

肉桂叶的化学成分研究



周 蕾¹, 雷 亮², 王红静¹

1. 武汉市第四医院药学部 (武汉 430033)
2. 武汉市第四医院中心实验室 (武汉 430033)

【摘要】目的 对肉桂叶乙醇提取物正丁醇部位进行化学成分研究。方法 肉桂叶经提取萃取浓缩后得到浸膏, 采用硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 柱色谱、半制备 HPLC 等分离方法进行分离纯化, 并通过波谱数据进行结构鉴定。结果 从肉桂叶中共分离鉴定出 6 个化合物, 分别为 cinncassiol D1、vignaticol、(-)-(1R, 2R, 4S, 5R, 8S, 9S)-clovane-2,9,14-triol、(3S, 5R, 6R, 7E, 9S)-megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol 3-O-β-D-glucopyranoside、tachioside、n-butyl-α-D-fructofuranoside。结论 化合物 2~6 均为首次从肉桂植物中分离得到。

【关键词】肉桂; 树叶; 正丁醇部位; 化学成分

【中图分类号】 R284.1

【文献标识码】 A

Study on the chemical constituents in the leaves of *Cinnamomum cassia*

ZHOU Lei¹, LEI Liang², WANG Hongjing¹

1. Department of Pharmacy, WuHan Fourth Hospital, Wuhan 430033, China

2. Central Laboratory, Wuhan Fourth Hospital, Wuhan 430033, China

Corresponding author: WANG Hongjing, Email: whjpayy2017@163.com

【Abstract】Objective To study the chemical constituents of n-butanol fraction from ethanol extract of leaves of *Cinnamomum cassia*. Methods The leaves of *Cinnamomum cassia* were extracted and concentrated to obtain an extract, which was separated and purified using separation techniques such as Silica gel column chromatography, Sephadex LH-20 column chromatography and semi-preparative HPLC. The structures were identified by spectroscopic analysis. Results Six compounds were isolated from the leaves of *Cinnamomum cassia*, and identified as cinncassiol D1, vignaticol, (-)-(1R, 2R, 4S, 5R, 8S, 9S)-clovane-2,9,14-triol, (3S, 5R, 6R, 7E, 9S)-megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol 3-O-β-D-glucopyranoside, tachioside and n-butyl-α-D-fructofuranoside. Conclusion Compounds 2-6 are all isolated from *Cinnamomum cassia* for the first time.

【Keywords】 *Cinnamomum cassia*; Leaves; N-butanol fraction; Chemical constituents

肉桂叶为樟科樟属植物肉桂 *Cinnamomum cassia* Presl. 的干燥树叶。肉桂原产中国, 现多为栽培种, 作为药用植物, 其皮(桂皮)、嫩枝(桂枝)和叶均可入药。据《中国药典(2020

年版)》一部^[1]记载, 桂皮具有补火助阳、引火归元、温通经脉等功效, 用于阳痿宫冷、腰膝冷痛、肾虚作喘、痛经经闭等症。肉桂叶作为民间中药被广泛使用, 临床常以桂龙药膏、

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202411051

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(32000282); 武汉市卫健委中医药科研项目(WZ22Q23和WZ24B81);

武汉市科技局知识创新专项项目(2023020201020549)

通信作者: 王红静, 硕士, 主管药师, Email: whjpayy2017@163.com

肠胃散等用药, 现代药理学研究表明肉桂叶具有免疫调节、抗菌、抗氧化等作用^[2-6]。目前对肉桂的物质基础研究多集中于桂皮, 而肉桂叶研究较少。肉桂叶不仅具有药用价值, 且量大、可再生、廉价易得, 有较大的潜在研究价值。为了进一步阐明肉桂叶的物质基础, 提高肉桂叶资源利用率, 本试验开展了肉桂叶的化学成分研究, 共分离鉴定出 6 个化合物(图 1), 分别为 cinnassiol D1、vignaticol、(-)-(1R, 2R, 4S, 5R, 8S, 9S)-clovane-2,9,14-triol、(3S, 5R, 6R, 7E, 9S)-megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol 3-O-β-D-glucopyranoside、tachioside、n-butyl-α-D-fructofuranoside, 其中化合物 2~6 均为首次从该植物中分离得到。

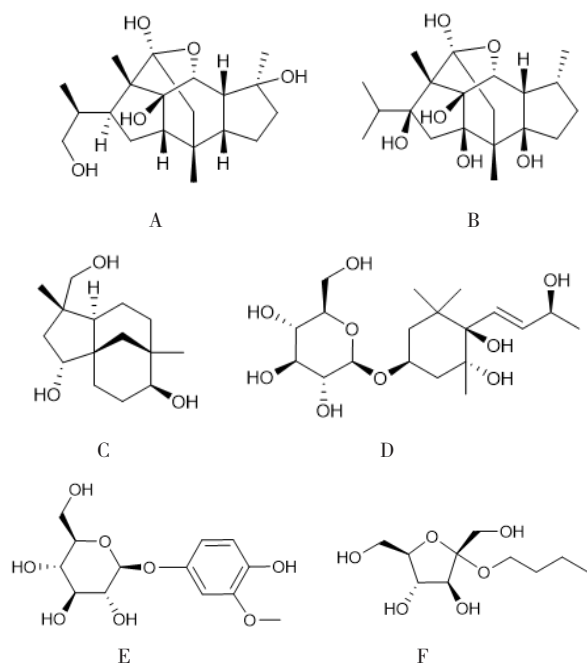


图1 化学结构式

Figure 1. The chemical structures

注: A. cinnassiol D1; B. vignaticol; C. (-)-(1R, 2R, 4S, 5R, 8S, 9S)-clovane-2,9,14-triol; D. (3S, 5R, 6R, 7E, 9S)-megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol 3-O-β-D-glucopyranoside; E. tachioside; F. n-butyl-α-D-fructofuranoside。

1 材料

1.1 主要仪器

Agilent 1100 高效液相半制备色谱仪(美国安捷伦科技有限公司); Bruker AM-400 核磁共振光谱仪(美国布鲁克公司); Finnigan Trace DSQ 四级杆质谱仪(美国赛默飞世尔科技公司); 循环水式真空泵和旋转蒸发器(巩义市予华仪器有限责任公司); ME104 电子天平(龙腾电子有

限公司); Sephadex LH-20 凝胶(美国 Sigma 公司); 柱层析用硅胶(青岛海洋化工厂); 十八烷基(octadecylsilyl, ODS)半制备色谱柱及 ODS 填料(YMC 有限责任公司); 薄层层析硅胶板(青岛海洋化工厂)。

1.2 主要药品与试剂

本试验所用肉桂叶为 2010 年采自云南省曲靖市, 由华中科技大学同济药学院张长弓教授鉴定为樟科樟属植物肉桂 *Cinnamomum cassia* Presl. 的干燥树叶, 标本密封保存于本院中心实验室标本保存中心(标本号: 20101103); 甲醇和乙腈为色谱纯, 其余试剂均为分析纯, 水为娃哈哈纯净水。

2 方法与结果

2.1 提取分离

称取干燥的肉桂叶 5 kg, 粉碎后用 95% 乙醇冷浸提取 3 次, 每次加入乙醇 20 L, 室温浸泡 7 d, 重复提取 3 次^[7], 经抽吸负压过滤、减压浓缩后得到总浸膏(400 g), 然后将总浸膏混悬于 10 L 水中, 按极性递增的顺序, 依次用 15 L 石油醚、氯仿、乙酸乙酯和正丁醇各萃取 4 次, 减压浓缩后得到重量分别为 72、31、28、50 g 的 4 个萃取部位。

本试验选取正丁醇部位(50 g)进行分离, 首先经硅胶柱层析(100~200 目, 1 kg)划段处理, 用二氯甲烷-甲醇进行梯度洗脱(15:1、10:1、8:1、5:1、0:15), 采用 TLC 及硫酸显色指导相似部分合并, 得到 5 个极性段(Fr.1~Fr.5)。Fr.1 和 Fr.5 因量少或极性太大而未作进一步分离。

Fr.2(12 g)经直径 5 cm 的 ODS 层析柱划段, 依次用甲醇含量为 0%、10%、20%、30%、50%、70%、100% 的甲醇水溶液洗脱, 得到 Fr.2.1~Fr.2.5 5 个组分。Fr.2.3 进一步经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱、正向硅胶柱色谱分离, 最后通过半制备 HPLC 纯化得到化合物 1[3 mg, 甲醇:水=45:55, 2 mL/min, 保留时间(retention time, t_R) 48.1 min]和化合物 2(2.1 mg, 甲醇:水=45:55, 2 mL/min, t_R 39.2 min)。

Fr.3 和 Fr.4 同样经 ODS 划段后, 反复交替使用正向硅胶柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱分离, 最终经半制备 HPLC 纯化得到化合物 3(3.6 mg, 甲醇:水=20:80,

2 mL/min, t_R 36.2 min)、化合物 4 (2.6 mg, 甲醇:水=17:83, 2 mL/min, t_R 41.5 min)、化合物 5 (2.6 mg, 甲醇:水=17:83, 2 mL/min, t_R 41.5 min) 和化合物 6 (2.6 mg, 甲醇:水=25:75, 2 mL/min, t_R 36.7 min)。

2.2 结构鉴定

2.2.1 化合物1

无色油状, 分子式为 $C_{20}H_{32}O_5$, 电喷雾电离质谱 (electrospray ionization mass spectrometry, ESI-MS) (m/z): 375.2 $[M+Na]^+$, 通过分子式可知化合物 1 不饱和度为 5。 ^{13}C 核磁共振 (nuclear magnetic resonance imaging, NMR) 和无畸变极化转移技术 (distortionless enhancement by polarization transfer, DEPT) 谱显示共有 20 个碳信号, 包括 4 个甲基信号、4 个亚甲基信号、1 个连氧亚甲基信号、5 个次甲基信号、1 个连氧次甲基信号、2 个季碳信号和 3 个连氧季碳信号。其中碳的化学位移 (δ_c) 108.3 的特征连氧季碳信号, 以及 δ_H 1.67 (1H, d, $J=14$ Hz) 和 δ_H 1.44 (1H, d, $J=14$ Hz) 这一组氢信号, 推测化合物 1 为瑞诺烷型二萜类化合物, 1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据归属如下: 1H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 1.96 (1H, dd, $J=9.1, 6.2$ Hz, H-1), 1.94 (1H, overlap, H-3 α), 1.53 (1H, overlap, H-3 β), 1.88 (1H, overlap, H-4 α), 1.77 (1H, overlap, H-4 β), 2.31 (1H, td, $J=10.5, 3.4$ Hz, H-5), 3.83 (1H, d, $J=1.9$ Hz, H-6), 1.51 (1H, d, $J=6.7$ Hz, H-8), 1.67 (1H, d, $J=14$ Hz, H-10a), 1.44 (1H, d, $J=14$ Hz, H-10b), 1.86 (1H, overlap, H-13), 1.96 (1H, overlap, H-14 α), 1.58 (1H, overlap, H-14 β), 1.33 (3H, s, H-15), 0.92 (3H, s, H-16), 1.14 (3H, s, H-17), 1.78 (1H, m, H-18), 3.86 (1H, dd, $J=11.1, 4.6$ Hz, H-19a), 3.36 (1H, dd, $J=11.1, 7.2$ Hz, H-19b), 1.02 (3H, d, $J=6.7$ Hz, H-20)。 ^{13}C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 51.8 (C-1), 83.7 (C-2), 40.8 (C-3), 25.7 (C-4), 50.0 (C-5), 77.8 (C-6), 89.8 (C-7), 54.7 (C-8), 38.3 (C-9), 41.1 (C-10), 108.3 (C-11), 57.9 (C-12), 45.6 (C-13), 27.5 (C-14), 24.2 (C-15), 28.5 (C-16), 10.3 (C-17), 37.7 (C-18), 66.2 (C-19), 19.3 (C-20)。以上波谱数据与文献报道^[8]基本一致, 鉴定化合物 1 为 cinnassiol

D1。化合物 1 的 ^{13}C NMR 谱图见图 2。

2.2.2 化合物2

无色油状, 分子式为 $C_{20}H_{32}O_6$, ESI-MS (m/z): 391.2 $[M+Na]^+$, 通过分子式可知该化合物不饱和度为 5。 ^{13}C NMR 和 DEPT 谱显示同样有 20 个碳信号, 与化合物 1 的 NMR 数据比对后发现相似度较高, 化合物 2 比化合物 1 多了 1 个甲基信号和 1 个连氧碳信号, 因此推测化合物 2 同样属于瑞诺烷型二萜类化合物, 但相较于化合物 1 羟基取代数量与位置略有不同, 化合物 2 的 1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据归属如下: 1H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 2.19 (1H, m, H-1), 1.96 (1H, m, H-2), 1.63 (2H, m, H-3), 1.97 (1H, m, H-4 α), 1.75 (1H, m, H-4 β), 3.81 (1H, d, $J=1.8$ Hz, H-6), 1.61 (1H, overlap, H-10a), 1.78 (1H, overlap, H-10b), 1.81 (1H, overlap, H-14 α), 1.64 (1H, overlap, H-14 β), 1.10 (3H, d, $J=6.9$ Hz, H-15), 0.97 (3H, s, H-16), 1.27 (3H, s, H-17), 1.95 (1H, m, H-18), 1.00 (3H, d, $J=6.7$ Hz, H-19), 1.06 (3H, d, $J=6.7$ Hz, H-20)。 ^{13}C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 46.7 (C-1), 39.9 (C-2), 30.6 (C-3), 34.3 (C-4), 82.3 (C-5), 77.8 (C-6), 91.4 (C-7), 83.4 (C-8), 43.2 (C-9), 44.3 (C-10), 105.7 (C-11), 62.3 (C-12), 84.8 (C-13), 49.3 (C-14), 13.2 (C-15), 22.4 (C-16), 10.2 (C-17), 35.3 (C-18), 19.1 (C-19), 19.2 (C-20)。以上波谱数据与文献报道^[9]基本一致, 鉴定化合物 2 为 vignaticol。化合物 2 的 ^{13}C NMR 谱图见图 3。

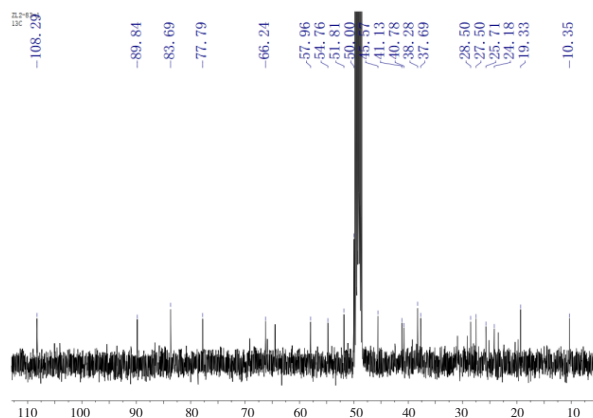
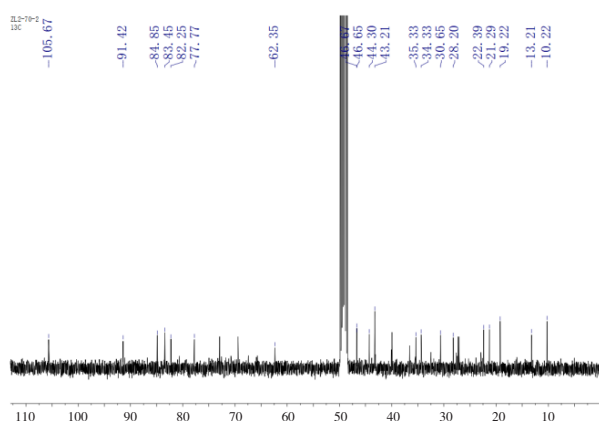


图2 化合物1的 ^{13}C NMR谱图

Figure 2. ^{13}C NMR spectrum of compound 1

图3 化合物2的 ^{13}C NMR谱图Figure 3. ^{13}C NMR spectrum of compound 2

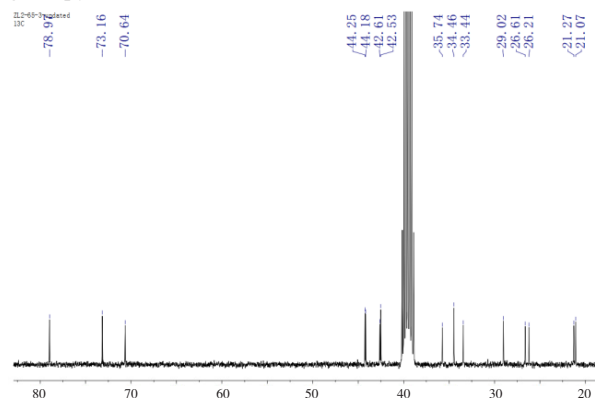
2.2.3 化合物3

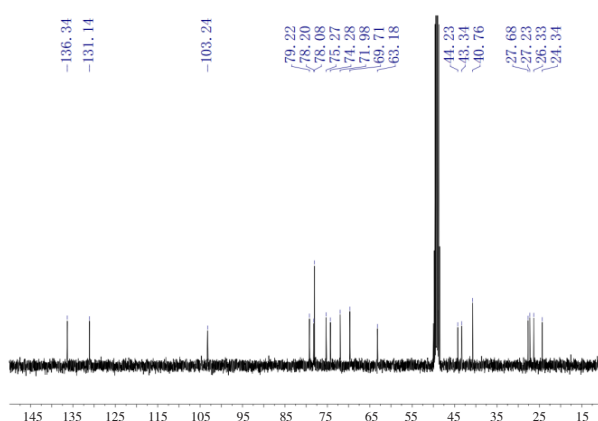
无色油状，分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}_3$ ，ESI-MS (m/z): 277.2 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ，通过分子式可知化合物 3 不饱和度为 3。 ^{13}C NMR 和 DEPT 谱显示共有 15 个碳信号，包括 2 个甲基信号、6 个亚甲基信号、1 个连氧亚甲基信号、1 个次甲基信号、2 个连氧次甲基信号和 3 个季碳信号，NMR 数据显示结构中无不饱和键的存在，推测化合物 3 结构式中含有 3 个环，其 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据归属如下： ^1H NMR (400 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 3.54 (1H, overlap, H-2), 1.49 (1H, overlap, H-3 α), 1.38 (1H, overlap, H-3 β), 1.50 (3H, m, H-5), 1.32 (2H, m, H-6), 1.23 (1H, m, H-7 α), 1.05 (1H, m, H-7 β), 3.09 (1H, overlap, H-9), 1.55 (1H, overlap, H-10 α), 0.92 (1H, m, H-10 β), 1.83 (1H, m, H-11 α), 1.46 (1H, overlap, H-11 β), 1.49 (1H, overlap, H-12a), 0.72 (1H, overlap, H-12b), 0.79 (3H, s, H-13), 3.09 (2H, s, H-14), 0.83 (3H, s, H-15)。 ^{13}C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 44.3 (C-1), 78.9 (C-2), 42.6 (C-3), 42.5 (C-4), 44.2 (C-5), 21.3 (C-6), 33.4 (C-7), 34.5 (C-8), 73.2 (C-9), 26.2 (C-10), 26.6 (C-11), 35.7 (C-12), 21.1 (C-13), 70.6 (C-14), 29.0 (C-15)。以上波谱数据与文献报道^[10]基本一致，鉴定化合物 3 为 (-)-(1R, 2R, 4S, 5R, 8S, 9S)-clovane-2,9,14-triol。化合物 3 的 ^{13}C NMR 谱图见图 4。

2.2.4 化合物4

无色油状，分子式为 $\text{C}_{19}\text{H}_{34}\text{O}_9$ ，ESI-MS (m/z): 429.2 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ，通过分子式可知化合物 4 不饱和度为 3。 ^{13}C NMR 和 DEPT 谱显示共有 19 个

碳信号， ^{13}C NMR 谱图中 δ_{C} 63.2 的连氧亚甲基信号，以及 ^1H NMR 中 δ_{H} 在 3.14~3.35 ppm 的重叠峰可推断化合物 4 中含有 1 个葡萄糖单元，而 δ_{C} 131.1 和 δ_{C} 136.3 表明存在 1 个碳碳双键，结合 ^{13}C NMR 和 DEPT 谱中 4 个甲基信号的出现，确定该结构中还有 1 个六元环的存在，推测化合物 4 为连有 1 个葡萄糖的 megastigmane 型倍半萜类化合物，其 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据归属如下： ^1H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 1.59 (1H, ddd, $J=12.0, 4.6, 2.0$ Hz, H-2 α), 1.68 (1H, t, $J=12.0$ Hz, H-2 β), 4.15 (1H, m, H-3), 1.85 (1H, dd, $J=13.1, 12.0$ Hz, H-4 α), 1.95 (1H, ddd, $J=13.1, 4.2, 2.0$ Hz, H-4 β), 6.05 (1H, dd, $J=15.8, 1.0$ Hz, H-7), 5.79 (1H, dd, $J=15.8, 6.3$ Hz, H-8), 4.36 (1H, m, H-9), 1.27 (3H, d, $J=6.4$ Hz, H-10), 1.14 (3H, s, H-11), 1.20 (3H, s, H-12), 0.85 (3H, s, H-13), 4.36 (1H, d, $J=7.8$ Hz, H-1'), 3.14 (1H, dd, $J=8.3, 8.0$ Hz, H-2'), 3.35 (1H, overlap, H-3'), 3.26 (1H, overlap, H-4'), 3.28 (1H, overlap, H-5'), 3.88 (1H, dd, $J=11.8, 1.9$ Hz, H-6' a), 3.65 (1H, dd, $J=11.8, 5.9$ Hz, H-6' b)。 ^{13}C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 40.8 (C-1), 44.2 (C-2), 74.3 (C-3), 43.3 (C-4), 78.2 (C-5), 79.2 (C-6), 131.1 (C-7), 136.3 (C-8), 69.7 (C-9), 24.3 (C-10), 27.7 (C-11), 26.3 (C-12), 27.2 (C-13), 103.2 (C-1'), 75.3 (C-2'), 78.2 (C-3'), 72.0 (C-4'), 78.1 (C-5'), 63.2 (C-6')。以上波谱数据与文献报道^[11]基本一致，鉴定化合物 4 为 (3S, 5R, 6R, 7E, 9S)-megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol 3-O- β -D-glucopyranoside。化合物 4 的 ^{13}C NMR 谱图见图 5。

图4 化合物3的 ^{13}C NMR谱图Figure 4. ^{13}C NMR spectrum of compound 3

图5 化合物4的¹³C NMR谱图Figure 5. ¹³C NMR spectrum of compound 4

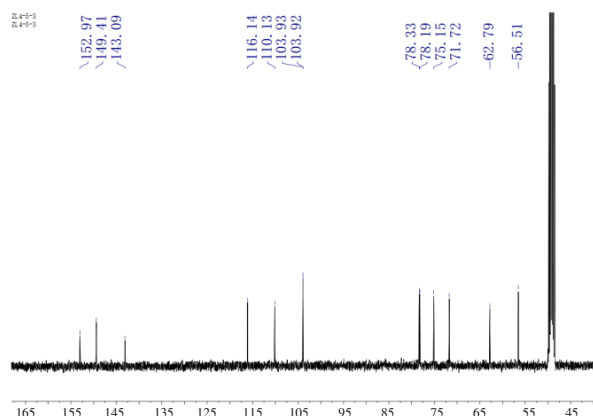
2.2.5 化合物5

黄色油状，分子式为 $C_{13}H_{18}O_8$ ，ESI-MS (m/z): 325.1 $[M+Na]^+$ ，通过分子式可知化合物 5 的不饱和度为 5。¹³C NMR 和 DEPT 谱显示共有 13 个碳信号，包括与化合物 4 相同的 6 个葡萄糖碳信号、1 个苯环信号和 1 个连氧甲基信号。化合物 5 的 ¹H NMR 数据显示低场区有 3 个氢信号 (δ_H 6.80, 1H, d, $J=2.6$ Hz; δ_H 6.58, 1H, dd, $J=8.6, 2.6$ Hz; δ_H 6.69, 1H, d, $J=8.6$ Hz)，为苯环中典型的 ABC 三旋系统质子信号，推测化合物 5 中的苯环为 1、2、4 取代，其 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据归属如下：¹H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 6.80 (1H, d, $J=2.6$ Hz, H-3), 6.58 (1H, dd, $J=8.6, 2.6$ Hz, H-5), 6.69 (1H, d, $J=8.6$ Hz, H-6), 3.83 (3H, s, H-7), 4.74 (1H, d, $J=7.8$ Hz, H-1'), 3.34 (1H, overlap, H-2'), 3.43 (1H, overlap, H-3'), 3.36 (1H, overlap, H-4'), 3.40 (1H, overlap, H-5'), 3.89 (1H, dd, $J=12.0, 2.0$ Hz, H-6' a), 3.68 (1H, dd, $J=12.0, 5.5$ Hz, H-6' b)。¹³C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 143.1 (C-1), 149.4 (C-2), 103.9 (C-3), 153.0 (C-4), 110.1 (C-5), 116.1 (C-6), 56.5 (C-7), 103.9 (C-1'), 75.3 (C-2'), 78.2 (C-3'), 72.0 (C-4'), 78.1 (C-5'), 63.2 (C-6')。以上波谱数据与文献报道^[12]基本一致，鉴定化合物 5 为 tachioside。化合物 5 的 ¹³C NMR 谱图见图 6。

2.2.6 化合物6

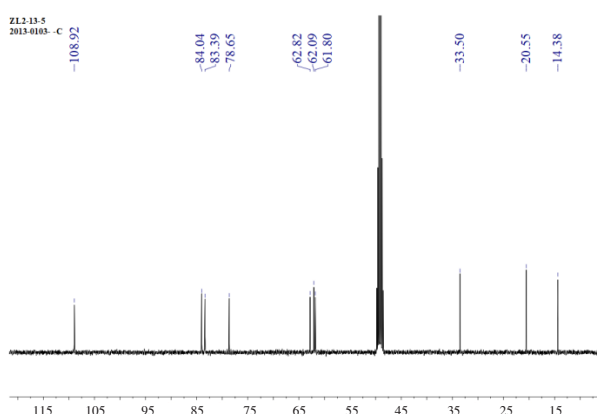
无色油状，分子式为 $C_{10}H_{20}O_6$ ，ESI-MS (m/z): 259.1 $[M+Na]^+$ ，通过分子式可知化合物 6 不饱和

度为 1。¹³C NMR 和 DEPT 谱显示化合物 6 共有 10 个碳，包括 1 个甲基、3 个亚甲基、2 个连氧亚甲基、3 个连氧次甲基和 1 个连氧季碳。 δ_C 108.9 的季碳信号与 δ_C 62.8 的亚甲基信号，结合 ¹H NMR 中两组氢信号 (δ_H 3.74, 1H, dd, $J=11.9, 2.8$ Hz; δ_H 3.64, 1H, dd, $J=11.9, 4.8$ Hz) 和 (δ_H 3.60, 1H, d, $J=11.9$ Hz; δ_H 3.70, 1H, d, $J=11.9$ Hz)，推测化合物 6 的结构中含有 1 个果糖单元，化合物 6 为果糖苷类化合物，其 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据归属如下：¹H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 3.60 (2H, m, H-1), 1.54 (2H, m, H-2), 1.40 (2H, m, H-3), 0.94 (3H, t, $J=7.3$ Hz, H-4), 3.60 (1H, d, $J=11.9$ Hz, H-1a'), 3.70 (1H, d, $J=11.9$ Hz, H-1b'), 4.05 (1H, d, $J=4.9$ Hz, H-3'), 3.90 (1H, dd, $J=7.1, 4.9$ Hz, H-4'), 3.84 (1H, ddd, $J=7.1, 4.8, 2.8$ Hz, H-5'), 3.74 (1H, dd, $J=11.9, 2.8$ Hz, H-6a'), 3.64 (1H, dd, $J=11.9, 4.8$ Hz, H-6b')。¹³C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 62.1 (C-1), 33.5 (C-2), 20.5 (C-3), 14.4 (C-4), 61.8 (C-1'), 108.9 (C-2'), 83.4 (C-3'), 78.6 (C-4'), 84.0 (C-5'), 62.8 (C-6')。以上波谱数据与文献报道^[13]基本一致，鉴定化合物 6 为 *n*-Butyl- α -D-fructofuranoside。化合物 6 的 ¹³C NMR 谱图见图 7。

图6 化合物5的¹³C NMR谱图Figure 6. ¹³C NMR spectrum of compound 5

3 讨论

本试验对肉桂叶正丁醇萃取部位进行提取分离，利用各种色谱波谱方法共分离并鉴定得到 6 个化合物，其中化合物 2~6 均为首次从肉桂植物中分离得到。化合物 1 和 2 为瑞诺烷型二萜，因此类化合物多于肉桂植物中所发现，而被视为肉

图7 化合物6的¹³C NMR谱图Figure 7. ¹³C NMR spectrum of compound 6

桂的特征成分，曾在肉桂的皮、叶等部位多次发现^[14-15]。该类化合物具有抗炎、抗补体、免疫调节和昆虫拒食等活性，而研究表明化合物1和2分别具有抗补体活性以及对斜纹夜蛾的拒食活性^[16-17]。化合物3和4为倍半萜类化合物，倍半萜类化合物是肉桂挥发油的常见成分，肉桂皮中也多有报道^[18]，该类化合物具有抗肿瘤、抗病毒、抗神经毒性、保护肝脏、降血糖等多种活性^[19]，化合物4具有一定的抗肿瘤活性^[20]。化合物5和6为小分子化合物酚苷和果糖苷。酚苷即苯酚类物质中的酚羟基与糖的端基碳原子缩合形成的苷，天麻素是代表性的酚苷类化合物，具有神经保护、调节糖脂代谢、抗炎镇痛等多种药理活性^[21]。

据报道，肉桂皮同样具有抗炎、抗补体、抗肿瘤、降血糖等多种药效活性^[22]。因此，结合本研究可知肉桂叶和肉桂皮所含成分以及药理作用均具有相似性。因肉桂叶具有量大、可再生的优点，研究者可加大对肉桂叶的化学成分及药效研究，以促进肉桂叶及肉桂植物资源的充分有效开发。另外，本研究分离所得化合物丰富了肉桂叶的化学物质基础，为肉桂叶的药效物质基础研究提供了参考依据。

参考文献

- 1 中国药典 2020 年版. 一部 [S]. 2020: 91-92.
- 2 张箬晦, 童永清, 黄广智, 等. 肉桂叶化学成分及药理作用研究进展 [J]. 广州化工, 2019, 47(1): 20-22. [Zhang ZM, Tong YQ, Huang GZ, et al. Research progress on chemical components and pharmacological activities of *Cinnamomum cassia* leaves[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2019, 47(1): 20-22.] DOI: 10.3969/j.issn.1001-9677.2019.01.010.
- 3 曾俊芬, 朱虎成, 周忠泉. 肉桂皮及叶中木脂素类化学成分的研究 [J]. 中国药师, 2017, 20(5): 781-784. [Zeng JF, Zhu HC, Zhou ZQ. Study on the lignans from barks and leaves of *Cinnamomum cassia*[J]. China Pharmacist, 2017, 20(5): 781-784.] DOI: 10.3969/j.issn.1008-049X.2017.05.002.
- 4 Zhou L, Tuo Y, Hao Y, et al. Cinnanomols A and B, immunostimulative diterpenoids with a new carbon skeleton from the leaves of *Cinnamomum cassia*[J]. Org Lett, 2017, 19(11): 3029-3032. DOI: 10.1021/acs.orglett.7b01323.
- 5 Zhou L, Zheng G, Li H, et al. Highly oxygenated isoryanodane diterpenoids from the leaves of *Cinnamomum cassia* and their immunomodulatory activities[J]. Phytochemistry, 2022, 196: 113077. DOI: 10.1016/j.phytochem.2021.113077.
- 6 Zhou L, Zheng GJ, Jin PF, et al. A new megastimane sesquiterpenoid from the leaves of *Cinnamomum cassia*[J]. J Asian Nat Prod Res, 2022, 24(9): 877-883. DOI: 10.1080/10286020.2021.1981872.
- 7 Shu PH, Wei XL, Xue YB, et al. Wilsonols A-L, megastigmane sesquiterpenoids from the leaves of *Cinnamomum wilsonii*[J]. J Nat Prod, 2013, 76(7): 1303-1312. DOI: 10.1021/np4002493.
- 8 Nohara T, Kashiwada Y, Murakami K, et al. Constituents of *Cinnamomi cortex*. V. structures of five novel diterpenes, cinnacassiols D1, D1 glucoside, D2, D2 glucoside and D3[J]. Chem & Pharm Bull, 1981, 29(9): 2451-2459. DOI: 10.1248/cpb.29.2451.
- 9 Fraga BM, González-Coloma A, Gutiérrez C, et al. Insect antifeedant isoryanodane diterpenes from *Persea indica*[J]. J Nat Prod, 1997, 60(9): 880-883. DOI: 10.1021/np970167e.
- 10 Dong LP, Liu HY, Ni W, et al. Four new compounds from the leaves of *Acer truncatum*[J]. Chem Biodivers, 2006, 3(7): 791-798. DOI: 10.1002/cbdv.200690081.
- 11 Otsuka H, Hirata E, Shinzato T, et al. Stereochemistry of megastigmane glucosides from *Glochidion zeylanicum* and *Alangium premnifolium*[J]. Phytochemistry, 2003, 62(5): 763-768. DOI: 10.1016/S0031-9422(02)00614-3.
- 12 Jiang HB, Shao SY, Wei YZ, et al. Phenolic glycosides and indole alkaloids isolated from the roots and rhizomes of *Clematis chinensis* and their anti-inflammatory activity[J]. Phytochemistry, 2023, 215: 113832. DOI: 10.1016/j.phytochem.2023.113832.
- 13 Liu Y, Wu DD, Luo YM, et al. New sesquiterpenoid and aliphatic glycoside from the roots of *Datura*[J]. Phytochem Lett, 2022, 50: 15-20. DOI: 10.1016/j.phytol.2022.04.008.
- 14 Zeng J, Xue Y, Shu P, et al. Diterpenoids with immunosuppressive activities from *Cinnamomum cassia*[J]. J Nat Prod, 2014, 77(8): 1948-1954. DOI: 10.1021/np500465g.
- 15 Zhou H, Guoruolu Y, Tuo Y, et al. Cassiabudanol A and B, immunostimulative diterpenoids with a cassiabudane carbon skeleton featuring a 3-oxatetracyclo [6.6.1.0^(2,6).0^(10,14)] pentadecane scaffold from *Cassia buds*[J]. Org Lett, 2019, 21(2): 549-553. DOI: 10.1021/acs.orglett.8b03883.
- 16 Zhang C, Fan L, Fan S, et al. *Cinnamomum cassia* presl: a review of its traditional uses, phytochemistry, pharmacology and

- toxicology[J]. *Molecules*, 2019, 24(19): 3473. DOI: [10.3390/molecules24193473](https://doi.org/10.3390/molecules24193473).
- 17 Liu ST, Yang L, Zheng SW, et al. A review: the botany, ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacology of *Cinnamomi cortex*[J]. *RSC Advances*, 2021, 11: 27461–27497. DOI: [10.1039/d1ra04965h](https://doi.org/10.1039/d1ra04965h).
- 18 Rao Z, Xu F, Wen T, et al. Protective effects of essential oils from *Rimulus cinnamon* on endotoxin poisoning mice[J]. *Biomed Pharmacother*, 2018, 101: 304. DOI: [10.1016/j.biopha.2018.02.092](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.02.092).
- 19 李富欣, 孙丹丹. 倍半萜类化合物生物活性研究进展 [J]. *河南中医*, 2024, 44(5): 797–803. [Li FX, Sun DD. Research progress of biological activity of sesquiterpene compounds[J]. *Henan Traditional Chinese Medicine*, 2024, 44(5): 797–803.] DOI: [10.16367/j.issn.1003-5028.2024.05.0147](https://doi.org/10.16367/j.issn.1003-5028.2024.05.0147).
- 20 Lee IK, Kim KH, Lee SY, et al. Three new megastigmane glucopyranosides from the *Cardamine komarovii*[J]. *Chem Pharm Bull*, 2011, 59(6): 773–777. DOI: [10.1248/cpb.59.773](https://doi.org/10.1248/cpb.59.773).
- 21 卢闵, 饶佳丽, 郭瑜婕, 等. 天麻素药理活性及新制剂的研究进展 [J]. *药品评价*, 2023, 20(8): 916–920. [Lu M, Rao JL, Guo YJ, et al. Research progress on pharmacological activity and new preparation of gastrodin[J]. *Drug Evaluation*, 2023, 20(8): 916–920.] DOI: [10.19939/j.cnki.1672-2809.2023.08.02](https://doi.org/10.19939/j.cnki.1672-2809.2023.08.02).
- 22 赵凯, 薛培凤, 屠鹏飞. 肉桂的化学成分及其生物活性研究进展 [J]. *内蒙古医科大学学报*, 2013, 35(1): 63–74. [Zhao K, Xue PF, Tu PF. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Cinnamomum cassia*[J]. *Journal of Inner Mongolia Medical University*, 2013, 35(1): 63–74.] DOI: [10.3969/j.issn.1004-2113.2013.01.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-2113.2013.01.013).

收稿日期: 2024 年 11 月 14 日 修回日期: 2025 年 02 月 13 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳