

芒果叶化学成分研究III

张祎, 张玉, 刘丽丽, 刘二伟, 葛丹丹, 王涛*

(天津市中药化学与分析重点实验室, 天津 300193)

摘要: 为了解芒果(*Mangifera indica* L.)的化学成分,从芒果叶 70% 乙醇提取物中分离鉴定了 8 个单体化合物,经波谱分析,分别鉴定为:5-(β -D-glucopyranosyloxy)-2-hydroxy benzoic acid methyl ester (**1**)、methyl salicylate glucoside (**2**)、对羟基苯甲酸(**3**)、nikoenoside (**4**)、(6*R*,9*R*)-3-oxo- α -ionol- β -D-glucopyranoside (**5**)、byzantionoside B (**6**)、icariside B₂ (**7**)和 2-ethyl-3-methyl-maleimide N- β -D-glucopyranoside (**8**)。化合物 **1**、**2**、**4**~**7** 均为首次从芒果属中分离得到,化合物 **8** 首次从该种中分离得到,化合物 **1** 的 NMR 数据是首次报道。

关键词: 漆树科; 芒果; 叶; 化学成分

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2014.02.012

Chemical Constituents Study on the Leaves of *Mangifera indica* L. (III)

ZHANG Yi, ZHANG Yu, LIU Li-li, LIU Er-wei, GE Dan-dan, WANG Tao*

(Key Laboratory of Traditional Chinese Medicinal Chemistry and Analytical Chemistry of Tianjin, Tianjin 300193, China)

Abstract: In the process of continuing to study the chemical constituents from 70% EtOH extract of *Mangifera indica* leaves, eight compounds were obtained, which were identified as 5-(β -D-glucopyranosyloxy)-2-hydroxybenzoic methyl ester (**1**), methyl salicylate glucoside (**2**), *p*-hydroxybenzoic acid (**3**), nikoenoside (**4**), (6*R*,9*R*)-3-oxo- α -ionol- β -D-glucopyranoside (**5**), byzantionoside B (**6**), icariside B₂ (**7**), and 2-ethyl-3-methyl-maleimide N- β -D-glucopyranoside (**8**) by the chemical and physical methods. Among them, **1**, **2**, and **4**~**7** were obtained from *Mangifera* genus for the first time, **8** was isolated for the species for the first time. Meanwhile, the NMR data of **1** was reported here firstly.

Key words: Anacardiaceae; *Mangifera indica*; Leaf; Chemical constituent

芒果(*Mangifera indica* L.)隶属于漆树科(Anacardiaceae)芒果属植物。我们前期研究结果表明^[1-4],芒果叶的 70% 乙醇提取物在抑制甘油三酯蓄积、降低游离脂肪酸水平及改善胰岛素抵抗等方面具有很好的活性。因此,我们对芒果活性部位的化学成分进行了系统性研究,分离鉴定了一系列二苯甲酮碳苷、酚酸、黄酮、木质素等成分^[1-4]。我们在进一步研究的过程中,又分离鉴定了 8 个单体成

分。本文重点对这 8 个化合物(图 1)的 NMR 数据进行报道,为芒果的开发利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

芒果(*Mangifera indica* L.)叶采自福建省南靖县金山镇新内村,由天津中医药大学中药标本馆李

收稿日期: 2013-06-08 接受日期: 2013-08-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(81202995); 国家科技重大专项——重大新药创制(2012ZX09103201-031); 新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-12-1069)资助

作者简介: 张祎(1974~),女,副教授,博士,硕士生导师,主要从事中药化学研究。E-mail: zhwwxzh@263.net

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangt@263.net

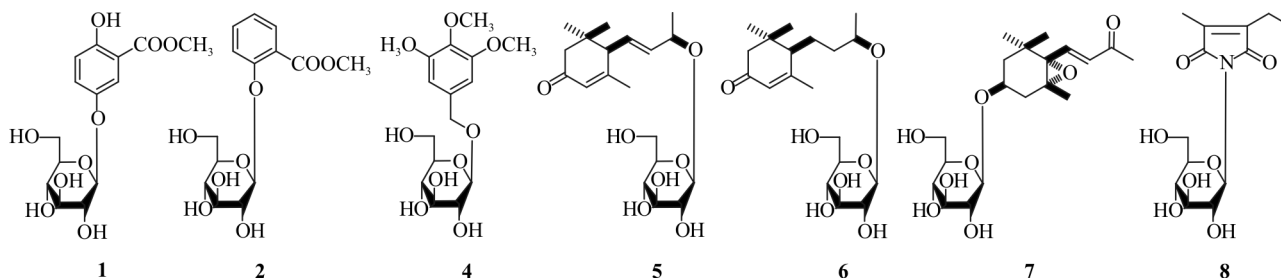


图1 化合物1~8的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1–8

天祥老师鉴定为芒果的叶子。植物凭证标本(No. 20081010)存放于天津中医药大学中医药研究院。

1.2 仪器

Bruker 500 MHz NMR 超导核磁共振波谱仪(TMS 为内标, 瑞士 Bruker 公司, Avance III 500MR); 安捷伦 6500 系列四级杆-飞行时间质谱仪; 分析型高效液相色谱仪[Waters 600E(美国 Waters), 检测器: Waters 2487 (254 nm、230 nm 双波长检测), 泵: 600 Pump、控制器: 600 controller、在线脱气装置: in-line Degasser AF)]; 制备型高效液相色谱仪[岛津(日本), (LC-8A; SPD-20A (254 nm、230 nm 双波长检测); CBM-20A; CTO-20A)]。柱层析硅胶为青岛海洋化工厂生产的 200 ~ 300 目硅胶。薄层层析硅胶预板, 高效硅胶 GF254 为天津思利达科技有限公司生产; 反相 ODS, Chromatorex ODS MB 100 ~ 40/75 (Fuji Silisia Chemical, Ltd., Japan, 40 ~ 75 μ M); Sephadex LH-20 (Ge Healthcare Bio-Sciences AB, Sweden); D101 大孔吸附树脂是天津市海光化工有限公司生产(净品级); HPLC 用分析柱以及制备柱型号分别为 Cosmosil 5C18-MS-II (Nacalai Tesque Inc., 250 mm \times 4.6 mm) 以及 (250 mm \times 20 mm)。色谱纯及分析纯试剂购自天津市康科德科技有限公司。

1.3 提取和分离

芒果叶干燥品 5 kg, 用 9 倍量的乙醇回流提取 2 次, 每次 3 h, 减压回收溶剂, 得浸膏 1.16 kg。取浸膏 600 g, 加 5 L 蒸馏水溶解, 用乙酸乙酯(5 L)萃取 3 次, 分别得到乙酸乙酯萃取物和水层萃取物。

取水层萃取物(346 g)溶于 2 L 水中, 离心, 取上清液经过大孔吸附树脂处理($H_2O \rightarrow 95\%$ EtOH), 得到 95% EtOH 洗脱物 84 g, 取其中的 72 g 经正相

硅胶柱色谱进行分离[$CHCl_3$ -MeOH (10 : 1 \rightarrow 5 : 1, V/V) \rightarrow $CHCl_3$ -MeOH- H_2O (7 : 3 : 1 \rightarrow 6 : 4 : 1, V/V/V, 下层) \rightarrow MeOH], 共得到 9 个组分[Fr. 1 (0.5 g)、Fr. 2 (0.8 g)、Fr. 3 (0.2 g)、Fr. 4 (0.5 g)、Fr. 5 (1.2 g)、Fr. 6 (9.0 g)、Fr. 7 (34.8 g)、Fr. 8 (4.9 g)、Fr. 9 (14.2 g)]。其中, 组分 3 (0.2 g) 经反相 ODS 柱层析及制备型高效液相(PHPLC)分离制备, 得到了化合物 2 (12.2 mg)。组分 4 (0.5 g) 经 ODS、Sephadex LH-20 柱层析及 PHPLC 分离制备, 得到化合物 1 (4.6 mg)、3 (3.0 mg)、4 (5.6 mg)、5 (6.5 mg)、6 (11.8 mg)、7 (3.8 mg) 和 8 (15.2 mg)。

1.4 结构鉴定

化合物 1 白色无定形粉末。Q-TOF-ESI-MS m/z : 365.0619 [$M + Cl$] $^-$, 分子式为 $C_{14}H_{18}O_9$ (Calcd for $C_{14}H_{18}O_9Cl$, 365.0645)。 1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 6.88 (1H, d, $J=9.0$ Hz, H-3), 7.31 (1H, dd, $J=2.5, 9.0$ Hz, H-4) 及 7.61 (1H, d, $J=2.5$ Hz, H-6), 质子信号提示结构中存在 1 个 ABX 自旋耦合系统的苯环; δ 4.76 (1H, d, $J=7.0$ Hz, H-1') 这一糖端基质子信号结合碳谱中一组碳信号 [δ_c : 62.6 (C-6'), 71.4 (C-4'), 74.9 (C-2'), 78.0 (C-3'), 78.3 (C-5'), 103.8 (C-1')] 提示结构中含有 1 个 β -D-葡萄糖取代基^[5]; δ_H 3.94 (3H, s) 及 δ_c 171.5 结合 HMBC 谱中观测到的二者的相关信号提示结构中存在 -COOCH₃ 结构片段。在 HMBC 谱中可以观测到 δ_H 6.88 (H-3) 与 δ_c 113.4 (C-1)、151.5 (C-5)、158.3 (C-2)、171.5 (1-COOCH₃); δ_H 7.31 (H-4) 与 δ_c 151.5 (C-5)、158.3 (C-2); δ_H 7.61 (H-6) 与 δ_c 127.3 (C-4)、151.5 (C-5)、158.3 (C-2)、171.5 (1-COOCH₃); δ_H 4.76 (H-1') 与 δ_c 151.5 (C-5) 之间的碳氢远程相关信号, 由此确定了化合物 1 的结构为 5-(β -D-glucopyranosyloxy)-2-hydroxy benzoic

acid methyl ester, 其氢谱、碳谱数据为首次报道。

^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 6.88 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3), 7.31 (1H, dd, $J = 2.5, 9.0$ Hz, H-4), 7.61 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-6), 4.76 (1H, d, $J = 7.0$ Hz, H-1'), 3.43 (1H, m, overlapped, H-2'), 3.43 (1H, m, overlapped, H-3'), 3.39 (1H, m, overlapped, H-4'), 3.39 (1H, m, overlapped, H-5'), [3.70 (1H, dd, $J = 5.0, 12.0$ Hz), 3.89 (1H, br. d, *ca.* $J = 12$ Hz), H_2 -6'], 3.94 (1-COOCH₃); ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 113.4 (C-1), 158.3 (C-2), 119.1 (C-3), 127.3 (C-4), 151.5 (C-5), 118.6 (C-6), 103.8 (C-1'), 74.9 (C-2'), 78.0 (C-3'), 71.4 (C-4'), 78.3 (C-5'), 62.6 (C-6'), 171.5 (1-COOCH₃), 52.9 (1-COOCH₃)。

化合物 2 白色粉末。Q-TOF-ESI-MS m/z : 349.0664 [M + Cl]⁻, 分子式为 $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_8$ (Calcd for $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_8\text{Cl}$, 349.0696)。 ^1H NMR (500 MHz, $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$): δ 7.66 (1H, br. d, *ca.* $J = 8$ Hz, H-3), 7.37 (1H, t like, *ca.* $J = 8$ Hz, H-4), 7.01 (1H, t like, *ca.* $J = 8$ Hz, H-5), 7.83 (1H, br. d, *ca.* $J = 8$ Hz, H-6), 5.52 (1H, d, $J = 7.0$ Hz, H-1'), 4.35 (1H, dd, $J = 7.0, 8.0$ Hz, H-2'), 4.33 (1H, dd, $J = 8.0, 8.0$ Hz, H-3'), 4.29 (1H, dd, $J = 8.0, 8.0$ Hz, H-4'), 4.11 (1H, m, H-5'), [4.36 (1H, dd, $J = 5.0, 12.0$ Hz), 4.55 (1H, br. d, *ca.* $J = 12$ Hz), H_2 -6'], 3.73 (3H, s, 1-COOCH₃); ^{13}C NMR (125 MHz, $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$): δ 122.0 (C-1), 158.0 (C-2), 117.7 (C-3), 133.9 (C-4), 122.2 (C-5), 131.3 (C-6), 103.5 (C-1'), 75.1 (C-2'), 78.2 (C-3'), 71.2 (C-4'), 79.2 (C-5'), 62.4 (C-6'), 167.1 (1-COOCH₃), 52.0 (1-COOCH₃)。以上波谱数据与文献[6]报道基本一致, 鉴定该化合物为 methyl salicylate glucoside。

化合物 3 白色粉末。Q-TOF-ESI-MS m/z : 137.0231 [M - H]⁻, 分子式为 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ (Calcd for $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3$, 137.0244)。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 7.87 (2H, d, $J = 8.0$ Hz, H-2,6), 6.80 (2H, d, $J = 8.0$ Hz, H-3,5); ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 123.4 (C-1), 133.0 (C-2,6), 116.0 (C-3,5), 163.2 (C-4), 170.8 (1-COOH)。以上波谱数据与文献[7]报道基本一致, 鉴定该化合物为对羟基苯甲酸 (*p*-hydroxybenzoic acid)。

化合物 4 黄色油状物。Q-TOF-ESI-MS m/z : 383.1345 [M + Na]⁺, 分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{24}\text{O}_9$ (Calcd

for $\text{C}_{16}\text{H}_{24}\text{O}_9\text{Na}$, 383.1313)。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ 6.76 (2H, s, H-2,6), 4.65、4.86 (1H each, both d, $J = 12.0$ Hz, H_2 -7), 4.32 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-1'), 3.26 (1H, dd, $J = 8.0, 9.0$ Hz, H-2'), 3.34 (1H, dd, $J = 9.0, 9.0$ Hz, H-3'), 3.31 (1H, dd, $J = 9.0, 9.0$ Hz, H-4'), 3.27 (1H, m, H-5'), [3.68 (1H, dd, $J = 5.5, 12.0$ Hz), 3.90 (1H, dd, $J = 2.0, 12.0$ Hz), H_2 -6'], 3.74 (3H, s, 4-OCH₃), 3.83 (6H, s, 3,5-OCH₃); ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 135.1 (C-1), 106.4 (C-2,6), 154.5 (C-3,5), 138.5 (C-4), 103.0 (C-1'), 75.2 (C-2'), 78.1 (C-3'), 71.8 (C-4'), 78.1 (C-5'), 62.9 (C-6'), 71.5 (C-7), 61.1 (4-OCH₃), 56.6 (3,5-OCH₃)。以上波谱数据与文献[5]报道基本一致, 鉴定该化合物为 nikoenoside。

化合物 5 白色无定形粉末。Q-TOF-ESI-MS m/z : 393.1902 [M + Na]⁺, 分子式为 $\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{O}_7$ (Calcd for $\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{O}_7\text{Na}$, 393.1884)。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ [2.04、2.43 (1H each, both d, $J = 17.0$ Hz), H_2 -2], 5.88 (1H, s, H-4), 2.67 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-6), 5.63 (1H, dd, $J = 9.0, 15.5$ Hz, H-7), 5.78 (1H, dd, $J = 6.5, 15.5$ Hz, H-8), 4.40 (1H, m, H-9), 1.29 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H_3 -10), 1.00 (3H, s, H_3 -11), 1.03 (3H, s, H_3 -12), 1.93 (3H, s, H_3 -13), 4.35 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-1'), 3.17 (1H, dd, $J = 8.0, 8.5$ Hz, H-2'), 3.34 (1H, dd, $J = 8.5, 8.5$ Hz, H-3'), 3.32 (1H, dd, $J = 8.5, 9.0$ Hz, H-4'), 3.21 (1H, m, H-5'), [3.66 (1H, dd, $J = 5.5, 12.0$ Hz), 3.81 (1H, br. d, *ca.* $J = 12$ Hz), H_2 -6']; ^{13}C NMR (125 MHz, CD_3OD): δ 37.1 (C-1), 48.3 (C-2), 202.0 (C-3), 126.2 (C-4), 165.9 (C-5), 56.8 (C-6), 128.9 (C-7), 138.3 (C-8), 77.0 (C-9), 21.1 (C-10), 28.1 (C-11), 27.6 (C-12), 23.8 (C-13), 102.5 (C-1'), 75.3 (C-2'), 78.1 (C-3'), 71.5 (C-4'), 78.0 (C-5'), 62.7 (C-6')。在 CD 谱中可以观测到该化合物在 245 nm、328 nm 处均显示正的 Cotton 效应[CD $\Delta\epsilon(\text{nm})$]: + 10.09 (245); + 1.26 (328)], 提示 C-6 的绝对构型为 *R*。上述 NMR 及 CD 数据与文献[8]基本一致, 鉴定该化合物为 (6*R*,9*R*)-3-oxo- α -ionol- β -D-glucopyranoside。

化合物 6 白色无定形粉末。Q-TOF-ESI-MS m/z : 395.2060 [M + Na]⁺, 分子式为 $\text{C}_{19}\text{H}_{32}\text{O}_7$ (Calcd for $\text{C}_{19}\text{H}_{32}\text{O}_7\text{Na}$, 395.2040)。 ^1H NMR (500 MHz, CD_3OD): δ [1.97、2.46 (1H each, both d, $J =$

17.5 Hz), H₂-2], 5.80 (1H, s, H-4), 1.99 (1H, m, overlapped, H-6), [1.50 (1H, m)、1.95 (1H, m, overlapped), H₂-7], 1.64 (2H, m, H₂-8), 3.88 (1H, m, H-9), 1.18 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H₃-10), 1.01 (3H, s, H₃-11), 1.09 (3H, s, H₃-12), 2.05 (3H, s, H₃-13), 4.32 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1'), 3.14 (1H, dd, $J = 7.5, 8.5$ Hz, H-2'), 3.35 (1H, dd, $J = 8.5, 8.5$ Hz, H-3'), 3.27 (1H, dd, $J = 8.5, 9.5$ Hz, H-4'), 3.25 (1H, m, H-5'), [3.64 (1H, dd, $J = 5.0, 12.0$ Hz), 3.85 (1H, br. d, $ca. J = 12$ Hz), H₂-6']; ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD): δ 37.3 (C-1), 48.1 (C-2), 202.4 (C-3), 125.4 (C-4), 170.1 (C-5), 52.4 (C-6), 26.8 (C-7), 37.8 (C-8), 75.5 (C-9), 19.9 (C-10), 29.1 (C-11), 27.6 (C-12), 25.0 (C-13), 102.2 (C-1'), 75.2 (C-2'), 78.2 (C-3'), 71.9 (C-4'), 77.9 (C-5'), 63.0 (C-6')。在 CD 谱中可以观测到该化合物在 239 nm、339 nm 处均显示正 Cotton 效应[CD $\Delta\epsilon$ (nm): +0.37 (239); +1.02 (339)], 确定 C-6 的绝对构型为 *R*。上述 NMR 及 CD 数据与文献[9]基本一致, 鉴定该化合物为 byzantionoside B。

化合物 7 白色无定形粉末。Q-TOF-ESI-MS m/z : 409.1839 [M + Na]⁺, 分子式为 C₁₉H₃₀O₈ (Calcd for C₁₉H₃₀O₈Na, 409.1831)。¹H NMR (500 MHz, CD₃OD): δ [1.41 (1H, dd, $J = 10.0, 13.0$ Hz)、1.71 (1H, ddd, $J = 1.5, 4.0, 13.0$ Hz), H₂-2], 3.91 (1H, m, H-3), [1.81 (1H, dd, $J = 8.5, 14.5$ Hz)、2.40 (1H, ddd, $J = 1.8, 4.5, 14.5$ Hz), H₂-4], 7.17 (1H, d, $J = 15.5$ Hz, H-7), 6.19 (1H, d, $J = 15.5$ Hz, H-8), 2.28 (3H, s, H₃-10), 1.21 (3H, s, H₃-11), 0.96 (3H, s, H₃-12), 1.19 (3H, s, H₃-13), 4.34 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1'), 3.15 (1H, dd, $J = 7.5, 8.5$ Hz, H-2'), 3.35 (1H, dd, $J = 8.5, 8.5$ Hz, H-3'), 3.28 (1H, dd, $J = 8.5, 9.5$ Hz, H-4'), 3.26 (1H, m, H-5'), [3.65 (1H, dd, $J = 5.0, 12.0$ Hz), 3.86 (1H, br. d, $ca. J = 12$ Hz), H₂-6']; ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD): δ 36.0 (C-1), 45.2 (C-2), 72.8 (C-3), 38.2 (C-4), 68.4 (C-5), 71.1 (C-6), 145.3 (C-7), 133.9 (C-8), 200.2 (C-9), 27.5 (C-10), 29.5 (C-11), 25.5 (C-12), 20.2 (C-13), 103.0 (C-1'), 75.2 (C-2'), 78.2 (C-3'), 71.7 (C-4'), 77.9 (C-5'), 62.8 (C-6')。以上波谱数据与文献[10]报道基本一致, 鉴定该化合物为 icariside B₂。

化合物 8 淡黄色无定形粉末。Q-TOF-ESI-

MS m/z : 324.1087 [M + Na]⁺, 分子式为 C₁₃H₁₉NO₇ (Calcd for C₁₃H₁₉NO₇Na, 324.1054)。¹H NMR (500 MHz, CD₃OD): δ 2.44 (2H, q, $J = 7.5$ Hz, H₂-5), 1.14 (3H, t, $J = 7.5$ Hz, H₃-6), 1.97 (3H, s, H₃-7), 4.91 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-1'), 4.31 (1H, dd, $J = 8.0, 9.5$ Hz, H-2'), 3.36 (1H, m, overlapped, H-3'), 3.35 (1H, m, overlapped, H-4'), 3.35 (1H, m, overlapped, H-5'), [3.62 (1H, dd, $J = 4.5, 12.0$ Hz), 3.84 (1H, br. d, $ca. J = 12$ Hz), H₂-6']; ¹³C NMR (125 MHz, CD₃OD): δ 172.3 (C-1), 143.8 (C-2), 138.5 (C-3), 172.7 (C-4), 17.8 (C-5), 12.8 (C-6), 8.4 (C-7), 81.5 (C-1'), 70.1 (C-2'), 79.3 (C-3'), 71.5 (C-4'), 80.8 (C-5'), 62.9 (C-6')。以上波谱数据与文献[11]报道基本一致, 鉴定该化合物为 2-ethyl-3-methyl-maleimide N- β -D-glucopyranoside。

2 结果和讨论

利用有机溶剂提取、液-液分配、正相、反相硅胶及 Sephadex LH-20 柱色谱和高效液相色谱制备等分离手段, 从芒果叶 70% 乙醇提取物中又分离得到了 8 个化合物。通过光谱分析及与文献相对照的方法, 分别鉴定为 5-(β -D-glucopyranosyloxy)-2-hydroxy benzoic acid methyl ester (**1**)、methyl salicylate glucoside (**2**)、对羟基苯甲酸 (**3**)、nikoenoside (**4**)、(6*R*,9*R*)-3-oxo- α -ionol- β -D-glucopyranoside (**5**)、byzantionoside B (**6**)、icariside B₂ (**7**)、2-ethyl-3-methyl-maleimide N- β -D-glucopyranoside (**8**)。其中, 化合物 **1**、**2**、**4**~**7** 为首次从芒果属中分离得到的化合物, 化合物 **8** 为首次从该种中分离得到的化合物, 且化合物 **1** 的 NMR 数据是首次报道。

化合物 **1**~**4** 为酚酸类化合物, 之前对芒果叶化学成分的研究过程中, 我们也分离报道过该类成分^[1-4], 它们在自然界中广泛存在, 具有多种多样的药理活性, 如抗氧化、抗炎、抗病毒、免疫调节、抗凝血、抗肥胖、抗肿瘤等。芒果叶资源丰富, 与药理学上的研究结果相结合, 提示我们可以将之作为很好的抗多种代谢性疾病的药材进行开发。

参考文献

- [1] Ge D D, Zhang Y, Liu E W, et al. Chemical constituents of

- Mangifera indica* leaves (I) [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2011, 42(3): 428–431.
- 葛丹丹, 张祎, 刘二伟, 等. 芒果叶化学成分研究(I) [J]. 中草药, 2011, 42(3): 428–431.
- [2] Guo L L, Wu C H, Ge D D, et al. Chemical constituents study on the leaves of *Mangifera indica* L. [J]. J Trop Subtrop Bot, 2012, 20(6): 591–595.
- 郭伶俐, 吴春华, 葛丹丹, 等. 芒果叶化学成分研究(II) [J]. 热带亚热带植物学报, 2012, 20(6): 591–595.
- [3] Zhang Y, Qian Q, Ge D D, et al. Identification of benzophenone C-glucosides from mango tree leaves and their inhibitory effect on triglyceride accumulation in 3T3-L1 adipocytes [J]. J Agric Food Chem, 2011, 59(21): 11526–11533.
- [4] Zhang Y, Han L F, Ge D D, et al. Isolation, structural elucidation, MS profiling, and evaluation of triglyceride accumulation inhibitory effects of benzophenone C-glucosides from the leaves of *Mangifera indica* L. [J]. J Agric Food Chem, 2013, 61(8): 1884–1895.
- [5] Morikawa T, Tao J, Ueda K, et al. Medicinal foodstuffs: XXXI. Structures of new aromatic constituents and inhibitors of degranulation in RBL-2H3 cells from a Japanese folk medicine, the stem bark of *Acer nikoense* [J]. Chem Pharm Bull, 2003, 51(1): 62–67.
- [6] Ushiyama M, Furuya T. Glycosylation of phenolic compounds by root culture of *Panax ginseng* [J]. Phytochemistry, 1989, 28(11): 3009–3013.
- [7] Chen Y S, Lin X Y, Zhong L J, et al. Chemical constituents of *Vitex trifolia* L. [J]. Nat Prod Res Dev, 2011, 23(6): 1011–1013,1048.
- 陈永胜, 林小燕, 钟林静, 等. 三叶蔓荆的化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2011, 23(6): 1011–1013,1048.
- [8] Pabst A, Barron D, Sémon E, et al. Two diastereomeric 3-oxo- α -ionol β -D-glucosides from raspberry fruit [J]. Phytochemistry, 1992, 31(5): 1649–1652.
- [9] Matsunami K, Otsuka H, Takeda Y. Structural revisions of blumenol C glucoside and byzantionoside B [J]. Chem Pharm Bull, 2010, 58(3): 438–441.
- [10] Lin S, Zhang Z X, Shen Y H, et al. One new lignan glycoside from whole plants of *Senecio chrysanthemoides* [J]. Chin J Chin Mat Med, 2011, 36(13): 1755–1762.
- 林生, 张中晓, 沈云亨, 等. 菊叶千里光的一个新木脂素苷 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(13): 1755–1762.
- [11] Otsuka H, Yu Q, Matsunami K. Bumaldosides A, B and C from the leaves of *Staphylea bumalda* [J]. Heterocycles, 2010, 80(1): 339–348.