文献

- Zhang Q(张茜), Wang G(王光), He ZX(何祯祥), *et al.* Varieties classification of the Chinese quince fruit and the strategy for management. *J Plant Genetic Res*(植物遗传资源学报), 2005, 6: 339-343.
- Gao HY(高慧媛), Wu LJ(吴立军), Kuroyanagi Masanori(黑柳正典). Chemical Constituents of *Chaenomeles sinensis* (Thouin) Koehne. *Chin J Nat Med*(中国天然药物), 2003, 1: 82-84.
- Gao HY, Wu LJ, Kuroyanagi M. A new compound from *Chaenomeles sinensis* (Thouin) Koehne. *Chin Chem Lett*, 2003, 14: 274-275.
- Zhang LL, Wei W, Yan SX. Therapeutic effects of glucosides of *Chaenomeles speciosa* on collagen-induced arthritis in mice. *Acta Pharm Sinica*, 2004, 25: 1495-1501.
- Hamauzu Y, Yasui H, Inno T, *et al.* Phenolic profile, antioxidant property, and anti-influenza viral activity of Chinese quince (*Pseudocyonia sinensis* Schneid.), quince (*Cydonia oblonga* Mill.), and apple (*Malus domestica* Mill.) fruits. *J Agric Food Chem*, 2005, 53: 928-934.
- Song YL(宋亚玲), Feng ZB(封智兵), Cheng YX(程永现), *et al.* Chemical components of *Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai. *Acta Bot Boreali-Occidentalia Sin*(西北植物学报), 2007, 27: 831-833.
- Strek M, Grolach S, Podsedek A, *et al.* Procyanidin oligomers from Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) fruit inhibit activity of MMP-2 and MMP-9 metalloproteinases. *J Agric Food Chem*, 2007, 55: 6447-6452.
- Lewandowska U, Szweczyk K, Owczarek K, *et al.* Flavones from Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) fruit inhibit human prostate and breast cancer cell line invasiveness and cause favorable changes in Bax/Bcl-2 mRNA ratio. *Nutr Cancer*, 2013, 65: 273-285.
- Wu H(吴虹), Wei W(魏伟), Wu CY(吴成义). Study on the chemical constituents and pharmacological activities of *Chaenomeles*. *J Anhui TCM Coll*(安徽中医学院学报), 2004, 23: 62-64.
- Yang LL(杨蕾磊), Jin LN(靳李娜), Chen KL(陈科力), *et al.* Research progress in chemical constituents and pharmacological effects of *Chaenomeles Speciosa* Nakai and *Chaenomeles*. *China Pharmacist*(中国药师), 2015, 18: 293-295.
- Wang JM(王江民). Cultivation technique for white-flower quince. *Rural practical technol*(农村实用技术), 2004, 9: 22-23.
- Nonaka G-I and Nishioka I. Tannins and related compounds VII. Phenylpropanoid substituted epicatechins, cinchonains from *Cinchona succirubra*. (1). *Chem Pharm Bull*, 1982, 30: 4268-4276.
- Katherine NS. Carbon-13 nuclear magnetic resonance of biologically important aromatic acids, I. Chemical shift of benzoic acid and derivatives. *J Am Chem Soc*, 1972, 94: 8564-8568.
- Yang NY(杨念云), Qian SH(钱士辉), Duan JA(段金殿), *et al.* Studies on the chemical constituents of *Eupatorium lindleyanum*. *J China Pharm Univ*(中国药科大学学报), 2003, 34: 220-221.
- Ju JH(鞠建华), Zhou L(周亮), Lin L(林耕), *et al.* Studies oil constituents of triterpene acids from *Eriobotrya japonica* and their anti-inflammatory and antitussive effects. *Chin Pharm J*(中国药学杂志), 2003, 38: 752-757.