

药用菊非药用部位的资源化利用现状与展望

刘夏进¹, 李 懿¹, 宿树兰^{1*}, 严 辉¹, 常相伟¹, 魏丹丹¹, 郭 盛¹, 钱大玮¹, 孙晓东², 段金廛^{1*}

1. 南京中医药大学 江苏省中药资源产业化过程协同创新中心, 国家中医药管理局中药资源循环利用重点研究室, 中药资源产业化与方剂创新药物国家地方联合工程研究中心, 江苏 南京 210023

2. 江苏十里菊香博览园有限公司, 江苏 射阳 224335

摘 要: 菊花 *Chrysanthemum morifolium* 是我国传统中药材, 其非药用部位的产量远远高于花序, 仅菊茎叶产量就为药用部位的 3.5 倍; 长期以来, 菊非药用部位未得到充分利用, 造成了极大的资源浪费和环境污染, 因此, 药用菊非药用部位的深入研究与开发值得关注。研究表明, 菊非药用部位富含挥发油类、黄酮类、酚酸类以及多糖类等成分, 具有抗菌、抗炎、抗氧化、抗惊厥和改善肠道失调等功效。通过对药用菊在栽培和生产过程中所产生的茎、叶、根等非药用部位的化学成分、药理作用及其资源利用现状进行归纳分析, 以期对药用菊非药用部位的资源价值发现与产业化提供科学依据和参考。

关键词: 药用菊花; 非药用部位; 黄酮类; 酚酸类; 抗菌; 抗炎; 抗氧化; 资源化利用

中图分类号: R285 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2020)15-4075-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.15.028

Status and prospects of resource utilization of non-medicinal parts of medicinal *Chrysanthemum morifolium*

LIU Xia-jin¹, LI Yi¹, SU Shu-lan¹, YAN Hui¹, CHANG Xiang-wei¹, WEI Dan-dan¹, GUO Sheng¹, QIAN Da-wei¹, SUN Xiao-dong², DUAN Jin-ao¹

1. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization, Key Laboratory of Chinese Medicinal Resources Recycling Utilization of State Administration of Traditional Chinese Medicine, National and Local Collaborative Engineering Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Formulae Innovative Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

2. Jiangsu Shili Juxiang Exposition Park Co., Ltd., Sheyang 224335, China

Abstract: *Chrysanthemum morifolium* is a traditional Chinese medicinal material in China. The yield of non-medicinal parts is much higher than the inflorescence, and the yield of stems and leaves of *C. morifolium* is 3.5 times of medicinal parts. For a long time, the non-medicinal parts of *C. morifolium* have not been fully used, resulting in great waste of resources and environmental pollution. Therefore, the in-depth research and development of non-medicinal parts of *C. morifolium* deserve attention. Research shows that the non-medicinal parts of *C. morifolium* is rich in volatile oil, flavonoids, phenolic acids, polysaccharides and other components, which have antibacterial, anti-inflammatory, antioxidant, anti-convulsion and improvement of intestinal disorders. This article summarizes the research situation of chemical components, pharmacological effects, and resource utilization status of stems, leaves, roots and other non-medicinal parts produced during the cultivation and production of medicinal *C. morifolium*, in order to provide the scientific basis and reference for the development, utilization and industrialization of the non-medicinal parts of medicinal *C. morifolium*.

Key words: medicinal *Chrysanthemum morifolium*; non-medicinal parts; flavonoids; phenolic acids; antibacterial; anti-inflammatory; antioxidant; resource utilization

菊花系菊科植物菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 的干燥头状花序, 是我国传统中药材, 品种多样, 临床上多用于治疗风热感冒、头晕目眩、目赤肿痛、疮痈肿毒等症^[1]。目前, 菊花药用价值的

研究较多, 而关于药用菊的非药用部位(未成熟和花序成熟时)资源化利用研究相对较少。

据调查显示, 浙江桐乡市每年产出优质杭白菊干燥头状花序 7 000 t 左右, 而伴之产生的杭白菊茎

收稿日期: 2020-01-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81603273); 江苏省科技计划项目(社会发展)(BE2019722)

作者简介: 刘夏进(1996—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事中药化学与分析学研究。E-mail: xiajinliu1996@163.com

*通信作者 宿树兰, 女, 研究员, 研究方向为中药资源化学与功效物质基础。E-mail: sushulan@njucm.edu.cn

段金廛, 男, 教授, 研究方向为中药资源化学与资源循环利用。E-mail: dja@njucm.edu.cn

叶等非药用部位却达到了 25 000 t^[2], 其非药用部位的产量是药用部位的 3.5 倍; 在菊花花序的栽培和采收过程中, 其非药用部位未得到合理利用, 被当做生产垃圾进行处理, 被焚烧或被丢弃; 仅有极少数的菊茎叶被用作牧畜的饲料^[3], 在资源利用上造成了极大的浪费。研究表明, 菊非药用部位所含有的活性成分及其药理作用与花序极为相似^[4-5], 具有显著的生物活性, 但因缺少研究者们的关注和深入研究, 导致这些资源有效成分无法得到充分利用和开发。本文通过对国内外药用菊在栽培和生产过程中所产生的非药用部位的化学成分、药理作用及其应用研究现状进行归纳、总结分析, 以期对菊非药用部位的进一步开发利用与产业化方向提供科学依据和参考。

1 菊非药用部位资源性化学成分研究进展

1.1 挥发性成分

一直以来, 人们对菊花挥发油的研究具有很大的兴趣, 关于其成分及生物活性的报道较多^[6]; 而菊非药用部位挥发油的研究报道相对较少。但对于某些品种的药用菊来说, 其茎叶挥发油中的化学成分比菊花挥发油中的化学成分更为复杂多样, 成分种类差异也较大, 值得研究者们关注。

1.1.1 挥发油成分的组成研究 菊茎叶中挥发油类成分主要包括单萜烯类、倍半萜烯类及其含氧衍生物等。刘玉珊等^[7]和胡文杰等^[8]从采收期为 10 月下旬的药用菊花-皇菊 *C. morifolium* Ramat. 的茎叶挥发油中分析鉴定了 50 余种化学成分, 其中单萜烯类主要为茨烯、4-萜烯、 α -月桂烯、邻伞花烃、 γ -松油烯等 8 种成分, 其含氧衍生物主要为 1,8-桉树脑、反式-松香芹醇、龙脑、4-萜烯醇、 α -松油醇、樟脑等 8 种。

倍半萜烯类主要有 β -侧柏烯、榄香烯、石竹烯、 β -倍半水芹烯、 α -石竹烯、大香根叶烯、 α -姜黄烯、姜烯、 β -榄香烯、 β -甜没药烯、 δ -杜松烯、(E)- β -金合欢烯、红没药烯、香树烯、雪松烯等 20 多种化合物, 其含氧衍生物主要为异长叶醇、橙花叔醇、反式-橙花叔醇、红没药醇、 α -红没药醇、匙叶桉油烯醇、T-杜松醇、萜草烯-1,6-二烯醇、顺-Z- α -环氧没药烯、氧化香橙烯、石竹烯氧化物等 15 种。其中 33 种化学成分是皇菊花挥发油中所不含有的, 由此可以表明此种药用菊的茎叶中化学成分的多样性远远高于药用部位头状花序。

1.1.2 不同部位挥发油成分的相对定量分析 神农香菊 *C. indicum* var. *Aromaticum* Ramat. 的花期为 8

月中旬至 9 月上旬, 采用气相色谱/质谱联用 (GC/MS) 技术, 对 10 月份采收的神农香菊的花、叶、茎中的挥发油类成分进行分析, 并采用峰面积归一法对其进行定量分析, 其茎叶中被检测出的挥发性成分有 60 种, 而花序中仅有 49 种; 此外, 其花、茎、叶中挥发油成分的平均相对含量分别为 2.02%、1.98% 和 3.11%^[9], 其叶中含量明显高于花中的含量。

经研究, 11 月份采收后的日本野菊花 *C. japonense* Nojigiku 挥发油中含有 38 种化合物、茎叶中有 36 种, 相似性较高, 且花、茎叶的挥发油含量也相近, 均在 90% 以上^[10]。此外, 从突尼斯药用菊 *C. trifurcatum* Makino 的根、茎、叶中测得的挥发油质量分数分别为 98.20%、99.02%、97.84%^[11], 三者挥发油含量的差异较小。

1.1.3 不同产地挥发油成分的相对定量分析 分别对不同产地和不同花期药用菊茎叶中的挥发油成分进行分析鉴定, 河南信阳市野菊 *D. indicum* (Linn.) Des Moul.、浙江桐乡市杭菊、河南武陟县怀菊茎叶是于 7 月中旬打顶产生的废弃物, 陕西汉中市野菊、辽宁鞍山市万寿菊 *Tagetes erecta* Linn. 茎叶是于花序采收后产生的非药用部位, 分别从以上 5 种菊茎叶中鉴别出 22、27、30、32、43 种化合物, 其中陕西汉中市野菊茎叶挥发油中 32 种成分占挥发油总量的 65.75%^[12-14]。对 2 种开花期菊茎叶挥发油中所含成分的种类可知, 花序未成熟时茎叶挥发油中的化学成分少于成熟花序菊茎叶, 表明在花序逐渐成熟过程中, 茎叶中挥发油成分多样性增加; 由此可知, 若要更好地研究菊茎叶挥发油中有效的活性成分, 应选用花序成熟后的菊茎叶。

对河南信阳市野菊、浙江桐乡市杭菊、河南武陟县怀菊、陕西汉中市野菊、辽宁鞍山市万寿菊中含量较高的成分进行整理 (表 1), 代表性的挥发性成分化学结构式见图 1。比较 5 个地区菊茎叶挥发油含量较高的成分可知, 河南信阳市的野菊茎叶中相对含量最高的成分是崖柏酮, 其相对含量达到了 55.32%; 陕西汉中市野菊茎叶挥发油中相对含量最高的成分为 2-(亚-2,4-己二炔基)-1,6-二氧螺 [4,4] 壬-3-烯; 河南武陟县怀菊茎叶挥发油中相对含量最高的为桉树脑, 达到了 19.04%; 辽宁鞍山市万寿菊茎叶挥发油中柠檬烯的相对含量较高; 虽然不同产地的同类菊花或不同产地的不同种菊花的有效成分的种类和含量都

表 1 不同产地菊茎叶中的挥发油成分

Table 1 Volatile oil in stems and leaves of *C. morifolium* from different habitats

化合物名称	各组份相对含量/%				
	河南信阳市野菊	陕西汉中市野菊	河南武陟县怀菊	浙江桐乡市杭菊	辽宁鞍山市万寿菊
崖柏酮	55.32	未检出	未检出	未检出	未检出
α -崖柏酮	7.95	未检出	未检出	未检出	未检出
桉树脑	7.09	5.64	19.04	4.49	未检出
D-大根香叶烷	3.80	未检出	2.94	2.11	未检出
松油醇	2.20	0.37	9.32	2.27	0.81
(α)-松油萜醇	1.89	未检出	5.73	2.30	未检出
6,6-双甲基-2-甲基基-3-双环庚酮	1.86	未检出	未检出	未检出	未检出
石竹烯	1.72	1.95	6.15	1.44	未检出
柠檬烯	未检出	未检出	未检出	未检出	9.10
石竹烯氧化物	未检出	0.78	未检出	未检出	1.42
樟脑	1.12	11.40	未检出	未检出	未检出
3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇	未检出	未检出	未检出	未检出	2.19
丁香酚	1.09	未检出	0.91	0.94	未检出
γ -松油烯	0.39	2.10	0.74	未检出	未检出
2-(亚-2,4-己二炔基)-1,6-二氧螺 [4,4]壬-3-烯	未检出	17.93	未检出	未检出	未检出
7,11-二甲基-3-亚甲基-1,6,10-十二碳三烯	未检出	9.44	未检出	未检出	未检出
冰片	未检出	3.87	未检出	9.71	未检出
4-甲基-1-(1-甲基乙基)-3-环己烯-1-醇	未检出	1.60	未检出	未检出	未检出
苯乙醛	未检出	0.30	未检出	未检出	3.10
3-甲基-6-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮	未检出	未检出	未检出	未检出	3.47
氧化别香橙烯	未检出	未检出	未检出	未检出	2.43
2-间苯二甲酸-双-2-甲基丙基酯	未检出	未检出	未检出	未检出	2.50
2,7,7-三甲基-[3.1.1]双环-2-庚烯-6-酮	未检出	未检出	4.92	17.47	未检出

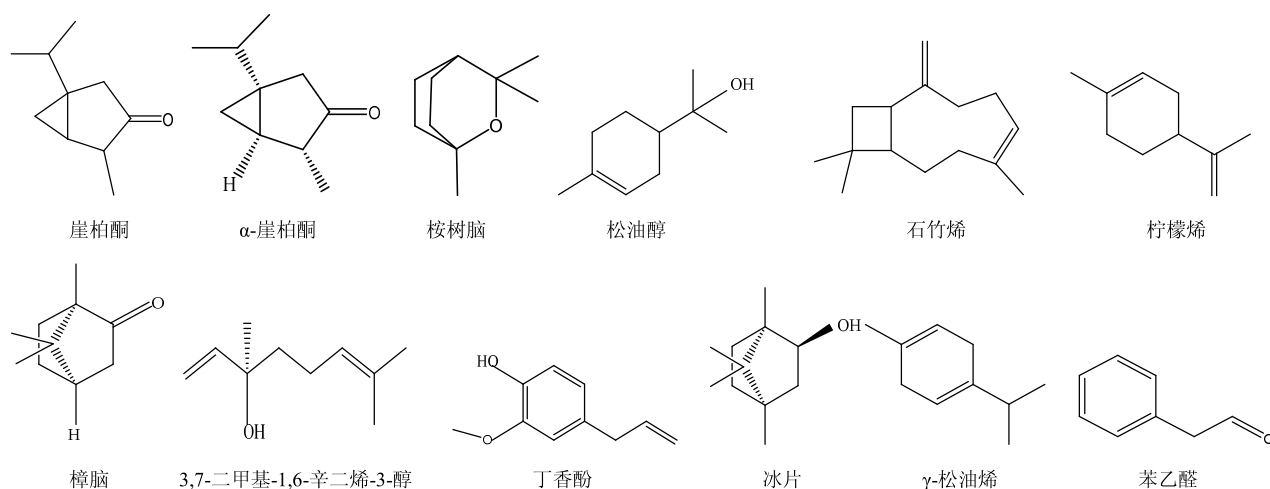


图 1 挥发油中主要化合物的化学结构式

Fig. 1 Chemical structure formula of the main compounds in volatile oil

具有一定的差异,但桉树脑、松油醇、石竹烯等化合物却是药用菊茎叶挥发油所共有。

1.2 黄酮和酚酸类成分

黄酮和酚酸类化合物是植物的常见成分,其药理作用广泛,用于治疗多种疾病^[15]。菊茎叶中含有丰富的黄酮和酚酸类化合物,但多数研究关注于药用部位花序,忽略了对花序采摘完成后非药用部位所含该类成分的研究,所以对花序成熟后菊茎叶中的黄酮和酚酸类成分进行总结。

1.2.1 组成成分分析 对日本药用菊 *Japanese Chrysanthemum Asteraceae* 茎叶中的黄酮类成分进行分离和鉴定,得到了 9 种黄酮苷类化合物^[16],分别为槲皮素-3-*O*-芦丁苷、圣草酚-7-*O*-葡萄糖醛酸苷、木犀草素-7-*O*-葡萄糖苷、木犀草素-7-*O*-葡萄糖醛酸苷、木犀草素-7-*O*-芦丁苷、芹菜素-7-*O*-葡萄糖苷、芹菜素-7-*O*-葡萄糖醛酸苷、金圣草黄素-7-*O*-葡萄糖醛酸苷和金合欢素-7-*O*-芦丁苷。

采用优化后 UPLC-Q-TOF/MS 分析方法,对花序采收后野菊茎叶中的黄酮类成分和有机酸类成分进行分析,定性检测出绿原酸、3,4-二咖啡酰奎宁酸、3,5-二咖啡酰奎宁酸等 4 种酚酸类化合物、3 个黄酮类和 7 个黄酮苷类化合物,其中茎叶中绿原酸和 3,5-二咖啡酰奎宁酸含量最高^[17]。

1.2.2 不同部位黄酮和酚酸类成分分析与评价 多数学者^[18-19]评价了江苏省射阳县大白菊 *C. morifolium* Ramat. 在开花时期(11 月 5 号)花、茎、叶中的黄酮和酚酸类化合物含量,其中花序、茎、叶中绿原酸的质量分数分别约为 2.90%、0.14%、1.35%,而总黄酮质量分数分别为 5.50%、1.80%、9.10%;其叶中含有的总黄酮含量约为花中的 2 倍,叶中含有的绿原酸与花中也相差不大,提示菊非药用部位中含有丰富的黄酮和酚酸类化合物;此外大白菊茎叶中总的金合欢素-7-*O*-(6"-*O*-鼠李糖)- β -*D*-葡萄糖苷的含量基本与花中的含量相同。

采用高效液相色谱法测定采摘完成后被丢弃的毫菊花、叶、茎中绿原酸的含量可知,其花、叶、茎绿原酸质量分数分别为 145、167、25 mg/g^[20],茎叶中绿原酸的含量远远高于花中的含量。对紫锥菊茎、叶、花中的总酚含量进行分析,以没食子酸作为对照品,结果显示,其茎、叶、花中总酚酸的质量分数分别为 7.24%、5.74%和 0.31%^[21],茎、叶中酚酸类物质的含量分别是花中的 23.3、18.5 倍。

1.2.3 不同产地菊茎叶中黄酮和酚酸类成分与评价

选用 8 月中旬~10 月中旬采摘的浙江石门、同福、灵安、安兴这 4 个地区杭白菊茎叶作为研究对象,采用高效液相色谱法对菊茎叶中黄酮类化合物进行分析,其所含蒙花苷的质量分数分别为 0.125%、0.148%、0.166%和 0.114%;木犀草素的质量分数分别为 0.012%、0.013%、0.014%和 0.012%^[22],表明不同地区杭白菊茎叶中蒙花苷和木犀草素的含量接近度较高,差别不大。

分别对江苏射阳市、浙江桐乡市大白菊(11 月份~12 月份)茎叶中总黄酮和酚酸类物进行含量测定,其中江苏射阳大白菊茎、叶中总黄酮质量分数分别为 5.410%和 18.660%,绿原酸的质量分数分别为 0.310%和 1.210%^[23];而浙江桐乡市大白菊茎叶总黄酮和绿原酸的质量分数分别为 1.690%、0.074%^[24],说明不同地区的大白菊含量差异有一定的差别,且叶中的活性成分高于茎中;从质量方面进行评价可知江苏射阳大白菊的质量较优。

1.3 多糖类成分

多糖为单糖聚合而成的天然高分子化合物,研究表明,药用菊花及其采收后非药用部位中均含有丰富的多糖类化合物,并且具有抗菌、抗炎、抗氧化、调节肠道菌群的生长以及对结肠炎小鼠的保护作用等多种药理活性^[25-26],具有广泛的资源化利用空间。

1.3.1 多糖类成分组成分析 采用气质联用仪(GC-MS)对花序采摘后野菊茎叶中多糖的单糖组成进行分析,发现野菊茎叶中含有 6 种单糖,分别是半乳糖、葡萄糖、阿拉伯糖、鼠李糖、甘露糖和木糖,以色谱峰面积来衡量其在多糖中的比例,得出 6 种单糖的组成为 34.58:27.61:19.32:10.53:4.11:3.85^[27]。

1.3.2 不同产地菊多糖含量比较 菊茎叶中多糖含量与其成熟度有关,多数研究者对成熟菊茎叶进行分析研究;卫强等^[28]采用水浴回流提取法提取安徽滁州滁菊茎叶中的多糖类成分,并对粗糖进行精制,采用紫外分光光度法对其中精制多糖进行定量分析,其质量分数为 5.52%;采用超声波辅助热水浸提法提取陕西秦巴山区野菊茎叶中的多糖,紫外分光光度法测得其质量分数为 6.26%^[27];菊茎叶总多糖由酸性多糖和中性多糖组成,分别对 9 个产地的茎叶的多糖进行含量测定^[29],射阳杭白菊茎叶中性多糖平均质量分数最高为 49.79 mg/g,嘉菊茎叶平均质量分数最低仅有 15.43 mg/g;怀白菊茎叶酸性多糖平均质量分数最高为 30.41 mg/g,而滁菊茎叶、桐乡杭白菊茎叶和嘉菊

茎叶中酸性多糖含量相对较低;总体来说,不同产地的茎叶多糖具有一定的差异。

2 药理作用

2.1 挥发性成分抗菌作用

采用微量稀释法测定 50% 的抑菌浓度和细菌生长率来评价菊根茎叶挥发油对革兰阳性和阴性菌株的抗菌活性^[11];结果显示,当质量浓度为 500 $\mu\text{g/mL}$ 时,茎叶挥发油对枯草芽孢杆菌和表皮葡萄球菌的抑制效果非常显著,并且也具有一定的抗微生物效果。小白菊根、茎叶挥发油也具有一定的抗菌活性,进一步证实其对大肠杆菌和伤寒沙门氏菌有较强烈的抑制作用^[30]。

生长速率法可用来检测野菊茎叶挥发油对油菜菌核病菌、烟草赤星病菌、核桃果炭疽病菌、苹果炭疽病菌和番茄灰霉病菌 5 种植物病原真菌的抑菌活性,结果显示茎叶挥发油对 5 种真菌均有明显的抑制作用,尤其对油菜菌核病菌的抑制效果最强,当茎叶挥发油的质量浓度为 500 $\mu\text{g/mL}$ 时,对油菜菌核病菌抑制率高达 81.63%^[13]。

2.2 黄酮和酚酸类成分药理作用

2.2.1 抗氧化作用 黄山贡菊茎叶中的总黄酮类化合物具有一定的抗氧化能力,可使用普鲁士蓝法、邻二氮菲-Fe 氧化法、邻苯三酚自氧化法从不同方面来进行验证;研究结果表明,当总黄酮提取液浓度与标准品浓度相同时,菊茎叶总黄酮的抗氧化能力是后者的 2 倍^[31],且随着浓度增大其抗氧化能力增强。

怀菊茎叶总黄酮具有抗氧化活性,将其加入低温肉类中,能显著抑制贮藏期间共轭二烯、丙二醛和羰基的生成,并且随着加入量增大其抑制效果明显增强^[31];此外,滁菊茎叶乙醇提取物中所含有的槲皮素、香叶木素、木犀草素、芹菜素等黄酮类成分具有显著的抗氧化活性^[33]。

2.2.2 镇静与抗惊厥作用 北野菊 *C. boreale* Makino 在东亚地区常作药用,其茎叶具有减轻焦虑、失眠和压力的作用;北野菊茎叶及其提取物含有丰富的蒙花苷类化合物,并采用戊巴比妥诱导睡眠和戊四氮诱导惊厥的小鼠进行研究,结果表明北野菊茎叶中蒙花苷具有明显的镇静和抗惊厥作用^[34]。

2.2.3 抗菌与抗病毒作用 突尼斯菊花在突尼斯传统医学上常被使用治疗便秘;选用不同极性的溶剂对 4 个品种的突尼斯药用菊 *C. paludosum* Makino、

C. myconis Makino、*C. grandiflorum* Makino、*C. trifurcatum* Makino 的花、根、茎叶进行提取,并采用琼脂扩散和微量稀释法体外测试其水提物、有机提取物对 14 种细菌、4 种酵母的抗菌活性;通过测量对被测生物体的抑制区来评估其抗菌活性,最低抑菌浓度结果显示,对各类细菌均有不同程度的抑制作用,其中 *C. trifurcatum* 的茎叶甲醇提取物对铜绿假单胞菌、腐葡萄球菌、克隆肠杆菌的抑制活性均高于 *C. trifurcatum* 花的甲醇提取物;经分析可知,*C. trifurcatum* 茎叶醇提取物中含有丰富的黄酮类化合物^[35];此外,该黄酮类化合物对 hsv37 和 hsv-140 等多种病毒均有抑制作用,表明了菊茎叶黄酮提取物具有良好的抗菌、抗病毒活性。

2.2.4 抗肿瘤作用 万寿菊茎叶中 2 种黄酮类化合物具有一定的体外抗肿瘤活性,将 4'-甲氧基-泽兰素-3-O- β -D-葡萄糖苷和山柰酚-3,7-O- α -L-双鼠李糖苷这 2 种化合物加入人胃癌细胞与人肝癌细胞,使用 MTT 比色法测定其抑制率;结果显示此 2 种黄酮类化合物在不同浓度下均可抑制人胃癌细胞和人肝癌细胞的增殖,且呈现浓度与时间依赖性^[36]。

2.3 多糖类成分药理作用

2.3.1 抗氧化作用 以维生素 C 为对照品,从羟基自由基、DPPH 自由基的清除能力这 2 个指标来评价野菊根多糖的抗氧化活性,测定结果显示,茎叶多糖能明显的清除 $\text{Fe}_2^+/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系中的羟基自由基和 DPPH 自由基,并且两者的清除率都随着多糖浓度增加而增加^[37],说明药用菊根茎叶多糖的抗氧化活性较强。

2.3.2 抗炎作用 据研究,紫锥菊中多糖成分具有消炎镇痛抑水肿的作用,其根多糖的质量分数大于 90%;研究者以肿胀抑制率为指标,采用二甲苯致小白鼠耳肿胀、小鼠腹腔毛细血管通透性等 4 个实验来评价紫锥菊根多糖的抗炎作用,结果表明,其对二甲苯致小鼠耳肿胀、对小鼠腹腔毛细血管通透性增高均有较强的抑制作用,说明紫锥菊根中的多糖类成分具有一定的抗急性、慢性炎症作用^[38]。

2.3.3 改善肠功能失调及炎症作用 经课题组前期研究发现,菊多糖具有降低肠道致病菌丰度、保护大鼠溃疡性结肠炎的作用,同时也可作为一种益生元制剂,预防肠道菌群失调和炎症性肠病的;菊茎叶多糖也可对肠道菌群的多样性进行调控,以此来恢复肠道生物屏障的保护功能^[39],进而缓解经三硝基苯磺酸所诱导的结肠炎大鼠的症

状。此外,菊非药用部位多糖主要通过调节氨基酸生物合成和代谢,从而发挥改善脂多糖所致肠道功能紊乱的作用^[40]。

3 菊非药用部位资源化利用现状及展望

近 10 年来,菊的非药用部位资源化利用在日用品、化妆品、畜牧生产等各个领域的研究日益广泛,并取得了一定的成果。药用菊茎叶中含有多种化学成分,研究发现,神农香菊茎叶中侧柏酮(萜类化合物)的含量较高,相对含量达到了 55.18%,其味道与薄荷味香气相似,是一种很有价值的香料成分,可加强在资源应用方面研究力度,制备香囊和清新剂类产品^[9];因菊茎叶含有黄酮、挥发油等活性成分,可通过给动物喂食菊茎叶来加强其生长性能,

有研究者证明,进食菊茎叶动物的体质量高于喂食稻草的对照组,并且动物体质量随着喂食菊茎叶量的增加而增加,由此可以进一步制备出绿色安全的动物饲料^[41];此外,菊茎叶中的活性成分也可应用于护肤的化妆品和驱蚊、清新空气的日用品中^[42];以上研究表明菊花的非药用部位及其衍生的产品具有广阔的前景,亟需被挖掘。

目前,菊非药用部位的资源化利用和产业化开发并未形成规模化,尚需更为深入细致的研究工作和推动产业化开发利用。为了使菊非药用部位资源化利用达到效益最大化,可对其进行多层次、多途径的分级综合利用,其具体思路如下(图 2):一级利用:将药用菊采收过程中产生的废弃物(根、茎

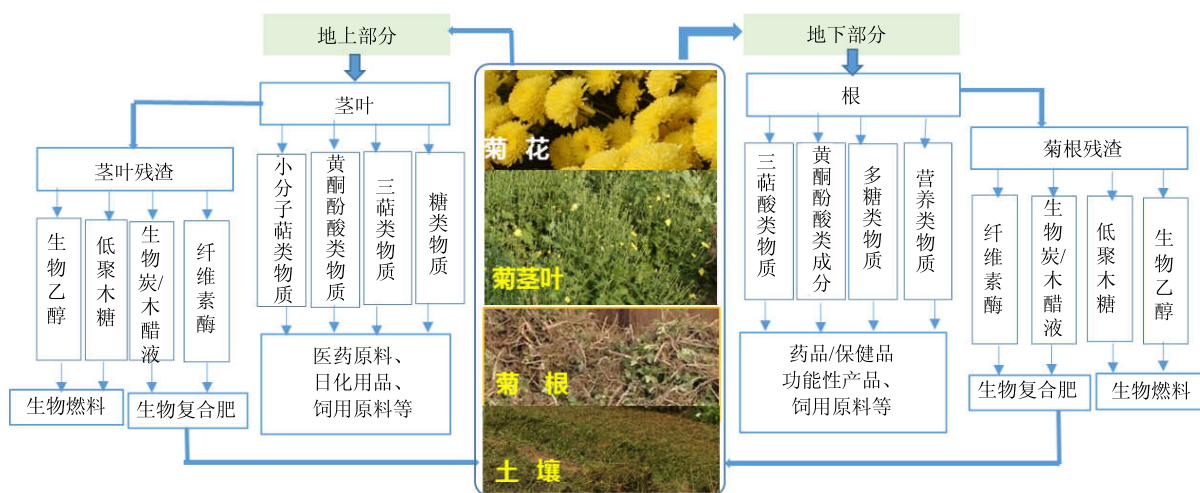


图 2 药用菊非药用部位多层次、多途径的分级资源化利用策略

Fig. 2 Multi-layer and multi-channel graded resource utilization strategy of non-medicinal parts of *C. morifolium*

叶)进行资源性成分分析与资源价值发现等基础研究,构建(非)挥发性成分、多糖等分离纯化、富集制备技术体系,进一步开发制备高品质精油产品、黄酮及酚酸类、多糖保健产品或原料等。二级利用:经提取后的菊茎叶、根残渣进行发酵产酶,转化为纤维素酶、木糖醇、生物乙醇等转化产物,或经热解炭化形成生物炭、木醋液等转化产物。三级高值化利用:采用非水相高效生物转化技术,实现资源性成分的功能化生物转化修饰,提高转化产物的水溶性和生物活性,提升资源性产品的附加值。最终实现菊茎叶的清洁分级利用及耦合高值化利用。为药用菊花生产过程固体废弃物的资源化利用与产业化开发提供可行的技术方案,延伸资源经济产业链,实现废弃物的零排放,解决菊花生产过程废弃物资源化利用与环境污染等问题。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] 费洪标. 杭白菊废弃物再利用技术试验 [J]. 浙江农业科学, 2012(7): 964-965.
- [3] 汤银根, 杨继峰, 陈兴龙. 杭白菊茎叶配合饲料饲喂獭兔的效果试验 [J]. 浙江畜牧兽医, 2009, 34(1): 23-24.
- [4] 于善凯, 张英, 吴小琴. 杭白菊的营养成分及其生物活性 [J]. 中国食物与营养, 2002(2): 50-51.
- [5] Chang X W, Wei D D, Su S L *et al.* An integrated strategy for rapid discovery and prediction of nucleobases, nucleosides and amino acids as quality markers in different flowering stages of *Flos Chrysanthemi* using UPLC-MS/MS and FT-NIR coupled with multivariate statistical analysis [J]. *Microch J*, 2020, doi: 10.1016/j.microc.2019.104500
- [6] Han X B, Zhao J, Cao J M, *et al.* Essential oil of *Chrysanthemum indicum* L.: potential biocontrol agent against plant pathogen *Phytophthora nicotianae* [J]. *Environmental Sci*

- Pollut Res Intern*, 2019, 26(7): 7013-7023.
- [7] 刘玉珊, 许震寰, 刘静, 等. 皇菊的有益成分含量及其可食用性分析 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(31): 10905-10906.
- [8] 胡文杰, 邱修民, 曾建军, 等. 皇菊不同部位挥发油化学成分比较分析 [J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(7): 1187-1193.
- [9] 菅琳, 孙明, 张启翔, 等. 神农香菊花、茎和叶香气成分的组成分析 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2014, 42(11): 87-92.
- [10] Usami A, Ono T, Marumoto S, et al. Comparison of volatile compounds with characteristic odor in flowers and leaves of nojigiku (*Chrysanthemum japonense*) [J]. *J Oleo Sci*, 2013, 62(8): 631-636.
- [11] Ahlem B S, Fethia H S, Imed C, et al. Essential oils and crude extracts from *Chrysanthemum trifurcatum* Leaves, stems and roots: chemical composition and antibacterial activity [J]. *J Oleo Sci*, 2014, 63(6): 607-617.
- [12] 吴仁海, 刘红彦, 尹新明, 等. 菊花茎叶挥发油的 GC-MS 分析 [J]. 河南中医学院学报, 2008, 138(23): 26-27.
- [13] 刘晓丹, 刘存芳, 赖普辉, 等. 野菊花茎叶挥发油的化学成分及其对植物病原真菌抑制作用 [J]. 食品工业科技, 2013, 24(35): 98-104.
- [14] 回瑞华, 侯冬岩, 李铁纯, 等. 万寿菊不同部位挥发性化学成分比较研究 [J]. 分析实验室, 2009, 28(7): 54-57.
- [15] López-Lázaro M. Distribution and biological activities of the flavonoid luteolin [J]. *Mini Rev Med Chem*, 2009, 9(1): 31-59.
- [16] Uehara A, Nakatab M, Kitajimac J, et al. Internal and external flavonoids from the leaves of *Japanese Chrysanthemum* species (Asteraceae) [J]. *Biochem Systemat Ecol*, 2012, 41: 142-149.
- [17] 韩正洲. 野菊资源研究与野菊花药材品质评价 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2017.
- [18] 朱玲英, 段金廐, 沈红, 等. 菊花、茎、叶中黄酮类化合物的测定 [J]. 中成药, 2007, 29(5): 1-3.
- [19] 钱大玮, 朱玲英, 彭蕴茹, 等. 菊花、茎、叶中总黄酮及绿原酸含量动态分析评价 [J]. 现代中药研究与实践, 2005, 19(6): 14-16.
- [20] 李琼, 吴德玲, 金传山, 等. 亳州产菊花不同药用部位绿原酸的含量比较 [J]. 安徽中医学院学报, 2009, 28(5): 73-74.
- [21] 薛亚峰. 紫锥菊地上部分化学成分研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [22] 张洁枝, 张琳, 付红伟, 等. 杭白菊茎叶中两种黄酮 HPLC 定量分析及其特征指纹图谱研究 [J]. 中国药师, 2010, 13(6): 796-799.
- [23] 朱琳, 郭建明, 杨念云, 等. 菊非药用部位化学成分分布及其动态积累研究 [J]. 中草药, 2014, 45(3): 425-431.
- [24] 张敏. 菊花茎叶总黄酮、绿原酸提取纯化及抗氧化活性研究 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2015.
- [25] Tao J H, Duan J A, Jiang S, et al. Simultaneous determination of six short-chain fatty acids in colonic contents of colitis mice after oral administration of polysaccharides from *Chrysanthemum morifolium* Ramat by gas chromatography with flame ionization detector [J]. *J Chromatogr B*, 2016, 1029: 88-94.
- [26] Tao J H, Duan J A, Jiang S, et al. Polysaccharides from *Chrysanthemum morifolium* Ramat ameliorate colitis rats by modulating the intestinal microbiota community [J]. *Oncotarget*, 2017, 8(46): 80790-80803.
- [27] 刘存芳, 杜全超, 史娟, 等. 野菊茎叶多糖的提取工艺优化及其性质 [J]. 食品工业科技, 2018, 39(12): 189-199.
- [28] 卫强, 孙晓燕. 菊叶中多糖的含量测定方法研究 [J]. 中成药, 2011, 33(3): 532-534.
- [29] 常相伟, 魏丹丹, 宿树兰, 等. 9 个不同产地菊茎叶中多类型资源性化学成分的分析与评价 [J]. 中国现代中药, 2020, 22(4): 564-572.
- [30] Shafaghat A, Sadeghi H, Oji K. Composition and antibacterial activity of essential oils from leaf, stem and root of *Chrysanthemum parthenium* (L.) Bernh. from Iran [J]. *Nat Prod Commun*, 2009, 4(6): 859-860.
- [31] 胡晓倩, 陈乐. 黄山贡菊叶中总黄酮提取物的抗氧化性研究 [J]. 农业现代化研究, 2010, 31(5): 638-640.
- [32] 宋静茹, 贾洪涛, 郭伟. 怀菊叶黄酮对低温香肠氧化的抑制作用 [J]. 肉类工业, 2010(8): 35-37.
- [33] 卫强, 纪小影, 龙先顺, 等. 滁菊叶化学成分及其体外抗氧化活性研究 [J]. 中药材, 2015, 38(2): 305-310.
- [34] Nugroho A, Lim S C, Choi J, et al. Identification and quantification of the sedative and anticonvulsant flavone glycoside from *Chrysanthemum boreale* [J]. *Arch Pharm Reserch*, 2013, 36(1): 51-60.
- [35] Sassi A B, Harzallah S F, Bourgougnon N, et al. Antimicrobial activities of four *Tunisian Chrysanthemum* species [J]. *Indian J Med Res*, 2008, 127(2): 183-92.
- [36] 张宇, 曲佐寅, 刘立新, 等. 万寿菊茎叶中 2 种黄酮类化合物的体外抗肿瘤活性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(13): 233-237.
- [37] 刘存芳, 史娟, 庞海霞, 等. 中药材野菊茎叶多糖的单糖组成及其抗氧化活性 [J]. 食品科技, 2018, 43(5): 191-197.
- [38] 罗音久, 曾中良, 班炳坤, 等. 紫锥菊根乙醇提取物的抗炎作用研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2009, 31(11): 169-172.
- [39] 陶金华. 菊非药用部位多糖类物质干预炎症性肠病的效应机制研究 [D]. 南京: 南京中医药大学, 2017.
- [40] 魏丹丹, 段金廐, 宿树兰, 等. 菊茎叶提取物改善肠功能失调的代谢组学研究 [J]. 中草药, 2019, 50(13): 3084-3093.
- [41] 茅慧玲, 王佳堃, 安培培, 等. 饲喂杭白菊茎叶对生长羔羊生长性能和血清抗氧化指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2010, 22(5): 1402-1406.
- [42] 魏丹丹, 常相伟, 郭盛, 等. 菊花及菊资源开发利用及资源价值发现策略 [J]. 中国现代中药, 2019, 21(1): 37-44.