

# 油橄榄叶化学成分研究

董浩浩, 沈彤\*

兰州交通大学化学化工学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2026年5月6日; 录用日期: 2026年6月22日; 发布日期: 2026年6月30日

## 摘要

油橄榄(*Olea europaea* L.)是木犀科(Oleaceae)木犀榄属(*Olea*)的一种常绿植物, 兼具经济和医药价值。该树种适宜地中海气候生长, 在我国主要分布于甘肃陇南、四川西昌、云南等具有类地中海气候的地区, 是我国甘肃陇南地区的特色经济林木。目前油橄榄种植规模不断扩大, 但生产环节中副产物资源化利用程度较低, 大量叶片、果实被废弃, 造成资源浪费与生态压力。已有研究表明, 油橄榄叶乙醇提取物具有降血压、降血糖、抗炎抗菌、抗氧化、神经保护及心血管保护等多种药理活性。基于此, 本文选取陇南油橄榄叶, 以期从中分离鉴定出具有生物活性的天然产物。本文以甘肃陇南产油橄榄叶为原料, 采用95%的乙醇浸泡提取, 经石油醚、乙酸乙酯、正丁醇分级萃取。采用大孔树脂富集, 硅胶柱层析、凝胶柱层析、制备高效液相色谱等分离手段, 通过核磁共振现代波谱技术共得到6个单体化合物: 3个黄酮类化合物、2个裂环烯醚萜类化合物、1个苯丙素类化合物。

## 关键词

油橄榄叶, 分离纯化, 结构鉴定, 天然产物

# Studies on the Chemical Constituents of Olive Leaves

Haohao Dong, Tong Shen\*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou Gansu

Received: May 6, 2026; accepted: June 22, 2026; published: June 30, 2026

## Abstract

*Olea europaea* L. is an evergreen species of the genus *Olea* (Oleaceae) with significant economic and medicinal values. Thriving in Mediterranean-like climates, it is mainly distributed in Longnan (Gansu), Xichang (Sichuan), and Yunnan, and serves as a distinctive economic tree in Longnan,

\*通讯作者。

Gansu. With the expanding cultivation scale, the low utilization of by-products has led to massive discarding of leaves and fruits, causing resource waste and ecological pressure. Existing studies indicate that the ethanol extract of olive leaves possesses antihypertensive, hypoglycemic, anti-inflammatory, antibacterial, antioxidant, neuroprotective, and cardiovascular-protective activities. Accordingly, this study aimed to isolate and identify bioactive natural products from olive leaves of Longnan. Briefly, leaves of *O. europaea* from Longnan were extracted with 95% ethanol, followed by successive fractionation with petroleum ether, ethyl acetate, and n-butanol. After enrichment by macroporous resin, the extract was separated via silica gel column chromatography, gel column chromatography, and preparative HPLC. A total of 6 monomeric compounds were identified using NMR and IR spectroscopy, including 3 flavonoids, 2 secoiridoids, and 1 phenylpropanoid.

## Keywords

Olive Leaves, Isolation and Purification, Structure Identification, Natural Products

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

油橄榄(*Olea europaea* L.)是被子植物门、双子叶植物纲、唇形目(Lamiales)、木犀科(Oleaceae)、木犀榄属(*Olea* L.)的常绿乔木。Oleaceae 植物有 28 个属、600 多种木本植物, 主要分布于全球的热带和温带地区, 在我国主要分布在西南地区(如四川、云南、重庆)和甘肃陇南地区。常见的木犀科植物主要有茉莉、丁香、白蜡树、连翘等。*Olea* L.大概有 30 多个种, 其中油橄榄是最重要的经济个种, 被广泛种植用于食用和橄榄油的生产, 表 1 [1] [2]。

**Table 1.** Names of some *Olea* species

**表 1.** 部分木犀榄属植物名称

名称	拉丁名
橄榄	<i>Olea europaea</i>
野橄榄	<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>
沙漠橄榄	<i>Olea europaea</i> var. <i>cuspidata</i>
矮橄榄	<i>Olea europaea</i> var. <i>laciniata</i>
水橄榄	<i>Olea aquatica</i>
毛橄榄	<i>Olea canariensis</i>
库尔特橄榄	<i>Olea kurziana</i>
印度橄榄	<i>Olea ferruginea</i>
小叶橄榄	<i>Olea parvifolia</i>
巴尔橄榄	<i>Olea balcanica</i>
马尔代夫橄榄	<i>Olea maderaspatana</i>
阿尔及利亚橄榄	<i>Olea europaea</i> var. <i>algeriensis</i>
塞浦路斯橄榄	<i>Olea europaea</i> var. <i>cypria</i>

续表

红花木犀榄	<i>Olea rosea</i>
狭叶木犀榄	<i>Olea neriifolia</i>
非洲木犀榄	<i>Olea europaea subsp.africana</i>
海南木犀榄	<i>Olea hainanensis</i>
腺叶木犀榄	<i>Olea glandulifera</i>
方枝木犀榄	<i>Olea tetragonoclada</i>

### 1.1. 木犀榄属植物化学成分概况

在传统的天然产物研究中,对木犀榄属植物的研究主要集中在木犀榄的研究,尤其是对油橄榄的研究。经过多年的研究,从木犀榄中分离出的化合物层出不穷,但主要集中在环烯醚萜类(secoiridoid)、黄酮类(flavone)、酚类(phenols)、三萜类(triterpenoids)。除此之外,还有其他化合物,如木质素类 lignans、香豆素 coumarins、糖类 saccharide 等化合物。在分离得到的化合物中萜类和黄酮类化合物含量占比较大[3]。

#### 1.1.1. 黄酮类化合物

黄酮(flavonoids)属于植物体内的多酚类物质,在植物酚类化合物中占据核心地位。黄酮拥有固定特征结构,具体为 C6-C3-C6 骨架,结构包括两个苯环和一个含氧杂环,黄酮可分为多个不同亚类,包括黄酮、黄酮醇、黄烷酮、黄烷醇也就是儿茶素、花色素、异黄酮。不同亚类之间的区别,主要来自含氧杂环的氧化程度、C-2 与 C-3 的双键结构、苯环取代方式。而自然界存在的天然黄酮,大多会发生糖基化反应,反应类型分为 O-糖苷和 C-糖苷两类,结构发生转变后,黄酮自身的溶解度稳定性、体内代谢过程都会受到影响,不同植物的不同部位分离得到的黄酮亦存在差异[4]。

在木犀榄属植物中,黄酮及其糖苷是构成木犀榄属植物多酚体系的重要组成部分。以油橄榄为例,科研工作者利用硅胶柱层析、TLC 并结合 UV、核磁(<sup>1</sup>H-NMR、<sup>13</sup>C-NMR)、HPLC 等现代分离手段,分离鉴定了众多活性良好的黄酮类化合物。具有代表性的化合物如橙皮苷(hesperidin)、芦丁(rutin)、木犀草素-7-O-葡萄糖苷(luteolin-7-O-glucoside)、芹菜素(apigenin)、芹菜素-7-O-葡萄糖苷(apigenin-7-O-glucoside)、槲皮素(querctin)与山奈酚(kaempferol)等化合物,这些工作充分证明黄酮在木犀榄属植物中分布十分广泛,尤其在其叶部的分布[5]。这些黄酮类成分是木犀榄属植物发挥抗氧化、抗炎等生物活性的主要活性成分。木犀榄属植物中部分黄酮类化合物的名称见表 2。

**Table 2.** Flavonoids in some *Olea* species

**表 2.** 部分木犀榄属植物中黄酮类化合物

名称	参考文献
Hesperidin	[4]
Rutin(Quercetin-3-O-rutinoside)	[2]
Luteolin-7-O-glucoside	[2]
Apigenin	[4]
Apigenin-7-O-glucoside	[4]
Quercetin	[4]
Kaempferol	[4]
Luteolin	[5] [6]

续表

Luteolin-7- <i>O</i> -glucuronide	[6]
Luteolin-7- <i>O</i> -rutinoside	[2]
Apigenin-7- <i>O</i> -rutinoside	[2]
uercetin-7- <i>O</i> -glucoside	[2]
Quercetin-3- <i>O</i> -rhamnoside	[2]
Vicenin-2	[2]
Chrysoeriol	[2]
Chrysoeriol-7- <i>O</i> -glucoside	[2]
Diosmetin	[7]
Cyanidin-3- <i>O</i> -rutinoside	[8]
Cyanidin-3- <i>O</i> -glucoside	[8]

### 1.1.2. 裂环烯醚萜类化合物

裂环烯醚萜(secoiridoids)是环烯醚萜的骨架发生断裂、开环后重组的衍生物。环烯醚萜骨架中的环戊烷部分在 C-7 和 C-8 位发生断裂, 形成开环结构后即为裂环烯醚萜, 其核心结构是具有半缩醛的结构特征, 并且经常在 C-1 位与葡萄糖形成苷类结构。因为其大多带糖基的原因, 故其化学性质十分活泼, 容易发生水解、氧化及酯化等转化。因此, 在分离纯化过程中应该重点关注分离条件的控制。尤其是 pH、溶剂体系、温度、分离时间的控制, 这些因素容易对其结构的稳定性产生较大影响。裂环烯醚萜类化合物的主要来源是龙胆科(*Gentianaceae*) [5]和木犀科(*Oleaceae*)植物。已有相当量的研究表明, 木犀科多个属植物(如木犀榄属 *Olea* L.、茉莉属 *Jasminum*、女贞属 *Ligustrum*、连翘属 *Forsythia* 等)都可分离出裂环烯醚萜类化合物。因此, 在研究裂环烯醚萜时, 常常选取木犀榄属植物, 并且把裂环烯醚萜类化合物作为木犀榄属植物的标记物之一。其中最具有代表性的化合物为橄榄苦苷(oleuropein, Ole) [6]。木犀榄属植物中部分裂环烯醚萜类化合物见表 3。

**Table 3.** Some secoiridoid compounds in plants of the genus *Olea*

**表 3.** 木犀榄属植物中部分裂环烯醚萜类化合物

名称	参考文献
Oleuropein	[9]
Oleosidedimethylester	[10]
Secologanoside	[10]
6'- <i>O</i> -[(2E)-2,6-dimethyl-8-hydroxy-2-octenoyloxy]-secologanoside	[10]
Ligstroside	[11]
Oleacein	[8]
Oleocanthal	[7]
Oleocanthalicacid	[7]
Elenolicacid	[12]

续表

Oleuropeinaglycone	[8]
3,4-DHPEA-EDA	[2]

## 1.2. 小结

木犀榄属(*Olea*)植物化学成分丰富多样,以裂环烯醚萜类、黄酮类、木脂素类、五环三萜类为特征次生代谢产物,同时含有酚酸、苯乙醇苷、植物甾醇、挥发油等多种成分。其中,橄榄苦苷是裂环烯醚萜类的核心标记物;黄酮类以黄酮醇及其苷类为主;五环三萜类则以齐墩果烷型、熊果烷型、羽扇豆烷型的三萜酸与二醇类为代表,这些次生代谢产物在油橄榄叶、果中含量较高。油橄榄作为该属经济价值最高的物种,叶片富集上述活性成分,是天然产物分离的优质原料,但其叶片副产物的资源化利用与深度开发仍明显不足。

## 2. 化学成分分析

油橄榄(*Olea europaea* L.)为木犀科(*Oleaceae*)木犀榄属(*Olea* L.)常绿小乔木,具有悠久的栽培历史和经济实用价值。通过不断的研究,油橄榄整株有很大的利用价值,他们的叶、果、枝等不同部位中还存在大量的裂环烯醚萜、多酚、黄酮、三萜及简单酚类等多种活性天然成分,这使得油橄榄在天然产物、保健食品和药物开发等领域十分热门。在木犀榄属植物研究系统中,油橄榄是其中研究最多最成熟的代表亚种之一,也是分离纯化单体化合物与活性测试的重要对象[13]。

外观观测可发现,油橄榄树体呈绿色,枝条向外延伸生长,树冠整体轮廓接近圆形,叶片有绿色、灰绿色两类,形态偏椭圆或针状,黄白色小花多生长在树枝腋部。油橄榄结出的核果,外形接近卵圆形球体,果实逐步成熟过程中,表皮颜色从绿色转为紫红色,这些特征契合地中海原生植物的特点,和油橄榄长期适应生存环境形成的生态习性关联紧密[14]。

为了改进油橄榄叶提取物化学成分分离纯化的条件,本篇论文选取来自甘肃陇南的油橄榄叶进行提取分离,对得到的纯单体化合物的活性做了简单测试。

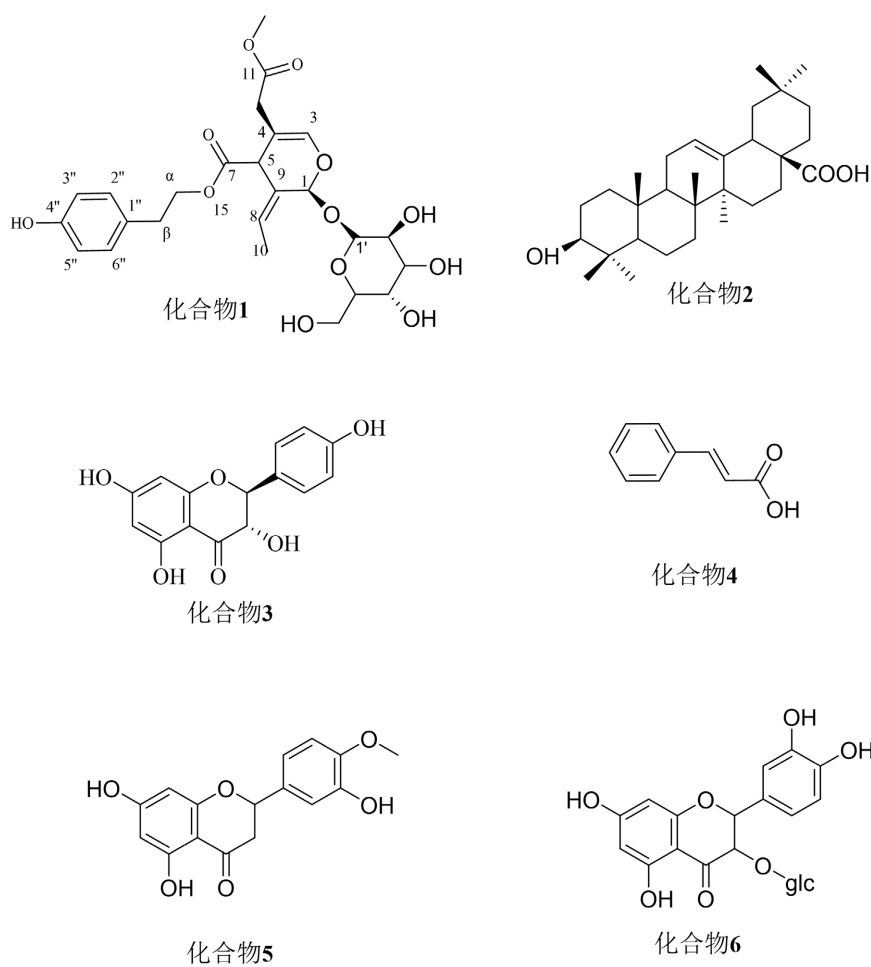
### 2.1. 化合物结构鉴定

本文将来自甘肃陇南的油橄榄叶在95%乙醇中浸泡,得到提取物,利用硅胶柱层析,HR-ESI-MS、<sup>1</sup>H-NMR、<sup>13</sup>C-NMR等诸多波谱手段[15]对其进行化学成分的分离鉴定,一共得到6个化合物,这些化合物主要为五环三萜类,裂环烯醚萜。其中3、5、6为黄酮,1、2为裂环烯醚萜、4为苯丙素化合物,化合物名称见表4,化合物结构见图1。

**Table 4.** Structures of compounds 1~6

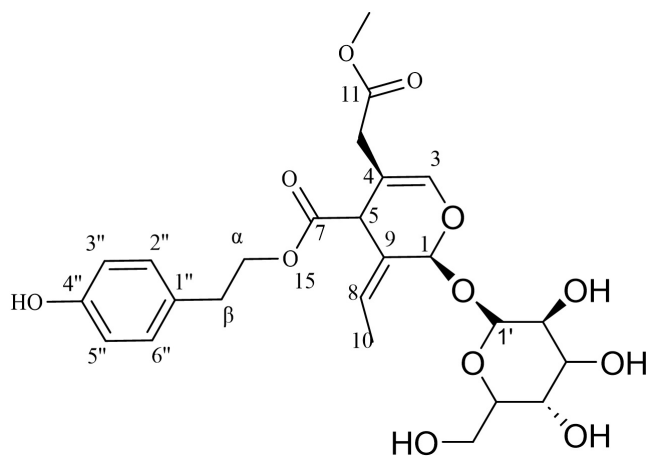
**表 4.** 化合物 1~6 结构

序号	名称	结构类型
1	isolignstroside	裂环烯醚萜
2	secoiridoid oleuropein	裂环烯醚萜
3	dihydrokaempferol	黄酮
4	cinnamic acid	苯丙素
5	diosmetin	黄酮
6	quercetin-4"-methoxy-O-β-D-glucopyranoside	黄酮类



**Figure 1.** Structures of compounds 1~6  
**图 1.** 化合物 1~6 结构

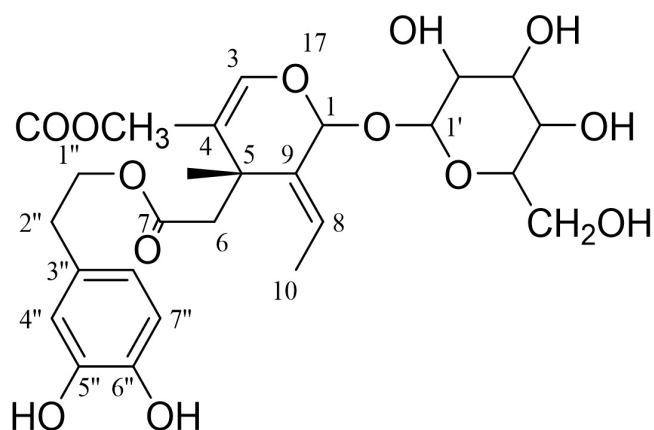
化合物 1: isolignstroside



化合物 1 为白色粉末, 用 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -EtOH 显色剂喷雾后加热能观测到紫红色斑点, 恢复至室温后

变为棕色斑点, 推测该物质可能为苯乙醇苷类化合物。在  $^1\text{H-NMR}$  中位于  $\delta_{\text{H}}$  7.05~7.03、6.73~6.70 区间的信号, 是芳香区的特征质子信号, 提示化合物 **1** 具有芳香性且存在一组 ABX 型芳香质子自旋结构, 该信号分别归属于苯乙醇部分芳环上的 H-2"、H-5"和 H-6", 由此可以确认该芳环为 1",3",4"-三取代结构。另外  $\delta_{\text{H}}$  7.51 处能看到 1 个单峰质子 H-3 的吸收峰。 $\delta_{\text{H}}$  5.92-5.91 处的信号为双键质子信号(H-8);  $\delta_{\text{H}}$  6.08~6.07 处是连糖苷的碳上质子信号(H-1)。这两处信号是苯乙醇苷骨架特征质子信号。 $\delta_{\text{H}}$  4.87~4.80 的信号是糖基端基质子信号(H-1'), 提示化合物中含有一个葡萄糖基。另外在  $\delta_{\text{H}}$  4.24-4.08 可见连氧质子信号;  $\delta_{\text{H}}$  3.71-3.66 位置可见甲氧基质子信号;  $\delta_{\text{H}}$  1.65 附近可见甲基质子信号。由此可以确认该化合物 **2** 是苯乙醇苷类化合物。在  $^{13}\text{C-NMR}$  谱内, 于  $\delta_{\text{C}}$  173.2 和 168.6 处能观察到两个羰基碳信号(C-7 和 C-11)。 $\delta_{\text{C}}$  157.2 和 155.1 的两个信号归属于与氧相连的  $\text{sp}^2$  杂化碳, 提示结构中可能存在含氧芳香环或含氧烯醚片段。谱图还可观测到一处糖基端基碳信号: 位于  $\delta_{\text{C}}$  100.8, 对应 C-1'; 还有一处半缩醛碳信号位于  $\delta_{\text{C}}$  95.1, 对应 C-1。 $\delta_{\text{C}}$  66.9 处的信号为连氧碳 C-8"信号,  $\delta_{\text{C}}$  51.9 对应甲氧基碳信号。由上述核磁数据可判断化合物 **1** 属于苯乙醇型裂环烯醚萜葡萄糖苷类成分, 对照文献[16]报道的数据进行比对, 二者谱图一致, 因此确定化合物 **1** 为 *isolignstroside*。

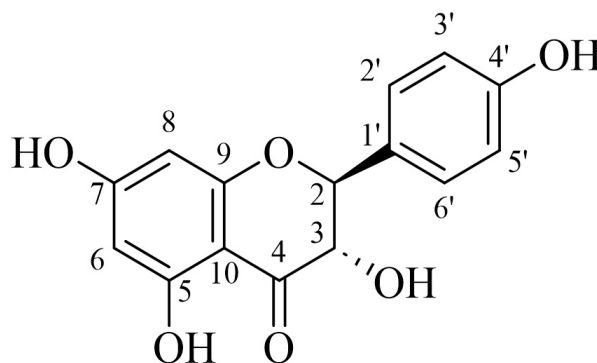
化合物 **2**: *secoiridoid oleuropein*



化合物 **2** 为淡黄色粉末, 紫外照射条件下可观察到荧光吸收, 经茴香醛 - 硫酸显色剂喷雾加热处理后呈现蓝紫色色带, 推测该化合物可能带有糖基、酚羟基, 属于裂环烯醚萜苷类化合物。在  $^1\text{H-NMR}$  谱中, 可观测到三组芳香区的特征质子信号, 化学位移分别为:  $\delta_{\text{H}}$  6.74~6.68 (1H, dd,  $J=8.0$  Hz)、6.63~6.60 (1H, dd,  $J=8.0$  Hz)和 6.48~6.42 (1H, dd,  $J=8.0$  Hz), 属于典型的 ABX 型自旋系统。化学位移  $\delta_{\text{H}}$  4.13~4.08 (2H, m)和 2.67~2.58 (2H, m)位置可观测到一组苯乙基质子信号(-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-), 经过鉴别这两组信号分别对应苯乙基部分的 H-1"和 H-2"。出现在  $\delta_{\text{H}}$  7.49 (1H, s, H-3)、5.99-5.94 (1H, m, H-8)和 5.77 (1H, br s, H-1)位置的峰是裂环烯醚萜母核的特征质子信号, 这提示了化合物 **2** 是具有裂环烯醚萜骨架[17]。还能观察到甲氧基质子信号  $\delta_{\text{H}}$  3.63~3.62 (3H, s); 位于  $\delta_{\text{H}}$  1.55~1.53 (3H, d,  $J=7.0$  Hz)处的是与双键相连的甲基质子信号(H-10)。另外在  $\delta_{\text{H}}$  4.74-4.66 处(1H, d,  $J=7.8$  Hz)是糖端基质子信号(H-1'), 剩余糖质子信号集中分布于在  $\delta_{\text{H}}$  3.4~3.2 区域。通过上面的氢谱分析, 可以确定化合物 **2** 是裂环烯醚萜类化合物且带有一个糖苷。在  $^{13}\text{C-NMR}$  谱中一共显示出了 25 个碳信号。其中  $\delta_{\text{C}}$  171.9 和 167.4 是 2 个羰基碳的信号峰, 由此可以推测该化合物分子中含有酯基结构。 $\delta_{\text{C}}$  153.9 和 107.9、123.7 和 129.5 位置的碳信号是两组双键碳的信号, 这进一步确认化合物 **2** 具备裂环烯醚萜骨架。甲氧基碳信号出现在  $\delta_{\text{C}}$  50.9; 烯丙位碳(C-10)吸收峰出现在  $\delta_{\text{C}}$  12.5。糖苷部分: 糖基端基碳出现在  $\delta_{\text{C}}$  99.5 处; 糖基其余碳信号分别位于  $\delta_{\text{C}}$  76.8、76.4、73.3、70.0、

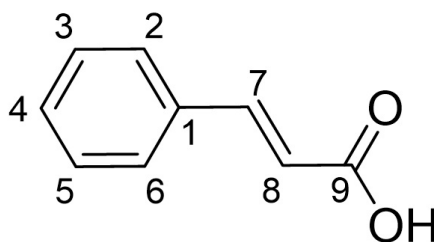
61.3,  $^{13}\text{C}$ -NMR 谱充分说明化合物 **2** 中含有 1 个葡萄糖基。由此可以证明化合物 **2** 属于裂环烯醚萜苷类, 结合文献[18] [19]报道的数据进行比对, 二者谱图一致, 因此确定化合物 **2** 为 secoiridoid oleuropein。

化合物 **3**: dihydrokaempferol



化合物 **3** 为白色固体, 用 10%  $\text{AlCl}_3\text{-EtOH}$  显色剂喷雾后加热, 可观察到黄色至黄褐色斑点, 推测化合物 **3** 为黄酮类化合物。 $^1\text{H}$ -NMR 谱中可以观察到芳香质子信号, 化学位移分别为:  $\delta_{\text{H}}$  7.36~7.33 (2H, m,  $J=8.5$  Hz)和  $\delta_{\text{H}}$  6.84~6.82 (2H, m,  $J=8.5$  Hz), 积分比例约为 2:2, 分布符合 AA'BB'型自旋系统, 说明该芳香环为对位取代的苯环, 信号分别对应 B 环的 H-2'/H-6'和 H-3'/H-5'。位于  $\delta_{\text{H}}$  5.34~5.33 和 4.55~4.52 的信号是两组连氧次甲基质子(H-5 和 H-7), 这说明 A 环上存在间位取代的二羟基, 上面的证据证明化合物 **3** 具有黄酮类化合物的骨架。 $^{13}\text{C}$ -NMR 谱中, 在  $\delta_{\text{C}}$  198.4 位置可观测到 1 个羰基碳(C-4)信号。还能观察到 3 个连氧碳的信号, 化学位移为:  $\delta_{\text{C}}$  168.8、164.5 和 164.4, 分别对应 A 环上的 C-7、C-5 和 C-9。 $\delta_{\text{C}}$  159.1 位置出现的碳是 B 环上连接羟基的含氧芳香季碳 C-4'。 $\delta_{\text{C}}$  130.3、129.81、129.3、116.1、115.9 的信号分别对应 B 环上的芳香碳信号: C-1'、C-2'、C-6'、C-3'、C-5'。上面的分析证明化合物 **3** 属于含 4'-羟基取代 B 环、5,7-二羟基取代 A 环的 3-羟基二氢黄酮醇类成分。再结合文献[20]报道的数据进行比对, 二者谱图一致, 可将其鉴定为 dihydrokaempferol。

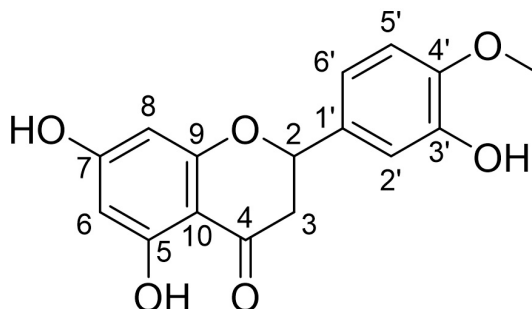
化合物 **4**: cinnamic acid



化合物 **4** 为白色粉末, 用茴香醛 - 硫酸试剂显色显蓝紫色或紫红色。 $^1\text{H}$ -NMR 中, 在  $\delta_{\text{H}}$  7.57~7.55 (2H, m)处可以观察到芳香质子信号, 对应 H-2 和 H-6;  $\delta_{\text{H}}$  7.42~7.40 (3H, m)对应 H-3、H-4 和 H-5, 这可确认化合物结构中的苯环为单取代。出现在  $\delta_{\text{H}}$  7.82~7.79 (1H, d,  $J=16.0$  Hz)和  $\delta_{\text{H}}$  6.48~6.45 (1H, d,  $J=16.0$  Hz)两处信号为双键质子信号, 分别对应 H-7 和 H-8, 两处信号偶合常数偏大, 提示双键构型为反式结构。 $^{13}\text{C}$ -NMR 谱中共检出 9 个碳信号。 $\delta_{\text{C}}$  172.4 位置的信号是羧基碳 C-9 的信号, 说明其结构中含有羧基基团。双键碳(C-7 和 C-8)吸收峰出现在  $\delta_{\text{C}}$  147.2 与 117.5 处。苯环连接侧链的位点的碳 C-1 的信号出现在  $\delta_{\text{C}}$  134.2。另外碳谱中有 3 组化学位移接近的信号, 一组对应 C-2 和 C-6, 另一组对应 C-3 和 C-

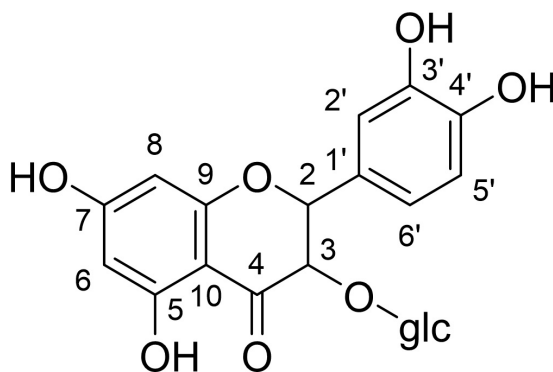
5, 还有一组对应 C-4, 进一步证明骨架中的苯环为单取代苯环。通过上述分析, 结合文献[21]报道的数据进行比较, 二者一致, 可确定化合物 4 为 cinnamic acid。

化合物 5: diosmetin



化合物 5 为淡黄色粉末, 用 10%  $\text{AlCl}_3\text{-EtOH}$  显色剂喷雾后加热, 可观察到黄色至黄褐色斑点, 推测化合物 5 为黄酮类化合物。 $^1\text{H-NMR}$  谱中, 可以观察到明显的芳香质子信号:  $\delta_{\text{H}} 7.49$  (1H, d,  $J = 2.1$  Hz)、 $7.38$  (1H, dd,  $J = 8.5, 2.1$  Hz) 和  $7.07$  (1H, d,  $J = 8.5$  Hz), 可归属于 H-2'、H-6'、H-5', 这 3 个质子组成一组 ABX 型信号, 提示 B 环为 1',3',4'-三取代苯环。 $\delta_{\text{H}} 6.57$  (1H, s) 是黄酮母核中 C-3 位质子信号。另外, 甲氧基质子信号则出现在  $\delta_{\text{H}} 3.94$  (3H, s) 处。 $\delta_{\text{H}} 6.44$  (1H, d,  $J = 2.1$  Hz) 和  $6.21$  (1H, d,  $J = 2.1$  Hz) 出现的峰是 A 环上的 2 个芳香氢, 可分别归属于 H-8 和 H-6, 这说明 A 环为间位偶合, 这些证据证明 A 环为 5,7-二含氧取代。 $^{13}\text{C-NMR}$  谱中, 可以在  $\delta_{\text{C}} 183.9$  观察到羰基碳 C-4 信号, 说明该化合物 5 具有黄酮类化合物核心母核结构酮羰基。连氧碳信号出现在:  $\delta_{\text{C}} 166.1$ 、 $165.9$ 、 $163.2$  和  $159.4$  处, 可分别归属于 C-7、C-2、C-5 和 C-9。还能看到另外的 2 组连氧碳信号:  $\delta_{\text{C}} 152.6$  和  $148.2$  其可归属于 B 环上的 C-4' 和 C-3'。 $\delta_{\text{C}} 125.0$  可归属于 C-1'。其余的碳信号:  $\delta_{\text{C}} 120.0$ 、 $113.9$  和  $112.7$  是 C-6'、C-2' 和 C-5' 的信号。这些核磁数据证明化合物 5 具有典型的黄酮骨架, 这些特征与文献[22]中报道的数据一致, 鉴定该化合物 5 为 diosmetin。

化合物 6: quercetin-4''-methoxy- $O$ - $\beta$ -D-glucopyranoside



化合物 6: 为白色粉末, 用 10%  $\text{AlCl}_3\text{-EtOH}$  显色剂喷雾后加热, 可观察到黄色至黄褐色斑点, 推测化合物 6 为黄酮类化合物。 $^1\text{H-NMR}$  (500 MHz, MeOD) 中,  $\delta_{\text{H}} 7.71$  (1H, d,  $J = 2.1$  Hz, H-2')、 $7.59$  (1H, dd,  $J = 8.5, 2.1$  Hz, H-6')、 $6.89$  (1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-5') 提示 B 环呈现 ABX 自旋系统, 可归属于结构中的 H-2'/H-6' 和 H-5'/H-3'。 $\delta_{\text{H}} 6.39$  (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-8)、 $6.20$  (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-6) 说明 A 环呈现间位偶合属

于连氧碳质子 H-4 和 H-3 的吸收峰。糖端基质子信号出现在  $\delta_{\text{H}}$  5.26 (1H, d,  $J=7.8$  Hz, H-1''), 甲氧基信号位于  $\delta_{\text{H}}$  3.73 (3H, s, -OCH<sub>3</sub>)。  $\delta_{\text{H}}$  5.26 和 5.24 处的信号属于葡萄糖的 H-1'。糖部分的其余信号则分布在  $\delta_{\text{H}}$  3.70-3.24 区域, 这些信号分别对应于葡萄糖分子中 H-2'、H-3'、H-4'和 H-5'。 <sup>13</sup>C-NMR 谱中  $\delta_{\text{C}}$  179.5 的信号为羧基碳吸收峰。  $\delta_{\text{C}}$  166.0 和  $\delta_{\text{C}}$  163.0 的信号是羰基碳的吸收峰。  $\delta_{\text{C}}$  158.5 和  $\delta_{\text{C}}$  149.9 属于连氧碳 C-3 和 C-4 的吸收峰。葡萄糖的碳信号则出现在  $\delta_{\text{C}}$  62.6 (C-6)、105.7 (C-1)和 94.7 (C-2)处。此外,  $\delta_{\text{C}}$  49.9 的信号归属于甲氧基碳 C-4''。上述谱图分析进一步支持了该结构的归属, 对比文献[23]报道的谱图数据, 二者数据一致, 确定化合物 **6** 为 Quercetin-4''-methoxy-*O*- $\beta$ -D-glucopyranoside。

## 2.2. 实验部分

### 2.2.1. 实验仪器

实验所用仪器见表 5。

**Table 5.** Instruments used in the experiment

**表 5.** 实验所用仪器

仪器名称	型号	生产厂商
超导核磁共振仪	AVANCEIIIHD500	德国布鲁克
旋转蒸发仪	EYELAN-1300	上海爱朗仪器有限公司
低温冷却泵	DLSB-5/20	郑州长城科工贸有限公司
真空泵	SHZ-DIII	郑州市亚荣仪器有限公司
超声波清洗器	KQ-250B	昆山市超声仪器有限公司
油浴锅	EYELAOSB-2200	上海爱朗仪器有限公司
真空干燥箱	DZF-6050	上海一恒科学仪器有限公司
电子天平	YP10002	上海佑科仪器仪表有限公司
分析天平	FA2004N	上海民侨精密科学仪器有限公司
多用紫外分析仪	ZF-8	上海康华生化仪器厂
高效液相色谱	LC-2030C	日本岛津

### 2.2.2. 实验试剂

实验所用试剂见表 6。

**Table 6.** Reagents used in the experiment

**表 6.** 实验所用试剂

名称	规格/型号	生产厂家
石油醚	AR, 500 mL	天津市大茂化学试剂有限公司
二氯甲烷	AR, 500 mL	天津市大茂化学试剂有限公司
乙酸乙酯	AR, 500 mL	天津市大茂化学试剂有限公司
正丁醇	AR, 500 mL	天津市大茂化学试剂有限公司
二甲基亚砷	AR, 500 mL	西陇科学股份有限公司
甲醇	AR, 500 mL	西陇科学股份有限公司

续表

乙醇	AR, 500 mL	西陇科学股份有限公司
氯化钠	AR, 500 g	西陇科学股份有限公司
柱层析硅胶	200~300 目	青岛海洋化工有限公司
GE Sphadex LH-2	17009002	北京元宝山色谱科技有限公司
ODS-A-HG	12 nmS~50 $\mu$ m	YMC
大孔树脂	D101	西安蓝晓科技新材料股份有限公司
薄层层析硅胶板	HSGF254	烟台江友硅胶开发有限公司
Methanol- $d_4$	0.6 mL	美国 CIL
Acetone- $d_6$	0.6 mL	美国 CIL
DMSO- $d_6$	0.6 mL	美国 CIL

### 2.2.3. 实验过程

将摘取来的 1.2 kg 新鲜油橄榄叶至于实验室阴干处在室温下自然晾干, 使其充分干燥后, 将其粉碎成细小颗粒。将上述粉碎后的油橄榄叶置于提取桶中, 加入 95%乙醇, 在自然条件下浸泡提取, 连续浸泡 7 天, 共提取 3 次, 每次加入 25 L 溶剂, 将三次浸泡得到的提取液合并后进行过滤, 通过减压蒸馏得到粗浸膏。将粗浸膏用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇进行分级萃取, 得到的部位乙酸乙酯部位量最大, 故选取这部分进行实验。

将得到的乙酸乙酯浸膏, 用丙酮溶解后, 再用 D101 大孔树脂拌样, 湿法装柱干法上样(规格: 100 mm  $\times$  1000 mm)。用体积分数为 0、10%、30%、50%、80%、90%、95%、100%的甲醇以此进行洗脱, 每个梯度段的洗脱剂用量为 3~3.5 倍柱体积。在这个过程中, 无机盐和糖类会被蒸馏水洗脱出来, 这些馏分无用舍弃掉。用甲醇洗脱出来的馏分通过 TLC 检测, 将富含化合物多的部分按照极性从小到大分为 C1 (10%)、C2 (30%)、C3 (50%)、C4 (80%+90%)、C5 (95%+100%)五个部分, 将得到 C1-C5 馏分用 TLC 检测, 初步判断这些组分中含有萜类和黄酮类化合物。在后续的分离中我按照极性从小到大的顺序依次进行分离纯化。

### 2.2.4. 化合物的分离

化合物 1、2 的极性较大, 富集在 C5 部分。将这部分浸膏用硅胶柱(规格: 25 mm  $\times$  300 mm), 以 200~300 目硅胶湿法装柱, 样品经少量初始洗脱剂溶解后与硅胶拌样, 挥干后干法上样, 用二氯甲烷: 甲醇 = 30:1 $\rightarrow$ 25:1 $\rightarrow$ 20:1 $\rightarrow$ 10:1 $\rightarrow$ 8:2 $\rightarrow$ 7:3 $\rightarrow$ 1:1 进行梯度洗脱。将得到的馏分经 TLC 检测合并后得到含有目标化合物的组分 G、H。G 部分通过液相甲醇-水 = 0:1 $\rightarrow$ 1:0 流速 1.0 mL/min, 反复分离纯化得到化合物 1。H 部分利用液相乙腈: 水 = 20:80 (v/v), 加入 0.05%醋酸, 流速 1.0 mL/min, 最终得到化合物 2。

化合物 3、5、6 富集在 C4 部分。选取普通硅胶柱(规格: 10 mm  $\times$  300 mm)装以 400 目硅胶, 干法上样湿法装柱, 用丙酮: 正己烷 = 1:9 $\rightarrow$ 1:0 进行梯度洗脱。得到的馏分通过 TLC 检测发现, 可以用制备薄层色谱来进行纯化。故在 20 cm  $\times$  20 cm 的硅胶大板上, 以丙酮-正己烷 = 3:7 为展开剂使其中的组分充分展开, 最后收集目标点位, 经过洗涤重结晶得到化合物 3。

另外选取二氯甲烷-甲醇体系为洗脱剂, 洗脱极性为 30:1 $\rightarrow$ 1:0 进行梯度洗脱, 选用硅胶柱(10 mm  $\times$  300 mm)以 400 目硅胶填充, 湿法装柱干法上样。得到的馏分继续制备高效 HPLC 进行纯化。洗脱条件最终确定为乙腈-水 = 25:75 (v/v), 流速 1.0 mL/min。接到的馏分中最终得到化合物 5 和 6。

将 C3 部分选取二氯甲烷-甲醇体系作为洗脱剂。选用普通硅胶柱(规格: 10 mm  $\times$  300 mm)装以 400

目硅胶, 干法上样湿法装柱, 洗脱剂极性分配为二氯甲烷: 甲醇 = 20:1、15:1、10:1、8:1、5:1、3:1、1:1。接到的馏分经 TLC 合并, 制备反向 HPLC 进一步纯化。经过反复筛选极性, 最终选取甲醇: 水 = 40:60 (v/v), 并加入 0.05% 醋酸, 流速 6 mL/min, 最终得到化合物 4。

### 2.2.5. 化合物波谱数据

化合物 1: isolignstroside,  $C_{25}H_{32}O_{12}$ 。1H-NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD):  $\delta$ H 7.51 (1H, s, H-3), 7.05 (2H, d, H-2'', 6''), 6.73 (2H, d, H-3'', 5''), 6.08 (1H, q, H-8), 5.92 (1H, br s, H-1), 4.87 (1H, d, H-1'), 4.24–4.20 (2H, m, H- $\alpha$ ), 4.13–4.08 (2H, m, H-6'a, H-6'b), 3.98–3.87 (3H, m, H-2', H-3', H-4'), 3.71 (3H, s, -OCH<sub>3</sub>), 3.69–3.60 (1H, m, H-5'), 2.83–2.68 (2H, m, H- $\beta$ ), 2.46–2.41 (2H, m, H-6), 1.65 (3H, d, H-10)。13C-NMR (126 MHz, CD<sub>3</sub>OD):  $\delta$ C 173.2 (C-11), 168.6 (C-15), 157.2 (C-4''), 155.1 (C-3), 130.9 (C-1''), 130.4 (C-2'', 6''), 129.9 (C-9), 124.9 (C-8), 116.3 (C-3'', 5''), 109.4 (C-4), 100.8 (C-1'), 95.1 (C-1), 78.4 (C-5'), 77.9 (C-3'), 74.7 (C-2'), 71.5 (C-4'), 66.9 (C- $\alpha$ ), 62.7 (C-6'), 51.9 (11-OCH<sub>3</sub>), 41.2 (C-6), 35.1 (C- $\beta$ ), 31.8 (C-5), 13.5 (C-10)。

化合物 2: oleuropein,  $C_{25}H_{32}O_{13}$ 。1H-NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD):  $\delta$ H 7.52 (1H, s, H-3), 6.73 (1H, d, H-2''), 6.61 (1H, d, H-5''), 6.42 (1H, dd, H-6''), 6.29 (1H, q, H-8), 5.99 (1H, s, H-1), 4.74 (1H, d, H-1'), 4.13–4.09 (2H, m, H- $\alpha$ ), 3.90–3.87 (1H, m, H-5), 3.74 (3H, s, 11-OCH<sub>3</sub>), 3.74–3.73 (1H, m, H-5'), 3.64–3.58 (2H, m, H-6'a, H-6'b), 3.41–3.21 (3H, m, H-2', H-3', H-4'), 2.67–2.58 (2H, m, H- $\beta$ ), 2.33–2.28 (2H, m, H-6a, H-6b), 1.55 (3H, d, H-10)。13C-NMR (126 MHz, CD<sub>3</sub>OD):  $\delta$ C 171.9 (C-11), 167.4 (C-15), 153.97 (C-4), 144.7 (C-3''), 143.4 (C-4''), 129.5 (C-1''), 128.9 (C-9), 123.8 (C-8), 120.1 (C-6''), 115.7 (C-2''), 115.3 (C-5''), 107.9 (C-3), 99.6 (C-1'), 93.9 (C-1), 76.8 (C-5'), 76.4 (C-3'), 73.31 (C-2'), 70.0 (C-4'), 65.6 (C- $\alpha$ ), 61.4 (C-6'), 50.9 (11-OCH<sub>3</sub>), 40.0 (C-6), 34.0 (C- $\beta$ ), 30.6 (C-5), 12.5 (C-10)。

化合物 3: dihydrokaempferol,  $C_{15}H_{12}O_7$ 。1H-NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD):  $\delta$ H 7.36–7.33 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-2', 6'), 6.84–6.82 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-3', 5'), 5.88 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 4.98–4.96 (1H, d, J = 11.5 Hz, H-2), 4.55–.52 (1H, dd, J = 11.5, 5.0 Hz, H-3)。13C-NMR (126 MHz, CD<sub>3</sub>OD):  $\delta$ C 198.4 (C-4), 168.8 (C-7), 164.5 (C-5), 164.5 (C-9), 159.2 (C-4'), 130.4, 129.8 (C-2', 6'), 129.3 (C-1'), 115.9 (C-3', 5'), 101.8 (C-10), 97.1 (C-6), 96.4 (C-8), 84.9 (C-2), 73.6 (C-3)。

化合物 4: cinnamic acid,  $C_9H_8O_2$ 。1H-NMR (500 MHz, CDCl<sub>3</sub>):  $\delta$ H 7.82 (1H, d, J = 16.0 Hz, H-7), 7.57–7.40 (5H, m, H-2, 3, 4, 5, 6), 6.48 (1H, d, J = 16.0 Hz, H-8)。13C-NMR (126 MHz, CDCl<sub>3</sub>):  $\delta$ C 172.4 (C-9), 147.2 (C-7), 134.2 (C-1), 130.9 (C-4), 129.1, 128.9 (C-2, 6), 128.7, 128.5 (C-3, 5), 117.5 (C-8)。

化合物 5: diosmetin,  $C_{16}H_{12}O_6$ 。1H-NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD):  $\delta$ H 7.49–7.47 (2H, m, H-2', 6'), 7.07–7.06 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-5'), 6.57 (1H, s, H-3), 6.44 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.21–6.20 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 3.94 (3H, s, 4'-OCH<sub>3</sub>)。13C-NMR (126 MHz, CD<sub>3</sub>OD):  $\delta$ C 183.9 (C-4), 166.1 (C-7), 165.9 (C-5), 163.3 (C-9), 159.4 (C-2), 152.6 (C-4'), 148.3 (C-3'), 125.0 (C-1'), 120.0 (C-6'), 113.9 (C-5'), 112.7 (C-2'), 105.4 (C-10), 104.5 (C-3), 100.2 (C-6), 95.0 (C-8), 56.5 (4'-OCH<sub>3</sub>)。

化合物 6: quercetin-4''-methoxy-O- $\beta$ -D-glucopyranoside,  $C_{21}H_{20}O_{10}$ 。1H-NMR (500 MHz, MeOD):  $\delta$  H 7.71 (1H, s, H-2'), 7.71 (1H, s, H-6'), 7.59 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-5'), 7.59 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-3'), 7.58 (1H, s, H-6), 7.57 (1H, s, H-5), 6.87 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-3), 6.86 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-2), 6.39 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.38 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-7), 6.20 (1H, s, H-4), 6.19 (1H, s, H-4'), 5.26 (1H, d, J = 2.5 Hz, H-1'), 5.24 (1H, d, J = 2.5 Hz, H-4''), 4.85 (1H, s, H-6''), 3.73 (3H, s, OCH<sub>3</sub>), 3.72 (1H, m, H-5''), 3.70 (1H, m, H-3''), 3.70 (1H, m, H-2''), 3.59 (1H, m, H-1''), 3.58 (1H, m, H-3'), 3.57 (1H, m, H-2'), 3.56 (1H, m, H-6''), 3.50 (1H, m, H-5''), 3.48 (1H, m, H-4'), 3.47 (1H, m, H-3'), 3.45 (1H, m, H-2''), 3.43 (1H, m, H-1'), 3.41 (1H, m, H-5'), 3.37 (1H, m, H-6')。

3.35 (1H, m, H-4"), 3.33 (1H, m, H-2"), 3.31 (1H, m, H-3"), 3.31 (1H, m, H-4'), 3.30 (1H, m, H-5'), 3.30 (1H, m, H-6"), 3.24 (1H, m, H-2"), 3.23 (1H, m, H-1"), 1.28 (3H, s, CH<sub>3</sub>), 1.18 (3H, s, CH<sub>3</sub>), 1.16 (3H, s, CH<sub>3</sub>). <sup>13</sup>C NMR (126 MHz, MeOD): δ C 179.5 (C-4), 166.0 (C-4'), 163.0 (C-3), 159.0 (C-2), 158.5 (C-6), 149.8 (C-5'), 145.9 (C-3'), 135.6 (C-5), 123.2 (C-7), 123.1 (C-6'), 117.6 (C-8), 116.0 (C-3'), 105.7 (C-1"), 104.3 (C-4"), 100.0 (C-5"), 94.7 (C-2"), 78.4 (C-6"), 78.1 (C-3"), 75.7 (C-4'), 71.2 (C-1'), 62.6 (C-2'), 49.9 (C-5').

### 3. 结论

本文以甘肃陇南产油橄榄叶为研究对象, 通过 95%乙醇进行提取, 石油醚、乙酸乙酯、正丁醇分级萃取, 通过硅胶/凝胶柱层析、液相色谱结合现代波谱技术, 系统展开其化学成分分离鉴定, 从中共得到了 6 个单体化合物。分别为(1) isolignstroside、(2) oleuropein、(3) dihydrokaempferol、(4) cinnamic acid、(5) diosmetin、(6) quercetin-4"-methoxy-O-β-D-glucopyranoside。其中化合物 1、5、6 均为从该地区产油橄榄中分离得到。其余化合物与其他木犀科植物中分离得到的化合物并无差距。

本文通过对油橄榄叶化学成分和生物活性的研究, 进一步丰富了其化学成分库, 还为该植物在农业病害防治方面提供了研究基础, 扩大了该植物的利用率。为我国油橄榄叶资源后期的开发和利用提供了一定的理论基础。这有望为当地油橄榄副产品的再利用提供基础数据与理论参考, 有助于推动油橄榄叶从废弃资源向可利用的天然产物原料转化, 提升油橄榄的综合价值。

### 参考文献

- [1] Elhrech, H., Aguerd, O., El Kourchi, C., Gallo, M., Naviglio, D., Chamkhi, I., *et al.* (2024) Comprehensive Review of *Olea europaea*: A Holistic Exploration into Its Botanical Marvels, Phytochemical Riches, Therapeutic Potentials, and Safety Profile. *Biomolecules*, **14**, Article 722. <https://doi.org/10.3390/biom14060722>
- [2] Hashmi, M.A., Khan, A., Hanif, M., Farooq, U. and Perveen, S. (2015) Traditional Uses, Phytochemistry, and Pharmacology of *Olea europaea* (Olive). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2015**, Article ID: 541591. <https://doi.org/10.1155/2015/541591>
- [3] Pedan, V., Popp, M., Rohn, S., Nyfeler, M. and Bongartz, A. (2019) Characterization of Phenolic Compounds and Their Contribution to Sensory Properties of Olive Oil. *Molecules*, **24**, Article 2041. <https://doi.org/10.3390/molecules24112041>
- [4] Wang, C., Gong, X., Bo, A., Zhang, L., Zhang, M., Zang, E., *et al.* (2020) Iridoids: Research Advances in Their Phytochemistry, Biological Activities, and Pharmacokinetics. *Molecules*, **25**, Article 287. <https://doi.org/10.3390/molecules25020287>
- [5] Cheng, H., Ge, Y., Li, J., Zhang, Y., Huang, X. and Chen, G. (2021) The Distribution, Uses, and Characteristic Components of *Gentianaceae* Plants in China. *World Journal of Traditional Chinese Medicine*, **7**, 287-298. [https://doi.org/10.4103/wjtc.wjtc\\_14\\_21](https://doi.org/10.4103/wjtc.wjtc_14_21)
- [6] Jensen, S.R., Franzyk, H. and Wallander, E. (2002) Chemotaxonomy of the Oleaceae: Iridoids as Taxonomic Markers. *Phytochemistry*, **60**, 213-231. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(02\)00102-4](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(02)00102-4)
- [7] Starec, M., Calabretti, A., Berti, F. and Forzato, C. (2021) Oleocanthol Quantification Using <sup>1</sup>H NMR Spectroscopy and Polyphenols HPLC Analysis of Olive Oil from the Bianchera/Belica Cultivar. *Molecules*, **26**, Article 242. <https://doi.org/10.3390/molecules26010242>
- [8] Tasioula-Margari, M. and Tsabolatidou, E. (2015) Extraction, Separation, and Identification of Phenolic Compounds in Virgin Olive Oil by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Antioxidants*, **4**, 548-562. <https://doi.org/10.3390/antiox4030548>
- [9] Muhire, J., Liu, B., Zhang, F., Hu, J., Huang, X., Pei, D., *et al.* (2026) Eco-Friendly Isolation and Purification of Oleuropein via Three-Phase High-Speed Counter-Current Chromatography and Preparative HPLC. *Journal of Chromatography A*, **1766**, Article ID: 466616. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2025.466616>
- [10] Karioti, A., Chatzopoulou, A., Bilia, A.R., Liakopoulos, G., Stavrianakou, S. and Skaltsa, H. (2006) Novel Secoiridoid Glucosides in *Olea europaea* Leaves Suffering from Boron Deficiency. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **70**, 1898-1903. <https://doi.org/10.1271/bbb.60059>
- [11] Servili, M., Sordini, B., Esposto, S., Urbani, S., Veneziani, G., Di Maio, I., *et al.* (2013) Biological Activities of Phenolic Compounds of Extra Virgin Olive Oil. *Antioxidants*, **3**, 1-23. <https://doi.org/10.3390/antiox3010001>

- [12] Fiorito, S., Colavecchio, C., Spogli, R., Epifano, F. and Genovese, S. (2024) Novel Procedures for Olive Leaves Extracts Processing: Selective Isolation of Oleuropein and Elenolic Acid. *Food Chemistry*, **447**, Article ID: 139038. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139038>
- [13] Panche, A.N., Diwan, A.D. and Chandra, S.R. (2016) Flavonoids: An Overview. *Journal of Nutritional Science*, **5**, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- [14] Mir-Cerdà, A., Granados, M., Saurina, J. and Sentellas, S. (2024) Olive Tree Leaves as a Great Source of Phenolic Compounds: Comprehensive Profiling of NaDES Extracts. *Food Chemistry*, **456**, Article ID: 140042. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140042>
- [15] Talhaoui, N., Gómez-Caravaca, A.M., León, L., De la Rosa, R., Fernández-Gutiérrez, A. and Segura-Carretero, A. (1999) From Olive Fruits to Olive Oil: Phenolic Compound Transfer in Six Different Olive Cultivars Grown under the Same Agronomical Conditions. *International Journal of Molecular Sciences*, **17**, Article 337. <https://doi.org/10.3390/ijms17030337>
- [16] Araújo, M., Prada, J., Mariz-Ponte, N., Santos, C., Pereira, J.A., Pinto, D.C.G.A., *et al.* (2021) Antioxidant Adjustments of Olive Trees (*Olea europaea*) under Field Stress Conditions. *Plants*, **10**, Article 684. <https://doi.org/10.3390/plants10040684>
- [17] Bongiorno, D., Di Stefano, V., Indelicato, S., Avellone, G. and Ceraulo, L. (2021) Bio-Phenols Determination in Olive Oils: Recent Mass Spectrometry Approaches. *Mass Spectrometry Reviews*, **42**, 1462-1502. <https://doi.org/10.1002/mas.21744>
- [18] Aprile, A., Negro, C., Sabella, E., Luvisi, A., Nicoli, F., Nutricati, E., *et al.* (2019) Antioxidant Activity and Anthocyanin Contents in Olives (cv Cellina Di Nardò) during Ripening and after Fermentation. *Antioxidants*, **8**, Article 138. <https://doi.org/10.3390/antiox8050138>
- [19] Bandeira, P.N., Lemos, T.L.G., Costa, S.M.O. and Santos, H.S.d. (2007) Obtenção de derivados da mistura triterpenoídica alfa- e beta-amirina. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, **17**, 204-208. <https://doi.org/10.1590/s0102-695x2007000200012>
- [20] Jibril, S., Sirat, H.M. and Basar, N. (2017) Bioassay-Guided Isolation of Antioxidants and  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitors from the Root of *Cassia sieberiana* D.C. (Fabaceae). *Records of Natural Products*, **11**, 406-410.
- [21] Luu, N.N.K., Tran, N.M., Tran, P.T. and Trinh, D.H. (2024) Isolation and Establishment of Trans-Cinnamic Acid as a Reference Standard from Radix *Scrophularia buergeriana* Miq. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, **14**, 93-99.
- [22] Park, Y., Moon, B., Yang, H., Lee, Y., Lee, E. and Lim, Y. (2007) Complete Assignments of NMR Data of 13 Hydroxymethoxyflavones. *Magnetic Resonance in Chemistry*, **45**, 1072-1075. <https://doi.org/10.1002/mrc.2063>
- [23] Ma, L., Wang, H., Wang, J., Liu, L., Zhang, S. and Bu, M. (2020) Novel Steroidal  $5\alpha$ ,  $8\alpha$ -Endoperoxide Derivatives with Semicarbazone/Thiosemicarbazone Side-Chain as Apoptotic Inducers through an Intrinsic Apoptosis Pathway: Design, Synthesis and Biological Studies. *Molecules*, **25**, Article 1209. <https://doi.org/10.3390/molecules25051209>