

# 菊花的化学成分、药理活性及应用研究进展

吕轲,王忠华\*

浙江万里学院,宁波 315000

**摘要:**菊花是菊科植物菊(*Chrysanthemum morifolium*)的干燥头状花序,自古以来既作为观赏性植物被人们熟知,又作为一种药食同源的植物,而实用性菊花依据应用方式又可分为药用菊、食用菊和茶用菊三类。2010版《中华人民共和国药典》将菊花收入为药食同源植物,由于其产地、生长环境不同,分为贡菊、杭菊、滁菊、亳菊、怀菊五大药用品种。就目前而言,药用菊花的研究并不算多,药用菊的种质资源工作不全面。本文就菊花的主要成分、生物学作用、参与生物合成途径近年的研究进展进行分析综述。

**关键词:**菊花;药理作用;化学成分;关键基因;生物学作用

中图分类号:R93

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2024)Suppl-0173-10

DOI:10.16333/j.1001-6880.2024.S.019

## Advance in chemical constituents, pharmacological activities and applications of *Chrysanthemum morifolium*

LYU Ke, WANG Zhong-hua\*

Zhejiang Wanli University, Ningbo 315000, China

**Abstract:** Chrysanthemi Flos is the dry flower head of *Chrysanthemum morifolium* in Compositae. It has been known as an ornamental plant since ancient times, and also as a plant with the same origin of medicine and food. According to the application mode, practical chrysanthemums can be divided into three categories: medicinal chrysanthemums, edible chrysanthemums and tea chrysanthemums. *Chinese Pharmacopoeia* (2010 edition) classifies chrysanthemum as a medicinal and edible plant, which is divided into five medicinal varieties: Gongju, Hangju, Chuju, Qianju and Huaiju due to its different producing areas and growing environments. At present, there is not much research on medicinal chrysanthemum, and the work on germplasm resources of medicinal chrysanthemum is not comprehensive. In this paper, the main components, biological functions and biosynthetic pathways of chrysanthemum in recent years were analyzed and summarized.

**Key words:** *Chrysanthemum morifolium*; pharmacological action; chemical composition; key gene; biological function

菊花在我国种植广泛,是我国常用的大宗中药材和饮品原料,为一种药食同源的植物,分为观赏性、食用性和药用性。其种类多,共有上千种,不同品种之间外观、成分与药用价值存在差异。《中华人民共和国药典》中载有“亳菊”“滁菊”“贡菊”“杭菊”“怀菊”等5种药材类别,他们都有悠久的种植历史,具有有止痢、消炎、降压、降脂以及平肝明目、祛风散寒的作用,但由于产地和加工方法不同,药用成分的差异导致其药理作用有限。在之前,国内外对菊花的化学成分和药理作用展开了研究和总

结<sup>[1]</sup>,但对不同品种菊花差异成分和主要成分合成代谢途径的总结不太全面。本文更深入、全面地对菊花中化学成分的药理作用以及有效成分在中医和保健品中的广泛应用进行综述,并从不同品种的菊花中均含有的主要成分出发,包括挥发油、萜类、黄酮、酚酸等,从挥发油和黄酮的生物合成中发挥作用的的关键基因来分析不同合成酶的表达量的作用机制。

### 1 不同种类菊花的差异

不同品种菊花外观形状存在差异,在化学成分的组成上基本相似,其差异主要体现在小苞片有无以及各主要成分的含量。贡菊为浙江德清的白菊引入安徽歙县种植所得;杭菊因原产于浙江杭州而出名,多以白菊为茶用,黄菊为药用;滁菊;亳菊主产于安徽省亳州市,是《中国药典》冠以“亳”字的道地

药材,朵大、色白;怀菊主产于河南焦作,为“四大怀药”之一,主要为“白怀菊”和“黄怀菊”,并种植有少量的培育品种,外观性状上有差异。将药用菊花以产地区分为南方菊花和北方菊花,外观性转而言南北方外观性状差异大,为传统药用菊花的成分和性状相关分析提供基础;主要成分而言,北方菊花的总黄酮含量低于南方菊花,南方菊花的黄酮苷含量较高,北方菊花的黄酮苷元含量较高,说明南北菊花在黄酮类成分上差异明显;不同部位而言,杭菊的不同部分差异最大。五大药用菊花成分存在一定的差异,进一步证明菊花的生境不同对其化学成分及含量有较大的影响<sup>[2]</sup>。

## 2 化学成分

### 2.1 萜类化合物

菊花中萜类化合物含有单萜、倍半萜类化合物、三萜类化合物。目前,不同品种菊花的萜类化合物分离出的成分存在差异,主要萜类成分共有 27 种。单萜类成分主要分离得到有七种<sup>[3]</sup>(见表 1 和图 1),其中双环单甘的莜烷型(3)最稳定;倍半萜类成

表 1 单萜类化合物

Table 1 Monoterpenoids

编号 No.	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula
1	1,8-桉叶素 1,8-Cineole	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
2	莜酮 1,7,7-trimethylbicyclo-[2.2.1]hept-2-one	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O
3	龙脑 Borneol oil	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
4	$\alpha$ -侧柏酮 $\alpha$ -(-)-Thujone	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O
5	<i>p</i> -甲基异丙基苯 <i>p</i> -Isopropyltoluene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>
6	桃金娘烯醇 (-)-Myrtenol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O
7	$\beta$ -蒎烯 $\beta$ -Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>

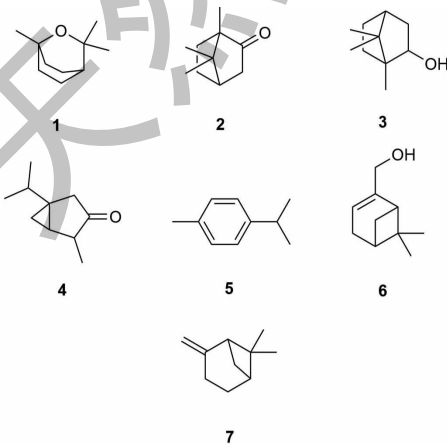


图 1 单萜类化合物的结构式

Fig. 1 Structures of monoterpenoids

分主要分离得到七种<sup>[4-6]</sup>(见表 2 和图 2);而三萜类化合物涉及类型较多<sup>[7]</sup>,主要有蒲公英烷(taraxastane)型、齐墩果烷(oleanane)型、乌苏烷(ursane)型、羽扇烷(lupane)型、taraxerane 型、环木菠萝烷(cycloartane)型、大戟烷(tirucallane)型、达玛烷(dammarane)型、豆甾烷(stigmastane)型和羊毛烷(lanostane)型。

采用气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)对菊花的根、茎、叶、花蕾和花进行挥发性代谢分析<sup>[8]</sup>,共鉴定的 44 种萜类化合物中,17 种为单萜类,27 种为倍半萜,倍半萜类化合物的丰度大大高于单萜类化合物。

表 2 倍半萜类化合物

Table 2 Sesquiterpenoids

编号 No.	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula
8	Cumambrin-A	C <sub>17</sub> H <sub>22</sub> O <sub>5</sub>
9	野菊花内酯 Handelin	C <sub>32</sub> H <sub>40</sub> O <sub>8</sub>
10	$\alpha$ -金合欢醇 $\alpha$ -Farnesol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O
11	野菊花三醇 A Chrysantetriol A	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>3</sub>
12	野菊花醇 Chrysantetrol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
13	金合欢烯 $\beta$ -Farnesene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>
14	7-(2-Hydroxy-2-propyl)-10-methyl-4-methyleneperhydro-naphthalene-3,5,6-triol	C <sub>19</sub> H <sub>28</sub> O <sub>3</sub>

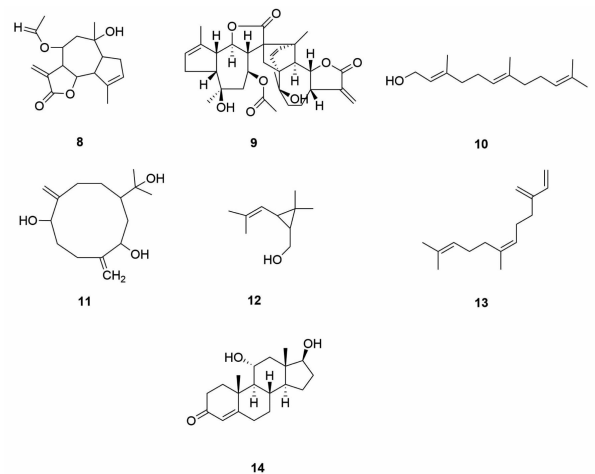


图 2 倍半萜类化合物的结构式

Fig. 2 Structures of sesquiterpenes

### 2.2 黄酮类

据研究发现黄酮和它的苷类化合物、黄酮醇和它的苷类化合物,是菊花中黄酮类化合物的主要组成成分,同时也是药用活性成分。从菊花中已分离

得到 19 个黄酮类成分<sup>[9]</sup> (见表 3 和图 3), 以普通黄

木犀草素(16)以糖苷的形式存在发挥镇痛消炎的

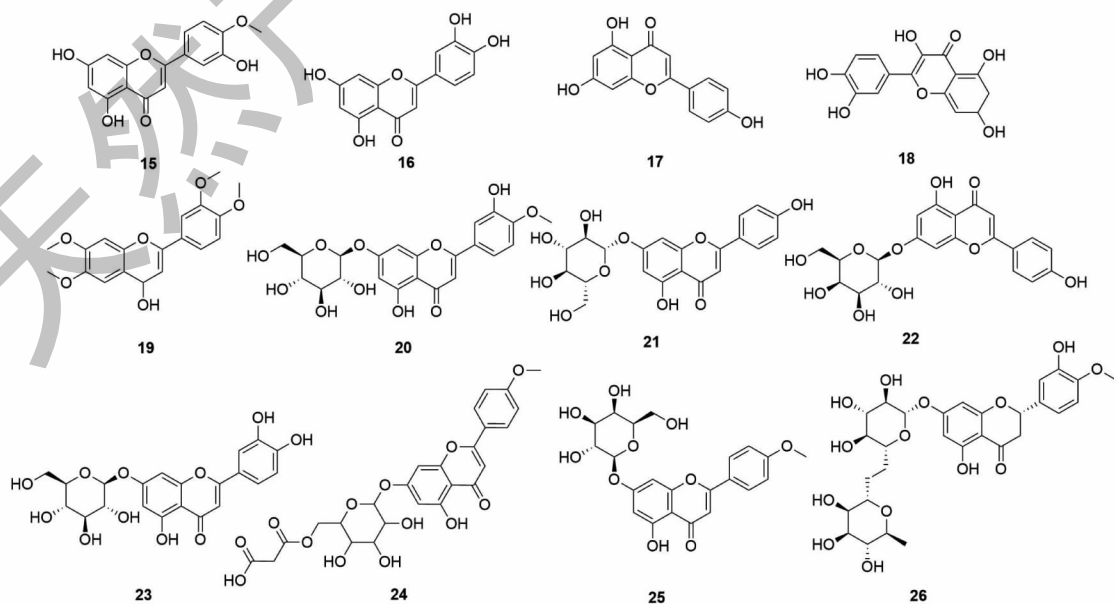
黄酮类<sup>[10]</sup> (16、17) 和黄酮醇类<sup>[11]</sup> (18、19) 为主, 其中

药理作用。

表 3 黄酮类化合物

Table 3 Flavonoids

编号 No.	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula
15	香叶木素 Diosmetin	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>
16	木犀草素 Luteolin	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub>
17	芹菜素 Apigenin	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>
18	槲皮素 Quercetin	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>
19	棉花皮素 5-甲醚 Gossypetin 5-methyl ether	C <sub>19</sub> H <sub>19</sub> O <sub>6</sub>
20	香叶木素 7-O-β-D-葡萄糖苷 Vanillin-7-O-β-D-glucoside	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>
21	芹菜素 7-O-β-D-葡萄糖苷 Apigenin-7-O-β-D-glucoside	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>
22	芹菜素 7-O-β-D-半乳糖苷 Apigenin-7-O-β-D-galactoside	C <sub>21</sub> H <sub>18</sub> O <sub>10</sub>
23	木犀草素 7-O-β-D-葡萄糖苷 Luteolin-7-O-β-D-glucoside	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>
24	金合欢素 7-O-β-D-葡萄糖苷 Acacia-7-O-β-D-glucoside	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>13</sub>
25	金合欢素 7-O-β-D-半乳糖苷 Acacia-7-O-β-D-galactoside	C <sub>22</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub>
26	橙皮苷 Hesperidin	C <sub>28</sub> H <sub>34</sub> O <sub>15</sub>
27	橙皮素 Hesperetin	C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>
28	刺槐素 Acacetin	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>
29	刺槐苷 Acacin	C <sub>33</sub> H <sub>40</sub> O <sub>19</sub>
30	4',5,6,7-四甲氧基黄酮 4',5,6,7-Tetramethoxyflavone	C <sub>19</sub> H <sub>18</sub> O <sub>6</sub>
31	5-羟基 3',4',6,7-四甲氧基黄酮 5-Hydroxy-3',4',6,7-tetramethoxy	C <sub>19</sub> H <sub>18</sub> O <sub>7</sub>
32	4'-甲氧基木犀草素 7-O-β-D-葡萄糖苷 4'-Methoxyluteolin-7-O-β-D-glucoside	C <sub>23</sub> H <sub>24</sub> O <sub>13</sub>
33	黄芩苷 Baicalin	C <sub>21</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>



续图 3 (Continued Fig.3)

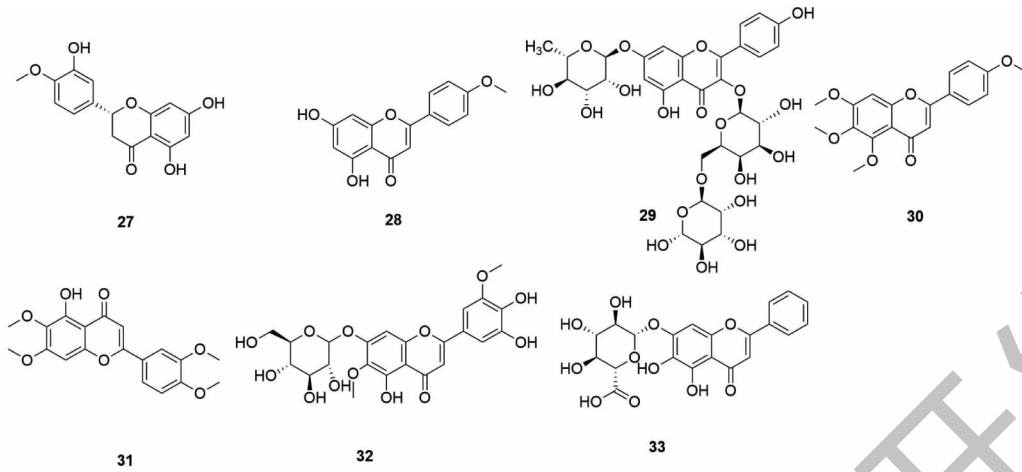


图3 黄酮类化合物的结构式

Fig. 3 Structures of flavonoids

### 2.3 酚酸类

酚酸类化合物在菊花抗氧化活性中起到重要作用,是菊花中含量丰富的活性物质之一。菊花中所包含的主要酚酸类物质<sup>[12]</sup>(见表4、图4)共有15种,多为有机酸类(34、37),有明显的杀菌抗炎等药理作用<sup>[13]</sup>。

### 2.4 氨基酸

氨基酸不仅是药用菊花的重要呈香呈味物质,而且还是菊花的不可缺少的营养成分。不同种类所含氨基酸的种类和组成成分均不相同,可以从菊花中测定出氨基酸种类约20种,其中含八种为人体所必需。菊花中均含有谷氨酸、天门冬氨酸、羟脯氨酸

表4 酚酸类化合物

Table 4 Phenolic acid compounds

编号 No.	化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formula
34	异绿原酸 C Isochlorogenic acid C	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>12</sub>
35	4-咖啡酰基-5-阿魏酰基奎宁酸 4-Caffeoyl-5-feruloyl quinic acid	C <sub>26</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>
36	5-芥子酰基奎宁酸 5-Mustard acyl quinic acid	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> O <sub>10</sub>
37	绿原酸 Chlorogenic acid	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>
38	咖啡酸 Caffeic acid	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>
39	咖啡酸甲酯 Methyl caffeate	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>
40	咖啡酸乙酯 Ethyl caffeate	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>
41	咖啡酸丁酯 Butyl caffeate	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O <sub>4</sub>
42	奎宁酸 Quinic acid	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>
43	4-O-咖啡酰基奎宁酸 4-O-Caffeoylquinic acid	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O
44	洋蓟素 Cynarin	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>12</sub>
45	3,4-O-二咖啡酰基奎宁酸 3,4-O-Dicaffeoyl quinic acid	C <sub>26</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>
46	3,5-O-二咖啡酰基奎宁酸 3,5-O-Caffeoylquinic acid	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>12</sub>
47	4-甲氧基桂皮酸 4-Methoxycinnamic acid	C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> O <sub>3</sub>
48	灰毡毛忍冬素 G 3,5-Di-O-caffeoylquinic acid methyl ester	C <sub>26</sub> H <sub>26</sub> O <sub>12</sub>

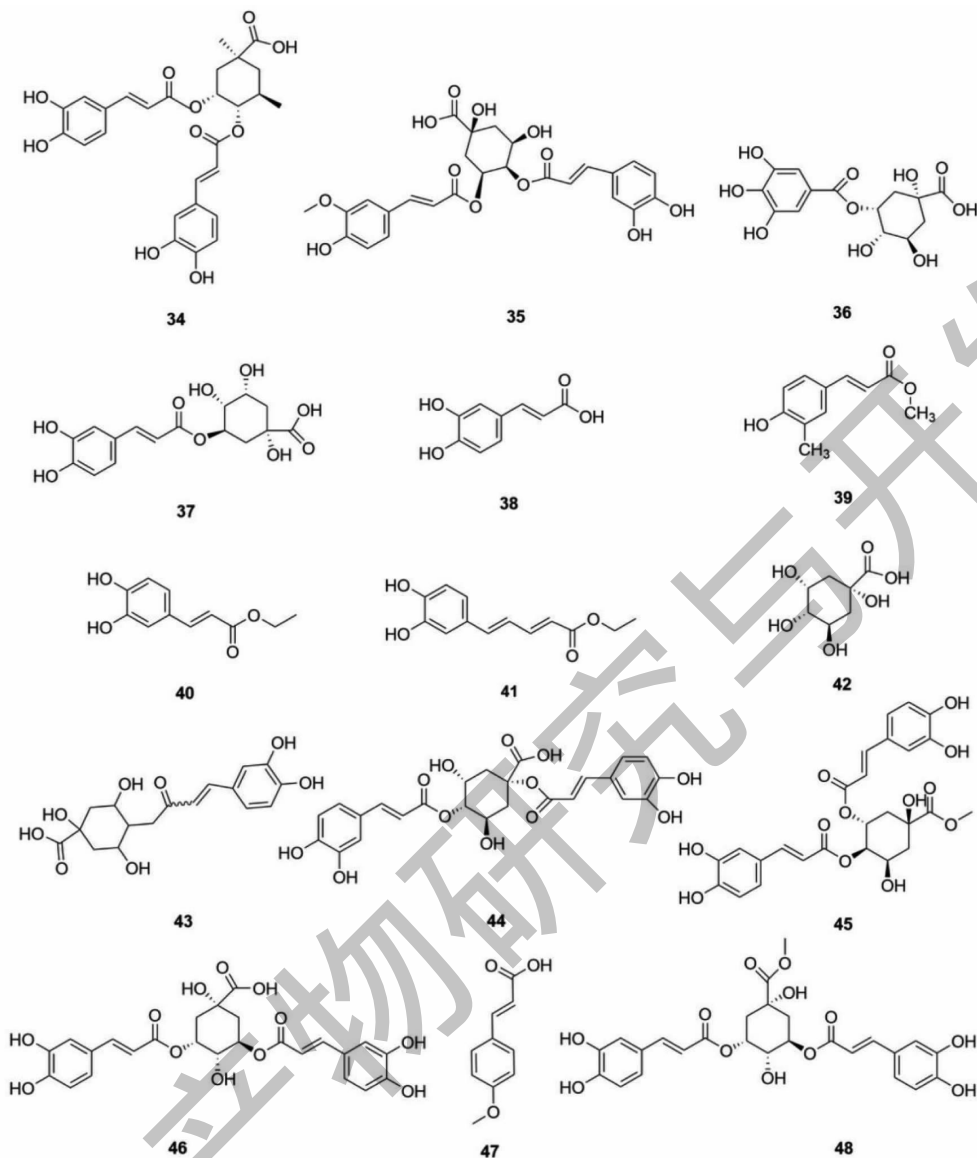


图4 酚酸类化合物的结构式

Fig. 4 Structures of phenolic acid compounds

等多种氨基酸,其中胱氨酸、 $\gamma$ -氨基丁酸以及鸟氨酸的含量较少<sup>[14]</sup>。另外,滁菊中含有1种特殊的氨基酸—牛磺酸。

## 2.5 其他成分

菊花的药理作用可能与其含的微量元素有关。采用微波消解对菊花进行样品前处理<sup>[15]</sup>,建立利用电感耦合等离子体质谱(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)测定不同产地菊花样品中微量元素的方法。结果显示,菊花中Mg、Fe、Na、Ca、Mn、Cu、Zn、B的含量丰富。花蕾中还含有多糖类物质,如野菊花中由鼠李糖、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖等多种多糖组成<sup>[16]</sup>,不同种菊花中总多糖的含

量存在着差异。

## 3 参与生物合成的相关基因

### 3.1 参与萜类生物合成的相关基因

挥发油作为菊花的主要成分具有抗菌、解热、抗炎等药理作用<sup>[17]</sup>。但品种、产地、施肥等原因会造成挥发油含量及成分变化,如何改善其代谢通路来提高利用率来推荐其药用价值具有重大意义。对于菊花的优质种质基因的挖掘有利于我国菊花的品种更新和产业升级<sup>[18]</sup>。挖掘其关键基因用于技术育种培育良好的药用菊花具有深远意义<sup>[19]</sup>。其萜烯生物合成途径由三个阶段组成(见图5)。第一阶段生成异戊烯基二磷酸酯(isopentenyl diphosphate es-

ter, IPP) 及其双键异构体二甲基烯丙基二磷酸酯 (dimethylallyl diphosphate ester, DMAPP) C5 前体。在这个阶段, 前体 IPP 和 DMAPP 可以通过两种途径合成。一种是甲羟戊酸 (MVA) 途径, 它为倍半萜和三萜的前体合成提供 IPP 和 DMAPP。另一种是甲基赤藓糖醇磷酸酯途径, 它为单萜烯和二萜的前体合成提供 IPP 和 DMAPP; 第二阶段产生萜烯直接前

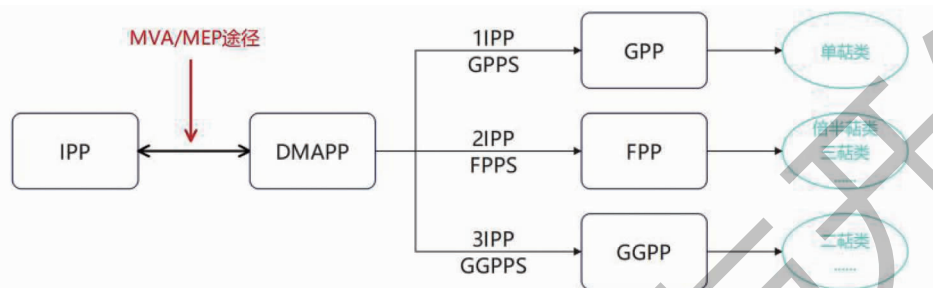


图5 萜类物质共同前体的生物合成

Fig. 5 Biosynthesis of common precursors of terpenoids

萜类合酶 (terpene synthase, TPS) 是相关植物多样化萜类骨架形成的关键酶基因家族, 在菊花‘神马’根系用茉莉甲酯和水杨酸进行诱导并对其测序得到 14 条萜类合成酶基因<sup>[20]</sup>, 包括 *TPS1-SM* 到 *TPS14-SM*, 转录本中的萜类合成酶基因的表达量统计得到茉莉甲酯诱导 6 条萜类合成酶的表达量显著上调, 水杨酸诱导 1 条萜类合成酶的表达量显著上调, 推测其具有根系单萜合成酶或者倍半萜合成酶的功能。结合气相质谱联用技术进行菊花次生代谢挥发物化合物的分析, 发现萜类化合物占比较高, 通过基因表达分析发现, 合成倍半萜的菊花 *Cm FDS* 基因家族成员 *Cm FDS1*、*Cm FDS2* 及克隆得到的 *Cm FAS* 含量较高<sup>[21]</sup>。而法尼基二磷酸合酶 (farnesyl diphosphate synthase, FDS) 作为倍半萜合成初始阶段重要的关键限速酶, 合成倍半萜的菊花 *Cm FDS* 基因家族及克隆得到的法尼醇合成酶基因 *Cm FAS* 均在幼嫩组织和子房中表达较高。*WRKY* 被认为参与萜类化合物末阶段的调节, 有研究分析了菊花 *WRKYs* 的表达模式<sup>[22]</sup>, *CmWRKY41* 通过与 GT-GACA 和 CTGACG 特异性结合 W 盒来调控菊花中倍半萜烯的生物合成, 直接激活 *CmHMGR2* 和 *CmFPPS2* 的表达。推测 *CmWRKY41* 可被认为是调控倍半萜生物合成的关键基因, 为基因工程改变菊花产品质量奠定了基础。萜类生物合成的相关基因克隆与功能研究不仅加深了对菊科植物萜类合成酶家族基因结构和功能相关性的认识, 同时也为利用代谢

体, 包括法尼基二磷酸 (farnesyl pyrophosphate ammonium, FPP)、牻牛儿基焦磷酸 (geranylpyrophosphate, GPP) 和牻牛儿基焦磷酸 (geranylgeranyl pyrophosphate, GGPP); 第三阶段构成萜烯的生成和修饰 (氧化还原、酰化、糖基化等), 决定了萜类化合物结构的多样性。

工程手段调控菊花次生代谢组成从而改善菊花抗虫性提供了新的途径。

### 3.2 参与黄酮类生物合成的相关基因

黄酮成分中的芹菜素、木犀草素具有抗炎、免疫调节和镇痛作用的主要活性药理成分, 其化合物的生物合成主要是通过苯丙烷代谢途径, 而黄酮合成酶 (flavone synthase, FNS) 是负责黄酮合成的关键酶, 其中 FNS 在类黄酮生物合成中起着重要作用, 对编码 *FNSII* 的单基因 0043683 进行了实时荧光定量 (RT-qPCR), 在花和花蕾中观察到的转录水平最高<sup>[23]</sup>, 类黄酮的含量在不同组织中差异很大, 根据转录组学数据, 确定 *CiFNS* 是黄酮生物合成的关键酶, 在分子育种和代谢工程方面, 该发现为提高菊花栽培品质提供了一定的理论基础。二氢黄酮醇还原酶, 即二氢黄酮醇-4-还原酶 (dihydroflavonol 4-reductase, DFR) 是类黄酮生物合成中花青素和原花青素的关键步骤酶, 有研究表明, 操纵 *CmDFR* 可以影响菊花中的黄酮含量和抗氧化活性。说明抑制 *CmDFR* 基因可以调节黄酮类生物合成基因的转录水平, 从而提高总黄酮含量和抗氧化活性。这表明, *CmDFR* 基因的调节可以通过改变类黄酮生物合成的代谢通量来增强抗氧化性能, 以及进行精确的基因组编辑用于开发对健康有益的药用作物。

## 4 药理作用

### 4.1 抗菌、抗病毒作用

菊花挥发油是菊花次生代谢产物, 具有广谱抗

菌活性。抗菌活性可分为抗病毒, 抗菌和抗真菌活性。通过对不同产地和不同品种的菊花抗菌作用的研究发现<sup>[24]</sup>, 不同产地的菊花对金黄色葡萄球菌、白葡菌、变形杆菌、乙型链球菌、肺炎链球菌均有一定的抑制作用, 尤其是对金黄色葡萄球菌的抑制作用最为明显, 有研究表明<sup>[25]</sup> 黄芩素对多种革兰染色阳性菌、革兰染色阴性菌及螺旋体等也均有抑制作用; 不同菊花品种对尖孢镰刀菌、米镰刀菌和大丽黄萎菌三种真菌具有不同的抗真菌活性, 并且在根部中发现了萜类成分的巨大变化, 提取的挥发油完全抑制了真菌菌丝的生长, 羟沙唑和挥发油提取物对病原体有协同作用<sup>[26]</sup>。菊花其他成分, 如槲皮素、山茶酚等均有抗病毒作用, 有研究表明<sup>[27]</sup>, 菊花具有抗艾滋病病毒 (human immunodeficiency virus, HIV) 作用, 检测了八种菊花黄酮对 HIV 急性感染的 H9 细胞复制有抑制作用, 其中金合欢素-7-O- $\beta$ -D-半乳糖苷是抗 HIV 的新活性成分, 且毒性相当低。从菊花中得到的一个黄酮葡萄糖酸酐-芹菜素-7-O- $\beta$ -D-(4" 咖啡酰) 葡萄糖酸苷<sup>[28]</sup>, 具有较强的抑制 HIV-IN 的活性, 发现金合欢素-7-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷、芹菜素-7-O- $\beta$ -D-葡萄糖苷是菊花的抗菌抗病毒作用的有效成分。近来研究显示<sup>[29]</sup>, 黄芩素还具有抗 HIV 的作用, 能诱导感染 HIV 的细胞凋亡。

#### 4.2 抗肿瘤

挥发油中的萜类物质与黄酮类化合物都起到抗肿瘤作用。其中倍半萜类化合物在发挥抗癌作用的同时, 对正常细胞的细胞毒性作用较低<sup>[30]</sup>。倍半萜内酯具有较强的抗肿瘤活性, 已经发现  $\alpha$ -亚甲基- $\gamma$ -丁内酯环是具有抗肿瘤活性的有效组成<sup>[31]</sup>。有研究小组发现, 新化合物菊花内酯 A (chrysanthemulide A, CA) 显示出显著的抗骨肉瘤潜力<sup>[32]</sup>; 因此, 对其机理进行了研究。c-Jun N 端激酶 (C-Jun N-terminal kinase, JNK) 信号通路被 CA 激活, 用 JNK siRNA 或抑制剂 SP600125 处理显著减少 CA 介导的自噬体积累和死亡受体-5 (death receptor 5, DR5) 介导的细胞凋亡。根据 JNK 介导的自噬体积累上调 DR5, CA 可诱导细胞凋亡, CA 和肿瘤坏死因子有关的凋亡诱导配体 (TNF-related apoptosis-inducing ligand, TRAIL) 联合可能会成为一种治疗骨肉瘤前景方法。而黄酮能对癌细胞增殖起到抑制作用, 活性较强的部位分别是石油醚和乙酸乙酯提取部位, 其中石油醚提取部位对人乳腺癌细胞 (michigan cancer foundation-7, MCF-7) 抑制效果最为显著, 乙酸乙酯提取

部位对 MCF-7 细胞的诱导凋亡和迁移抑制作用较强<sup>[33]</sup>。因此进一步筛选黄酮化合物, 对其作为新药的研究开发具有重要意义。

#### 4.3 抗氧化

菊花通过上调、增加抗氧化酶、自由基清除能力以及抑制脂质的氧化降解来发挥抗氧化活性, 尤其在清除自由基和改善被  $H_2O_2$  损伤的  $LO_2$  细胞的存活方面表现出显著的抗氧化活性。由化学成分和抗氧化活性相关性分析表面黄酮和酚类化合物可能是不同菊花品种抗氧化活性的主要有效成分。黄酮中的槲皮素是有效自由基捕获剂和抗氧化剂, 它可以通过与超氧阴离子结合减少氧自由基的产生也与脂质过氧化基反应抑制脂质过氧化反应。因此, 各种菊花提取物对治疗或预防氧化应激引起的疾病的治疗效果可能归因于它们的抗氧化活性。此外, 菊花水提取物通过抗氧化作用对小鼠酒精性肝损伤的保护作用<sup>[34]</sup>。这对菊花未来在功能性保健品食品中的应用提供有一定的可能。

#### 4.4 抗炎

杭白菊和野菊花常作为炎性疾病的主要治疗品种, 从各种菊花中分离出的化合物具有抗炎活性。黄芩草本混合物的具有协同作用, 用来评估不同混合物对 RAW264.7 细胞的抗炎反应, 研究发现<sup>[35]</sup> 黄芩和菊花提取物的混合物是一种新的抗炎草药, 因为它抑制了脂多糖 (lipopolysaccharides, LPS) 诱导的 RAW 264.7 细胞中的丝裂原活化蛋白激酶 (mitogen-activated protein kinase, MAPK) 信号通路; 在其分离得到萜类化合物在 RAW 264.7 细胞中研究了 LPS 诱导的一氧化氮 (NO) 的抗炎作用, 多种菊花素均表现出 NO 生成抑制活性, 表面萜类化合物具有很大的抗炎潜力。菊花提取物及活性化合物的抗炎作用可能是通过减少或抑制炎症介质介导的。

#### 4.5 抗心血管疾病

菊花中所含黄酮类化合物, 对用于治疗心脑血管系统的一些疾病<sup>[36]</sup>, 黄酮类化合物主要是通过 NO、 $Ca^{2+}$ -ATP、 $Na^+$ - $K^+$ -ATP、TGF- $\beta$ -1、血栓素 A2 (thromboxane A2, TXA2) 和血栓素 B2 (thromboxane B2, TXB2) 等分子或 NF- $\kappa$ B 信号通路来发挥减轻心血管疾病的作用, 有降血脂、胆固醇、抑制血栓和扩张冠状动脉等作用, 可用于治疗高血压病、动脉硬化等, 如槲皮素、山茶酚、黄芩素等都对心脑血管疾病起作用。其中芹菜素具有降血压和舒张血管作用以及抗动脉硬化和抗血栓作用; 木犀草素和槲皮素特

异性抑制胆固醇转运蛋白(niemann-Pick C1-like 1, *NPC1L1*),降低高血胆固醇水平<sup>[37]</sup>,有研究<sup>[38]</sup>推测木犀草素主要通过抑制胆固醇合成来治疗高胆固醇血症。从菊花中提取的均质多糖 JHBOS2 具有很强的抗血管生成能力,抑制 HMEC-1 细胞的管形成<sup>[39]</sup>,这些发型反映了菊花对血管生成依赖性疾病具有潜在的治疗能力。

#### 4.6 其他药理作用

菊花除具有分类药理活性外,还具有抗焦虑样、抗动脉粥样硬化、抗糖化、抗肥胖作用,并且可以对 Cd<sup>2+</sup> 诱导的耳毒性起保护作用。

菊花含有的芹菜素具有镇静、保护神经元作用,野菊花水提物能显著提高抑郁模型小鼠海马组织神经因子 BDNF 的含量<sup>[40]</sup>,这可能是野菊花抗抑郁作用机制的一部分,抗抑郁作用可能与其海马组织中单胺类神经递质和神经营养因子含量的提高、炎症因子含量的降低有关。

由野菊花和三个栽培菊花组成的菊花茶多糖表现出显著的抗糖化作用<sup>[41]</sup>,且呈浓度依赖性,在浓度为 2 mg/mL(10% ~ 35%)时,几种菊花茶多糖的抗糖化活性最高。

木犀草素是菊花表达较高的有效活性成分,其可以通过促进脂肪组织产热和棕脂化改善肥胖<sup>[42]</sup>,促进产热可用于改善饮食诱导的肥胖,因此菊花可以作为一种潜在的有利于肥胖人群的药食品。

### 5 应用研究

#### 5.1 药品的应用研究

菊花作为膳食草药,常用于在中医药方中。其疏风较弱,清热力佳,用于外感风热,常与桑叶配伍使用,在治热盛烦躁等症也可与黄芩、山栀配伍使用;菊花治肝火或风热引起的目赤肿痛,常与蝉衣、白蒺藜配伍使用。膳食草药,菊花由于其“散冷”“清热毒”“提亮眼睛”等传统功效,可用于“普通感冒伴风热模式”“眼肿痛”“视力昏暗”,临床上对发热、头痛、喉咙痛、高血压等多种疾病均有效。

#### 5.2 功能食品的应用研究

用于保健目的的饮食,如菊花(菊花的花头)用于保健和中医的花茶。以菊花为原料制作健康发酵饮品是菊花应用的重要方向之一,通过添加菊花茶水混合发酵制成发酵饮品,从药食用菊花中提取的富含萜类化合物的精油在化妆品上应用广泛,不仅用于制作植物清新剂还用于菊花口红、菊花面膜等日化用品,凭借天然安全的特点和抗氧化、抑菌、保

湿的效果深受市场欢迎。

### 6 结论与展望

菊花化学成分多样性决定了其药理作用的多样性,菊花含萜类、有机酸类、黄酮类等化学成分,具有抗菌抗病毒作用、抗肿瘤、抗氧化、抗炎、抗心血管疾病等。由于国内外菊花较多,对于提取不同菊花黄酮成分和萜类物质进行研究的方法不同,其萜类生物合成途径相关基因合成有关研究较少。萜类化合物研究最为广泛的是单萜和倍半萜<sup>[43]</sup>。萜类化合物主要以挥发态的形式参与植物的生理活动,但品种、产地、施肥等原因会造成挥发油含量及成分变化,如何改善其代谢通路来提高利用率来推荐其药用价值具有重大意义。对于菊花的优质种质基因的挖掘有利于我国菊花的品种更新和产业升级。挖掘其关键基因用于技术育种培育良好的药用菊花具有深远意义。

#### 参考文献

- 1 Qu L, et al. Research progress on chemical constituents of *Chrysanthemum morifolium* and their pharmacologic activities [J]. Drug Eval Res (药物评价研究), 2015, 38: 98-104.
- 2 Ge YB, et al. Differences among four species of medicinal Flos Chrysanthemi of different origins in ingredients and their influencing factors [J]. J Huangshan University (黄山学院学报), 2015, 17: 65-67.
- 3 Lu JQ, et al. Chemical constituents in volatile oil from the flos of *Dendranthema indicum* var. *aromaticum* var. nov. [J]. Chin J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2002, 25: 41-42.
- 4 Cao S, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological action of wild *Chrysanthemum* [J]. Guangdong Chem Ind (广东化工), 2023, 50: 203-204.
- 5 Sun QL, et al. Flavonoids and volatiles in *Chrysanthemum morifolium* Ramat flower from Tongxiang county in China [J]. Afr J Biotechnol, 2010, 9: 3817-3821.
- 6 Akihisa T, et al. Antitubercular activity of triterpenoids from Asteraceae flowers [J]. Biol Pharm Bull, 2005, 28: 158-160.
- 7 Wang GP, et al. Study on identification characteristics of effective components of *Chrysanthemum indicum* L [D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine (北京中医药大学), 2006.
- 8 Miyazawa M, et al. Antimutagenic activity of flavonoids from *Chrysanthemum morifolium* [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2003, 67: 2091-2099.
- 9 Schwinn KE, et al. Floral flavonoids and the potential for pel-



- argonidin biosynthesis in commercial *Chrysanthemum* cultivars[J]. *Phytochemistry*, 1994, 35:145-150.
- 10 Wang S, et al. Study on the effects of sulfur fumigation on chemical constituents and antioxidant activity of *Chrysanthemum morifolium* cv. Hang-ju [J]. *Phytomedicine*, 2014, 21: 773-779.
- 11 Zhou Z, et al. Volatile metabolic profiling and functional characterization of four terpene synthases reveal terpenoid diversity in different tissues of *Chrysanthemum indicum* L [J]. *Phytochemistry*, 2021, 185:112687.
- 12 Lin LZ, et al. Identification of the phenolic components of chrysanthemum flower (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) [J]. *Food Chem*, 2010, 120:319-326.
- 13 Rahman MAA, et al. Antimicrobial phenolic derivatives from *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum* *kitamura* (Asteraceae) [J]. *Arch Pharmacol Res*, 2007, 30:1374-1379.
- 14 Zhang G, et al. Analysis of amino acid composition and nutritive value of five cultivars of *Chrysanthemum morifolium* from different producing areas [J]. *J Anhui Agric Univ (安徽农业大学学报)*, 2019, 46:908-914.
- 15 Nie JS, et al. Analysis of trace elements in *Chrysanthemum* from different habitats with ICP-MS [J]. *J Chin Med Mater (中药材)*, 2013, 36:358-360.
- 16 Lu Y, et al. Purification and chemical composition of polysaccharides from *Chrysanthemum indicum* [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form (中国实验方剂学杂志)*, 2013, 19:139-143.
- 17 Zhang FF, et al. Research advance in volatile oil of *Chrysanthemum morifolium* [J]. *Food Res Dev (食品研究与开发)*, 2009, 30:162-165.
- 18 Chen FD, et al. Discovery of excellent *chrysanthemum* germplasm and germplasm enhancement [J]. *Bull Nat Nat Sci Found China (中国科学基金)*, 2016, 30:112-115.
- 19 Li XL, et al. Advances of genetic improvement and germplasm resources for *Chrysanthemum* [J]. *Chin Bull Bot (植物学通报)*, 2004(04):392-401.
- 20 Zhang KG. Biosynthesis and functional analysis of diverse terpenoids in *Chrysanthemum morifolium* Ramat root [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University (南京农业大学), 2020.
- 21 Hu H, et al. Cloning and characterization of key synthase gene involved in terpenoids pathway of *Chrysanthemum morifolium* [J]. *Acta Horticult Sin (园艺学报)*, 2021, 48:313-324.
- 22 Hu Y, et al. *CmWRKY41* activates *CmHMGR2* and *CmFPPS2* to positively regulate sesquiterpenes synthesis in *Chrysanthemum morifolium* [J]. *Plant Physiol Biochem*, 2023, 196:821-829.
- 23 Jiang YFY, et al. Gene mining and identification of a flavone synthase II involved in flavones biosynthesis by transcriptomic analysis and targeted flavonoid profiling in *Chrysanthemum indicum* L [J]. *Ind Crops Prod*, 2019, 134:244-256.
- 24 Liu L, et al. Review on the research of bacteriostasis of *Chrysanthemum* [J]. *Gansu Agr Sci Technol (甘肃科技)*, 2019, 35:79-82.
- 25 Shi Y, et al. Studies on antiviral flavonoides in yinqiaosan powder [J]. *China J Chin Mater Med (中国中药杂志)*, 2001, 26:32-35.
- 26 Zhang K, et al. Diverse terpenoids and their associated antifungal properties from roots of different cultivars of *Chrysanthemum morifolium* Ramat [J]. *Molecules*. 2020, 25:2083.
- 27 Hu CQ, et al. Anti-AIDS agents, 10. Acacetin-7-O-beta-D-galactopyranoside, an anti-HIV principle from *Chrysanthemum morifolium* and a structure-activity correlation with some related flavonoids [J]. *J Nat Prod*, 1994, 57:42-51.
- 28 Lee JS, et al. A new anti-HIV flavonoid glucuronide from *Chrysanthemum morifolium* [J]. *Planta Med*, 2003, 69:859-861.
- 29 Wu JA, et al. Anti-HIV activity of medicinal herb usage and potential development [J]. *Chin Med*, 2001, 29:69.
- 30 Jiang S, et al. Chemistry and pharmacological activity of sesquiterpenoids from the *Chrysanthemum* genus [J]. *Molecules*, 2021, 26:3038.
- 31 Zhu H, et al. Research progress on anti-cancer mechanism of natural sesquiterpenoids [J]. *Pharm Sci*, 2015, 30:381-383.
- 32 Zhuo F, et al. *Chrysanthemulide A* induces apoptosis through DR5 upregulation via JNK-mediated autophagosome accumulation in human osteosarcoma cells [J]. *Cell Physiol*, 2019, 234:13191-13208.
- 33 Cao S, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological action of wild *Chrysanthemum* [J]. *Guangdong Chem Ind (广东化工)*, 2023, 50:203-204.
- 34 Chen L, et al. Comparison of chemical constituents and pharmacological effects of different varieties of *Chrysanthemum* Flos in China [J]. *Chem Biodivers*, 2021, 18:e2100206.
- 35 Suh MG, et al. Anti-inflammatory action of herbal medicine comprised of *Scutellaria baicalensis* and *Chrysanthemum morifolium* Biosci [J]. *Biotechnol Biochem*, 2020, 84:1799-1809.
- 36 Qi JH, et al. Research progress of the pharmacological action of flavonoids [J]. *J Beijing Uni Univ (北京联合大学学报)*, 2020, 34:89-92.
- 37 Zheng C, et al. Structural elucidation of a polysaccharide from *Chrysanthemum morifolium* flowers with anti-angiogenic activity [J]. *Int J Biol Macromol*. 2015, 79:674-680.