

DOI:10.14188/j.ajsh.20241210002

黄连花茎化学成分、药理作用及毒理学研究进展

柯翔鸿,田洁,夏莹,付少华,樊柏林,黎炎梅*

(湖北省疾病预防控制中心,湖北 武汉 430079)

摘要: 黄连是中国传统中药材。近些年研究发现,黄连花茎与黄连根有相似的化学活性物质,均含有小檗碱、黄连碱、巴马汀、药根碱等多种生物碱类、黄酮类、苯丙素类以及有机酸类成分,具有降血脂、降血糖、抗氧化、抗菌等功效作用,且黄连花茎在国内部分地区有食用历史,作为黄连的副产物,主要应用于黄连花茎茶饮。目前黄连花茎的急性毒性、亚慢性毒性、遗传毒性等方面的毒理学研究未发现其毒性作用,有较好的安全性。对近些年黄连花茎的化学成分、药理作用、毒理学研究以及应用情况进行简单的综述,为进一步综合开发和利用黄连花茎作为保健食品或食品提供思路。

关键词: 黄连花茎;化学成分;药理作用;毒理

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2025)01-0001-08

Research progress on chemical composition, pharmacological effects and toxicology of *Coptis chinensis* inflorescence

KE Xianghong, TIAN Jie, XIA Ying, FU Shaohua, FAN Bolin, LI Yanmei*

(Hubei Provincial Center for Disease Control, Wuhan 430079, Hubei, China)

Abstract: *Coptis chinensis* Franch. is a traditional Chinese medicinal material in China. In recent years, studies have found that *Coptis chinensis* inflorescence and *Coptis chinensis* root have similar chemical active substances, both containing alkaloids such as berberine, coptisine, palmatine, jatrorrhizine, flavonoids, phenylpropanoids and organic acid ingredients. They have the effects of lowering blood lipids, lowering blood sugar, antioxidation, and antibacterial. *Coptis chinensis* inflorescence has a history of consumption in some regions of China and are mainly used as a by-product of *Coptis chinensis* root in *Coptis chinensis* flower tea. At present, its toxic effects have not been found on the acute toxicity, sub-slow toxicity and genetic toxicity of *Coptis chinensis* inflorescence with high safety. The review is to briefly summarize chemical composition, pharmacological effect, toxicology and current application of *Coptis chinensis* inflorescence in recent years, to provide ideas for the comprehensive development and application of *Coptis chinensis* inflorescence as healthy food or food.

Key words: *Coptis chinensis* inflorescence; chemical composition; pharmacological effect; toxicology

0 引言

黄连花茎(*Coptis chinensis* inflorescence)为毛茛科(Ranunculaceae)传统中药黄连(*Coptis chinensis*

Franch.)的花序,其花期一般在每年的2月—4月,花为淡黄色,花瓣呈线性或披针形,黄连移栽后第一年春季便会开花,开花后会消耗植物大量养

收稿日期: 2024-12-10 修回日期: 2025-01-06 接受日期: 2025-02-12

作者简介: 柯翔鸿(1982-),女,主管技师,硕士,主要研究方向为食品毒理学, E-mail: 729532304@qq.com

* 通讯联系人: 黎炎梅(1977-),女,副主管技师,博士,主要研究方向为食品毒理学, E-mail: 416494197@qq.com

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFF1104002-01);2024年食品安全和营养健康高质量发展咨政项目

引用格式: 柯翔鸿,田洁,夏莹,等. 黄连花茎化学成分、药理作用及毒理学研究进展[J]. 生物资源, 2025, 47(1): 1-8.

Ke X H, Tian J, Xia Y, et al. Research progress on chemical composition, pharmacological effects and toxicology of *Coptis chinensis* inflorescence [J]. Biotic Resources, 2025, 47(1): 1-8.

分。生产过程中黄连药农为了减少损耗、促进黄连根生长及其有效成分积累,除留种外,在生产过程中均采用人工摘除花茎并丢弃,造成巨大的资源浪费。仅少量的黄连花茎经晾晒、杀青后作为保健茶在市场上销售。黄连每年都会开花,需要耗费大量的人力物力摘除黄连花茎,使得黄连副产物得不到充分利用。黄连始载于《神农本草经》,在中国药用已有2 000多年的历史,其味苦,性寒,有泻火、解毒、清热、燥湿、抗菌、降血脂等功能,为中药要药被列为上品。黄连主要分布在长江中游30余县,主要产于四川、贵州、湖北、重庆等地,其中湖北省恩施利川和重庆石柱是中国最大的黄连生产基地,其产量占全国总产量的70%以上^[1]。其中利川黄连,唐代即为贡品,人工经营始于唐,兴于宋,发展于元明。土家族、苗族等少数民族长期保留着将黄连花茎作为茶饮的习俗,长期饮用可缓解咽喉肿痛等症状。除了茶饮,黄连花茎凉拌菜或黄连花茎煎鸡蛋等菜肴也端上了饭桌。一直以来,国内外学者对黄连的化学成分和药理研究较多,而对黄连的副产物黄连花茎研究却较少。目前的研究仅发现,黄连花茎含有丰富的生物碱类、黄酮类及酚类等活性物质,具有降血脂血糖、抗氧化、抗菌等作用。

本文综合近些年的研究成果,对黄连花茎化学成分、药理功效及毒理学等方面的情况进行综述,为黄连花茎进一步的开发和利用提供一定的参考。

1 化学成分

黄连入药主要部位为其根茎,根茎也是化学成分富集的主要部位,其主要活性成分为小檗碱、药根碱、黄连碱等生物碱类,黄连花茎同样含有少量的化学活性物质。有报道称^[2],无论是黄连花、黄连叶、黄连根茎均含有小檗碱、总生物碱和氨基酸,其花、叶和根茎三者含量分别为:1.16%、2.02%和20.63%,1.76%、2.94%和12.18%,5.42%、10.12%和5.82%。由于黄连叶中小檗碱及总生物碱含量比黄连花高,更具药用价值,而黄连花茎中含有丰富的氨基酸,总量达20.63%,黄连花比叶更具营养价值。进一步研究发现^[3],黄连花茎中含有丰富的氨基酸,占干花的17.53%,且所含的人体必需氨基酸占总氨基酸的39.42%,同样在黄连花茎中测得游离氨基酸16种,占必须氨基酸的41.5%,且黄连花茎富含的矿物质有K、Ca、Fe、Mg、Cu、Zn、Mn、Ni等,其含量分别是2 893、870.33、572.5、1 137、16.33、208.67、11.67、0.013 mg/kg。采用高效液相色谱-质谱法对黄连

花茎乙醇提取物中的主要生物碱进行鉴定,检测到的化合物有药根碱(4.87 mg/g)、黄连碱(17.18 mg/g)、巴马汀(3.32 mg/g)、小檗碱(31.81 mg/g)以及非洲防己碱和表小檗碱^[4]。从黄连花茎分离鉴定了10余种化学成分,主要包括黄酮类和生物碱类^[5]。黄酮类化合物和生物碱可能是黄连花茎中的主要活性物质。应用超高效液相色谱-四极杆-静电场轨道阱高分辨质谱法(UPLC-Q-Orbitrap HRMS)分析黄连花茎的化学成分时,鉴定出51个成分,包括生物碱类16个、黄酮类14个、苯丙素类7个、有机酸类7个和其他类7个。其中有41个成分首次黄连花茎中报道,去甲乌药碱、波尔定碱、伪非洲防己碱、香草壬酰胺、辣椒素、二氢辣椒素6个生物碱类成分首次黄连植物中发现。与已报道的黄连的化学成分对比,相同的生物碱有10个。其中小檗碱、巴马汀、黄连碱、芦丁、槲皮素、异槲皮苷、绿原酸、隐绿原酸、D-(-)奎尼酸、D-脯氨酸与对照品比对后得到准确鉴定^[6]。另有研究者用薄层鉴别法与高效液相色谱法对比寻找出黄连药材与黄连花茎中含量最大的差异性成分为蒙花苷^[7]。不同来源,不同生长年限的黄连花茎所含的生物碱及总黄酮等有效成分存在差异^[8,9],不同生长时期的黄连叶片、黄连须根生物碱的含量同样也存在差异^[10-11]。目前,黄连花茎的主要化学成分见表1。

表1 黄连花茎主要化学成分

Table 1 The main chemical composition of *Coptis chinensis* inflorescence

序号	化合物名称	参考文献
1	小檗碱	[2,4-9,31]
2	黄连碱	[4-6,8]
3	表小檗碱	[4-6,8]
4	巴马汀	[4-6,8]
5	药根碱	[4-6,8]
6	非洲防己碱	[4-6,8]
7	小檗红碱	[6]
8	伪非洲防己碱	[6]
9	去甲乌药碱	[6]
10	波尔定碱	[6]
11	木兰花碱	[5,6]
12	四去氢碎叶紫堇碱	[6]
13	去亚甲基小檗碱	[6]
14	香草壬酰胺	[6]
15	辣椒素	[6]
16	二氢辣椒素	[6]
17	黄酮类 槲皮素	[6,31]

续表

序号	化合物名称	参考文献
18	金合欢素	[6]
19	樱花素	[6]
20	鸢尾黄素	[6]
21	芦丁	[6,7,31]
22	异槲皮苷	[6,31]
23	金丝桃苷	[6,31]
24	香叶木苷	[6]
25	蒙花苷	[7]
26	毛蕊异黄酮	[6]
27	汉黄芩素	[6]
28	鹰嘴豆芽素 A	[6,31]
29	熊竹素	[6]
30	山奈酚-3-O-葡萄糖苷-3'-鼠李糖苷	[6]
31	山奈酚-3-O-葡萄糖苷	[6]
32	绿原酸	[6,7]
33	隐绿原酸	[6]
34	阿魏酸	[6]
35	苯丙素类 阿魏酰奎宁酸异构体 1	[6,31]
36	阿魏酰奎宁酸异构体 2	[6]
37	阿魏酰奎宁酸异构体 3	[6]
38	5-p-coumaroyl quinic acid	[6]
39	α -桐酸	[6]
40	(\pm)12(13)-DiHOME	[6]
41	D-($-$)奎尼酸	[6,31]
42	有机酸类 泛酸	[6]
43	龙胆酸	[6]
44	壬二酸	[6]
45	Corchorifatty acid F	[6]
46	D-脯氨酸	[6]
47	缬氨酸	[6,31]
48	邻苯二甲酸二丁酯	[6]
49	其他类 苯乙酮	[6]
50	羽扇烯酮	[6]
51	蔗糖	[6]
52	果糖	[6]

2 药理作用

现代药理研究表明^[12],黄连主要活性成分小檗碱具有广泛的药理活性,包括抗菌抗病毒、抗高血压、抗血小板凝集、抗心律失常、降糖降脂、治疗心力衰竭及调节消化系统等多项药理作用。而黄连花茎与黄连一样,含有大量的生物碱类、黄酮类等活性物质,同样具有降血脂血糖、抗氧化、抗菌等药效作用。

2.1 降血脂

研究发现^[13],采用高脂饲料致大鼠高脂血症,黄连花茎提取液能显著降低大鼠血清中总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量,升高高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平,其水提物能有效降低动脉硬化指数TC/HDL-C,LDL-C/HDL-C,抑制腹腔和肝脏脂肪堆积,对预防和治疗脂肪肝和动脉粥样硬化具有一定的作用。使用含18%酪蛋白、1%胆固醇和0.5%胆酸饲料诱导的大鼠高胆固醇血症,灌胃给予黄连花茎水提物30 d,可显著降低TC和LDL-C的水平,且呈现剂量效应关系^[14]。黄连花茎的化学成分与黄连类似,均含有小檗碱,而小檗碱具有降脂作用早就被证实了^[15],用59%高脂饲料造模后,小檗碱可提高胰岛素敏感指数(ISI)敏感性,降低血清中游离脂肪酸(FFA)含量,大鼠内脏脂肪细胞面积减少,对内脏肥胖有一定改善作用。其可能是通过抑制电子传递链线粒体复合物 I 抑制脂肪酸的摄取,降低原代肝细胞脂质的沉积^[16]。小檗碱在体内代谢,其代谢物抑制前脂肪细胞3T3-L1的分化,促进脂质代谢,从而减少脂肪细胞中脂质的蓄积^[17]。

2.2 降血糖

黄连为一种传统中药,主要通过促进胰岛素的分泌及抑制肝糖原的合成而达到降糖作用,且黄连中含有多糖类、生物碱类成分,多糖和生物碱在临床上用于糖尿病的治疗。有研究发现,小檗碱可通过刺激胰岛素分泌、调节脂质代谢、抑制 α -葡萄糖苷酶活性和减少通过肠上皮的葡萄糖转运能力来降低血糖^[18-19]。黄连能降低高脂饮食诱导的肥胖小鼠的血糖,HE染色后进行病理学检查发现,其胰岛数量减少,体积缩小,免疫组织化学检查胰岛素(insulin)蛋白明显减少,表明黄连改善胰岛素抵抗,对胰岛有保护作用^[20]。在四氧嘧啶诱导的糖尿病大鼠模型中,黄连花茎提取物在0.125、0.25和0.5 g/kg BW·day剂量下,均表现出显著的降血糖活性。灌胃0.5 g/kg BW黄连花茎提取物,连续3周,血糖降低率最高,约为58%^[14]。有报道称,黄连花茎提取液能降低血糖值和TG、TC含量,通过变性梯度凝胶电泳(DGGE)分析,肠道微生物结构发生了明显的变化,鼠李糖乳杆菌和乳酸菌的数量出现了下降,可推测黄连花茎提取液通过改变微生物菌群从而发挥其对糖尿病的治疗作用^[21]。小檗碱和黄连碱是主要的降糖生物碱,且小檗碱的作用强于黄连碱,巴马汀、表小檗碱和药根碱在治疗糖尿病方面发挥不同的协同作用^[22]。而小檗碱、黄连碱、表小檗碱、巴马汀等生

物碱是黄连花萼的主要生物碱。有报道显示,黄连素(小檗碱)通过上调胰岛素转导通路中关键靶点磷酸化胰岛素受体底物1(p-IRS-1)、磷酸化磷脂酰肌醇3激酶(p-PI3K)和葡萄糖转运蛋白-4(GLUT-4)蛋白的表达水平,从而改善糖尿病大鼠血脂代谢及胰岛素抵抗^[23]。

2.3 抗氧化

采用水杨酸法测定黄连花萼抗氧化活性时发现,黄连花萼水浸出物能清除羟自由基($\cdot\text{OH}$)和过氧化氢(H_2O_2)具有抗氧化活性^[24]。黄连花萼能抑制紫外线b诱导的脂质过氧化和谷胱甘肽还原。黄连花萼的光保护作用可能是由于生物碱化合物和酚类化合物的存在,提高了黄连花萼的抗氧化活性^[4]。70%乙醇黄连花萼提取物在体外具有最强的抗氧化活性^[25]。根据体外实验结果,用70%乙醇提取物评价黄连花萼的体内抗氧化活性。动物肝脏、肾脏的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和谷胱甘肽(GSH)水平显著降低,而丙二醛(MDA)水平显著升高。不同来源的黄连花萼乙醇提取物对1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基(DPPH \cdot)、2,2'-联氮双(3-乙基-苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐自由基(ABTS \cdot^+)和 $\text{O}_2\cdot^-$ 的清除活性强弱不同,清除自由基活性的主要化学成分是蒙花苷,因其给电子能力较弱,推测这是蒙花苷对3种自由基的清除活性贡献率较低的内在原因^[26]。

2.4 抗菌性

黄连是临床上使用广泛的抗菌类中药,其抑菌作用与生物碱成分有关。有研究报道^[27],黄连素能调节肠道菌群分布,乳酸菌属(*Lactobacillus*)、粪球菌属(*Coprococcus*)等有益菌属丰度增加。黄连须根中生物碱含量较高,其中盐酸黄连碱对农业中常见的致病菌辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsici*)、小麦纹枯病菌(*Rhizoctonia cereadis* Vander Hoeven)有较强抑制活性^[28]。研究发现,黄连花萼提取液和盐酸小檗碱对金色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, SA)、大肠埃希菌(*Escherichia coli*, EC)、枯草芽胞杆菌(*Bacillus subtilis*, BS)均具有较好的抗菌活性,但抗菌作用有差异,其中黄连花萼提取液对金色葡萄球菌的抗菌效果最好,而盐酸小檗碱对枯草芽胞杆菌抗菌效果最好。黄连花萼提取液和盐酸小檗碱对3种致病菌抗菌的作用机制相同,均是通过细菌细胞膜造成损伤增加其通透性,使菌体物质大量外渗,从而达到其抗菌活性^[29]。在体外菌种培养实验中,低浓度黄连花萼提取液(2.5%)会轻微促进乳酸杆菌和鼠李糖乳杆菌生长,而各浓度的黄

连花萼提取液均能抑制粪肠球菌和大肠埃希菌生长。黄连花萼提取液导致肠道微生物环境平衡被打破,表现出不同程度的抑制作用^[21]。有报道称,盐酸小檗碱是黄连花萼抑菌作用的物质基础^[30]。黄连发挥抗菌有效活性的成分比黄连花萼少,但抗菌靶点却比黄连花萼多,推测黄连花萼和黄连抗菌作用的共同成分是槲皮素和小檗碱。参与抗菌作用的不同关键基因有p38丝裂原活化蛋白激酶14(MAPK14)、过氧化氢酶(CAT),黄连及黄连花萼主要通过多靶点、多通路的方式发挥抗菌作用^[31]。黄连花萼可能具有与黄连相似的功效作用,其药效作用有待进一步研究。

3 毒理研究

黄连及黄连花萼目前的毒理学实验研究主要是以大小鼠为主,包括急性毒性实验、亚慢性毒性实验、遗传等方面的毒理学实验。研究中以动物体重、进食量、利用率以及血液学、临床生化、病理组织学等指标进行评估黄连花萼的安全性。有研究表明^[32],黄连须根对KM小鼠口服半数致死剂量(LD_{50})大于7000 mg/kg BW。亚慢性毒性研究中,较高剂量(3.76 g/kg BW)的黄连须根对肝、肺脏器会造成损伤。而Ames试验、小鼠微核试验、小鼠精子畸形试验均为阴性。黄连须根SD大鼠亚慢性毒性实验未观察到有害作用剂量(NOEL)为1.88 g/kg BW。小檗碱、黄连碱、巴马汀和表小檗碱4种生物碱的 LD_{50} 值分别为713.57、852.12、1533.68和1360 mg/kg BW,均属于低毒级^[33]。亚慢性毒性研究中,156 mg/kg BW黄连生物碱和521 mg/kg BW黄连均没有观察到可能与受试物相关的死亡率和发病率,所有动物的临床体征、体重、器官重量、尿液分析、血液学参数、大体尸检和组织病理学均未见异常。黄连中主要生物碱的含量高于黄连花萼,可以推测黄连花萼的毒性更小。关于黄连花萼的毒理研究也验证了此推测。黄连花萼提取液KM小鼠急性经口毒性试验, $\text{LD}_{50}>21.5$ g/kg BW,属于实际无毒级^[34]。在遗传毒性实验中,黄连花萼未显示出染色体畸变及精子畸变。80只KM小鼠给予含黄连花萼提取液的饲料,掺入比例分别为4%、8%、16%,经动物进食时摄取受试物。给予受试物90 d后,小鼠体重、脏器重量,血液生化等相关指标均无显著性变化,未观察到有害作用剂量(NOEL)为20.0 g/kg BW,表明黄连花萼可以安全食用。有类似的结果报道^[35],黄连花萼提取液KM小鼠急性经口毒性试验 $\text{LD}_{50}>20.0$ g/kg BW。黄连花萼提取液SD

大鼠 28 d 经口毒性试验,高剂量(2 g/kg BW)动物体重和器官相对质量没有显著性差异,临床生化检验、血液学和尿液检查指标均在正常范围内,主要脏器无病变,且未观察到动物死亡现象,未见毒性反应。据报道^[36],黄连花茎的急性毒性试验,黄连花茎的半数致死量 $LD_{50} \geq 21\ 500$ mg/kg,属于实际无毒级。Ames 实验、骨髓微核实验结果均为阴性。同样染色体畸变及精子畸形均未显示出阳性。黄连花茎提取液混入饲料,小鼠 90 d 喂养实验显示,动物的体重、血液生化、脏器指标均无异常现象,表明黄连花茎作为食品或保健食品食用是安全的。综合目前的毒理学数据显示,黄连花茎对动物在较高的剂量范围(20.0 g/kg BW)是安全的,为其开发为食品或保健品提供有利的依据。

4 黄连花茎的应用

《中国药典》规定黄连以根茎入药,有一定的局限性,应当扩大药用部位,更好地利用黄连属药用植物资源。黄连叶、黄连须和黄连花茎均具有和原药材相似的有效成分和药理作用。目前,黄连花茎主要应用于茶饮料,有研究^[37]使用黄连花茎、甜茶和杭白菊制作具有保健功能袋泡茶,通过正交试验确定了黄连花茎、甜茶和杭白菊的最佳配比。有研究^[38]利用黄连花茎为原料,探索其固体饮料的制备工艺,以黄连花茎提取物:脱脂奶粉:木糖醇:可可粉研究最佳配方比。以黄连的花茎为原料,经杀青、冷却后,干燥,包装制得的花茎茶^[36]。另有报道^[39]以黄连花茎和红茶为主要原料开发的复配茶,对黄连花茎与红茶配比、过筛目数、冲泡时间、冲泡温度、茶水比和冲泡次数 6 个因素进行单因素试验,确定复配茶的最佳工艺。

5 结语与展望

黄连是中国使用历史悠久的中药材,已有成熟的栽培和炮制技术,在中国产量比较高,且有多个黄连生产基地。2022 年,黄连被列为湖北“十大楚药”道地药材,进一步促进了黄连产业的发展。黄连叶、黄连花茎、黄连须根均为药材的副产物,量大物廉,且均具有和黄连相似的有效成分和药理作用。因此,利用黄连花茎、黄连叶、黄连须根作为医药、兽药、保健品原料、新食品原料,深入开发并加工成产品,制成一系列黄连花茎茶饮等相关产品。依据中国的丰富的黄连中药资源,开展对黄连传统功效的再认识以及对其副产物黄连花茎、黄连叶、黄连须根的生物碱类、黄酮类等化学成分深入研究,对其新功

效和新价值的进一步深挖,加大对资源价值的利用,提高黄连资源产品的价值,提升资源利用的效益。

参考文献

- [1] 肖培根. 新编中药志 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
Xiao P G. Modern Chinese Materia Medica [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [2] 冯敏, 黄明, 李学刚, 等. 味连及副产物有效成分和氨基酸含量的研究 [J]. 中药材, 2005, 28(9): 753-754.
Feng M, Huang M, Li X G, et al. Study on the contents of effective components and amino acids in Wei Lian and its by-products [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2005, 28(9): 753-754.
- [3] 冯敏. 黄连花茎成分分析和功能评价 [D]. 重庆: 西南大学, 2006.
Feng M. Composition analysis and functional evaluation of *Coptis chinensis* bunge [D]. Chongqing: Southwest University, 2006.
- [4] Zhu L, Huang B, Ban X Q, et al. *Coptis chinensis* inflorescence extract protection against ultraviolet-B-induced phototoxicity, and HPLC - MS analysis of its chemical composition [J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 50(7): 2584-2588.
- [5] Ma B X, Meng X S, Tong J, et al. Protective effects of *Coptis chinensis* inflorescence extract and linarin against carbon tetrachloride-induced damage in HepG2 cells through the MAPK/Keap1-Nrf2 pathway [J]. Food & Function, 2018, 9(4): 2353-2361.
- [6] 张焯, 邓琦, 魏敏, 等. 黄连花茎化学成分的 UPLC-Q-Orbitrap HRMS 鉴定 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(15): 91-99.
Zhang Y, Deng Q, Wei M, et al. Identification of chemical constituents in *Coptis chinensis* inflorescence by UPLC-Q-orbitrap HRMS [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2021, 27(15): 91-99.
- [7] 王梦琪, 罗定强, 刘海静. 分离鉴定黄连花茎的差异性成分并测定其中 4 个成分的含量 [J]. 中南药学, 2023, 21(5): 1341-1346.
Wang M Q, Luo D Q, Liu H J. Separation and analysis of characteristic components in *Coptis chinensis* flower moss and content determination of 4 components [J]. Central South Pharmacy, 2023, 21(5): 1341-1346.
- [8] 马冰馨, 梁佳文, 李兴会, 等. 反相高效液相色谱法同时测定黄连花茎及黄连花茎中 6 种生物碱的含量 [J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(6): 1602-1607.
Ma B X, Liang J W, Li X H, et al. Simultaneous determination of 6 alkaloids in *Coptis* inflorescence and

- Coptis* flower tea by reversed phase high performance liquid chromatography [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2014, 5(6): 1602-1607.
- [9] 伍利华, 杨慧, 杨俊莉, 等. 基于综合评分和聚类分析的不同海拔、生长年限及干燥加工方法的黄连花萼的品质评价[J]. *中国药房*, 2020, 31(10): 1212-1216.
Wu L H, Yang H, Yang J L, et al. Quality evaluation of inflorescence of *Coptis chinensis* with different altitude, growth years and drying processing methods based on comprehensive score and cluster analysis [J]. *China Pharmacy*, 2020, 31(10): 1212-1216.
- [10] 曾焯, 王学奎, 薛翔楠, 等. 湖北利川黄连不同生长龄期主要生物碱的分布及变化[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2013, 19(11): 123-126.
Zeng Y, Wang X K, Xue X N, et al. Study on division and change of main alkaloids from *Coptis chinensis* in Lichuan Hubei at different growth stages [J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2013, 19(11): 123-126.
- [11] 许婧榆, 张荣庆, 李颖, 等. 黄连废弃物中生物碱含量的时空分布研究[J]. *中国药房*, 2013, 24(19): 1798-1801.
Xu J Y, Zhang R Q, Li Y, et al. Study on spatial and temporal distribution of alkaloids contents in *Coptis chinensis* wastes [J]. *China Pharmacy*, 2013, 24(19): 1798-1801.
- [12] 周瑞, 项昌培, 张晶晶, 等. 黄连化学成分及小檗碱药理作用研究进展[J]. *中国中药杂志*, 2020, 45(19): 4561-4573.
Zhou R, Xiang C P, Zhang J J, et al. Research progress on chemical compositions of *Coptidis Rhizoma* and pharmacological effects of berberine [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2020, 45(19): 4561-4573.
- [13] 王祯旭, 李学刚, 聂继云. 黄连花萼提取液的降血脂作用[J]. *华西药学杂志*, 2008, 23(1): 50-51.
Wang Z X, Li X G, Nie J Y. Antilipidemic effects of the extraction solution from *Coptis chinensis* Franch. flower [J]. *West China Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2008, 23(1): 50-51.
- [14] Yuan L J, Tu D W, Ye X L, et al. Hypoglycemic and hypocholesterolemic effects of *Coptis chinensis* Franch inflorescence [J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2006, 61(3): 139-144.
- [15] 崔琳琳, 赵晓华, 李丽, 等. 小檗碱对高脂膳食大鼠胰岛素抵抗的早期干预实验研究[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2005, 3(3): 230-231.
Cui L L, Zhao X H, Li L, et al. Experimental study on SD rats with insulin resistance (IR) induced by high fat diet intervened by berberine [J]. *Chinese Journal of Integrative Medicine on Cardio-Cerebrovascular Disease*, 2005, 3(3): 230-231.
- [16] 俞牧雨, 米日阿依·阿里木江, 刘威, 等. 小檗碱通过抑制脂肪酸摄取降低小鼠原代肝细胞脂质沉积[J]. *中国药理学通报*, 2018, 34(3): 337-342.
Yu M Y, Ali M J, Liu W, et al. Berberine ameliorates lipid accumulation of mouse primary hepatocytes by decreasing fatty acids uptake [J]. *Chinese Pharmacological Bulletin*, 2018, 34(3): 337-342.
- [17] 张晨阳, 朱娟娟, 卢晶. 小檗碱体内代谢产物对前脂肪细胞分化和脂代谢的影响[J]. *中国临床药理学杂志*, 2024, 40(17): 2503-2507.
Zhang C Y, Zhu J J, Lu J. Effects of berberine metabolites on differentiation and lipid metabolism of preadipocytes [J]. *The Chinese Journal of Clinical Pharmacology*, 2024, 40(17): 2503-2507.
- [18] Leng S H, Lu F E, Xu L J. Therapeutic effects of berberine in impaired glucose tolerance rats and its influence on insulin secretion [J]. *Acta Pharmacologica Sinica*, 2004, 25(4): 496-502.
- [19] Pan G Y, Huang Z J, Wang G J, et al. The antihyperglycaemic activity of berberine arises from a decrease of glucose absorption [J]. *Planta Medica*, 2003, 69(7): 632-636.
- [20] 张力文, 胡娜, 袁琳, 等. 黄连对高脂饮食诱导肥胖小鼠胰岛保护作用的实验研究[J]. *中国中医药科技*, 2021, 28(3): 367-370.
Zhang L W, Hu N, Yuan L, et al. Protective effect of Huanglian (*Coptidis Rhizoma*) on islets of high fat diet-induced obese mice [J]. *Chinese Journal of Traditional Medical Science and Technology*, 2021, 28(3): 367-370.
- [21] 王雯玲. 黄连花萼对高血糖大鼠肠道菌群作用的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2015.
Wang W L. Effect of *Coptis chinensis* bunge on intestinal flora in hyperglycemia rats [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2015.
- [22] 马航, 胡懋然, 邹宗尧, 等. 黄连生物碱降糖作用研究及构效关系初探[J]. *中国药理学通报*, 2015, 31(11): 1575-1579.
Ma H, Hu Y R, Zou Z Y, et al. Preliminary evaluation of antihyperglycemic effect of *Rhizoma Coptidis* alkaloids and their structure-activity relationships [J]. *Chinese Pharmacological Bulletin*, 2015, 31(11): 1575-1579.
- [23] 刘亚慧, 郑香梅, 李阳, 等. 黄连素对糖尿病大鼠血脂代谢及胰岛素抵抗的作用[J]. *西北药学杂志*, 2024, 39(3): 65-69.
Liu Y H, Zheng X M, Li Y, et al. Effects of berberine

- on blood lipid metabolism and insulin resistance in diabetic rats [J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2024, 39(3): 65-69.
- [24] 屠大伟, 张保顺, 李学刚. 黄连花茶加工工艺及其抗氧化作用研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(5): 165-167.
Tu D W, Zhang B S, Li X G. Study on technology and antioxidant of the inflorescence tea of *Coptis chinensis* [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(5): 165-167.
- [25] Ban X Q, Huang B, He J S, et al. *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of extracts from *Coptis chinensis* inflorescence [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2011, 66(2): 175-180.
- [26] 孙婉春, 马冰馨, 王有为, 等. 不同来源黄连花茎的自由基清除活性及其物质基础[J]. 武汉大学学报(理学版), 2024, 70(2): 213-220.
Sun W C, Ma B X, Wang Y W, et al. Radicals scavenging activities and material bases of *Coptis* inflorescences from different sources [J]. Journal of Wuhan University (Natural Science Edition), 2024, 70(2): 213-220.
- [27] 杨宇琦, 吴丽娜, 孙克, 等. 黄连素通过重塑肠道菌群和调节 PI3K/AKT 信号通路改善多囊卵巢综合征小鼠的作用机制研究[J]. 疑难病杂志, 2024, 23(3): 352-359.
Yang Y Q, Wu L N, Sun K, et al. Mechanism of action of flavopiridol to improve polycystic ovary syndrome by remodeling intestinal flora and regulating PI3K/AKT signaling pathway [J]. Chinese Journal of Difficult and Complicated Cases, 2024, 23(3): 352-359.
- [28] 张永欣, 朱童, 杨丹, 等. 黄连须根提取物生物碱类成分及抑菌活性研究[J]. 世界中医药, 2021, 16(17): 2556-2561.
Zhang Y X, Zhu T, Yang D, et al. Study on alkaloids and antibacterial activity of fibrous root extract of *Coptis chinensis* [J]. World Chinese Medicine, 2021, 16(17): 2556-2561.
- [29] 杨慧, 刘晓凤, 刘钱, 等. Q-marker 思路下的黄连花茎抗菌作用及机制研究[J]. 中国抗生素杂志, 2022, 47(6): 550-555.
Yang H, Liu X F, Liu Q, et al. Research on antibacterial effect and mechanism of *Coptis* flower based on Q-marker thinking [J]. Chinese Journal of Antibiotics, 2022, 47(6): 550-555.
- [30] 杨慧, 张佳, 刘博文, 等. 黄连花茎 HPLC 指纹图谱的建立及其抗氧化和抑菌作用谱效关系研究[J]. 中国药房, 2021, 32(5): 559-564.
Yang H, Zhang J, Liu B W, et al. Establishment of HPLC fingerprint of *Coptis chinensis* inflorescence and its spectrum-effect relationship with antioxidant and antibacterial effects [J]. China Pharmacy, 2021, 32(5): 559-564.
- [31] 杨慧, 朱红梅, 伍蕊嗣, 等. 基于次生代谢产物和网络药理学探索黄连及黄连花茎抗菌作用的物质基础及机制差异[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(10): 133-141.
Yang H, Zhu H M, Wu R S, et al. Analysis on material basis and mechanism difference of antibacterial effect of *Coptis chinensis* and its flower stalk based on secondary metabolites and network pharmacology [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2021, 27(10): 133-141.
- [32] Ning N, Wang Y Z, Zou Z Y, et al. Pharmacological and safety evaluation of fibrous root of *Rhizoma Coptidis* [J]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2015, 39(1): 53-69.
- [33] Yi J, Ye X L, Wang D Z, et al. Safety evaluation of main alkaloids from *Rhizoma Coptidis* [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2013, 145(1): 303-310.
- [34] 王祯旭. 黄连花茎降血脂功能研究及其安全性评价[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
Wang Z X. Study on hypolipidemic function of *Coptis chinensis* flower stem and its safety evaluation [D]. Chongqing: Southwest University, 2007.
- [35] 马冰馨, 莫启贵, 王有为, 等. 黄连花茎及其生物碱的急性与亚急性毒性研究[J]. 武汉大学学报(理学版), 2024, 70(2): 253-260.
Ma B X, Mo Q G, Wang Y W, et al. Acute and sub-acute oral toxicities of *Coptis chinensis* inflorescence and its alkaloids mixture [J]. Journal of Wuhan University (Natural Science Edition), 2024, 70(2): 253-260.
- [36] 屠大伟. 黄连副产物综合利用关键技术研究[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
Tu D W. Study on key technologies of comprehensive development and utilization of *Coptis chinensis* by-products [D]. Chongqing: Southwest University, 2007.
- [37] 王祯旭, 屠大伟, 冯敏. 黄连花茎保健袋泡茶的研制[J]. 食品科技, 2006, 4: 98-100.
Wang J X, Tu D W, Feng M. Research on functional bag-soak-tea of *Coptis* flower [J]. Food Science and Technology, 2006, 4: 98-100.
- [38] 马聪, 杨慧, 余志晴, 等. 黄连花茎固体饮料的制备工艺研究[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2022, 41(2): 123-127.
Ma C, Yang H, Yu Z Q, et al. Study on preparation

technology of solid beverage of *Coptis* flower stalk [J].
Journal of Chengdu University (Natural Science Edition), 2022, 41(2): 123-127.

[39] 刘畅, 王娇杨, 胡榜文, 等. 黄连花茎复配茶的研制 [J]. 现代食品, 2022, 28(15): 104-107.

Liu C, Wang J Y, Hu B W, et al. Development of

Coptis chinensis inflorescence compound tea [J].
Modern Food, 2022, 28(15): 104-107.

□

(编辑: 杨晓翠)