

# 花榈木化学成分、药理作用研究进展及其质量标志物预测

张如义<sup>1,2</sup>, 但露凤<sup>3</sup>, 韦小丽<sup>1\*</sup>

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550000; 2. 四川省内江市农业科学院, 四川 内江 641000; 3. 成都大学 药学院, 成都 610000)

**摘要:** 花榈木 (*Ormosia henryi*) 是我国一种重要的药用植物, 常以根、茎、叶入药, 具有祛风除湿、活血化瘀、解毒消肿等传统功效。该研究系统综述了花榈木的化学成分及药理活性研究进展, 结果表明: (1) 花榈木化学成分主要包括生物碱、黄酮、萜类化合物及挥发油等, 具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抑菌和调节抑郁等多种药理活性。(2) 基于中药质量标志物 (Q-Marker) 的“五原则”, 从植物亲缘性、化学成分专属性、传统药性与药效、成分可测性和网络药理学评价等方面预测其 Q-Marker。(3) 初步认定圣草酚、木犀草素、金合欢素、香叶木素、山奈酚、柚皮素等黄酮类化合物可作为花榈木的潜在 Q-Marker。该研究结果为完善花榈木质量评价体系提供了理论依据, 为其药用价值开发和机制研究奠定了基础。

**关键词:** 花榈木, 化学成分, 药理活性, 网络药理学, 质量标志物

**中图分类号:** Q946 **文献标识码:** A

## Research progress on chemical composition and pharmacological effects of *Ormosia henryi* and predictive analysis of its quality markers

ZHANG Ruyi<sup>1,2</sup>, DAN Lufeng<sup>3</sup>, WEI Xiaoli<sup>1\*</sup>

(1. Forestry College of Guizhou University, Guiyang 550000, China; 2. Sichuan Neijiang Academy of Agricultural Sciences, Neijiang 641000, Sichuan, China; 3. College of Pharmacy, Chengdu University, Chengdu 610000)

**Abstract:** *Ormosia henryi* is a pharmacologically important plant in China, whose roots, stems, and leaves have long been used in traditional medicine for dispelling wind-dampness, promoting blood circulation, resolving stasis, detoxification, and alleviating edema. In this review, we synthesize current knowledge on the chemical constituents and pharmacological properties of *O. henryi*. The results were as follows: (1) Phytochemical studies have revealed that this species contains diverse classes of secondary metabolites—including alkaloids, flavonoids, terpenoids, and volatile oils — that contribute to a wide range of pharmacological activities such as antioxidant, anti-inflammatory, antitumor, antimicrobial, and antidepressant effects. (2) Guided by the five core principles of Quality Markers (Q-Markers) in traditional Chinese medicine, we identify candidate Q-Markers through an integrated framework that combines phylogenetic relationships, chemical specificity, traditional efficacy, quantifiable chemical indices, and network pharmacology. (3) Based on this analysis, key flavonoids — including eriodictyol, luteolin, acacetin, diosmetin, kaempferol, and naringenin — are proposed as potential Q-Markers. These findings provide a theoretical basis for establishing quality assessment protocols and offer new directions for exploring the medicinal value and underlying mechanisms of *O. henryi*.

**Key words:** *Ormosia henryi*, chemical composition, pharmacological activity, network pharmacology, quality markers

**基金项目:** 贵州省科技计划项目(黔科合平台人才-CXTD[2023]006); 贵州省 2024 年研究生科研基金项目(2024YJSKYJJ040); 特色农业资源研究与利用四川省高等学校重点实验室 2024 年度开放课题 (KFKT202406)。

**第一作者:** 张如义 (1989-), 博士研究生, 研究方向为珍贵树种药用价值利用, (E-mail)847408099@qq.com。

**通信作者:** 韦小丽, 博士, 教授, 研究方向为森林培育, (E-mail)1229304247@qq.com。

花榈木 (*Ormosia henryi*) 是豆科 (Fabaceae) 红豆属 (*Ormosia*) 常绿乔木, 被认定为国家二级保护植物, 是集材用、观赏和药用为一体的特色珍贵树种, 主要分布在我国安徽、浙江、江西、贵州等地区 (宋颖等, 2021)。花榈木具有悠久的药用历史, 最早记载于《本草拾遗》, 其木材、根、叶、茎均可入药, 具有祛风除湿、活血破瘀、解毒消肿的功效 (赵国平, 2009)。在民间医学领域, 郭昌庆等 (2023) 研究表明其木材床板具有镇静安神的效果。此外, 根皮提取物配伍的治伤软膏已被《国家中成药标准汇编 (骨伤科分册)》收录 (国家药品监督管理局, 2002); 根皮煎剂对跌打损伤、腰肌劳损及风湿性关节炎疗效显著, 而叶部提取物在抗蛇毒、烫伤修复和神经调节等方面展现出独特优势 (全国中草药汇编, 1996)。近代药理学研究表明, 花榈木及其近缘物种普遍具有抗氧化、抗病毒、抗菌、抗炎、抗癌以及调节抑郁等药理作用 (张琳婧等, 2021)。花榈木的根、茎和叶均具有较强的自由基清除能力 (郭昌庆等, 2023), 其叶提取物可调控神经递质系统, 改善慢性应激导致的认知功能障碍, 发挥抗抑郁作用 (Lu et al., 2019; 刘冬等, 2020; 朱仕豪等, 2020)。从其根部提取物中分离出对肿瘤细胞有选择性抑制作用的特定化合物 (Feng et al., 2012)。

近年来, 随着花榈木在种子休眠机制、苗木培育等关键技术领域的突破, 其人工种植面积也有所扩大 (宋颖等, 2021)。然而, 由于花榈木生长周期长, 深度开发其副产品以提升经济价值显得尤为迫切, 这也对花榈木的多功能综合开发提出了更高要求。特别是其非木质资源在医药领域的应用潜力亟待挖掘。目前, 花榈木尚未被《中国药典》收录, 其药理作用机制、功效特性、适用范围及安全性等关键科学问题, 仍缺乏系统研究与验证, 这在很大程度上限制了花榈木药用资源的规范化开发与高值化利用。虽然近期有研究关注红豆属植物化学成分及生物活性成分 (张琳婧等, 2021), 但针对花榈木这一特定物种, 系统整合其化学特征、特有药理活性 (如抗抑郁、抗肿瘤) 及其质量标志物预测的研究仍显不足。因此, 该文全面整合了近年来花榈木化学成分和药理作用有关文献且进行综述, 从植物亲缘性、化学成分专属性、传统药性药效、化学成分可测和网络药理学评价等方面进行分析, 并依照中药质量标志物 (quality marker, Q-Marker) 的“五原则”对花榈木 Q-Marker 进行预测, 为建立和完善评价体系提供理论参考。同时, 深度挖掘其特色化学成分与独特药理机制, 是推动其纳入药典、实现高值化利用的关键。

## 1 花榈木化学成分

目前, 已从花榈木中分离鉴定出 226 种化学成分, 主要包括黄酮类 (112 种)、挥发油类 (91 种)、萜类 (19 种) 和生物碱类 (4 种)。从化合物种类数量分析, 黄酮类占比最高 (49.56%), 表明其化学多样性最为丰富。

### 1.1 生物碱

Kinghorn 等 (1988) 首次对花榈木种子中的生物碱成分进行了系统鉴定, 共分离鉴定出四类化合物。其中, 金雀花碱型 (三环结构) 生物碱占主导地位, 包括金雀花碱 (1)、*N*-甲基金雀花碱 (2) 和 *N*-甲酰基金雀花碱 (3)。此外, 还检出沙树碱型生物碱沙豆树碱 (4)。这些生物碱普遍具有以下结构特征: 分子中含 2 个氮原子, 其中之一常与羟基或氧原子形成季铵盐结构 (通常具碱性), 在植物界中分布广泛且表现出多样的生物活性。详见表 1。

表 1 花榈木中生物碱类化合物

Table 1 Alkaloid compounds in *Ormosia henryi*

| 编号 No. | 化合物名称<br>Compound name                     | 分子式<br>Molecular formula                                      | 文献<br>Literature      |
|--------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1      | 金雀花碱 Cytisine                              | C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> O              | Kinghorn et al., 1988 |
| 2      | <i>N</i> -甲基金雀花碱 <i>N</i> -methyleytisine  | C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O              | Kinghorn et al., 1988 |
| 3      | <i>N</i> -甲酰基金雀花碱 <i>N</i> -formyleytisine | C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | Kinghorn et al., 1988 |
| 4      | 沙豆树碱 Ammodendrine                          | C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O              | Kinghorn et al., 1988 |

1.2 黄酮类化合物

目前，在花榈木中已鉴定出 112 种黄酮类化合物（编号 5–116）。根据其核心结构类型，可细分为黄酮类（41 种，占 36.6%）、异黄酮类（31 种，占 27.7%）、二氢黄酮类（10 种，占 8.9%）、黄酮醇类（3 种，占 2.7%）以及其他类型黄酮类化合物（27 种，占 24.1%）。分析表明，黄酮类是花榈木中最主要的黄酮类化合物亚型（36.6%），异黄酮类次之（27.7%）。值得注意的是，其他类型黄酮类化合物占比亦较高（24.1%），提示花榈木中存在相当数量的结构变体或特殊亚型黄酮。相较之下，黄酮醇类的含量最低（仅 2.7%）。上述详尽的黄酮类化合物分类信息及其相对丰度数据，为深入研究花榈木中黄酮类化合物的潜在药理活性与功能特性奠定了重要的化学物质基础（Feng et al., 2012; Lu et al., 2019; 朱仕豪，2020; Wang et al., 2023）。

表 2 花榈木中黄酮类化合物

Table 2 Flavonoids in *Ormosia henryi*

| 编号  | 化合物名称                                        | 分子式                                             | 文献                           | 编号  | 化合物名称                                                     | 分子式                                             | 文献                            |
|-----|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|
| No. | Compound name                                | Molecular formula                               | Literature                   | No. | Compound name                                             | Molecular formula                               | Literature                    |
| 5   | 芹菜素 Apigenin                                 | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>  | Feng et al., 2012; 朱仕豪, 2020 | 61  | 芹菜素-7-葡萄糖苷 Apigetrin                                      | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023             |
| 6   | 异荭草素-2''-O-鼠李糖苷 Isoorientin-2''-O-rhamnoside | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub> | Lu et al., 2019              | 62  | 甘草素 Liquiritigenin                                        | C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>  | Wang et al., 2023             |
| 7   | 异荭草素 Isoorientin                             | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub> | Lu et al., 2019; 朱仕豪, 2020   | 63  | 当药黄素 Swertisin                                            | C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023             |
| 8   | 荭草素 Orientin                                 | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub> | Lu et al., 2019; 朱仕豪, 2020   | 64  | 3-羟基-3',4'-二甲氧基黄酮 3-Hydroxy-3',4'-dimethoxyflavone        | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2023             |
| 9   | 榭皮素苷-2''-O-鼠李糖苷 Vitexin-2''-O-rhamnoside     | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub> | Lu et al., 2019; 朱仕豪, 2020   | 65  | 3,7-二羟基-3',4'-二甲氧基黄酮 3,7-Dihydroxy-3',4'-dimethoxyflavone | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2023             |
| 10  | 2''-O-鼠李糖基异牡荆素 Isovitexin-2''-O-rhamnoside   | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub> | Lu et al., 2019; 朱仕豪, 2020   | 66  | 异樱花苷 Isosakuranin                                         | C <sub>22</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023             |
| 11  | 异牡荆黄素 Isovitexin                             | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub> | Lu et al., 2019              | 67  | 金雀花苷 Chrysoeriol 8-C-glucoside                            | C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> | Wang et al., 2023             |
| 12  | 香叶木苷 Diosmin                                 | C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>15</sub> | Lu et al., 2019; 朱仕豪, 2020   | 68  | 马里苷 Okanin-4'-O-glucoside                                 | C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> | Wang et al., 2023             |
| 13  | 蒙花苷 Linarin                                  | C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub> | Lu et al., 2019; 朱仕豪, 2020   | 69  | 樱桃甙 Naringenin-7-O-glucoside                              | C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023             |
| 14  | 异荭草素 Luteolin 6-C-neohesperidoside           | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub> | 朱仕豪, 2020                    | 70  | 白杨素 Chrysin                                               | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>  | Wang et al., 2023             |
| 15  | 芹菜素 6-C-葡萄糖苷 Apigenin 6-C-glucoside          | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub> | 朱仕豪, 2020                    | 71  | 漆黄素 Fisetin                                               | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2023             |
| 16  | 黄芩素 8-C-新橙皮苷 Luteolin 8-C-neohesperidoside   | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub> | 朱仕豪, 2020                    | 72  | 柚皮苷二氢查尔酮 Naringin dihydrochalcone                         | C <sub>27</sub> H <sub>34</sub> O <sub>14</sub> | Wang et al., 2023             |
| 17  | 芹菜素-8-C-双葡萄糖苷 Apigenin 8-C-diglucoside       | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub> | 朱仕豪, 2020                    | 73  | 金雀异黄酮 Genistein                                           | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>  | Feng et al., 2012; 郭昌庆等, 2023 |
| 18  | 柚皮素-6-C-葡萄糖苷 Naringenin -6-C-glucoside       | C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | 朱仕豪, 2020                    | 74  | 异樱黄素 Isoprunetin                                          | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>  | Feng et al., 2012; 朱仕豪, 2020  |

|    |                                                                               |                                                 |           |    |                                                                              |                                                 |                                      |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|----|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 19 | 圣草酚 Eriodictyol                                                               | C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 75 | 大豆苷元 Daidzein                                                                | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>  | Feng et al., 2012; 朱仕豪, 2020         |
| 20 | 异构金合欢素<br>Acacetin Isomer                                                     | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 76 | 异刺芒柄花素 Isoformononetin                                                       | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>  | Feng et al., 2012; 朱仕豪, 2020         |
| 21 | 木犀草素 Luteolin                                                                 | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 77 | 7- <i>O</i> -甲基鹰嘴 A<br>7- <i>O</i> -methylbiochanin A                        | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2023                    |
| 22 | 金合欢素 Acacetin                                                                 | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 78 | 大豆苷 Daidzin                                                                  | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>9</sub>  | Feng et al., 2012; Wang et al., 2023 |
| 23 | 香叶木素 Diosmetin                                                                | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 79 | 大豆苷元甲醚<br>4',7-Dimethoxyisoflavone                                           | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>  | Feng et al., 2012; Lu et al., 2019   |
| 24 | 异构香叶木素<br>Diosmetin isomer                                                    | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 80 | 异柚皮素-7- <i>O</i> -β-D-吡喃葡萄糖苷<br>Isoprunetin 7- <i>O</i> -β-D-glucopyranoside | C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023                    |
| 25 | 二氢榧皮素 3- <i>O</i> -芸苔糖苷<br>Aromadendrin 3- <i>O</i> -rutinoside               | C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>15</sub> | 朱仕豪, 2020 | 81 | 槐角苷 Sophoricoside                                                            | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub> | Feng et al., 2012                    |
| 26 | 异野漆树苷 Apigenin<br>7- <i>O</i> -rutinoside                                     | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub> | 朱仕豪, 2020 | 82 | 印度黄檀苷 Sissotrin                                                              | C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | Feng et al., 2012                    |
| 27 | 柚皮素 <i>O</i> -鼠李糖苷<br>Naringenin <i>O</i> -rha-glucoside                      | C <sub>28</sub> H <sub>36</sub> O <sub>13</sub> | 朱仕豪, 2020 | 83 | 花榈木苷<br>Ormosinoside                                                         | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub> | Feng et al., 2012                    |
| 28 | 芹甙元-7-葡萄糖苷<br>Apigenin-7- <i>O</i> -glucoside                                 | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub> | 朱仕豪, 2020 | 84 | 葛花宁<br>Kakkanin                                                              | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub> | Feng et al., 2012                    |
| 29 | 金合欢素- <i>O</i> -戊糖苷<br>Acacetin <i>O</i> -glc-pentoside                       | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub> | 朱仕豪, 2020 | 85 | 6"-β-D-木糖基染料木素<br>6"-β-D-xylose-genistin                                     | C <sub>26</sub> H <sub>28</sub> O <sub>14</sub> | Feng et al., 2012                    |
| 30 | 蒽烯柚皮素<br>Prenylnaringenin                                                     | C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> O <sub>5</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 86 | 鹰嘴豆芽素 A<br>Biochanin A                                                       | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2023                    |
| 31 | 7-蒽烯氧基阿罗默丹秦<br>7-Prenyloxyaromadendrin                                        | C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> O <sub>6</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 87 | 染料木苷 Genistein 7- <i>O</i> -glucoside                                        | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023                    |
| 32 | 五甲氧基黄烷酮<br>Pentamethoxyflavanone                                              | C <sub>20</sub> H <sub>22</sub> O <sub>7</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 88 | 染料木素-7- <i>O</i> -芸苔糖苷 Genistein<br>7- <i>O</i> -rutinoside                  | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub> | Wang et al., 2023                    |
| 33 | 二羟基-二甲氧基黄酮<br>Dihydroxyl-dimethoxyflavone                                     | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 89 | 鸡豆黄素 A- <i>O</i> -芸香糖苷 Biochanin A<br>7- <i>O</i> -rutinoside                | C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub> | Wang et al., 2023                    |
| 34 | 5-羟基-3',4'-二甲氧基黄酮<br>3',4'-Dimethoxy-5-hydroxyflavone                         | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 90 | 异补骨脂素 7- <i>O</i> -葡萄糖-五碳糖苷<br>Isoprunetin 7- <i>O</i> -glc-pentoside        | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>14</sub> | Wang et al., 2023                    |
| 35 | 6-芹菜素-7,4'-二甲醚<br>6-Apigenin 7,4'-dimethyl ether                              | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 91 | 2'-甲氧基扁桃酰胺<br>2'-Methoxyformonetin                                           | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2023                    |
| 36 | 4',5-二羟基-3',5',6,7-四甲氧基<br>黄酮<br>4',5-Dihydroxy-3',5',6,7-tetramethoxyflavone | C <sub>19</sub> H <sub>18</sub> O <sub>8</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 92 | 蝶秋黄酮 Dipteryxin                                                              | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2023                    |
| 37 | 3,5-二羟基-6,7,3',4'-四甲氧基<br>黄酮<br>Neobavaisoflavone                             | C <sub>19</sub> H <sub>18</sub> O <sub>8</sub>  | 朱仕豪, 2020 | 93 | 新补骨脂甲素<br>Neobavaisoflavone                                                  | C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> O <sub>4</sub>  | Wang et al., 2023                    |

|                                           |                                                                                          |                                                 |                   |     |                                                                          |                                                 |                              |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
| 5-Dihydroxy-6,7,3',4'-tetramethoxyflavone |                                                                                          |                                                 |                   |     |                                                                          |                                                 |                              |
| 38                                        | 木犀草素-4'- <i>O</i> -葡萄糖苷<br>Luteolin-4'- <i>O</i> -glucoside                              | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub> | 朱仕豪, 2020         | 94  | 罗布斯特酸 Robustic acid                                                      | C <sub>22</sub> H <sub>20</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 39                                        | 圣草酚-7- <i>O</i> -芸香糖苷<br>Eriodictyol-7- <i>O</i> -rutinoside                             | C <sub>27</sub> H <sub>32</sub> O <sub>15</sub> | 朱仕豪, 2020         | 95  | 拟雌内酯 Coumestrol                                                          | C <sub>15</sub> H <sub>8</sub> O <sub>5</sub>   | Wang et al., 2023            |
| 40                                        | 7,2'-二羟基黄<br>7,2'-Dihydroxyflavone                                                       | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>  | Wang et al., 2019 | 96  | 芒柄花黄素 Formononetin                                                       | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 41                                        | 桑黄酮 Kuwanon C                                                                            | C <sub>25</sub> H <sub>26</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2019 | 97  | 芒柄花苷 Ononin                                                              | C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>9</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 42                                        | 皂草苷 Saponarin                                                                            | C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub> | Wang et al., 2019 | 98  | 染料木素-7- <i>O</i> -葡萄糖苷<br>Biochanin-7- <i>O</i> -glucoside               | C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023            |
| 43                                        | 花旗松素 Dihydroquercetin                                                                    | C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>  | Wang et al., 2019 | 99  | 异补骨脂素 7- <i>O</i> -葡萄糖<br>Isoprunitin-7- <i>O</i> - $\beta$ -D-glucoside | C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023            |
| 44                                        | 根皮苷 Phlorizin                                                                            | C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2019 | 100 | 环裂豆醌 Claussequinone                                                      | C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 45                                        | 香叶木素-7- <i>O</i> -芸香糖苷<br>Diosmetin-7- <i>O</i> -rutinoside                              | C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>15</sub> | Wang et al., 2019 | 101 | 3-葡萄糖基-3,4',7-三羟基异黄酮酮<br>3-Glu-3,4',7-trihydroxyisoflavanone             | C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023            |
| 46                                        | 查美洛配糖苷 A<br>Chafuroside A                                                                | C <sub>21</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>  | Wang et al., 2019 | 102 | 科拉藤黄 Koparin                                                             | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 47                                        | 槲皮素-3,7-二甲醚<br>Quercetin 3,7-dimethyl ether                                              | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>  | Wang et al., 2019 | 103 | 瑞妥新-7- <i>O</i> -甲醚<br>Retusin 7-methyl ether                            | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 48                                        | 芹菜素-7- <i>O</i> -葡萄糖苷<br>Apigenin-7- <i>O</i> -glucoside                                 | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2019 | 104 | 葛根素 Puerarin                                                             | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>9</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 49                                        | 根皮苷 Phlorhizin                                                                           | C <sub>21</sub> H <sub>24</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2019 | 105 | 3,9-二甲氧基紫檀碱<br>3,9-Dimethoxypterocarpin                                  | C <sub>17</sub> H <sub>16</sub> O <sub>4</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 50                                        | 花旗松素 Taxifolin                                                                           | C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>  | Wang et al., 2019 | 106 | 鸢尾黄素 Tectorigenin                                                        | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 51                                        | 芹菜苷 Apiin                                                                                | C <sub>26</sub> H <sub>28</sub> O <sub>14</sub> | Wang et al., 2019 | 107 | 染料木苷 Genistin                                                            | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub> | Wang et al., 2023            |
| 52                                        | 刺槐素-7- <i>O</i> -新橙皮糖苷<br>Acacetin-7- <i>O</i> -neohesperidoside                         | C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub> | Wang et al., 2019 | 108 | 异山柰素 Isokaempferide                                                      | C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 53                                        | 8-异戊烯基柚皮素<br>8-Prenylnaringenin                                                          | C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2019 | 109 | 2'-甲氧基扁桃酰<br>2'-Methoxyformonetin                                        | C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 54                                        | 三甲羟基黄酮 Santin                                                                            | C <sub>18</sub> H <sub>16</sub> O <sub>7</sub>  | Wang et al., 2019 | 110 | 染料木素-8- <i>C</i> -葡萄糖苷<br>Daidzein-8- <i>C</i> -glucoside                | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>9</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 55                                        | 圣草酚-7- <i>O</i> -葡萄糖苷<br>Eriodictyol-7- <i>O</i> -glucoside                              | C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> | Wang et al., 2019 | 111 | 葛根素 Puerarin                                                             | C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>9</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 56                                        | 芍药素-3- <i>O</i> - $\beta$ -半乳糖苷<br>Peonidin-3- <i>O</i> - $\beta$ -galactoside           | C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> | Wang et al., 2019 | 112 | 坚果酸<br>Robustic acid                                                     | C <sub>22</sub> H <sub>20</sub> O <sub>6</sub>  | Wang et al., 2023            |
| 57                                        | 5-羟基-8-(4-羟基苯基)-2,2-二甲基-2 <i>H</i> ,6 <i>H</i> -苯并[1,2-b:5,4-b']二吡喃-6-酮<br>Carpachromene | C <sub>20</sub> H <sub>16</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2019 | 113 | 山柰酚<br>Kaempferol                                                        | C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>  | Feng et al., 2012; 朱仕豪. 2020 |

|    |                                                                     |                                                 |                   |     |                          |                                                |                              |
|----|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|-----|--------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|
| 58 | 异牡荆黄素 2''- <i>O</i> -阿拉伯糖苷<br>Isovitexin 2''- <i>O</i> -arabinoside | C <sub>26</sub> H <sub>28</sub> O <sub>14</sub> | Wang et al., 2019 | 114 | 柚皮素<br>Naringenin        | C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub> | 朱仕豪, 2020; Wang et al., 2023 |
| 59 | 4-甲基阿比辛酮 V<br>4-Methylabyssinone V                                  | C <sub>26</sub> H <sub>30</sub> O <sub>5</sub>  | Wang et al., 2019 | 115 | 香橙素<br>Dihydrokaempferol | C <sub>15</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> | 朱仕豪, 2020; Wang et al., 2023 |
| 60 | 蒙花苷<br>Acacetin-7- <i>O</i> -rutinoside                             | C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>14</sub> | Wang et al., 2019 | 116 | 花榈木素 Ormosinol           | C <sub>30</sub> H <sub>36</sub> O <sub>6</sub> | Feng et al., 2012            |

1.3 萜类

萜类化合物系指源于甲戊二羟酸、以异戊二烯单元（C5）为基本结构单元的天然产物，其分子骨架呈链状或环状，常含醇、醛、酮、羧酸及酯等官能团。花榈木中已鉴定出 19 种主要萜类成分（编号 117–135；详见表 3），在不同组织中存在显著差异，且其生物合成主要通过 MEP 和 MVA 途径进行（王佳琦等，2023b）。

表 3 花榈木中萜类化合物

Table 3 Terpenoids in *Ormosia henryi*

| 编号<br>No. | 化合物名称<br>Compound name              | 分子式<br>Molecular formula                        | 文献<br>Literature | 编号<br>No. | 化合物名称<br>Compound name          | 分子式<br>Molecular formula                        | 文献<br>Literature |
|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|-----------|---------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| 117       | 齐墩果酸 Oleanicacid                    | C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>3</sub>  | 王佳琦等, 2023b      | 127       | 积雪草苷<br>Asiaticoside            | C <sub>48</sub> H <sub>78</sub> O <sub>19</sub> | 王佳琦等, 2023b      |
| 118       | 二氢丹参酮I<br>Dihydrotanshinone I       | C <sub>18</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>  | 王佳琦等, 2023b      | 128       | 兔唇花灵<br>Lagochilin              | C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>5</sub>  | 王佳琦等, 2023b      |
| 119       | 瓦勒美酮 Walleminone                    | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>  | 王佳琦等, 2023b      | 129       | 木香烃内酯<br>Costunolide            | C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>  | 王佳琦等, 2023b      |
| 120       | 甘草次酸 Glycyrrhetic acid              | C <sub>30</sub> H <sub>46</sub> O <sub>4</sub>  | 王佳琦等, 2023b      | 130       | 鸡蛋花素<br>Plumericin              | C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>  | 王佳琦等, 2023b      |
| 121       | 熊果酸 Ursolic acid                    | C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O <sub>3</sub>  | 王佳琦等, 2023b      | 131       | Prespatane                      | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                 | 王佳琦等, 2023b      |
| 122       | 京尼平苷酸<br>Geniposidic acid           | C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub> | 王佳琦等, 2023b      | 132       | (+)-丁香树脂醇<br>(+)-Syringaresinol | C <sub>22</sub> H <sub>26</sub> O <sub>8</sub>  | 王佳琦等, 2023b      |
| 123       | 18α-甘草次酸<br>18α-Glycyrrhetinic acid | C <sub>30</sub> H <sub>46</sub> O <sub>4</sub>  | 王佳琦等, 2023b      | 133       | 羽扇豆醇 Lupeol                     | C <sub>30</sub> H <sub>50</sub> O               | 王佳琦等, 2023b      |
| 124       | 劳丹醇酸 Labdanolic acid                | C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>3</sub>  | 王佳琦等, 2023b      | 134       | 羽扇烯酮<br>Lupenone                | C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> O               | 王佳琦等, 2023b      |
| 125       | 芳樟醇 Linalool                        | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O               | 王佳琦等, 2023b      | 135       | 咖啡酸十八烷酯<br>Octadecylcaffeate    | C <sub>27</sub> H <sub>44</sub> O <sub>4</sub>  | 王佳琦等, 2023b      |
| 126       | 脱落酸 Absciscic acid                  | C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>  | 王佳琦等, 2023b      |           |                                 |                                                 |                  |

1.4 挥发油类

挥发性成分具有广泛的生物活性，亦是花榈木中一类重要成分。花榈木中的挥发性成分比较复杂，共计 91 种特征性挥发组分，主要包括萜类、醇类、酯类、烯烃类、醛酮类、环烃类等（夏诗琪等，2023）。花榈木中挥发性成分的名称及结构详见表 4（编号 136–226）。

表 4 花榈木中挥发油类化合物

Table 4 Volatile oil compounds in *Ormosia henryi*

| 编<br>号<br>No. | 化合物名称<br>Compound name                                                                                                                                                                                                                                    | 分子式<br>Molecular<br>formula                    | 文献<br>Literature | 编<br>号<br>No. | 化合物名称<br>Compound name                                          | 分子式<br>Molecular<br>formula                    | 文献<br>Literature |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|
| 136           | 5-甲基-2-丙-1-烯-基-2-己烯-4-基<br>己酸酯<br>(5-Methyl-2-prop-1-en-yl-2-hexene-<br>4-yl) hexanoate                                                                                                                                                                   | C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023       | 182           | 9-氧代壬酸<br>9-Oxononanoic acid                                    | C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub>  | 夏诗琪等, 2023       |
| 137           | 4a,8-二甲基-2-丙-1-烯-2-基<br>-1,2,3,4,4a,5,6,7-八氢萘<br>4a,8-Dimethyl-2-(prop-1-en-2-yl)-1,<br>2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene                                                                                                                               | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023       | 183           | 十一烯酸<br>Undecylenic acid                                        | C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023       |
| 138           | 3-丁基异苯并呋喃-1(3 <i>H</i> )-酮<br>3-Butylisobenzofuran-1(3 <i>H</i> )-one                                                                                                                                                                                     | C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023       | 184           | 十一烷 Undecane                                                    | C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023       |
| 139           | (1 <i>S</i> ,4 <i>aS</i> ,8 <i>aR</i> )-4a(2 <i>H</i> )-萘醇,<br>1,3,4,5,6,8a-六氢-7-甲基-4-亚甲基<br>-1-(1-甲基乙基)-<br>4a(2 <i>H</i> )-naphthalenol,1,3,4,5,6,8a-he<br>xahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1<br>-methylethyl)-,(1 <i>S</i> ,4 <i>aS</i> ,8 <i>aR</i> )- | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O              | 夏诗琪等, 2023       | 185           | 2,6-二甲基-2-反式-6-辛二烯<br>2,6-Dimethyl-2- <i>trans</i> -6-octadiene | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>                | 夏诗琪等, 2023       |
| 140           | 1,1'-(丙-1,3-二基)二苯<br>Benzene,1,1'-(1,3-propanediyl)bis-                                                                                                                                                                                                   | C <sub>15</sub> H <sub>16</sub>                | 夏诗琪等, 2023       | 186           | 2-己烯酸乙酯<br>Ethyl 2-hexenoate                                    | C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023       |
| 141           | 5'-羟基-2',3',4'-三甲苯乙酮<br>5'-Hydroxy-2',3',4'-trimethylacetophenone                                                                                                                                                                                         | C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023       | 187           | 己酸丙酯<br>Hexanoic acid,propyl ester                              | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023       |
| 142           | $\beta$ -菖蒲烯醇 $\beta$ -Acorenol                                                                                                                                                                                                                           | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O              | 夏诗琪等, 2023       | 188           | 丁酸环戊酯<br>Butanoic acid,cyclopentyl ester                        | C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023       |
| 143           | 马兜铃烯 Aristolochene                                                                                                                                                                                                                                        | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023       | 189           | 正十二烷 Dodecane                                                   | C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>                | 夏诗琪等, 2023       |
| 144           | 惕各酸香茅酯 Citronellyltiglate                                                                                                                                                                                                                                 | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023       | 190           | 顺-7-癸烯-1-醛<br><i>cis</i> -7-Decen-1-al                          | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | 夏诗琪等, 2023       |
| 145           | 佛术烯 Eremophilene                                                                                                                                                                                                                                          | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023       | 191           | 4,4-二甲基-十一烷<br>Undecane,4,4-dimethyl-                           | C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>                | 夏诗琪等, 2023       |
| 146           | $\beta$ -没药醇<br>3-Cyclohexen-1-ol,1-(1,5-dimethyl-<br>4-hexenyl)-4-methyl-                                                                                                                                                                                | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O              | 夏诗琪等, 2023       | 192           | 反式胡椒醇<br><i>trans</i> -Piperitol                                | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | 夏诗琪等, 2023       |
| 147           | $\alpha$ -毕橙茄醇 $\alpha$ -Cadinol                                                                                                                                                                                                                          | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O              | 夏诗琪等, 2023       | 193           | 4-甲基-十二烷<br>Dodecane,4-methyl-                                  | C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>                | 夏诗琪等, 2023       |
| 148           | ( $\pm$ )-2-(4-异丁基苯基)丙酸<br>ibuprofen                                                                                                                                                                                                                      | C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023       | 194           | 3-甲基-十二烷<br>Dodecane,3-methyl-                                  | C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>                | 夏诗琪等, 2023       |
| 149           | (3 <i>R</i> ,3 <i>aR</i> ,7 <i>S</i> ,8 <i>aS</i> )-3,6,8,8-四甲基<br>-4,7,8,8a-四氢-1 <i>H</i> -3a,7-甲烷并-蒽<br>-2(3 <i>H</i> )-酮<br>(3 <i>R</i> ,3 <i>aR</i> ,7 <i>S</i> ,8 <i>aS</i> )-3,6,8,8-tetramethyl                                                    | C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O              | 夏诗琪等, 2023       | 195           | 顺- $\beta$ -法呢烯<br><i>cis</i> - $\beta$ -Farnesene              | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023       |

|     |                                                                         |                                                             |            |     |                                                                             |                                                |            |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------|
|     | -4,7,8,8a-tetrahydro-1 <i>H</i> -3a,7-methanoazulen-2(3 <i>H</i> )-one  |                                                             |            |     |                                                                             |                                                |            |
| 150 | 顺-3-己烯基水杨酸酯<br><i>cis</i> -3-hexenylsalicylate                          | C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub>              | 夏诗琪等, 2023 | 196 | 己酸环戊酯 Hexanoic acid,cyclopentyl ester                                       | C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023 |
| 151 | T-穆罗醇 T-muurolol                                                        | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O                           | 夏诗琪等, 2023 | 197 | $\alpha$ -布林瑟烯 $\alpha$ -Bulnesene                                          | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |
| 152 | 4-羟基苯丙酸<br>Benzenepropanoicacid,4-hydroxy-                              | C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>               | 夏诗琪等, 2023 | 198 | $\alpha$ -雪松烯 $\alpha$ -Cedrene                                             | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |
| 153 | 萆澄茄油烯醇 Cubenol                                                          | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O                           | 夏诗琪等, 2023 | 199 | 反式-2-己烯酸<br><i>trans</i> -2-Hexenoic acid                                   | C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023 |
| 154 | 二苯甲酮 Benzophenone                                                       | C <sub>13</sub> H <sub>10</sub> O                           | 夏诗琪等, 2023 | 200 | D-柠檬烯 D-limonene                                                            | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |
| 155 | 茅苍术醇 Hinesol                                                            | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O                           | 夏诗琪等, 2023 | 201 | 2-己醇 2-Hexanol                                                              | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O               | 夏诗琪等, 2023 |
| 156 | 大马士酮<br>Damascenone                                                     | C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O                           | 夏诗琪等, 2023 | 202 | 5-甲基-4-己烯-3-酮<br>5-Methyl-4-hexen-3-one                                     | C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O               | 夏诗琪等, 2023 |
| 157 | [ <i>S-Z,Z</i> ]- $\alpha$ , $\alpha$ ,4,8-四甲基-3,7-环癸二烯-1-甲醇 Hedycaryol | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O                           | 夏诗琪等, 2023 | 203 | 3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯<br>1,3-Hexadiene,3-ethyl-2-methyl-                        | C <sub>9</sub> H <sub>16</sub>                 | 夏诗琪等, 2023 |
| 158 | $\alpha$ -衣兰油烯 $\alpha$ -Muurolene                                      | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                             | 夏诗琪等, 2023 | 204 | $\alpha$ -蒎烯 $\alpha$ -Pinene                                               | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |
| 159 | 2-苯氧基乙酸 Aceticacid,phenoxy-                                             | C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>                | 夏诗琪等, 2023 | 205 | 2,6,6,8-四甲基三环<br>[5.3.1.0 <sup>1,5</sup> ]十一碳-9-烯<br>(-)- $\alpha$ -cedrene | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |
| 160 | 2-羟基-1-苯基-1-丁酮<br>1-Butanone,2-hydroxy-1-phenyl-                        | C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>              | 夏诗琪等, 2023 | 206 | 2-甲基-4,6-辛二炔-3-酮<br>4,6-Octadiyn-3-one,2-methyl-                            | C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O               | 夏诗琪等, 2023 |
| 161 | (-)- $\alpha$ -柏木烯 (-)- $\alpha$ -Cedrene                               | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                             | 夏诗琪等, 2023 | 207 | $\alpha$ -胡椒烯 $\alpha$ -Cubebene                                            | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |
| 162 | 倍半侧柏烯 Sesquithujene                                                     | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                             | 夏诗琪等, 2023 | 208 | 松香醇 Longifolol                                                              | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023 |
| 163 | 3-苯丙醇<br>3-Phenylpropanol                                               | C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O                            | 夏诗琪等, 2023 | 209 | 松油烯 Terpinolene                                                             | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |
| 164 | 3-苯基-2-丙烯酸<br>2-Propenoicacid,3-phenyl-                                 | C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>                | 夏诗琪等, 2023 | 210 | 十二腈 Dodecanenitrile                                                         | C <sub>12</sub> H <sub>23</sub> N              | 夏诗琪等, 2023 |
| 165 | 乙二酰胺<br>Ethanediamide                                                   | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023 | 211 | 1-(1 <i>H</i> -吡唑-4-基)乙酮<br>Ethanone,1-(1 <i>H</i> -pyrazol-4-yl)-          | C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O | 夏诗琪等, 2023 |
| 166 | 4-甲基-2-苯基-2-戊烯醛<br>4-Methyl-2-phenylpent-2-enal                         | C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O                           | 夏诗琪等, 2023 | 212 | 乙酸己酯<br>Acetic acid,hexyl ester                                             | C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023 |
| 167 | 2-甲基-3-(1-甲基乙基)环戊酮<br>Cyclopentanone,2-methyl-3-(1-methylethyl)-        | C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O                            | 夏诗琪等, 2023 | 213 | 2-甲基-萘<br>Naphthalene,2-methyl-                                             | C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |



|     |                                                                                                                |                                                |            |     |                                                                          |                                                |            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------|-----|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------|
| 168 | 4-甲基苯甲醇- $\alpha$ -(1-甲基-2-丙烯基)-(R*,R*)-<br>Benzenemethanol,4-methyl- $\alpha$ -(1-methyl-2-propenyl)-(R*,R*)- | C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O              | 夏诗琪等, 2023 | 214 | 环己醇-乙烯基<br>Cyclohexanol,1-ethenyl-                                       | C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O               | 夏诗琪等, 2023 |
| 169 | 环己酮<br>Cyclohexanone                                                                                           | C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O               | 夏诗琪等, 2023 | 215 | 2,5-二甲基庚烷<br>Nonane,2,5-dimethyl-                                        | C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |
| 170 | 癸烷 Decane                                                                                                      | C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>                | 夏诗琪等, 2023 | 216 | 顺、反-2,6-辛二烯-1-醇<br><i>trans,cis</i> -2,6-Nonadien-1-ol                   | C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O               | 夏诗琪等, 2023 |
| 171 | 2-呋喃甲酸乙酯<br>2-Furancarboxylicacid,ethylester                                                                   | C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>   | 夏诗琪等, 2023 | 217 | 4-甲基-5-壬酮<br>4-Methyl-5-nonanone                                         | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O              | 夏诗琪等, 2023 |
| 172 | 5-丁基-1,3-环己二烯<br>1,3-Cyclohexadiene,5-butyl-                                                                   | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 夏诗琪等, 2023 | 218 | $\alpha$ -侧柏酮 $\alpha$ -Thujone                                          | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              | 夏诗琪等, 2023 |
| 173 | 2,2,5-三甲基-3,4-己烷二酮<br>3,4-Hexanedione,2,2,5-trimethyl-                                                         | C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023 | 219 | 3-甲基丁酸-3-甲基丁基酯<br>Butanoicacid,3-methyl-,3-methylbutylester              | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023 |
| 174 | 2-丙基呋喃 Furan,2-propyl-                                                                                         | C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O               | 夏诗琪等, 2023 | 220 | 1-甲氧基丙基苯<br>Benzene,(1-methoxypropyl)-                                   | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O              | 夏诗琪等, 2023 |
| 175 | 反式-2-甲基丁-2-烯-1-基-2-甲基丙烯酸酯<br>( <i>E</i> )-2-methylbut-2-en-1-ylmethacrylate                                    | C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023 | 221 | 2-壬腈 2-Nonenenitrile                                                     | C <sub>9</sub> H <sub>15</sub> N               | 夏诗琪等, 2023 |
| 176 | 乙酸环己酯<br>Acetic acid,cyclohexyl ester                                                                          | C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023 | 222 | 异丁酸戊酯<br>Propanoicacid,2-methyl-,pentylester                             | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023 |
| 177 | 2-乙酰吡咯烷<br>2-Acetylpyrrolidine                                                                                 | C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> NO              | 夏诗琪等, 2023 | 223 | 反- $\alpha,\alpha$ -5-三甲基-5-乙烯基四氢化-2-呋喃甲醇<br><i>trans</i> -Linalooloxide | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023 |
| 178 | 3,5-二甲基-十一烷<br>3,5-Dimethylundecane                                                                            | C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>                | 夏诗琪等, 2023 | 224 | 1-乙基-2,5-吡咯烷二酮<br>2,5-Pyrrolidinedione,1-ethyl-                          | C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>  | 夏诗琪等, 2023 |
| 179 | 4-十一烷酮<br>4-Undecanone                                                                                         | C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O              | 夏诗琪等, 2023 | 225 | 双氰胺<br>Imidodicarbonicdiamide                                            | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O | 夏诗琪等, 2023 |
| 180 | 香芹酮 Carvone                                                                                                    | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> | 夏诗琪等, 2023 | 226 | ( <i>E,Z</i> )-3,6-壬二烯-1-醇<br>3,6-Nonadien-1-ol,( <i>E,Z</i> )-          | C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O               | 夏诗琪等, 2023 |
| 181 | 2-异丙基-5-甲基-9-亚甲基-双环[4.4.0]癸-1-烯<br>Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene,2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-                   | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 夏诗琪等, 2023 |     |                                                                          |                                                |            |

2 花榈木药理作用

2.1 抗氧化活性

大量自由基引发的氧化还原失衡可导致机体组织氧化损伤，其中蛋白质、脂质及 DNA 的氧化应激损伤已成为疾病发生发展的重要病理机制（Cristina et al., 2022）。花榈木的抗氧化活性与其黄酮类成分密切相关，其通过清除自由基、抑制脂质过氧化等多重途径发挥细胞保护作用。研究表明，花榈木叶片作为黄酮类物质的主要富集部位，其 DPPH 和 ABTS 自由基清除率分别达 90.02%和

98.93% (郭昌庆等, 2023)。基于 UPLC-ESI-QTOF-MS/MS 技术鉴定的 42 种黄酮类化合物中, 8 种苷类成分被证实具有强抗氧化特性 (Lu et al., 2019)。具体而言, 芹菜素 (5) 可拮抗低密度脂蛋白胆固醇诱导的氧化应激 (Hertog et al., 1993); 荭草素 (8)、异荭草素 (14)、圣草酚 (19) 及木犀草素 (21) 通过直接中和 ROS、激活内源性抗氧化酶系统等多重途径发挥抗氧化作用 (袁莉等, 2013; 汤兆星等, 2023); 金合欢素 (22) 能增强大鼠肝匀浆中谷胱甘肽过氧化物酶活性并抑制体外脂质过氧化 (马纳等, 2018); 香叶木素 (23) 的 DPPH 清除能力呈明显量效关系 (卫强等, 2015); 山奈酚 (113) 可减少细胞内活性氧累积, 对超氧化物、过氧亚硝酸盐及羟基自由基有显著清除效果 (Kampkötter et al., 2007); 柚皮素 (114) 因对活性氧的高反应性而具突出抗氧化活性 (Jayaraman et al., 2011)。此外, 花榈木素 (116) 等二氢黄酮衍生物也显示出显著的 DPPH 自由基清除活性, 提示其在抗氧化体系中具有特殊作用 (Feng et al., 2012)。

## 2.2 抗炎活性

花榈木在传统医学中被广泛用于缓解跌打损伤、风湿性关节炎及产后血瘀疼痛等症, 其根部外皮可促进骨折愈合, 叶片则作为烧伤与烫伤的外用药物, 在消炎镇痛领域具有重要价值 (朱蕾等, 2024)。现代研究揭示, 其抗炎作用主要源于黄酮氧苷类成分。例如: 郑丽莹等 (2021) 从其近源植物红豆树的种子中分离的黄酮苷类成分可显著降低炎症介质一氧化氮 (NO) 水平; 张琳婧等 (2021) 发现红豆树枝条提取物能有效抑制促炎细胞因子 IL-6 的分泌; 何呈刚等 (2022) 证实异荭草素 (14) 通过靶向调控 NF- $\kappa$ B 信号通路, 下调慢性应激模型大鼠脑组织中 TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$  及 IL-17A 的基因表达, 从而改善神经炎症病理损伤。圣草酚 (19) 可抑制结肠黏膜促炎因子表达, 缓解溃疡性结肠炎 (杨舒钧等, 2022)。木犀草素 (21) 通过抑制 COX-2 和 iNOS 活性, 降低 PGE2 及 NO 生成, 并调控 MAPK/AP-1 信号轴发挥抗炎效应 (邹华等, 2019)。金合欢素 (22) 在类风湿关节炎模型中可抑制成纤维样滑膜细胞中 MMP-3 和 MMP-13 的分泌, 延缓关节破坏 (Chen et al., 2015)。金雀异黄酮 (73) 通过 Nrf2/ARE 通路减轻糖尿病肾病大鼠肾脏氧化应激与炎症反应 (陈洁等, 2023)。上述研究表明, 花榈木黄酮类成分的多靶点、多通路抗炎特性为开发新型抗炎药物提供了理论依据, 尤其在慢性炎症性疾病及组织修复领域具有广阔转化潜力。

## 2.3 抑菌活性

花榈木及其同科植物富含的黄酮类化合物具有广谱抗菌特性, 其作用机制涵盖菌丝生长干扰、细胞膜功能破坏及代谢调控等多重途径。潘镇泽等 (2022) 研究发现, 红豆树 (花榈木近缘种) 种子的异黄酮可通过干扰菌丝发育、破坏细胞膜完整性及降低保护酶活性实现抑菌效应; 邱亚铁等 (2018a) 进一步证实其茎部黄酮提取物对镰刀菌菌丝生长的显著抑制作用。代表性黄酮成分的抑菌谱与效能如下: 异荭草素 (14) 对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌及芽孢杆菌均具强抑制活性 (Cottiglia et al., 2001)。木犀草素 (21) 对枯草杆菌、荧光假单胞菌的最低抑制浓度 (MIC) 为 1.562~3.125 mg  $\cdot$  mL<sup>-1</sup>, 展现高效抗菌特性 (Lv et al., 2009)。香叶木素 (23) 通过抑制细胞毒素-溶血素活性减轻组织损伤, 阻断病原菌侵袭 (Liu et al., 2015)。金雀异黄酮 (73) 对牙龈卟啉菌和金黄色葡萄球菌的 MIC 分别为 12.5  $\mu$ g  $\cdot$  mL<sup>-1</sup> 与 10.0  $\mu$ g  $\cdot$  mL<sup>-1</sup> (Linuma et al., 1994)。黄酮类化合物印度黄檀苷 (82)、异补骨脂素 7-O 葡萄糖 (99)、柚皮素 (114) 在 150 mg  $\cdot$  L<sup>-1</sup> 浓度下对禾谷镰刀菌、西瓜尖镰孢菌等真菌的菌丝抑制率达 25.65%~39.81% (邱亚铁等, 2018)。基于其天然抗菌特性, 花榈木黄酮类成分可拓展至食品防腐剂开发、药用抗菌制剂及农业生物农药等领域, 兼具生态安全性与可持续性优势。

## 2.4 抗肿瘤活性

Feng 等 (2019) 从花榈木根皮中分离得到的新型二氢黄酮衍生物花榈木素 (116) 表现出独特的抗肿瘤机制-选择性诱导人肺癌细胞 (A549, LAC, HepG2) 发生自噬性死亡。这一机制区别于传统化疗药物诱导的凋亡, 为克服肿瘤耐药性提供了潜在新策略。又如黄酮类化合物芹菜素 (5) 可通过抑制肿瘤细胞增殖、促进细胞凋亡、抑制侵袭转移及诱导自噬等多途径发挥抗肿瘤作用 (Kang et al., 2018)。荭草素 (8) 和异荭草素 (14) 对肝癌 HepG2 细胞具明显抑制作用, 其中异荭草素 (7) 抑

制率更高（袁莉等，2013）。圣草酚（**19**）可预防 1,2-二甲基肼诱导的雄性白化 Wistar 大鼠实验性结肠癌（Mariyappan et al., 2017）。木犀草素（**21**）对人肺癌 A549 细胞具显著抑制效应，IC<sub>50</sub> 值为 6.80  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ （Naso et al., 2016）。金合欢素（**22**）以剂量和时间依赖性方式抑制肝癌细胞增殖、存活及血管生成（Alfwuaires et al., 2022）。香叶木素（**23**）能显著抑制人肝癌 HepG2、H1299 和 A549 细胞增殖（Liu et al., 2016）。山奈酚（**113**）对肾癌、肝癌等细胞具强抑制作用（Hung et al., 2017）。柚皮素（**114**）通过抑制细胞葡萄糖摄取从而阻断乳腺癌细胞增殖（王丹等，2021）。综上，花榈木抗肿瘤活性成分具有独特结构特征，主要通过诱导自噬、产生活性氧自由基及调节自噬相关信号通路等机制发挥抗癌作用，为药物研发提供了新方向。

## 2.5 对中枢神经系统的作用

Lu 等（2019）发现花榈木叶提取物富含多种黄酮类化合物，其中黄酮碳苷作为关键活性成分展现出显著抗抑郁潜力。分子机制研究表明，该成分通过上调抑郁模型小鼠海马区 BDNF 蛋白表达水平发挥作用，该神经营养因子对神经可塑性的调控作用与抗抑郁机制密切相关（朱仕豪等，2020）。针对抑郁症伴发的认知缺陷，花榈木黄酮提取物展现出多维度改善作用。刘冬等（2020）证实其可显著提升慢性不可预知轻度应激（CUMS）模型小鼠海马组织中 5-HT、DA 及 NE 单胺类神经递质水平，同步上调海马 CA1 区 GFAP 表达量并减少  $\beta$  淀粉样蛋白沉积量，提示其神经递质调节与胶质细胞功能改善协同作用机制。进一步研究表明，花榈木所含黄酮类化合物在神经退行性疾病干预中具有更广泛价值：圣草酚（**19**）通过抑制小胶质细胞 NLRP3 炎症小体活化，显著改善阿尔茨海默病（AD）模型动物的认知功能（李娜等，2023）；木犀草素（**21**）与金合欢素（**22**）通过调控氧化应激、抑制神经炎症等多重机制，在帕金森病及创伤性脑损伤治疗中展现神经保护特性（Ha et al., 2012；张雅蒙等，2023）；山奈酚（**113**）通过激活 CREB/BDNF 通路改善 AD 模型认知障碍（刘卫红等，2023）；柚皮素（**114**）则通过抑制凋亡通路减轻脑缺血再灌注损伤（胡中强等，2023）。综上，花榈木黄酮碳苷类成分兼具情绪调节与认知改善的双重作用机制，为开发新型抗抑郁药物及多靶点治疗策略奠定了理论基础。

## 3 花榈木 Q-Marker 的预测分析

### 3.1 基于植物亲缘关系和专属性的 Q-Marker 分析

植物因遗传亲缘关系相近，其生物合成途径及次生代谢产物呈现相似性（肖培根等，2021）。豆科红豆属全球共 135 种，我国分布 35 种。该属植物富含黄酮类成分，具有抗氧化、抗癌及抑菌等共性药理活性（张琳婧等，2021）。黄酮类化合物作为该属标志性活性成分，在花榈木和红豆树的传统药用部位（根、枝、叶）中均表现出突出药理价值（邱亚铁等，2018b；朱蕾等，2024）。其中，红豆树茎枝中的黄酮类物质具有显著抑菌和抗炎作用（邱亚铁等，2018a；张琳婧等，2021）；花榈木叶片总黄酮含量最高，可抑制氧化反应并发挥抗氧化活性（郭昌庆等，2023）。花榈木叶黄酮提取物在改善抑郁行为及神经保护方面功效显著（朱仕豪等，2020）。花榈木根皮中分离的二氢黄酮衍生物花榈木素（**116**）具有明显 DPPH 自由基清除活性，同时表现出良好抗肿瘤活性，可有效抑制人肺癌细胞（A549、LAC、HepG2）。综上，黄酮类化合物，特别是花榈木中含量丰富且部位特异性的黄酮碳苷，凭借其明确生物活性与物种/部位特异性，是筛选花榈木质量标志物（Q-Marker）的首要方向。

### 3.2 基于传统药性与传统药效的 Q-Marker 分析

中医药理论中，药性与药效分别从属性特征和作用机制角度诠释中药的有效性（刘昌孝，2019）。花榈木归肝、肾经，药性“辛温”。根据中医药性理论，黄酮类、挥发油类、萜类和生物碱类可能决定传统中药的辛味（孙玉平等，2015），且黄酮类在温性中药中出现频率最高（曹旭晴等，2021）。由此推测黄酮类可能是花榈木“味辛，性温”的物质基础。王小雪等（2018）研究表明，归肺经的中药材多富含萜烯类、苷类、挥发性油分及黄酮类成分。花榈木的民间药用历史和传统功效以“治疗跌打损伤”“治骨折”为主（表 5）。现代药理学研究表明，花榈木黄酮类化合物如圣草酚、木犀草素、

金合欢素、香叶木素等具有抗癌、抗病毒、抗炎、抑制破骨细胞活性等多种生物学活性（杨福红和田晶，2023）。基于化学成分与传统功效的对应关系及现代药理学研究数据，黄酮类化合物可作为花榈木质量标志物（Q-Marker）筛选的核心依据。

表 5 花榈木传统药用统计

Table 5 Traditional medicinal statistics of *Ormosia henryi*

| 疗效                  | 用法用量                                                                                    | 处方出处                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Curative effect     | Bosage and administration                                                               | Source of the prescription             |
| 治跌打损伤               | 花榈木根皮 9 g，水煎服，米酒为引。另用花榈木鲜根皮适量，甜酒糟少                                                      | 《江西草药》，1970 年 3 月第 1 版                 |
| For traumatic       | 许，捣烂外敷                                                                                  | Jiangxi Herbal Medicine, 1st edition,  |
| Injuries            | <i>O. henryi</i> root bark 9 g, decocted in water, with rice wine as a guide.           | March 1970                             |
|                     | Additionally, fresh <i>O. henryi</i> root bark, appropriate amount, with a little sweet |                                        |
|                     | wine lees, crushed and applied externally                                               |                                        |
| 治软组织扭挫伤             | 花榈木根适量。研细末，酒调敷患处，或泡酒备用，用时涂擦患处                                                           | 全国中草药汇编（下册），1996 年（第                   |
| For treating soft   | <i>O. henryi</i> root, appropriate amount. Grind into fine powder, mix with wine,       | 二版）                                    |
| tissue sprains and  | and apply to the affected area, or soak in wine for use, and apply by rubbing           | National Compilation of Chinese Herbal |
| contusions          | onto the injury site                                                                    | Medicines (Volume. 2), 2nd edition,    |
|                     |                                                                                         | 1996                                   |
| 治骨折                 | 花榈木根皮、骨碎补各 125 g，樟脑粉 30 g。加酒糟捣烂，复位固定后敷                                                  | 《福建药物志》，1992 年（第二册）                    |
| For treating        | 患处。1 星期内不必换药                                                                            | Fujian Pharmaceutical Records, 2nd     |
| fractures           | <i>O. henryi</i> root bark, 125 g, and Dipsacus root, 125 g, camphor powder, 30 g.      | volume, 1992                           |
|                     | Add wine lees and crush, then apply to the injury after realignment and                 |                                        |
|                     | fixation. No need to change the dressing within 1 week                                  |                                        |
| 治闭合性、开放性            | 花榈木根皮 7 份，泡桐、喹木、水杨梅根皮各 1 份，研末备用。闭合性骨                                                    | 全国中草药汇编（下册），1996 年（第                   |
| 骨折                  | 折：药粉与米酒调糊，加热至 40~50 ℃外敷患处；开放性骨折：加白糖/                                                    | 二版）                                    |
| For treating closed | 蜂蜜调糊，隔纱布热敷，每日换药 1 次。敷药前常规复位并用小夹板固定。                                                     | National Compilation of Chinese Herbal |
| and open fractures  | 24 h 内可止痛，48 h 消肿                                                                       | Medicines (Volume. 2), 2nd edition,    |
|                     | <i>O. henryi</i> root bark 7 parts, paulownia, poplar, and Salix roots 1 part each.     | 1996                                   |
|                     | Grind into powder for later use. For closed fractures: Mix the powder with rice         |                                        |
|                     | wine to form a paste, heat to 40~50℃, and apply externally to the injury; for           |                                        |
|                     | open fractures: Mix with white sugar/honey to form a paste, apply gauze, and            |                                        |
|                     | heat compress, changing the dressing once a day. Prior to application, realign          |                                        |
|                     | and use a small splint for fixation. Pain relief within 24 hours, swelling              |                                        |
|                     | reduced within 48 hours                                                                 |                                        |
| 治腰肌劳损，扭伤            | 花榈木根皮 84 g，用高粱酒 400 mL 浸 7 天，常加摇动。成人每服 6 mL，                                            | 《江西草药》，1970 年 3 月第 1 版                 |
| For lumbar muscle   | 每日 2 次，7 天为 1 个疗程；另用药液外擦患处                                                              | Jiangxi Herbal Medicine, 1st edition,  |
| strain and sprains  | <i>O. henryi</i> root bark 84 g, soaked in 400 mL sorghum wine for 7 days, shake        | March 1970                             |
|                     | regularly. Adults take 6 mL, twice a day, for 7 days as one course of treatment;        |                                        |
|                     | also use the solution externally to rub the affected area                               |                                        |
| 治感冒                 | 花榈木茎 3 g。水煎服，白糖为引                                                                       | 江西《草药手册》，1970 年                        |
| For treating the    | <i>O. henryi</i> stem 3 g. Decoction in water, with white sugar as a guide              | Jiangxi Herbal Medicine Handbook,      |
| common cold         |                                                                                         | 1970                                   |
| 治腮腺炎                | 花榈木根 30 g，青木香 12 g。将研磨好的粉末混合在一起，加入酒精，然                                                  | 全国中草药汇编（下册），1996 年（第                   |
| For treating mumps  | 后涂于患处。如果有严重的全身症状，可以在同一时间口服 70%药剂，成                                                      | 二版）                                    |

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                 |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                                | 年人每次 5 mL，儿童每次 2 mL，每天 2 次                                                                                                                                                                                                                                         | National Compilation of Chinese Herbal          |
|                                                | <i>O. henryi</i> root 30 g, Qingmuxiang ( <i>Saussurea lappa</i> ) 12 g. Grind into powder, mix with alcohol, and apply to the affected area. For severe systemic symptoms, 70% solution may also be taken orally, 5 mL for adults, 2 mL for children, twice a day | Medicines (Volume. 2), 2nd edition, 1996        |
| 治烫伤                                            | 花榈木叶研末，调茶油涂患处                                                                                                                                                                                                                                                      | 《福建药物志》，1992 年（第二册）                             |
| For treating burns                             | <i>O. henryi</i> leaves, ground into powder, and mixed with tea oil, then applied to the affected area                                                                                                                                                             | Fujian Pharmaceutical Records, 2nd volume, 1992 |
| 避孕                                             | 鲜花榈木根 3 钱。煎水，月经干净后 3 天服                                                                                                                                                                                                                                            | 江西《草药手册》，1970 年                                 |
| For contraception                              | Fresh <i>O. henryi</i> root 3 qian (about 9 g). Decoction in water, to be taken 3 days after menstruation has ended                                                                                                                                                | Jiangxi Herbal Medicine Handbook, 1970          |
| 产后血瘀腹痛                                         | 花榈木根 5 钱。用法：水煎，分 2 次服                                                                                                                                                                                                                                              | 江西《草药手册》，1970 年                                 |
| For postpartum blood stasis and abdominal pain | <i>O. henryi</i> root 5 qian (about 15 g). Decoction, to be taken in two doses                                                                                                                                                                                     | Jiangxi Herbal Medicine Handbook, 1970          |
| 竹吐青蛇咬伤                                         | 鲜花榈木根皮适量。用法捣烂敷伤口周围                                                                                                                                                                                                                                                 | 《江西草药》，1970 年                                   |
| For bamboo snakebite                           | Fresh <i>O. henryi</i> root bark, appropriate amount. Crush and apply around the wound                                                                                                                                                                             | Jiangxi Herbal Medicine Handbook, 1970          |
| 治白喉                                            | 花榈木根 2 钱。磨醋服                                                                                                                                                                                                                                                       | 江西《草药手册》，1970 年                                 |
| For treating diphtheria                        | <i>O. henryi</i> root 2 qian (about 6 g). Ground into powder, mixed with vinegar, and taken orally                                                                                                                                                                 | Jiangxi Herbal Medicine Handbook, 1970          |

3.3 基于化学成分可测性的 Q-Marker 分析

中药活性成分的可测性是筛选质量标志物（Q-Marker）的关键依据，指标成分的定量分析也是中药材质量标准的重要组成。郭昌庆等（2023）采用加热回流法测得花榈木叶片总黄酮含量为（2.070±0.066）%。朱任豪（2020）团队采用制备型高效液相色谱联用技术（HSCCC-Pre-HPLC），从花榈木叶乙醇提取物中检测出 8 种高含量黄酮类化合物，包括 2''-O-鼠李糖基异荛草素、2''-O-鼠李糖基异牡荆素、2''-O-鼠李糖基牡荆素、异牡荆素、异荛草素、香叶木苷、荛草素、蒙花苷。LU 等（2019）运用 UPLC-ESI-QTOF-MS/MS 法鉴定出花榈木中 42 种黄酮类化合物中，具有抗抑郁活性的成分包括 6 种黄酮碳苷（如木犀草素-6-C-新橙皮草苷、木犀草素-6-C-糖苷、木犀草素-8-C-糖苷、芹菜素-8-C-新橙皮糖苷、芹菜素苷-6-C-新橙皮草苷及芹菜素-6-C-葡萄糖苷）和 2 种氧苷（如香叶木苷、蒙花苷）。这些成熟、可重复的分析方法为将黄酮类成分纳入质量标准提供了坚实的技术支撑。

3.4 基于网络药理学预测的 Q-Marker 预测分析

3.4.1 花榈木活性成分及潜在活性靶点筛选

通过中国知网（CNKI）和 PubMed 数据库检索与“花榈木”或“*Ormosia henryi*”相关的文献，基于植物亲缘性、化学成分专属性、传统药性药效、化学成分可测性方面推测，黄酮类化合物为花榈木潜在的 Q-Marker 选择对象，本研究构建了一个包含 112 个黄酮类化合物组成的专属化学成分库。基于中药系统药理学数据库与分析平台（TCMSP），以口服生物利用度（OB）≥30%和类药性（DL）≥0.18 为筛选标准（Ru et al., 2014），并结合中药综合资源数据库（ETCM）的类药性权重≥0.5 的条件，最终确定了 7 个黄酮类活性化合物（表 6）。随后，以筛选出的化合物为数据基础，将其 targetname 导入 PubChem（<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>）获取 SMILES，再导入 SwissTargetPrediction 数据库（<http://swisstargetprediction.ch/>）以“probability”值大于 0 为限制对筛选成分的靶点进行整理分析，共得到 151 个成分靶点。

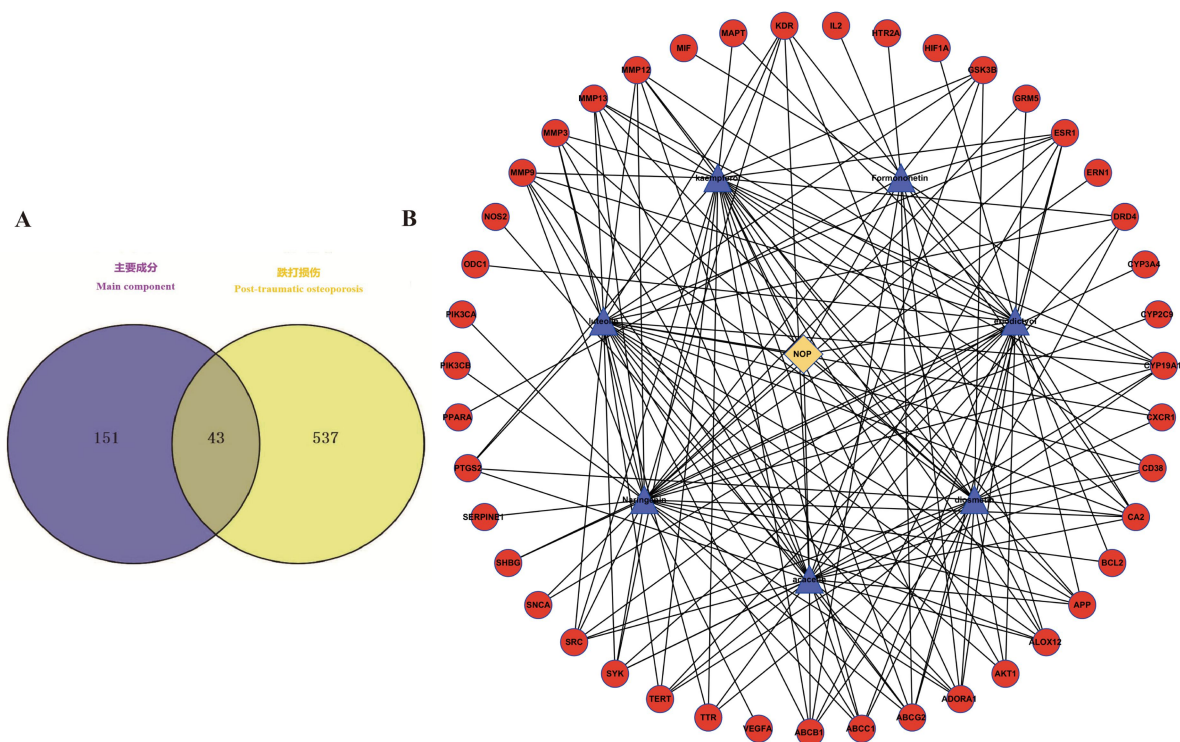
表 6 花榈木候选靶标的活性成分

Table 6 Active compounds of *Ormosia henryi* as potential targets

| 编号 No. | 化合物<br>Compound    | Molecule ID | OB (%) | DL   | Drug-likenessWeight |
|--------|--------------------|-------------|--------|------|---------------------|
| 1      | 圣草酚 Eriodictyol    | MOL005190   | 71.79  | 0.24 | 0.599               |
| 2      | 木犀草素 Luteolin      | MOL000006   | 36.16  | 0.25 | 0.598               |
| 3      | 金合欢素 Acacetin      | MOL001689   | 34.97  | 0.24 | 0.886               |
| 4      | 香叶木素 Diosmetin     | MOL002881   | 31.14  | 0.27 | 0.788               |
| 5      | 刺芒柄花素 Formononetin | MOL010586   | 66.39  | 0.21 | 0.909               |
| 6      | 山奈酚 Kaempferol     | MOL000422   | 41.88  | 0.24 | 0.637               |
| 7      | 柚皮素 Naringenin     | MOL004328   | 59.29  | 0.21 | 0.742               |

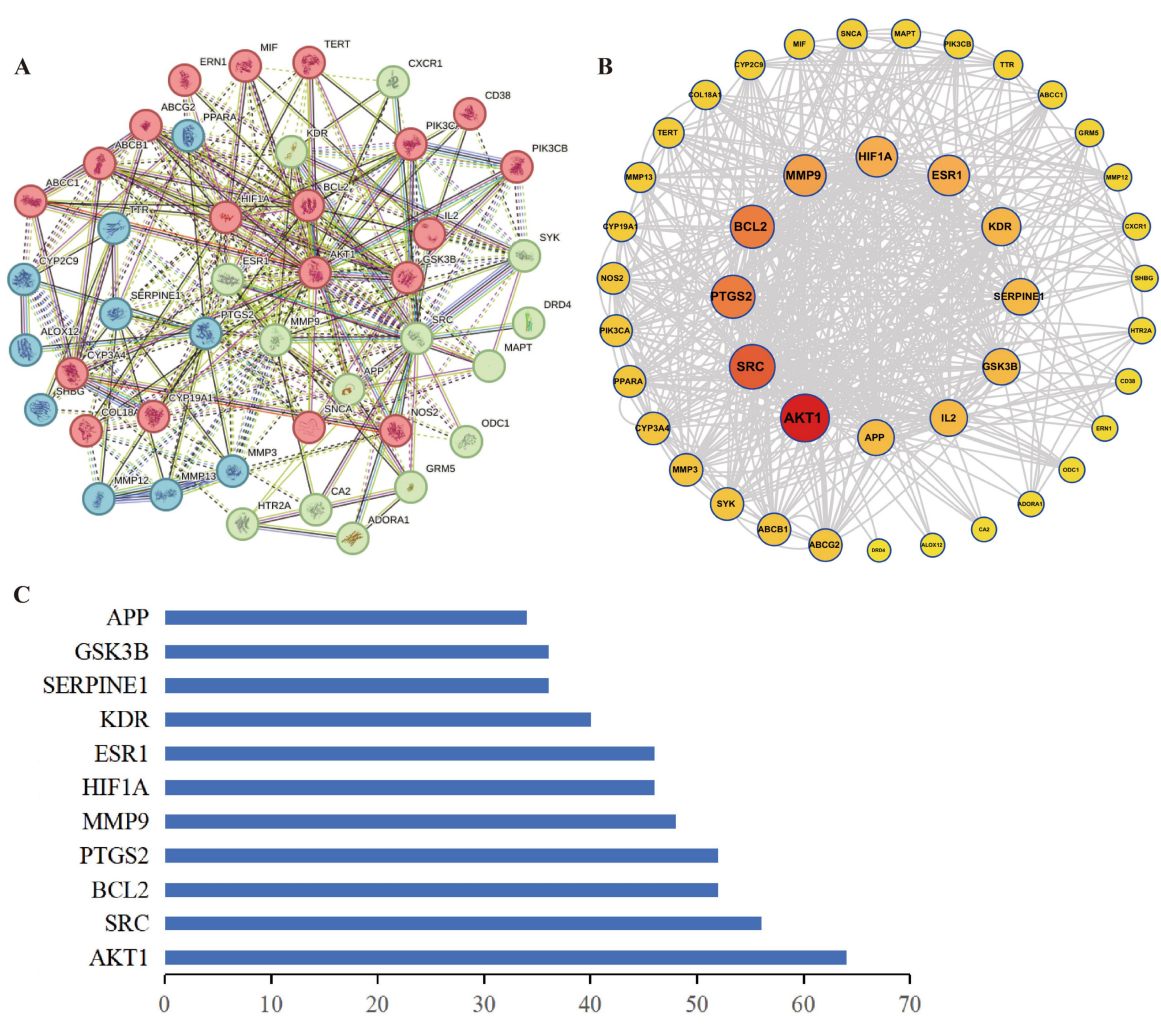
### 3.4.2 花榈木活性成分与疾病靶点的网络构建

本研究以花榈木在治疗跌打损伤中的传统功效为切入点，以“Post-traumatic osteoporosis (PTO)”为关键词，通过整合 DisGeNET (<https://www.disgenet.org/>) 和 Genecards (<https://www.genecards.org/>) 数据库筛选获得 537 个疾病靶点。采用韦恩图分析，最终确定 43 个成分与疾病的交集靶点（图 1：A）。利用 Cytoscape3.10.0 软件建立“药物-成分-疾病”交互网络模型（图 1：B）。交联度排序结果显示：圣草酚>木犀草素>金合欢素>香叶木素>山奈酚>柚皮素>刺芒柄花素；其中前六位同属高交联度层级（均>0.85），刺芒柄花素略低（0.81）。据此推断，上述核心黄酮类成分（尤其是前六者）可能构成了花榈木治疗跌打损伤（PTO）的关键药效物质基础，可作为 Q-Marker 筛选的重点候选对象。





定为"Homosapiens", 置信度阈值设定为 0.400。将生成的 PPI 网络数据导入 Cytoscape 软件进行可视化处理, 以阐明"药物-靶点-疾病"之间的相互作用关系(图 2: A)。该互作网络包含 43 个节点和 261 条连接边, 其平均节点密度达到 12.1, 局部聚类系数均值为 0.658。运用 CytoNCA 插件对网络进行拓扑特征分析, 依据度中心性、介数中心性和接近中心性 3 个参数(均超过中位数水平)筛选出 12 个关键靶点(图 3: B)。核心靶点的度值排序显示(图 3: C), 其关联度值高低排序为 AKT1 (64)、SRC (56)、BCL2 (52)、PTGS2 (52)、MMP9 (48)、HIF1A (46)、ESR1 (46)、KDR (40)、SERPINE1 (36)、GSK3B (36)、APP (34)。结果显示这些关键靶点可能在花榈木治疗跌打损伤性疾病方面具有重要意义。



APP 淀粉样前体蛋白; GSK3B 糖原合成酶激酶 3β; SERPINE1 纤溶酶原激活物抑制因子 1; KDR 激酶插入域受体; ESR1 雌激素受体α; HIF1A 低氧诱导因子 1α; MMP9 基质金属蛋白酶 9; PTGS2 前列腺素内过氧化物合酶 2; BCL2 B 细胞淋巴瘤 2; SRC 肉瘤病毒癌基因同源物; AKT1 蛋白激酶 Bα。

APP Amyloid precursor protein; GSK3B Glycogen synthase kinase 3 beta; SERPINE1 Serpin family e member 1; KDR Kinase insert domain receptor; ESR1 Estrogen receptor 1; HIF1A Hypoxia inducible factor 1 alpha; MMP9 Matrix metalloproteinase 9; PTGS2 Prostaglandin-endoperoxide synthase 2; BCL2 B-Cell lymphoma 2; SRC Proto-oncogene tyrosine-protein kinase src; AKT1 AKT Serine/threonine kinase 1。

图 2 花榈木活性成分与跌打损伤性疾病的交集靶点 PPI 网络 (A)、交集靶点的子网络 (B)、核心靶点的度值排序 (C)

Fig. 2 shows the intersection target PPI network of active components of *Ormosia henryi* and contusion injury diseases (A), subnetwork of intersection targets (B), degree value ranking of core targets (C)

3.4.4 潜在靶标基因本体（GO）与京都基因与基因组百科全书（KEGG）通路富集分析

通过 DAVID 数据库实施基因本体（GO）注释与 KEGG 代谢通路分析，并借助微生信平台生成相应的富集分析气泡图（图 3）。研究首先将药物-疾病靶点数据输入 DAVID 系统进行通路筛选，筛选标准设定为 P 值小于 0.05。在 GO 功能注释环节，选取 Gene Ontology 分类体系中的生物过程（BP）、细胞组分（CC）和分子功能（MF）3 个维度，各选取排名前十的条目进行可视化展示（图 3：A）。分析结果显示，BP 模块共鉴定 251 个条目，主要涉及基因表达抑制、凋亡调控、信号传导以及外源刺激响应等功能；CC 模块获得 39 个条目，主要分布于质膜、细胞质基质、核质等亚细胞结构；MF 模块包含 75 个条目，涵盖蛋白质相互作用、ATP 结合以及二聚化活性等分子功能。在 KEGG 通路富集分析中，共识别 110 条代谢通路，其中 102 条达到显著性水平（ $P<0.05$ ），研究重点对前 20 条通路进行可视化呈现（图 3：B）。本研究表明，花榈木治疗 PTO 的作用机制主要涉及肿瘤发生、神经退行性疾病、脂质代谢紊乱、EGFR 抑制剂耐药以及缺氧诱导因子信号通路等多个生物学过程。

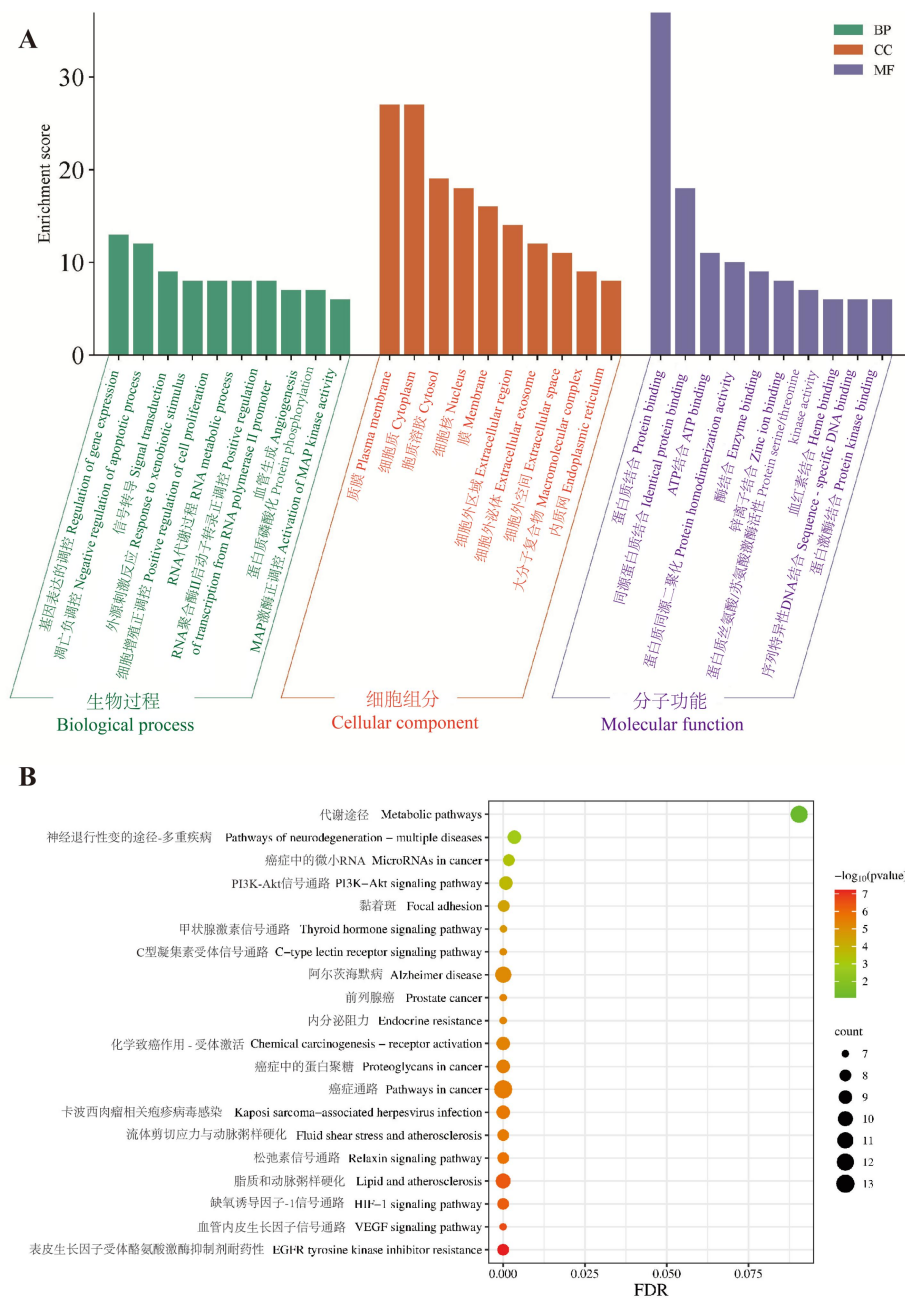


图 3 GO 功能富集分析柱状图（A）及 KEGG 富集分析气泡图（B）

Fig. 3 GO functional enrichment analysis bar chart (A) and KEGG enrichment analysis bubble chart (B)



网络药理学预测筛选的核心靶点（AKT1、SRC、BCL2、PTGS2、MMP9）具有重要生物学意义。其中，AKT1 通过调控细胞存活、增殖与代谢，介导抗炎、抗凋亡及神经保护过程（Wang et al., 2025）；SRC 作为非受体酪氨酸激酶，参与炎症信号传导和细胞迁移（Brian Iv Ben F & Freedman Tanya S, 2025）；PTGS2 是炎症介质合成的关键限速酶（Lucido michael J et al., 2018）；MMP9 通过降解细胞外基质，关联组织修复（如骨折愈合）、炎症浸润及肿瘤转移（Weiler J et al., 2018）。KEGG 富集分析显示，上述靶点显著富集于肿瘤通路、HIF-1 信号通路及脂质与动脉粥样硬化通路（图 3: B），这与花榈木传统功效：抗炎、抗肿瘤及治疗跌打损伤高度吻合。预测的候选质量标志物（Q-Marker）包括圣草酚、木犀草素、金合欢素、香叶木素、山奈酚和柚皮素。现有文献证实，这些化合物可协同调控多个核心靶点：如抑制 PTGS2 和 MMP9 活性；调节 AKT/BCL2 信号轴；影响 HIF1A 蛋白稳定性等（汪宗清等，2020；张来福等，2021；刘雅妮和牛红青，2022）。该多靶点作用模式从计算层面支持了其作为 Q-Marker 的合理性，并系统阐释了花榈木活性成分通过网络化调控实现多功效的分子机制。

## 4 结论

花榈木作为具有重要药用价值的传统植物，其富含的化学成分，特别是结构多样的黄酮类化合物，构成了其药理活性的物质基础。现代药理学研究已证实其提取物及单体成分在抗氧化、抗炎、抑菌、抗肿瘤及神经保护（如抗抑郁）等方面表现出显著活性，这为阐释其传统功效（祛风除湿、活血破瘀、解毒消肿，尤擅跌打损伤）提供了重要的现代科学支撑。本研究基于中药质量标志物（Q-Marker）的“五原则”，对花榈木进行了系统的预测分析，初步将黄酮类成分指向其核心 Q-Marker 候选方向，并筛选出圣草酚、木犀草素、金合欢素、香叶木素、山奈酚及柚皮素等具体成分作为重点研究对象。这些预测性结果为后续完善花榈木质量评价体系提供了有价值的理论线索和初步基础，也为深入挖掘其药用价值和作用机制指明了潜在方向。然而，目前所得结论主要基于文献整合与网络药理学预测分析，尚未通过生物学试验对候选 Q-Marker 的药效活性及其在体内的过程（吸收、分布、代谢、排泄）进行实验验证；亦未结合多成分定量分析与生物效价检测构建“成分-功效”关联的质量评价体系，因此结论仍具有一定局限性。未来工作需重点围绕以下两方面展开：采用细胞/动物模型对预测的黄酮类 Q-Marker 开展体内外药效学验证实验，明确其与抗氧化、抗炎及神经保护等关键活性之间的直接因果关系；建立液相色谱-质谱联用的多成分定量分析方法，结合指纹图谱与生物效价测定技术，对候选 Q-Marker 进行含量测定与一致性评价；同时利用多组学（代谢组、转录组、蛋白组）及分子影像手段深入解析其作用机制。通过上述生物学和质量标志物检测的系统验证，可望构建科学合理的质量控制标准，推动花榈木药用资源的规范化开发与高值化利用。

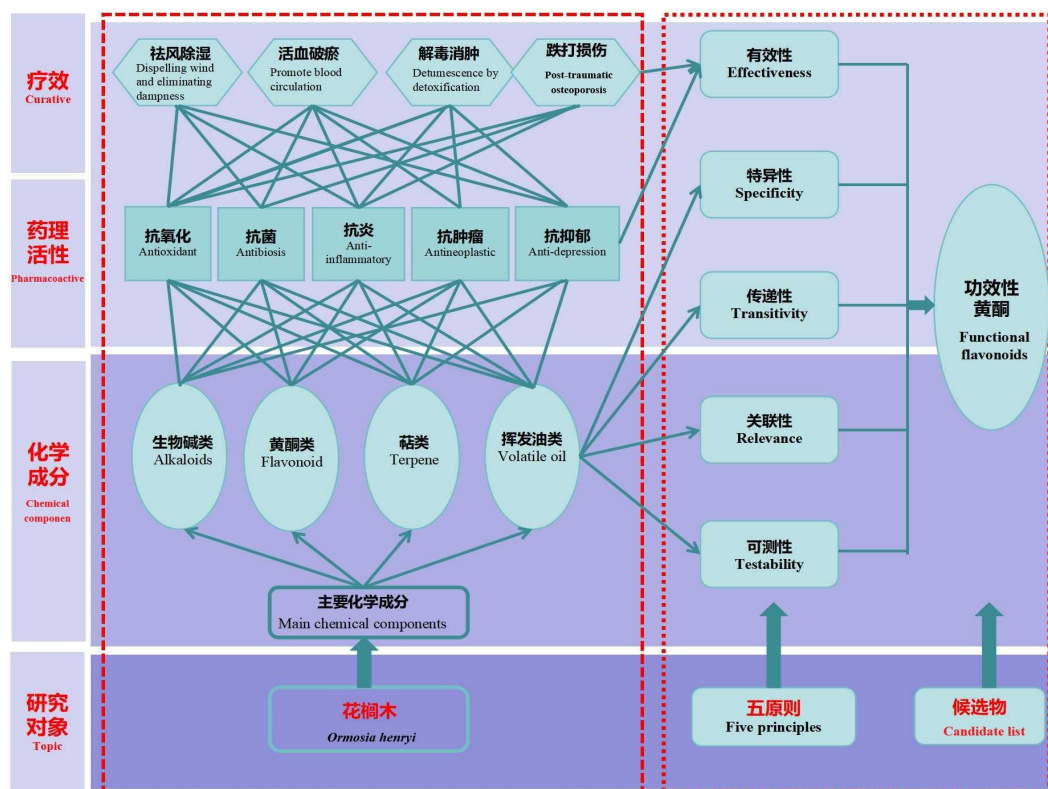


图 4 花榈木化学成分、药理作用及 Q-Marker 预测关联图

Fig. 4 Chemical composition, pharmacological effects and Q-Marker prediction correlation graph of *Ormosia henryi*

## 参考文献:

- ALFWUAIRES M, ELSAWY H, SEDKY A, 2022. Acacetin inhibits cell proliferation and induces apoptosis in human hepatocellular carcinoma cell lines[J]. *Molecules*, 27(17): 5361-5374.
- BRIAN IV BEN F, FREEDMAN TANYA S, 2021. The src-family kinase lyn in immunoreceptor signaling [J]. *Endocrinology*, 162(10): bqab152.
- CAI YZ, JIA QJ, 2025. Multi-omics research progress on the synthesis pathway gene of effective chemical components in medicinal and edible homologous plants[J]. *Natural Product Research and Development*, 37(1): 182-193.[蔡允璋, 贾巧君, 2025. 药食同源植物有效化学成分合成途径基因的组学研究进展[J]. *天然产物研究与开发*, 37(1): 182-193.]
- CAO XQ, LI JA, YANG XH, 2021. Research progress of Chinese herbal medicine and its active components with warm in nature in antiviral therapy[J]. *Asia-Pacific Traditional Medicine*, 17(10): 194-198.[曹旭晴, 李继安, 杨秀红, 2021. 温性中药及其活性成分抗病毒研究进展[J]. *亚太传统医药*, 17(10): 194-198.]
- CHEN J, YANG LY, HAO XJ, et al., 2023. Effect and mechanism of genistein on renal injury in diabetic nephropathy rats via Nrf2/HO-1 pathway[J]. *Modern Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine*, 32(16): 2241-2248.[陈洁, 杨林燕, 郝晓娟, 等, 2023. 基于 Nrf2/HO-1 通路探讨金雀异黄酮对糖尿病肾病大鼠肾损伤的影响及机制[J]. *现代中西医结合杂志*, 32(16): 2241-2248.]
- CHEN WP, YANG ZG, HU PF, et al., 2015. Acacetin inhibits expression of matrix metalloproteinases via a MAPK-dependent mechanism in fibroblast-like synoviocytes[J]. *Journal of cellular and molecular medicine*, 19(8): 1910-1915.
- COTTIGLIA F, LOY G, GARAU D, et al., 2001. Antimicrobial evaluation of coumarins and flavonoids from the stems of *Daphne gnidium* L[J]. *Phytomedicine*, 8(4): 302-305.
- CRISTINA M, ROSA A, 2022. Preface to nitric oxide modulators in health and disease I[J]. *Molecules*, 27(20): 6820.
- FABRICANT DS, FARNSWORTH NR, 2001. The value of plants used in traditional medicine for drug discovery[J]. *Environ Health Perspect*, 109 Suppl 1(Suppl 1): 69-75.
- FENG SX, HAO J, XU ZF, et al., 2012. Polyphenylated isoflavanone and isoflavonoids from *ormosia henryi* and their cytotoxicity and anti-oxidation activity[J]. *Fitoterapia*, 83(1): 161-165.
- GAO XJ, YUE YM, HUANG ZJ, et al. 2025. The HIF-1 $\alpha$  signaling pathway: A key approach to revealing the effects of *Scutellaria baicalensis* Georgi against lipopolysaccharide-induced spontaneous abortion[J]. *Phytomedicine*, 145: 157013.

- GUO CQ, XIA SQ, LIU LT, et al., 2023. The forest health value of the precious tree *Ormosia Henryi*[J]. Forestry Science and Technology Information, 55(4): 23-25.[郭昌庆, 夏诗琪, 刘丽婷, 等, 2023. 珍贵树种花榈木森林康养价值[J]. 林业科技情报, 55(4): 23-25.]
- GUO CQ, XIA SQ, SHAO QF, et al., 2023. Determination of flavonoids in different parts of *Ormosia henryi* and study on antioxidant activity[J]. South China Forestry Science, 51(3): 11-14.[郭昌庆, 夏诗琪, 邵齐飞, 等, 2023. 花榈木不同部位总黄酮含量测定和抗氧化作用研究[J]. 南方林业科学, 51(3): 11-14.]
- HA SK, MOON E, LEE P, et al. 2012. Acacetin attenuates neuroinflammation via regulation the response to LPS stimuli in vitro and in vivo[J]. Neurochemical research, 37 (7) :1560-1567.
- HE CG, CHEN XY, XU Z, 2022. Effects of isoorientin on behavioural and hippocampal neuronal and inflammation-related pathways in a rat model of chronic stress depression[J]. Journal of Brain and Nervous Diseases, 30(7): 431-435.[何呈刚, 陈秀芸, 许珍, 2022. 异荭草素对慢性应激抑郁模型大鼠行为学及海马神经元与炎症相关通路的作用[J]. 脑与神经疾病杂志, 30(7): 431-435.]
- HERTOG MG, FESKENS EJ, HOLLMAN PC, et al., 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study[J]. Lancet, 342: 1007-1011.
- HU ZQ, YANG Y, LI MK, 2023. Research progress on the neuroprotective mechanisms of naringenin in cerebral ischemia-reperfusion injury and the targets[J]. Hebei Medical Journal, 45(24): 3801-3805, 3810.[胡中强, 杨悦, 李明阔, 等, 2023. 柚皮素对脑缺血再灌注损伤神经保护机制及作用靶点研究进展[J]. 河北医药, 45(24): 3801-3805, 3810.]
- HUNG TW, CHEN PN, WU HC, et al., 2017. Kaempferol inhibits the invasion and migration of renal cancer cells through the down regulation of AKT and FAK pathways[J]. International journal of medical sciences, 14(10): 984-993.
- HUO P, LIU WY, 2012. Microwave assisted synthesis and antibacterial activity of naringenin aromatic hydrazone compounds[J]. Chemical Reagents, 34(4): 312-314.[霍平, 刘万云, 2012. 柚皮素芳酰肼化合物的微波合成与抑菌活性研究[J]. 化学试剂, 34(4): 312-314.]
- JAYARAMAN J, NAMASIVAYAM N, 2011. Naringenin modulates circulatory lipid peroxidation, anti- oxidant status and hepatic alcohol metabolizing enzymes in rats with ethanol induced liver injury[J]. Fundamental & Clinical Pharmacology, 25(6): 682-689.
- KAMPKOR TTER A, NKWONKAM C.G, ZURAWSKI R.F, et al., 2007. Effects of the flavonoids kaempferol and fisetin on thermotolerance, oxidative stress and FoxO transcription factor DAF-16 in the model organism *Caenorhabditis elegans*[J]. Archives of toxicology, 81(12):849-858.
- KANG C H, MOLAGODA IMN, CHOI Y H, et al., 2018. Apigenin promotes TRAIL-mediated apoptosis regardless of ROS generation[J]. Fundamental & Clinical Pharmacology, 111:623-30.
- KINGHORN AD, HUSSAIN RA, ROBBINS EF, et al., 1988. Alkaloid distribution in seeds of *Ormosia*, *Pericopsis* and *Haplormosia* [J]. Phytochemistry, ,27(2): 439-444.
- LI N, LI MD, GUO MF, et al., 2023. Eriodictyol improves cognitive function in 5×FAD mice of Alzheimer's disease by inhibiting the microglia NLRP3 inflammasome signaling pathway[J]. Chinese Journal of Cellular and Molecular Immunology, 39(11):973-980.[李娜, 李梦迪, 郭敏芳, 等, 2023. 圣草酚通过抑制小胶质细胞 NLRP3 炎症体信号通路改善 5×FAD 阿尔兹海默病小鼠认知功能[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 39(11):973-980.]
- LINUMA M, OKAWA Y, TANAKA T, et al., 1994. Anti-oral microbial activity of isoflavonoids in root bark of *Ormosia monosperma* [J]. Phytochemistry, 37(3):889-891.
- LIU CX, 2019. Quality marker(Q-marker) of Chinese materia medica: Improving quality standard and quality control theory of CMM and promoting scientific development of CMM industry[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 50(19): 4517-4518.[刘昌孝, 2019. 中药质量标志物(Q-marker): 提高中药质量标准及质量控制理论和促进中药产业科学发展[J]. 中草药, 50(19): 4517-4518.]
- LIU D, LIU DD, MA L, et al., 2020. *Ormosia henryi* Prain leaf extract alleviates cognitive impairment in chronic unpredictable mild stress mice[J]. Progress in Biochemistry and Biophysics, 47(8): 768-779.[刘冬, 刘顶鼎, 马丽, 等, 2020. 花榈木提取物对慢性不可预知应激小鼠认知损害的影响(英文)[J]. 生物化学与生物物理进展, 47(8): 768-779.]
- LIU J, REN H, LIU B, et al., 2016. Diosmetin inhibits cell proliferation and induces apoptosis by regulating autophagy via the mammalian target of rapamycin pathway in hepatocellular carcinoma Hep G2 cells[J]. Oncology letters, 12 (6) :4385-4392.
- LIU S, ZHOU X, LI W, et al., 2015. Diosmetin inhibits the expression of alpha-hemolysin in *Staphylococcus aureus*[J]. Antonie Van Leeuwenhoek, 108(2):383-389.
- LIU WH, ZHAO WG, HAN XZ. 2023. Therapeutic effects of kaempferol on rats with Alzheimer's disease and its effect on CREB/BDNF signaling pathway[J]. Stroke and Nervous Diseases, 30 (4):333-337+343.[刘卫红, 赵伟光, 韩晓正, 2023. 山奈酚对阿尔茨海默病模型大鼠的治疗作用及

- CREB/BDNF 信号通路的影响[J].卒中与神经疾病,30 (4):333-337+343.]
- LIU YN, NIU HQ. 2022. Mechanism of luteolin in the treatment of gout based on network pharmacology and molecular docking[J]. Chinese Youjiang Medical Journal,50(8):566-571.[刘雅妮,牛红青.基于网络药理学及分子对接预测木犀草素治疗痛风作用的研究[J].右江医学,2022,50(8):566-571.]
- LIU ZH, SUN XB. 2012. Network pharmacology: new opportunity for the modernization of traditional Chinese medicine[J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 47(6): 696-703.[刘志华, 孙晓波. 2012. 网络药理学:中医药现代化的新机遇[J]. 药科学报, 47(6): 696-703.]
- LU Y, ZHU S, HE Y, et al., 2019. Phytochemical profile and antidepressant effect of *Ormosia henryi* prain leaf ethanol extract[J]. International Journal of Molecular Sciences, 20(14).
- LUCIDO MICHAEL J, ORLANDO BENJAMIN J, VECCHIO ALEX J, et al., 2016. Crystal structure of aspirin-acetylated human cyclooxygenase-2: insight into the formation of products with reversed stereochemistry [J]. Biochemistry, 55(8): 1226-1238.
- LV P C, LI H Q, XUE J Y, et al., 2009. Synthesis and biological evaluation of novel luteolin derivatives as antibacterial agents[J].European Journal of Medicinal Chemistry,44 (2):908-914.
- MA N, LI YJ, FAN JP. 2018. Research progress on pharmacological action of acacetin[J].Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy,35(10):1591-1595.[马纳,李亚静,范吉平, 2018. 金合欢素药理研究进展[J].中国现代应用药学, 35(10):1591-1595.]
- MARIYAPPAN P, KALAIYARASU T, MANJU V. 2017. Effect of eriodictyol on preneoplastic lesions, oxidative stress and bacterial enzymes in 1,2-dimethyl hydrazine-induced colon carcinogenesis[J]. Toxicology research, 6(5):678-692.
- NASO LG, LEZAMA L, VALCARCEL M, et al., 2016. Bovine serum albumin binding, antioxidant and anticancer properties of an oxidovanadium (IV) complex with luteolin[J].Journal of Inorganic Biochemistry,157:80-93.
- National Compendium of Chinese Herbal Medicines, 1996. Colour atlas of national compendium of Chinese herbal medicines [M]: People's Health Publishing House: 189.[编写组编全国中草药汇编, 1996. 全国中草药汇编彩色图谱[M]: 人民卫生出版社:189.]
- National Medical Products Administration, 2002. National standard compilation of traditional Chinese patent medicines·orthopedics and traumatology volume [S]. Beijing: Chinese Pharmacopoeia Commission, 2002: 48.[国家药品监督管理局. 国家中成药标准汇编·骨伤科分册[S]. 北京: 国家药典委员会, 2002: 48.]
- PAN ZZ, FU JR, ZHENG W, et al., 2022. Inhibitory activity of isoflavones from *Ormosia hosiei* seeds against *Botrytis cinerea*[J].Fujian Journal of Agricultural Sciences, 37(6): 794-801.[潘镇泽, 傅佳蕊, 郑威, 等, 2022. 红豆树异黄酮类成分抑制番茄灰霉病菌的活性研究[J]. 福建农业学报, 37(6): 794-801.]
- QIU YT, SHI Y, XU HY, et al., 2018a. Flavonoids from the twigs of *Ormosia hosiei* and their anti-fungal activities[J].Natural Product Research and Development,30(12): 2056-2062.[邱亚铁, 石妍, 徐会有, 等, 2018a. 红豆树茎枝中黄酮类成分及其抑菌活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 30(12): 2056-2062.]
- RU J, LI P, WANG J, et al., 2014. Tcmisp: a database of systems pharmacology for drug discovery from herbal medicines[J]. J Cheminform, 6: 13.
- SONG Y, ZHANG GL, JIA QQ, et al., 2021. Prediction of potential distribution of *Ormosia henryi* in China under climate change[J].Journal of Northwest Forestry University, 36(6): 108-115.[宋颖, 张港隆, 贾全全, 等, 2021. 气候变化下花榈木在我国的潜在分布区预测[J]. 西北林学院学报, 36(6): 108-115.]
- SUN YP, ZHANG TJ, CAO H, et al., 2015. Expression of pungent-taste herbs and their applications in clinical compatibility[J].Chinese Traditional and Herbal Drugs,46(6): 785-790.[孙玉平, 张铁军, 曹煌, 等, 2015. 中药辛味药性表达及在临证配伍中的应用[J]. 中草药, 46(6): 785-790.]
- TANG J, TAN RL, LU ZJ, et al., 2019. Research progress on extraction of naringenin and its anti-cancer activity[J].Journal of Green Science and Technology,(8): 240-244.[唐镜, 谭若兰, 吕中建, 等, 2019. 柚皮素的提取及其抗癌作用研究进展[J]. 绿色科技, (8): 240-244.]
- TANG ZX, WANG MM, TIAN H, et al., 2023. Determination, antioxidant activity and reaction kinetics of eriodictyol and luteolin in xerochrysium bracteatum[J].Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy,40(18):2550-2555.[汤兆星,王苗苗,田合,等, 2023. 蜡菊中圣草酚和木犀草素含量测定、抗氧化活性及其反应动力学特性[J].中国现代应用药学, 40(18):2550-2555.]
- WANG D,PENG L,ZHOU YH., 2021. Research progress on anti-tumor effect of naringenin[J].Chinese Traditional and Herbal Drugs,52(10):3151-3156.[王丹,彭莉,周燕红, 2021. 柚皮素抗肿瘤作用的研究进展[J].中草药, 52(10):3151-3156.]
- WANG J, Li L, WANG Z, FENG A, et al., 2023. Integrative analysis of the metabolome and transcriptome reveals the molecular regulatory mechanism of isoflavonoid biosynthesis in *Ormosia henryi* Prain.[J].International journal of biological macromolecules,15;246:125601.
- WANG JQ, WANG X, DENG XM, et al., 2023b. Analysis of candidate genes for terpene synthesis in *Ormosia henryi* based on metabolome and

- p>transcriptome[J].40(5): 970-981.[王佳琦, 王欣, 邓小梅, 等, 2023b. 基于代谢与转录水平的花榈木萜类合成候选基因分析[J]. 浙江农林大学学报, 40(5): 970-981.]
- WANG KX, XU WJ, ZHANG FL, et al., 2025. Effect of simiao pill on improving hyperlipidemia in HepG2 cells induced by free fatty acids explored based on PIK3CA/AKT1/PPARG/CYP7A1 signaling pathway[J].Drug Evaluation Research,48(6):1425-1437.[王可馨, 徐文杰, 张锋林, 等. 基于 PIK3CA/AKT1/PPARG/CYP7A1 信号通路探讨四妙丸改善游离脂肪酸诱导的高脂血症 HepG2 细胞模型脂质沉积[J]. 药物评价研究, 2025, 48(6): 1425-1437.]
- WANG XX, LU S, ZHENG SY, et al., 2018. Empirical analysis of the channel tropism traditional Chinese medicine in chemical constituent, pharmacological effects and clinical application[J].China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 33(11):5193-5197.[王小雪, 卢杉, 郑思悦, 等, 2018. 归经中药化学成分、药理作用及临床应用的实证分析[J]. 中华中医药杂志, 33(11): 5193-5197.]
- WANG ZQ, NIE HK, LI QX, et al., 2020. Mechanism of huangqi liujunzi decoction in treating the recovery stage of COVID-19 based on network pharmacology[J].Shandong Science, 2020, 33(5): 14-26.;[汪宗清, 聂红科, 李青璇, 等. 基于网络药理学探讨黄芪六君子汤治疗新冠肺炎恢复期的作用机制[J]. 山东科学, 2020, 33(5): 14-26.]
- WEI Q, JI XY, LONG XS, et al., 2015. Chemical constituents from leaves of “Chuju”chrysanthemum morifolium and their antioxidant activities in vitro[J].Journal of Chinese Medicinal Materials, 38(2):305-310.[卫强, 纪小影, 龙先顺, 等, 2015, 滁菊叶化学成分及其体外抗氧化活性研究[J]. 中药材, 38(2): 305-310.]
- WEILER J, MOHR M, ZÄNKER KS, et al., 2018. Matrix metalloproteinase-9 (MMP9) is involved in the TNF-  $\alpha$  -induced fusion of human M13SV1-Cre breast epithelial cells and human MDA-MB-435-pFDR1 cancer cells [J]. Cell Communication and Signaling: CCS, 16(1): 14.
- XIA SQ, ZHOU CC, GUO CQ, et al., 2023. Differential analysis of volatile metabolites in different parts of *Ormosia henryi* by using widely-targeted volatilomics method[J].Natural Product Research and Development, 35(12): 2027-2039.[夏诗琪, 周成钊, 郭昌庆, 等, 2023. 基于广泛靶向代谢组学分析花榈木不同部位挥发性代谢物差异[J]. 天然产物研究与开发, 35(12): 2027-2039.]
- XIAO PG, LI MH, HAO DC, et al., 2021. Theoretical innovation and application practice of pharmacophylogeny[J].Modern Chinese Medicine, 23(9): 1499-1505.[肖培根, 李旻辉, 郝大程, 等, 2021. 药用植物亲缘学理论创新与应用实践[J]. 中国现代中药, 23(9): 1499-1505.]
- YANG FH, TIAN J, 2023. Flavonoid derivatives and their pharmacological activity[J].Acta Medicinæ Sinica, 36(3): 163-168.[杨福红, 田晶, 2023. 黄酮类衍生物及其药理作用[J]. 华夏医学, 36(3): 163-168.]
- YANG SJ, LIANG HL, TENG J, et al., 2022. Ameliorating effect and mechanism of eriodictyol on DSS-induced ulcerative colitis in rats[J]. Chinese Journal of Immunology, 38(18): 2188-2192+2199.[杨舒钧, 梁红亮, 滕俊, 等, 2022. 圣草酚对 DSS 诱导的大鼠溃疡性结肠炎的改善作用及机制探讨[J]. 中国免疫学杂志, 38(18): 2188-2192, 2199.]
- YUAN L, WU YC, REN XM, et al., 2013. Comparison of antioxidant activities and cytotoxicity in HepG2 cells of orientin and isoorientin[J]. Journal of Food Science and Technology, 31(6): 21-27.[袁莉, 吴雨晨, 任骁萌, 等, 2013. 荭草素和异荭草素抗氧化活性及对肝癌细胞增殖的影响[J]. 食品科学技术学报, 31(6): 21-27.]
- ZHAI DC, FANG Z, WANG Y, et al., 2019. Chemical constituents of the seed of *Ormosia hosiei* and its antioxidant and antimicrobial activity[J]. Natural Product Research and Development, 31(6): 946-951.[翟大才, 房震, 汪勇, 等, 2019. 红豆树种子化学成分及其抗氧化和抑菌活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 31(6): 946-951.]
- ZHANG LF, LU CY, WANG XH, et al., 2021. Exploration of the mechanism of Rhizoma Drynariae in the treatment of fracture diseases from the perspective of network pharmacology[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 17(3): 179-186.[张来福, 卢承印, 王孝辉, 等, 2021. 从网络药理学角度探究骨碎补治疗骨折类疾病的作用机制[J]. 亚太传统医药, 17(3): 179-186.]
- ZHANG LJ, QUAN YX, LI LH, et al., 2021. Chemical constituents and their anti-inflammatory activity from twigs of *Ormosia hosiei* Hemsl. & E. H. Wilson[J]. Natural Product Research and Development, 33(4): 585-591.[张琳婧, 全颖萱, 李林海, 等, 2021. 红豆树枝条化学成分及抗炎活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 33(4): 585-591.]
- ZHANG LJ, ZHOU WJ, NI L, et al., 2021. A review on chemical constituents and pharmacological activities of *Ormosia*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 52(14): 4433-4442.[张琳婧, 周文娟, 倪林, 等, 2021. 红豆属植物化学成分及其药理活性研究进展[J]. 中草药, 52(14): 4433-4442.]
- ZHANG YM, CHEN X, ZHANG DC, et al., 2023. The neuroprotective effect of luteolin in neuroinflammation and neurotrauma[J]. Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology, 37(7): 502.[张雅蒙, 陈玺, 张丹参, 等, 2023. 木犀草素在神经炎症和神经创伤中的神经保护作用[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 37(7): 502.]

- ZHAO GP, 2009. Dictionary of chinese medicines [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press.[赵国平, 2009. 中药大辞典[M]. 上海: 上海科学技术出版社.]
- ZHENG LJ, HUANG SM, YAN WQ, et al., 2021. Chemical constituents from seeds of *Ormosia hosiei* Hemsl. & E. H. Wilson[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 33(11): 25-28.[郑丽鋈, 黄顺民, 颜文强, 等, 2021. 红豆树化学成分及其抗炎活性研究[J]. 海峡药学, 33(11): 25-28.]
- ZHU Q, XIAO ZL, LIU DD, et al., 2024. Progress in the study of chemical composition and pharmacological effects of *Ormosia henryi* Prain[J]. Studies of Trace Elements and Health, 41(6): 79-81.[朱蔷, 肖卓霖, 刘顶鼎, 等, 2024. 花榈木的化学成分及药理作用研究进展[J]. 微量元素与健康研究, 41(6): 79-81.]
- ZHU SH, 2020. Antidepressant effect and chemical composition isolation and enrichment of the leaf extracts of *Ormosia henryi* Prain[D]. Changsha: Hunan Agricultural University.[朱仕豪, 2020. 花榈木叶提取物抗抑郁作用及化学成分分离与富集[D]. 长沙: 湖南农业大学.]
- ZHU SH, LING ZH, ZHANG XL, et al., 2020. Optimize the extracting and purification technology of flavonoids from *Ormosia henryi* Prain leaf[J]. Hunan Agricultural Sciences(12): 52-56.[朱仕豪, 凌智辉, 张湘龙, 等, 2020. 花榈木叶黄酮类化合物提取纯化工艺优化[J]. 湖南农业科学 (12): 52-56.]
- ZOU H, WANG Y, QIN XY, et al., 2019. Luteolin inhibits airway inflammation in asthmatic young mice via antioxidant stress and COX-2 signaling pathway[J]. Progress of Anatomical Sciences, 25(6): 634-636.[邹华, 王颖, 秦晓宇, 等, 2019. 木犀草素通过抗氧化应激和抑制 COX-2 信号通路抑制哮喘幼鼠气道炎症[J]. 解剖科学进展, 25(6): 634-636.]