

黄芩活性成分与药理作用研究进展

张晶^{1*}, 徐明远^{1,2#}, 李凤霞¹, 刘岩¹, 方东军¹, 倪红伟², 郭晓瑞³, 唐中华³

¹黑龙江中医药大学临床医学院, 黑龙江 哈尔滨

²黑龙江省林业科学院, 黑龙江 哈尔滨

³东北林业大学化学化工与资源利用学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年4月8日; 录用日期: 2023年5月18日; 发布日期: 2023年5月29日

摘要

黄芩是一种临床常用的中药, 具有广泛的药理作用。黄芩中主要的活性成分是黄酮类、多糖类以及挥发油类, 这些成分具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗肿瘤等多种生物学效应。近年来, 越来越多的研究表明, 黄芩的药理作用不仅局限于上述效应, 还包括心血管保护、神经保护、肝肾保护、免疫调节等作用。本文对黄芩的活性成分和药理作用进行了综述, 以期为进一步研究和应用黄芩提供参考。

关键词

黄芩, 活性成分, 药理作用, 进展

Research Progress on the Active Ingredients and Pharmacological Effects of *Scutellaria baicalensis*

Jing Zhang^{1*}, Mingyuan Xu^{1,2#}, Fengxia Li¹, Yan Liu¹, Dongjun Fang¹, Hongwei Ni², Xiaorui Guo³, Zhonghua Tang³

¹College of Clinical Medical, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

²Heilongjiang Academy of Forestry, Harbin Heilongjiang

³College of Chemistry, Chemical Engineering and Resource Utilization, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

Received: Apr. 8th, 2023; accepted: May 18th, 2023; published: May 29th, 2023

Abstract

Scutellaria baicalensis is a commonly used clinical herb with a wide range of pharmacological ef-

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张晶, 徐明远, 李凤霞, 刘岩, 方东军, 倪红伟, 郭晓瑞, 唐中华. 黄芩活性成分与药理作用研究进展[J]. 植物学研究, 2023, 12(3): 170-177. DOI: 10.12677/br.2023.123023

fects. The main active ingredients in *Scutellaria baicalensis* are reported mineral flavonoids, polysaccharides, and volatile oils, which have various biological effects such as antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial, and antitumor. In recent years, more and more studies have shown that the pharmacological effects of *Scutellaria baicalensis* are not only limited to the above effects, but also include cardiovascular protection, neuroprotection, hepatoprotection, immunomodulation and other effects. In this paper, the active ingredients and pharmacological effects of *Scutellaria baicalensis* are reviewed with a view to providing references for further research and application of *Scutellaria baicalensis*.

Keywords

Scutellaria baicalensis, Active Ingredient, Pharmacological Action, Research Progress

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

黄芩为唇形科植物黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 的干燥根，是一种广泛应用于中医治疗的药材。具有清热燥湿，泻火解毒，止血，安胎的功效。临床用于湿温、暑湿，胸闷呕恶，湿热痞满，泻痢，黄疸，肺热咳嗽，高热烦渴，血热吐衄，痈肿疮毒，胎动不安等病症[1]。近年来，黄芩的活性成分与药理作用方面的研究受到了广泛关注。国内外研究表明，黄芩中的主要活性成分为黄酮类化合物，如黄芩素等[2]，其具有多种药理作用，如抗氧化、抗炎、抗菌、抗肿瘤等作用。近年来，越来越多的研究表明，黄芩的药理作用不仅局限于上述效应，还包括心血管保护、神经保护、肝肾保护、免疫调节等作用[3]。同时，一些新的活性成分也被不断发现和研究，如黄芩苷等。

但是，目前在黄芩的研究中还存在以下需要解决的问题。首先，黄芩中的化学成分较为复杂，需要进一步研究不同成分的药理作用及其相互作用机制。其次，黄芩的药理作用机制还不够清晰，需要深入探究其作用的分子机制，以提高其临床应用价值。此外，如何控制黄芩药材的质量也是一个非常重要的问题，需要建立合理的质量评价标准和检测方法，以确保其安全有效的应用。因此，未来需要进一步开展系统性、多角度的研究，深入探究黄芩活性成分与药理作用方面的机制，为其临床应用提供更加准确、有效的支持。为解决上述问题，本文将从黄芩的活性成分和药理作用两个方面对其进行综述。

2. 黄芩的活性成分

2.1. 黄酮及黄酮苷类

黄芩中的主要活性成分是黄芩素、汉黄芩素、黄芩苷及汉黄芩苷等黄酮类物质。黄芩素(Baicalein)是黄芩中的一种黄酮类化合物，具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤等多种生物学效应[4] [5] [6]。最近的研究表明，黄芩素可以抑制 DNA 损伤和氧化应激反应，减轻神经系统的炎症反应和细胞凋亡，从而具有保护神经系统的作用[7]。此外，黄芩素还可以抑制多种肿瘤细胞的增殖和转移，对肝癌、胃癌、乳腺癌、肺癌等多种恶性肿瘤均有一定的抑制作用[8] [9] [10] [11]。黄芩苷(Baicalin)也具有类似于黄芩素的多种生物学效应。最近的研究表明，黄芩苷通过黄芩苷激活 nrf2 介导的抗氧化应激通路发挥神经保护作用[12]。黄芩苷通过抗炎作用对炎症性肠病、溃疡性结肠炎以及银屑病具有较好的治疗作用[13] [14] [15]此外，黄芩

昔还可以通过调节免疫系统、降低血糖和血脂等多种方式,对多种疾病具有保护作用[16][17]。汉黄芩素(Wogonin)是一种黄色结晶,可溶于水、乙醇和甲醇,也是黄芩中含量交高的黄酮类化合物之一,有研究报道,汉黄芩素可通过多种途径改善炎症反应引起的肾损伤和肺损伤[18][19]。也有研究表明,汉黄芩素可以通过抑制氧化应激反应,降低细胞内自由基水平,减少DNA损伤和脂质过氧化,从而神经保护作用[20][21][22]。此外,汉黄芩素通过调节各种细胞信号通路,对膀胱癌、乳腺癌、胆管癌、宫颈癌、结肠直肠癌、胆囊癌和胃癌具有巨大的治疗潜力[23]。

2.2. 多糖类

林慧彬等[24]比较我国不同种质黄芩中多糖含量,结果显示山东泰安、临朐、文登等地的黄芩多糖含量较高,在10%以上;甘肃黄芩(*S. baicalensis* Georgi)多糖含量为7.22%,沙滩黄芩(*S. strigillosa* Hemsl.)含量为5.01%,表明黄芩中多糖含量与种质、产地、生长时间等因素有关。石俊英等[25]采用蒽酮比色法测定了不同产地黄芩多糖的含量,结果显示多糖含量为16.30%,表明黄芩多糖是控制黄芩药材质量的重要指标。有研究结果显示,黄芩多糖对炎症反应具有抑制作用,可以抑制炎症细胞因子的产生,减轻炎症反应,从而缓解炎症性疾病如皮炎、溃疡性结肠炎等疾病的症状[26][27]。另有研究报道,黄芩多糖可以显著增强机体免疫功能,促进巨噬细胞的活化和细胞免疫的增强,从而提高机体对病原微生物的抵抗能力[28]。黄芩多糖可显著提高小鼠血清、肝脏、脾脏和肾脏中的蛋白含量、GSH-Px活性和SOD活性,还可显著降低小鼠血清、肝脏、脾脏和肾脏中的MDA含量,具有一定的体内抗氧化活性[29]。黄芩多糖可以抑制肿瘤细胞的增殖和侵袭,诱导肿瘤细胞凋亡,从而对多种肿瘤如肺癌、乳腺癌、肝癌等具有抗肿瘤作用[30]。黄芩多糖可以降低血糖水平,提高胰岛素敏感性,从而对糖尿病的防治具有潜在的效果[31]。同时,黄鑫等用小鼠进行黄芩多糖的急性经口毒性试验和亚慢性毒性试验,结果表明黄芩多糖对小鼠无明显急性、亚慢性毒性作用,临床合理剂量用药安全可靠[32]。

2.3. 挥发油和微量元素等其他成分

宋双红等[33]采用共水蒸馏法分别提取黄芩不同器官中的挥发油,用气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术对挥发油化学成分进行分析鉴定,该研究在黄芩花中鉴定出53种化合物,占花挥发油总量的91.16%;茎叶中鉴定出48种化合物,占茎叶中挥发油总量的88.48%;根中鉴定出39种化合物,占根中挥发油总量的91.79%;种子中鉴定出32种化合物,占种子挥发油总量的84.58%。巩江等[34]用水蒸气蒸馏得到挥发油,运用GC-MS技术对化学成分进行了分析和鉴定,该研究在黄芩地上部分分离鉴定了其中37个化合物,占挥发油总量的85.03%。黄芩挥发油中含量在3%以上的组分有:烯丙醇(5.53%)、苯乙酮(4.62%)、石竹烯(18.90%)、 α -律草烯(3.99%)、香叶烯D(19.44%)、 γ -榄香烯(6.23%)、1-乙烯基-1-甲基-2-(1-甲基乙烯基)-4-(1-甲基亚乙基)-环己烷(3.98%)。陈欣等[35]的研究结果则表明,海南黄芩挥发油对对宫颈癌(Hela)细胞和肺腺癌(A549)细胞具有较好的抑制活性。董春红等[36]利用电感耦合等离子体质谱法测定了河南及甘肃2个不同产地的黄芩样品中的28种人体必需或有害的金属元素,结果表明黄芩中含有多种金属元素,不同产地黄芩中金属元素种类基本相同,不同金属元素含量差异较大,变化范围在 $0.1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Se)~ $5277 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Mg) (河南产黄芩)。

3. 黄芩的药理作用

3.1. 抗氧化作用

黄芩中的黄酮类化合物具有明显的抗氧化作用,可以降低细胞内自由基水平,减少氧化应激损伤[37]。研究表明,黄芩素和汉黄芩素等黄酮类化合物可以通过激活Nrf2(核因子-E2-相应因子2)信号通路,促进

细胞内抗氧化酶(如超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶等)的合成和释放,从而增强细胞的抗氧化能力[38]。李兰根等[39]的研究发现,在 ARPE 细胞氧化应激损伤中黄芩苷能起到负向调节作用,意味着黄芩苷具有抗氧化应激损伤的作用。Wang 等[40]的实验结果显示,黄芩提取物能够显著降低细胞内的 DNA 氧化损伤程度,从而减轻细胞的氧化应激损伤。其机制可能是黄芩素与 DNA 小槽结合,形成了稳定的双螺旋结构。Synowicz Wojtarowicz 等[41]的研究发现,黄芩素能够显著提高细胞内超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)的活性,从而增强细胞对氧化应激的抵抗能力。Huang 等[42]人的研究表明,黄芩通过抑制线粒体氧化损伤来发挥抗氧化作用。实验结果显示,黄芩提取物能够显著减少线粒体膜电位的下降和线粒体 DNA 的氧化损伤,从而保护线粒体的功能,并减轻细胞的氧化应激损伤。

3.2. 抗炎作用

黄芩的抗炎作用主要体现在多个方面:1) 抑制炎症介质的释放:黄芩中的黄芩素和黄芩苷等成分能够抑制炎症细胞(如巨噬细胞、中性粒细胞等)产生和释放炎症介质,如肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素-1 β (IL-1 β)和白细胞介素-6 (IL-6)等,从而减轻炎症反应和炎症介质引起的组织损伤[43]。2) 抑制炎症信号通路:例如,黄芩苷和黄芩素可以通过抑制 PI3K/AKT/NF- κ B 信号通路的激活,从而抑制炎症基因的表达和炎症反应的发生[44]。3) 抑制炎症细胞的活化:如巨噬细胞和 T 细胞等,从而减少炎症介质的释放和炎症反应的发生[45]。4) 调节免疫功能:例如,黄芩素能够调节巨噬细胞和 T 细胞等免疫细胞的活性和功能,抑制免疫细胞的过度激活和炎症介质的释放,从而减轻炎症反应和炎症相关疾病的病情。5) 抑制炎症相关酶活性:如磷酸酰化酶(MAPKs)、环氧酶(COX)和一氧化氮合酶(iNOS)等。这些酶在炎症过程中起到关键作用,黄芩通过抑制这些酶的活性,从而减轻炎症反应和炎症引起的组织损伤[41]。

3.3. 抗肿瘤作用

近年来,越来越多的研究证实了黄芩的抗肿瘤作用,并通过不同的机制在多种肿瘤类型中显示出抗肿瘤活性。一项研究发现,黄芩提取物可以显著抑制人乳腺癌细胞的增殖,并通过抑制细胞周期的进行,从而抑制癌细胞的生长。此外,黄芩提取物还能够诱导乳腺癌细胞的凋亡,即促使癌细胞主动死亡,从而抑制肿瘤的生长[46]。在结直肠癌方面,黄芩也显示出抗肿瘤活性。一项研究发现,黄芩提取物可以通过抑制细胞周期相关蛋白的表达,从而阻止结直肠癌细胞进入细胞分裂期,从而抑制癌细胞的增殖[47]。此外,黄芩提取物还能够抑制结直肠癌细胞的侵袭和转移,从而减少肿瘤的转移和扩散[48]。黄芩还显示出在肺癌治疗中的抗肿瘤作用。一项研究发现,黄芩提取物可以通过抑制肺癌细胞的 DNA 合成,从而抑制细胞的增殖。此外,黄芩提取物还能够显著诱导肺癌细胞的凋亡,即促使癌细胞主动死亡,从而抑制肿瘤的生长和扩散[49]。与此同时,也有研究发现,黄芩中的黄酮类活性成分除了作用于肝癌复杂信号网络中的不同靶点而起到抗肿瘤作用,而且可以减轻与肝脂肪变性、非酒精性脂肪性肝病、糖尿病、肥胖等非病毒危险因素相关的致病条件[50]。

3.4. 抗菌作用

黄芩及其活性成分具有广谱的抗细菌作用,对多种细菌具有抑制或杀灭作用,包括革兰氏阳性细菌和革兰氏阴性细菌。一项研究发现,黄芩素与抗菌药物联用对耐药金黄色葡萄球菌(MRSA)表现出较强的抗菌活性。研究结果显示,黄芩素能够显著降低 MRSA 的生长速度,并通过抑制菌体内酶活性,影响细菌的生物合成和代谢过程,从而实现抗菌作用[51]。另一项研究则报道了黄芩素对大肠杆菌(*Escherichia coli*)的抗菌作用。研究发现,黄芩素和黄芩苷通过作用于 NF- κ B 和 MAPK 通路抑制炎症的作用最终发挥

对大肠杆菌的抗菌活性[52]。黄芩也被广泛应用于抗病毒研究领域,研究发现其具有抗多种病毒的作用,包括病毒的复制和传播过程。一项研究报道了黄芩对乙型肝炎病毒(HBV)的抗病毒作用机制。该研究发现,黄芩对乙型肝炎病毒具有多基因、多靶点、多通道的作用特点能够通过抑制炎症反应和减轻肝脏损伤,对乙型肝炎的治疗具有积极的作用[53]。另一项研究报道了黄芩对甲型流感病毒(H1N1)的抗病毒作用。研究发现,黄芩中的黄芩苷具有抗甲型流感病毒的作用,通过抑制病毒的复制和传播,降低病毒引起的炎症反应和细胞损伤,从而减轻病毒感染引起的症状和病程[54]。

3.5. 心脏保护作用

大量的研究结果显示,黄芩及其活性成分对多种原因引起的心脏损伤具有确切的保护作用。如宋丽等[55]研究了黄芩素对异丙肾上腺素导致小鼠心肌重构的保护作用机制,结果表明,黄芩素对异丙肾上腺素导致的小鼠心肌重构具有抑制其氧化应激和减少细胞凋亡的作用,作用机制可能与激活 PI3K/AKT1 信号通路抗氧化应激有关。徐秋玲等[56]探讨了黄芩苷抑制糖尿病大鼠心肌成纤维细胞分化机制,结果表明,芩苷能够抑制糖尿病大鼠心肌成纤维细胞分化,干预心肌纤维化,机制与黄芩苷调控心肌成纤维细胞 miR-146a 表达,抑制 α -SMA 蛋白有关。李亚芹等[57]的研究结果表明,黄芩茎叶总黄酮可抑制原发性高血压大鼠的心肌重构,且中剂量应用时效果最好,其机制可能与抑制 NF- κ B 信号通路引发的炎症反应有关。刘萍等[58]通过实验证明黄芩中的黄芩苷通过恢复心电图改变,逆转心脏病理学改变,降低心肌酶、乳酸脱氢酶的水平来实现对心肌缺血再灌注损伤的保护机制,证实黄芩苷有心脏保护作用。李爽等[59]对黄芩素延缓大鼠心肌衰老的作用及机制进行了研究,结果显示黄芩素对大鼠心肌衰老有一定的延缓作用,其机制可能与提高衰老心肌抗氧化能力,抑制其下游 p53-p21^{Cip1/Waf1} 信号通路有关。

3.6. 黄芩的药理作用差异

综上所述,黄芩具有多种药理活性,如抗炎、抗氧化、抗肿瘤、抗菌、心脏保护等。造成黄芩药理作用差异的主要原因可能与黄芩的活性成分具有不同的作用方式和机制有关。首先,黄芩的主要活性成分是黄酮类化合物,包括黄芩素、黄芩苷、汉黄芩素等。这些黄酮类化合物在抗炎、抗氧化、抗肿瘤、心脏保护等方面具有较强的药理活性[6] [60]。其次,黄芩中还含有多糖类和挥发性成分,这些成分也具有独特的药理活性。如多糖类具有抗氧化、免疫调节、抗肿瘤和降血糖等作用[28] [30] [31],而挥发性成分主要起有抗肿瘤作用[31]。另外,黄芩的药理作用还涉及多种信号通路和分子靶点,其作用机制较为复杂。例如,黄芩的抗肿瘤作用主要通过调节细胞周期、抑制血管生成、诱导凋亡等途径实现[47] [48] [49],而其抗菌作用则通过破坏细胞膜结构、抑制细菌生长等方式发挥[51]。因此,在临床应用中,需要根据不同的药理作用选择合适的剂型和用药方案,以充分发挥其疗效。此外,黄芩的药理作用及药效物质基础还需要进一步研究和探讨,以更好地指导其临床应用和新药研发。

4. 总结与展望

本文对传统中药黄芩的主要活性成分药理活性进行了综述。活性成分研究结果显示,黄芩的主要活性成分包括黄酮类(如黄芩素、黄芩苷和汉黄芩素等)、多糖类以及挥发性成分,研究成果可为进一步挖掘中药的药效物质基础提供试验依据。药理作用方面的研究成果可为中草药治疗细胞的氧化损伤、抗炎、抗肿瘤、抗细菌感染及心脏保护等提供理论依据和现实依据,并显示出显著的疗效和独特的优势。但是,这些药理作用的机制较为复杂,涉及多个信号通路和分子靶点,目前的研究尚未完全揭示黄芩的药效物质基础和药理作用的分子机制。未来的研究需要进一步探讨黄芩中活性成分的生物学活性及其作用的分子机制,为临床应用提供更加科学的依据。

基金项目

黑龙江省中医药经典普及化专项课题项目(ZYW-2022-059); 黑龙江省中医药科研课题项目(ZHY2022-138); 国家科技基础资源调查计划(2019FY100500); 黑龙江省博士后基金项目(LBH-Z20091); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2572020DY04)。黑龙江省自然科学基金联合引导项目(LH2022H084)。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中国药典 2020 年版: 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [2] 曹岗, 邵玉蓝, 金奇. 黄芩活性成分提取分离研究进展[J]. 抗感染药学, 2009, 6(2): 87-91.
- [3] 黄玉普, 吴大章, 王森. 黄芩的药理作用及其药对研究进展[J]. 中国药业, 2022, 31(15): 129-133.
- [4] 田硕, 洪涛, 张多, 等. 黄芩素的药理作用及分子机制的最新研究进展[J]. 黑龙江医药, 2015, 28(6): 1195-1199.
- [5] 史敏, 孙琳, 李倩, 等. 黄芩素在衰老相关疾病中的作用及机制研究进展[J]. 中国美容医学, 2021, 30(4): 176-180.
- [6] 焦玉菡, 孙四海, 辛铭, 等. 黄芩及其有效成份抗肿瘤作用新进展[J]. 环球中医药, 2021, 14(6): 1159-1165.
- [7] 闫姣姣. 黄芩素对 LPS 致 BV-2 细胞神经炎症的保护作用和机制[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西大学, 2020.
- [8] Qiao, D., Jin, J.C., Xing, J., *et al.* (2021) Baicalein Inhibits Gastric Cancer Cell Proliferation and Migration through a Fak Interaction via Akt/Mtor Signaling. *American Journal of Chinese Medicine*, **49**, 525-541. <https://doi.org/10.1142/S0192415X21500245>
- [9] Bie, B.B., Sun, J., Guo, Y., *et al.* (2017) Baicalein: A Review of Its Anti-Cancer Effects and Mechanisms in Hepatocellular Carcinoma. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **93**, 1285-1291. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.07.068>
- [10] Srivastava, S., Mathew, J. and Pandey, A.C. (2023) Baicalein—A Review on Its Molecular Mechanism against Breast Cancer and Delivery Strategies. *Medicinal Chemistry Research*, **32**, 643-658. <https://doi.org/10.1007/s00044-023-03037-7>
- [11] Chandrashekar, N. and Pandi, A. (2022) Baicalein: A Review on Its Anti-Cancer Effects and Mechanisms in Lung Carcinoma. *Journal of Food Biochemistry*, **46**, e14230. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14230>
- [12] Wang, X., Yu, J.Y., Sun, Y., *et al.* (2021) Baicalin Protects Lps-Induced Blood-Brain Barrier Damage and Activates Nrf2-Mediated Antioxidant Stress Pathway. *International Immunopharmacology*, **96**, Article ID: 107725. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2021.107725>
- [13] Chen, Y., Song, S.S., Wang, Y.F., *et al.* (2022) Potential Mechanism of Oral Baicalin Treating Psoriasis via Suppressing Wnt Signaling Pathway and Inhibiting Th17/IL-17 Axis by Activating Ppar Gamma. *Phytotherapy Research*, **36**, 3969-3987. <https://doi.org/10.1002/ptr.7546>
- [14] Wang, X., Xie, L., Long, J.Y., *et al.* (2022) Therapeutic Effect of Baicalin on Inflammatory Bowel Disease: A Review. *Journal of Ethnopharmacology*, **283**, Article ID: 114749. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114749>
- [15] Zhen, J., Chen, W., Liu, Y., *et al.* (2021) Baicalin Protects against Acute Pancreatitis Involving Jnk Signaling Pathway via Regulating Mir-15a. *American Journal of Chinese Medicine*, **49**, 147-161. <https://doi.org/10.1142/S0192415X21500087>
- [16] Jiang, M., Li, Z.N. and Zhu, G.X. (2020) Immunological Regulatory Effect of Flavonoid Baicalin on Innate Immune Toll-Like Receptors. *Pharmacological Research*, **158**, Article ID: 104890. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.104890>
- [17] Lin, D., Du, Q., Wang, H.Q., *et al.* (2017) Antidiabetic Micro-/Nanoaggregates from Ge-Gen-Qin-Lian-Tang Decoction Increase Absorption of Baicalin and Cellular Antioxidant Activity *In Vitro*. *Biomed Research International*, **2017**, Article ID: 9217912. <https://doi.org/10.1155/2017/9217912>
- [18] Lei, L., Zhao, J., Liu, X.Q., *et al.* (2021) Wogonin Alleviates Kidney Tubular Epithelial Injury in Diabetic Nephropathy by Inhibiting Pi3K/Akt/Nf-Kappa B Signaling Pathways. *Drug Design Development and Therapy*, **15**, 3131-3150. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S310882>
- [19] Wei, C.Y., Sun, H.L., Yang, M.L., *et al.* (2017) Protective Effect of Wogonin on Endotoxin-Induced Acute Lung Injury via Reduction of P38 Mapk and Jnk Phosphorylation. *Environmental Toxicology*, **32**, 397-403. <https://doi.org/10.1002/tox.22243>
- [20] Feng, Y., Ju, Y.R., Yan, Z.J., *et al.* (2022) Protective Role of Wogonin Following Traumatic Brain Injury by Reducing Oxidative Stress and Apoptosis via the Pi3K/Nrf2/Ho-1 Pathway. *International Journal of Molecular Medicine*, **49**, Article No. 53. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2022.5109>

- [21] Guo, X.Y., Wang, J.Y., Wang, N.N., *et al.* (2020) Wogonin Preventive Impact on Hippocampal Neurodegeneration, Inflammation and Cognitive Defects in Temporal Lobe Epilepsy. *Saudi Journal of Biological Sciences*, **27**, 2149-2156. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.05.030>
- [22] Wang, L.Y., Li, C.Y., Sreeharsha, N., *et al.* (2020) Neuroprotective Effect of Wogonin on Rat's Brain Exposed to Gamma Irradiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B—Biology*, **204**, Article ID: 111775. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.111775>
- [23] Banik, K., Khatoon, E., Harsha, C., *et al.* (2022) Wogonin and Its Analogs for the Prevention and Treatment of Cancer: A Systematic Review. *Phytotherapy Research*, **36**, 1854-1883. <https://doi.org/10.1002/ptr.7386>
- [24] 林慧彬, 路俊仙, 陈兵, 等. 我国不同种质黄芩多糖含量的比较研究[J]. 中华中医药杂志, 2010, 25(1): 149-151.
- [25] 石俊英, 于昊峰, 张会敏, 等. 不同产地黄芩药材中黄芩多糖、浸出物含量的研究[J]. 山东中医药大学学报, 2006(2): 144-147.
- [26] 杨凯业, 陈俊松, 刘光荣, 等. 多糖组合物对特异性皮炎的功效评价及机理研究[J]. 中国化妆品, 2022(4): 110-114.
- [27] 崔莉. 黄芩多糖结构与防治溃疡性结肠炎机制研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京中医药大学, 2020.
- [28] Yun, C.L., Ji, X.C., Chen, Y.W., *et al.* (2023) Ultrasound-Assisted Enzymatic Extraction of *Scutellaria baicalensis* Root Polysaccharide and Its Hypoglycemic and Immunomodulatory Activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, **227**, 134-145. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.115>
- [29] 刘梦杰, 王飞, 张燕, 等. 黄芩多糖的体内抗氧化活性[J]. 中国食品学报, 2016, 16(7): 52-58.
- [30] 李平, 胡建燃, 史宝忠, 等. 黄芩多糖的提取及其抗氧化和抗肿瘤活性研究[J]. 生物技术通报, 2021, 37(4): 155-163.
- [31] 金迪. 黄芩多糖的提取及其生物活性研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2012.
- [32] 黄鑫, 宋春莲, 潘琼, 等. 黄芩多糖的急性和亚慢性毒性试验[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022(16): 116-120.
- [33] 宋双红, 王喆之. 黄芩不同部位挥发油成分分析(英文) [J]. 中药材, 2010, 33(8): 1265-1270.
- [34] 巩江, 倪士峰, 刘阳子, 等. 黄芩地上部分挥发性物质气相色谱-质谱研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32): 15844-15845.
- [35] 陈欣, 陈光英, 陈文豪, 等. 海南黄芩挥发油成分分析及生物活性研究[J]. 热带农业科学, 2016, 36(5): 93-97.
- [36] 董春红, 刘应凡, 赵绍伟, 等. 黄芩中多种金属元素含量测定及其初级形态分析[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2013, 41(4): 85-89.
- [37] 延永, 张亦琳, 王学军. 黄芩总黄酮提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 广西林业科学, 2023, 52(1): 113-118.
- [38] 黎浩, 胡蕴然, 杨慧, 等. 基于 Keap1/Nrf2/HO-1 通路汉黄芩素 7-O- β -D-乙基葡萄糖醛酸苷体外抗氧化应激作用研究[J]. 药物评价研究, 2023, 46(4): 772-780.
- [39] 李兰根, 武秀芬, 张丽娜, 等. 黄芩苷对 ARPE-19 细胞氧化应激损伤的保护作用[J]. 内蒙古医科大学学报, 2022, 44(5): 526-528.
- [40] Wang, R., Li, J., Niu, D., *et al.* (2021) Protective Effect of Baicalein on DNA Oxidative Damage and Its Binding Mechanism with DNA: An *in Vitro* and Molecular Docking Study. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **253**, Article ID: 119605. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.119605>
- [41] Synowiecwojtarowicz, A., Pawłowskagóral, K., Krawczyk, A., *et al.* (2022) The Effect of a Static Magnetic Field and Baicalin or Baicalein Interactions on Amelanotic Melanoma Cell Cultures (C32). *Molecular Biology Reports*, **49**, 3157-3165. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07148-z>
- [42] Huang, H., Shao, Z., Li, C., *et al.* (2014) Baicalein Protects Cardiomyocytes against Mitochondrial Oxidant Injury Associated with Jnk Inhibition and Mitochondrial Akt Activation. *The American Journal of Chinese Medicine*, **42**, 79-94. <https://doi.org/10.1142/S0192415X14500050>
- [43] Wan, F., Wang, M., Zhong, R., *et al.* (2022) Supplementation with Chinese Medicinal Plant Extracts from *Lonicera Hypoglauca* and *Scutellaria baicalensis* Mitigates Colonic Inflammation by Regulating Oxidative Stress and Gut Microbiota in a Colitis Mouse Model. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, **11**, Article ID: 798052. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.798052>
- [44] Liu, Z.Y., Xiang, H.L., Deng, Q., *et al.* (2023) Baicalin and Baicalein Attenuate Hyperuricemic Nephropathy via Inhibiting PI3K/AKT/NF- κ B Signaling Pathway. *Nephrology (Carlton, Vic.)*, **28**, 315-327.
- [45] Noh, J.W., Kwon, O.J. and Lee, B.C. (2021) The Immunomodulating Effect of Baicalin on Inflammation and Insulin Resistance in High-Fat-Diet-Induced Obese Mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2021**, Article ID: 5531367. <https://doi.org/10.1155/2021/5531367>

- [46] Yu, P., Li, J., Luo, Y., *et al.* (2023) Mechanistic Role of *Scutellaria baicalensis* Georgi in Breast Cancer Therapy. *The American Journal of Chinese Medicine*, **51**, 279-308. <https://doi.org/10.1142/S0192415X23500155>
- [47] 沈伟. 黄芩苷通过 NCAPD2、NCAPD3 抑制结直肠癌的分子机制探索[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京中医药大学, 2019.
- [48] 白惠茹. 黄芩苷抑制结直肠癌细胞生长、迁移和侵袭的分子机制[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京师范大学, 2017.
- [49] Xiang, L., Gao, Y., Chen, S.Y., *et al.* (2022) Therapeutic Potential of *Scutellaria baicalensis* Georgi in Lung Cancer Therapy. *Phytomedicine*, **95**, Article ID: 153727. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153727>
- [50] Chen, M., Xiao, H., Chen, B., *et al.* (2021) The Advantages of Using *Scutellaria baicalensis* and Its Flavonoids for the Management of Non-Viral Hepatocellular Carcinoma. *Journal of Functional Foods*, **78**, Article ID: 104389. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104389>
- [51] Liu, T.J., *et al.* (2020) Antibacterial Synergy between Linezolid and Baicalein against Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Biofilm *In Vivo*. *Microbial Pathogenesis*, **147**, Article ID: 104411. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104411>
- [52] Liang, S., Deng, X., Lei, L., *et al.* (2019) The Comparative Study of the Therapeutic Effects and Mechanism of Baicalin, Baicalein, and Their Combination on Ulcerative Colitis Rat. *Frontiers in Pharmacology*, **10**, Article No. 1466. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01466>
- [53] 胡泊, 孟祥云, 丁瑞洁, 等. 基于网络药理学研究黄芩治疗慢性乙型病毒性肝炎的作用机制[J]. 宁夏医科大学学报, 2022, 44(3): 296-302.
- [54] 王富科, 万巧凤, 顾立刚, 等. 黄芩苷对甲型流感病毒感染的肺组织病理改善及其作用机制[J]. 时珍国医国药, 2015, 26(1): 251-254.
- [55] 宋丽, 王跃, 田飞, 等. 黄芩素通过抑制氧化应激与凋亡改善小鼠心肌重构的作用研究[J]. 湖北民族大学学报(医学版), 2022, 39(3): 1-7.
- [56] 徐秋玲, 郭冉, 王以宁, 等. 黄芩苷抑制糖尿病大鼠心肌成纤维细胞分化机制研究[J]. 中国当代医药, 2022, 29(16): 11-14.
- [57] 李亚芹, 徐占稳, 赵兴洲, 等. 黄芩茎叶总黄酮灌胃对原发性高血压大鼠心肌重构及心肌组织 NF- κ B 表达的影响[J]. 山东医药, 2022, 62(5): 39-42.
- [58] 刘萍, 唐代, 王旭, 等. 黄芩苷对心肌缺血再灌注损伤的保护作用机制[J]. 中医药学报, 2021, 49(2): 16-21.
- [59] 李爽, 刘璐, 胡宝荣, 等. 黄芩素延缓大鼠心肌衰老的作用及机制[J]. 中医药学报, 2017, 45(6): 57-61.
- [60] Wang, C.Z., Zhang, C.F., Luo, Y., *et al.* (2020) Baicalein, an Enteric Microbial Metabolite, Suppresses Gut Inflammation and Cancer Progression in Apc(Min/+) Mice. *Clinical & Translational Oncology*, **22**, 1013-1022. <https://doi.org/10.1007/s12094-019-02225-5>