

柴胡化学成分及药理作用研究进展

杨晰雯¹, 胡文凯¹, 蒋鑫¹, 张萌萌¹, 刘秋月¹, 刘树民², 卢芳²



1. 黑龙江中医药大学研究生院 (哈尔滨 150040)
2. 黑龙江中医药大学中医药研究院 (哈尔滨 150040)

【摘要】柴胡为伞形科植物柴胡或狭叶柴胡的干燥根,是目前最常用的传统中药,始载于《神农本草经》。具有抗炎、抗氧化、保肝、抗肿瘤、抗抑郁等多种药理作用,其现代研究中柴胡提取物主要包括柴胡皂苷、黄酮、挥发油等多种化学成分。通过查阅国内外相关文献,本文对柴胡化学成分及药理作用的研究进展进行综述,并指出未来的研究方向,为后续的研究提供一定参考依据。

【关键词】柴胡;化学成分;柴胡皂苷;黄酮;挥发油;多糖;药理作用;研究进展

【中图分类号】R285 **【文献标识码】**A

Research progress on chemical composition and pharmacological effects of Bupleuri radix

YANG Xiwen¹, HU Wenkai¹, JIANG Xin¹, ZHANG Mengmeng¹, LIU Qiuyue¹, LIU Shumin², LU Fang²

1. Graduate School of Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Harbin 150040, China
2. Institute of Traditional Chinese Medicine, Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Harbin 150040, China

Corresponding author: LU Fang, Email: lufang_1004@163.com

【Abstract】Bupleuri radix is the dried root of Bupleuri radix or narrow-leaved Bupleuri radix of the umbelliferae family, and it is the most commonly used traditional Chinese medicine, which was first published in *Shennong's Classic of Materia Medica*. It has a variety of pharmacological effects such as anti-inflammatory, antioxidant, hepatoprotective, antitumor, antidepressant, et al. In the modern study, the extract of Bupleuri radix mainly includes a variety of chemical components such as Bupleuri radix saponin, flavonoids and volatile oil. By reviewing the relevant literature at home and abroad, this paper summarizes the research progress on the chemical composition and pharmacological effects of Bupleuri radix, and points out the future research direction to provide a certain reference basis for the subsequent research.

【Keywords】Bupleuri radix; Chemical composition; Bupleuri radix saponin; Flavonoids; Volatile oil; Polysaccharides; Pharmacological effect; Research progress

柴胡 (Bupleuri radix) 别名地熏、山菜、菇草、柴草,首载于《神农本草经》。为伞形科植物柴

胡 *Bupleurum chinense* DC. 或狭叶柴胡 *Bupleurum scorzonerifolium* Willd. 的干燥根,按性状不同,

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202408102

基金项目: 国家重点研发计划“中医药现代化”重点专项项目 (2022YFC3502100)

通信作者: 卢芳, 博士, 研究员, 博士研究生导师, Email: lufang_1004@163.com

<https://yxqy.whuznhmedj.com>

分别习称“北柴胡”和“南柴胡”^[1]。主要产自东北、华北、西北、华东、湖北、四川等地。其气微香、味微苦、性微寒，归肝、胆、心胞三焦经，具有疏散风热、疏肝解郁、升举阳气之功，可用于治疗肝郁气滞所致的各种病症^[2]。现代研究发现，柴胡提取物有柴胡皂苷、黄酮、挥发油等化学成分，具有抗炎、抗氧化、保肝、抗肿瘤、抗抑郁等多种药理作用^[3]。其药用价值巨大，有很好的开发前景。本文将对柴胡的化学成分、药理作用展开综述，以便为后续柴胡的研究开发提供参考。

1 化学成分

1.1 皂苷

柴胡皂苷是一类天然三萜皂苷化合物，为柴胡主要的生物活性成分。主要分为柴胡皂苷 a、b、c、d、f 等类型^[4-7]。不同产地和不同炮制方法都会使柴胡皂苷的含量有所不同，陈妮平等^[8]通过超高效液相-极管阵列检测器指纹图谱分析出醋制前后柴胡皂苷 a、d、f 含量均发生改变。赵利军等^[9]采用 HPLC 法测定不同产地柴胡中皂苷类成分，结果显示四川、西藏地区的柴胡皂苷含量更高。主要柴胡皂苷类成分见表 1，主要结构式见图 1。

1.2 黄酮

柴胡黄酮成分在现代研究中有多种药理作用^[10-11]。任倩倩等^[12]通过柴胡总黄酮提取液抗氧化活性实验得出柴胡叶的黄酮含量最高，其对自由基中的 2,2-二苯基-1-苦基肼 (DPPH) 清除能力最强。肖宗雨等^[13]利用核磁共振光谱和高分辨率质谱等波谱技术从柴胡 70% 乙醇提取物中分离得到木犀草素、异鼠李素等 12 个黄酮类化合物^[14]。柴胡不同的炮制方法对其黄酮的含量会有所影响，李雪仪等^[15]基于紫外-可见分光光度法比较柴胡酒炙前后柴胡黄酮含量的变化，发现酒炙后黄酮含量所有提高。主要柴胡黄酮成分见表 2，主要结构式见图 2。

1.3 挥发油

柴胡挥发油是从柴胡中提取的一种油性物质，含有多种活性成分，主要包括芳樟醇和柠檬烯等使其具有开发新药的潜力^[16-17]。柴胡挥发油具有抑制或杀灭细菌和病毒的能力，可用于治疗或预防感染。在现代临床医学研究中，柴胡挥发油的抗炎和抗菌特性，作为抗炎和抗菌药物的候选物^[18-19]。当前的

研究正在探索更多关于柴胡挥发油的生物活性和作用机制，以及如何将其更有效地应用于临床治疗中。虽然已有一些研究揭示了其部分作用机制，但仍需更深入的研究以充分了解其在各种生物体系中的作用，并优化其在现代医疗中的应用。主要柴胡挥发油成分见表 3，主要结构式见图 3。

1.4 糖类

柴胡多糖是属于天然的高分子多糖类化合物。柴胡多糖的结构较为复杂，主要由葡萄糖、阿拉伯糖、半乳糖、半乳糖醛酸和鼠李糖等单糖组成。不同的来源、提取方法所得多糖的分子量、支链结构和单糖组成比例不同，从而导致其生物活性存在差异^[20-22]。赵小亮等^[23]研究得出多糖的最佳提取条件为提取时间 3.5 h、提取温度 85 °C、料液比 1 : 32.5，该条件下多糖得率为 2.43%。刘丽娟等^[24]研究得出醋柴胡多糖可能通过调节 P 糖蛋白、有机阳离子转运蛋白 1 机制来发挥抗乙型肝炎病毒作用。柴胡多糖常用于增强免疫细胞的活性，在预防和治疗免疫相关疾病中具有潜在的应用价值，其保肝和抗炎的应用前景也十分广阔。主要柴胡糖类成分见表 4，主要结构式见图 4。

1.5 其他成分

柴胡皂苷和黄酮等是柴胡中研究最多的主要活性成分。除了这些主要成分外，柴胡还包含多种次要成分^[25-26]，这些成分虽然在总体含量上可能不高，但也对柴胡的药理活性和疗效有所贡献。咖啡酸、阿魏酸等酚类化合物在柴胡提取物中也普遍存在，具有抗氧化和抗炎作用，能清除自由基，保护体内组织免受氧化应激的损害。柴胡中也含有多种矿物质和微量元素，如钙、镁、钾等，这些矿物质对维持人体的电解质平衡和其他生理功能有重要作用。虽然这些次要成分在柴胡中的含量不及柴胡皂苷和黄酮等主要活性成分丰富，但其协同作用可能对柴胡的整体药理活性和疗效起到补充的作用。未来的研究可以进一步探索这些次要成分在药理作用中的具体机制和潜在应用。

2 药理作用

2.1 抗炎

柴胡的抗炎效果主要归因于其含有的皂苷、黄酮等活性成分。柴胡能够抑制多种炎症介质的产生和释放，这些炎症介质过量表达与多种炎症病症相关联^[27]。柴胡还能抑制肿瘤坏死因子- α

表1 柴胡中皂苷类成分
Table 1. Saponin constituents in Bupleuri radix

序号	化学成分	分子式	分子量	CAS号	R1	R2	R3	R4	参考文献
1	柴胡皂苷h (saikosaponin h)	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₇	927.14	91990-63-5	β-OH	CH ₃	CH ₃	β-D-Glc-(1-6)[α-L-Rha-(1-4)]-β-D-Glc	[5]
2	柴胡次皂苷G (prosaikogenin G)	C ₃₆ H ₅₈ O ₈	618.84	99365-23-8	α-OH	OH	β-D-Fuc	H	[5]
3	6''-O-乙酰基柴胡皂苷d (6''-O-acetylsaikosaponin d)	C ₄₄ H ₇₀ O ₁₄	822.00	-	α-OH	OH	6''-Acetyl-β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	H	[5]
4	2''-O-乙酰基柴胡皂苷a (2''-O-acetylsaikosaponin a)	C ₄₄ H ₇₀ O ₁₄	822.00	-	β-OH	OH	2''-Acetyl-β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	H	[5]
5	3''-O-乙酰基柴胡皂苷a (3''-O-acetylsaikosaponin a)	C ₄₄ H ₇₀ O ₁₄	822.00	-	β-OH	OH	3''-Acetyl-β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	H	[5]
6	6''-O-乙酰基柴胡皂苷a (6''-O-acetylsaikosaponin a)	C ₄₄ H ₇₀ O ₁₄	822.00	-	β-OH	OH	6''-Acetyl-β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	H	[5]
7	柴胡皂苷V (bupleuroside V)	C ₄₃ H ₇₂ O ₁₄	812.00	-	α-OH	COOH	CH ₃	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	[5]
8	柴胡皂苷X (bupleuroside X)	C ₄₃ H ₇₂ O ₁₄	812.00	-	α-OH	CH ₃	CH ₃	β-D-Glc-(1-6)[α-L-Rha-(1-4)]-β-D-Glc	[5]
9	柴胡皂苷XII (bupleuroside XII)	C ₄₃ H ₇₂ O ₁₄	812.00	-	α-OH	CH ₃	CH ₂ OH	β-D-Glc-(1-6)[α-L-Rha-(1-4)]-β-D-Glc	[5]
10	柴胡皂苷VIII (bupleuroside VIII)	C ₄₃ H ₇₂ O ₁₄	812.00	-	COOH	β-D-Glc-(1-2)-β-D-Aryl-(1-3)-β-D-GlcA	H	H	[5]
11	柴胡次皂苷F (prosaikogenin F)	C ₃₆ H ₅₈ O ₈	618.84	99365-20-5	β-OH	OH	β-D-Fuc	H	[5]
12	柴胡皂苷I (saikosaponin I)	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₇	926.00	-	β-OH	H	β-D-Glc-(1-6)[α-L-Rha-(1-4)]-β-D-Glc	H	[5]
13	柴胡皂苷XI (bupleuroside XI)	C ₄₃ H ₇₂ O ₁₄	812.00	-	CH ₂ OH	β-D-Glc-(1-6)[α-L-Rha-(1-4)]-β-D-Glc	H	H	[5]
14	柴胡皂苷b1 (saikosaponinb1)	C ₄₂ H ₆₈ O ₁₃	780.98	58558-08-0	β-OH	CH ₃	CH ₃	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	[6]
15	柴胡皂苷b2 (saikosaponin b2)	C ₄₂ H ₆₈ O ₁₃	780.99	58316-41-9	α-OH	CH ₃	CH ₃	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	[6]
16	柴胡皂苷a (saikosaponin a)	C ₄₂ H ₆₈ O ₁₃	780.98	20736-09-8	β-OH	OH	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	H	[6]
17	柴胡皂苷d (saikosaponin d)	C ₄₂ H ₆₈ O ₁₃	780.99	20874-52-6	α-OH	OH	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	H	[6]

续表1

序号	化学成分	分子式	分子量	CAS号	R1	R2	R3	R4	参考文献
18	柴胡皂苷b3 (saikosaponin b3)	C ₄₃ H ₇₂ O ₁₄	812.00	-	β-OH	OCH ₃	OH	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	[7]
19	柴胡皂苷b4 (saikosaponin b4)	C ₄₃ H ₇₂ O ₁₄	812.00	-	α-OH	OCH ₃	OH	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	[7]
20	柴胡皂苷f (saikosaponin f)	C ₄₈ H ₈₀ O ₁₇	929.15	62687-63-2	β-OH	H	H	β-D-Glc-(1-6)[α-L-Rha-(1-4)]-β-D-Glc	[7]
21	柴胡皂苷g (saikosaponin g)	C ₄₂ H ₆₈ O ₁₃	780.00	-	β-OH	OH	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	H	[7]
22	柴胡皂苷c (saikosaponin c)	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₇	927.12	20736-08-7	β-OH	H	β-D-Glc-(1-6)[α-L-Rha-(1-4)]-β-D-Glc	H	[7]
23	柴胡皂苷e (saikosaponin e)	C ₄₂ H ₆₈ O ₁₂	764.98	64340-44-9	β-OH	H	β-D-Glc-(1-3)-β-D-Fuc	H	[7]
24	柴胡次皂苷A (prosaikogenin A)	C ₃₆ H ₅₈ O ₈	618.84	99365-21-6	β-OH	CH ₃	CH ₃	β-D-Fuc	[7]

注: Ace: 乙酰基 (acetyl); Glc: 葡萄糖 (glucose); Fuc: 岩藻糖 (fucose); Rha: 鼠李糖 (rhamnose); Aryl: 芳基 (aryl group); GlcA: 葡萄糖醛酸 (glucuronic acid)。

(tumor necrosis factor- α , TNF- α) 等细胞因子的活性, 通过抑制这些因子的表达, 可以有助于减轻机体炎症反应。炎症过程通常伴随着氧化应激, 柴胡中的抗氧化活性成分可以清除自由基, 减少氧化应激, 从而降低炎症反应^[28]。柴胡能调节免疫细胞, 影响这些细胞产生的炎症介质, 从而调节免疫反应。Wang 等^[29] 研究发现柴胡皂苷 A 可以通过 Toll 样受体 4/核因子- κ B (toll like receptor 4/nuclear factor- κ B, TLR4/NF- κ B) 通路和谷胱甘肽过氧化物酶 4 (glutathione peroxidase 4, GPX4) 的调节作用来发挥皂苷类成分的抗炎和神经保护的作用。Wu 等^[30] 研究证明柴胡皂苷 D 可下调血管生成素 / 酪氨酸蛋白激酶-2 (angiopoietin/tyrosine-protein kinase receptor-2, Ang/Tie2) 通路中 Ang-1、Ang-2 和 Tie2 的表达来减少博莱霉素诱导小鼠的肺部炎症和肺纤维化。Lei 等^[31] 也发现柴胡三萜类化合物和黄酮类化合物具有抗炎的作用。

在近年来的研究中, 柴胡抗氧化研究广泛。抗氧化是指其能清除自由基, 防止细胞氧化损伤, 从而保护机体免受各种慢性疾病的侵害。柴胡中的活性成分具有捕捉自由基和增强机体抗氧化酶活性的能力, 能直接与自由基反应, 清除自由基, 防止其引起的细胞损伤和氧化应激。柴胡也能增强机体内抗氧化酶的活性, 减少活性氧 (active oxygen, ROS) 的生成和增强细胞的抗氧化防御能力, 减少氧化应激, 从而降低慢性病的风险^[32]。Huang 等^[33] 研究证明柴胡皂苷 A 和 D 可以通过磷脂酰肌醇-3-激酶 / 蛋白激酶 B/核因子红细胞生成素 2 相关因子 (phosphatidylinositol-3-kinase/protein kinase B/nuclear factor-erythroid 2 related factor 2, PI3K/Akt/Nrf2) 通路减少氧化应激, 从而改善患者的肌肉萎缩症状。Du 等^[34] 研究发现柴胡皂苷 D 不仅可以增强细胞抗氧化能力, 而且可以通过激活 PI3K 和 Nrf2 抗氧化酶活性来保护人神经母细胞瘤细胞 SH-SY5Y 免受谷氨酸诱导的氧化细胞毒性, 可作为预防和治疗阿尔茨海默病的潜在药物。Zhao 等^[35] 研究发现柴胡多糖组分具有抗氧化作用, 对 D-半乳糖胺诱导的肝损伤具有保护作用^[36]。柴胡抗炎抗氧化机制图见图 5。

2.2 保肝

柴胡可通过多种机制对肝脏起到保护和

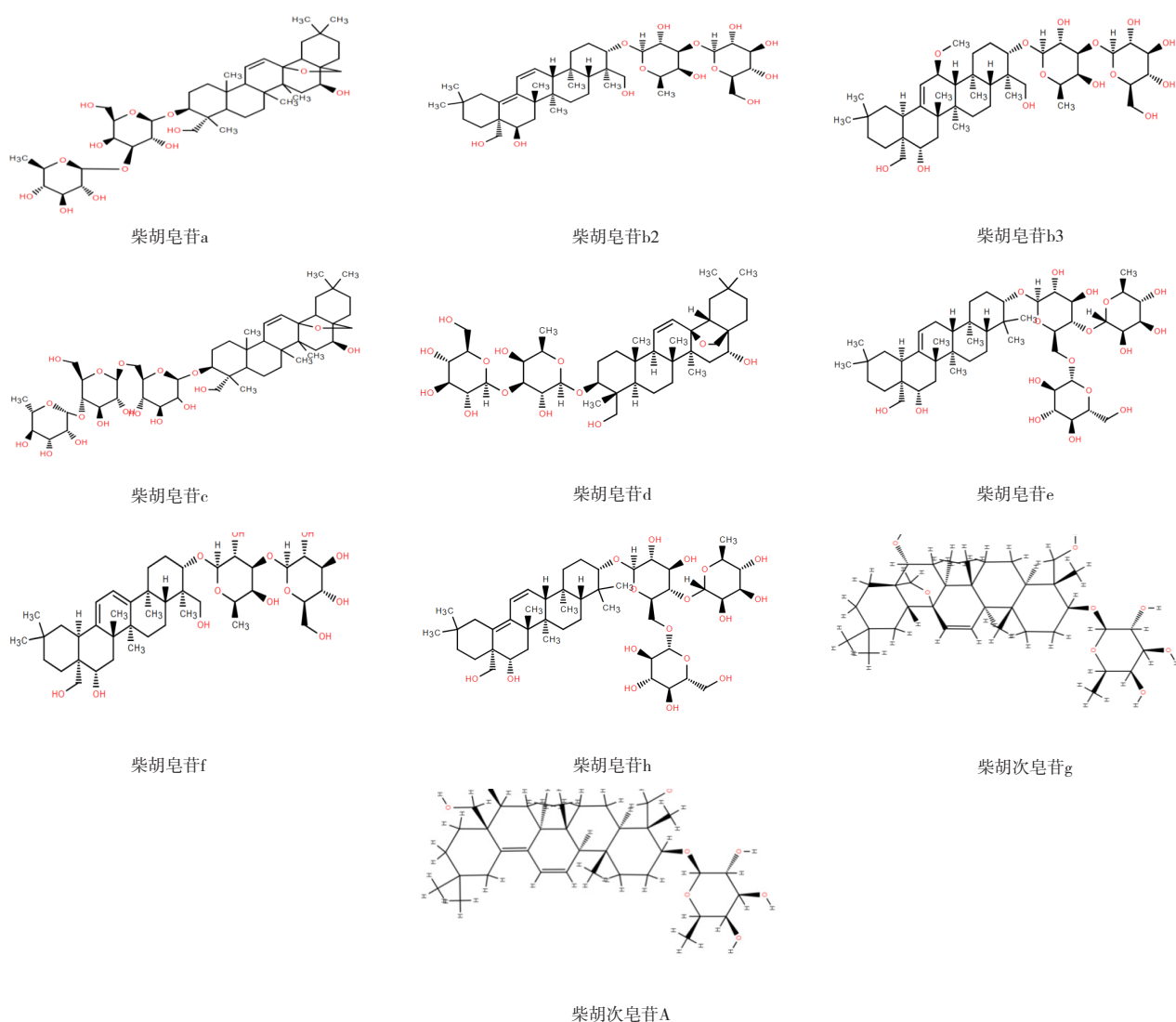


图1 柴胡中主要皂苷类结构式

Figure 1. Structural formulae of the main saponins in Bupleuri radix

表2 柴胡中黄酮类成分

Table 2. Flavonoid compositions in Bupleuri radix

序号	化合物	分子式	分子量	CAS号	参考文献
1	异鼠李素-3-O-β-D-葡萄糖苷 (isorhamnetin-3-O-β-D-glucoside)	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₂	478.40	5041-82-7	[5]
2	3,5,6-三羟基-4',7-二甲氧基黄酮 (3,5,6-trihydroxy-4',7-dimethoxyflavone)	C ₁₈ H ₁₄ O ₅	360.00	-	[5]
3	水仙苷 (narcissus)	C ₂₈ H ₃₂ O ₁₆	624.54	604-80-8	[5]
4	异鼠李素 (isorhamnetin)	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	316.26	480-19-3	[7]
5	异槲皮苷 (isoquercitrin)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₂	464.38	21637-25-2	[7]
6	槲皮苷 (quercetin)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	448.38	522-12-3	[7]
7	山奈酚 (kaempferol)	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.24	520-18-3	[7]
8	芦丁 (rutin)	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	610.52	153-18-4	[10-11]
9	木犀草素 (luteolin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.24	491-70-3	[10-11]
10	槲皮素 (quercetin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	302.24	117-39-5	[10-11]
11	芹菜素 (apigenin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270.24	520-36-5	[10-11]
12	牡荆素 (vitexin)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	432.38	3681-93-4	[10-11]

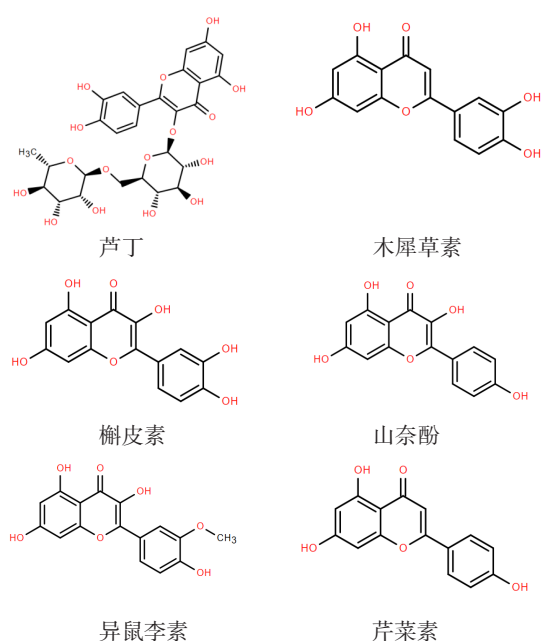


图2 柴胡中主要黄酮类成分结构式

Figure 2. Structural formulae of the main flavonoid components in Bupleuri radix

治疗作用。研究发现肝病的治疗主要是抗炎和肝脏保护，抑制肝星状细胞（HSCs）的激活和增殖以及影响其自噬，减少细胞外基质（extracellular matrix, ECM）的产生以及加速ECM的降解^[37]。Lin等^[38]研究发现柴胡皂苷D可通过调节雌激素受体 β （estrogen receptor, ER β ）/核苷酸结合寡聚化结构域（nucleotide-binding oligomerization domain, NOD）样受体蛋白3（NOD-like receptor protein3, NLRP3）炎症小体通路来预防肝纤维化。Zhu等^[39]也发现柴胡皂苷A通过增加肝X受体 α （recombinant liver X receptor alpha, LXRA）表达对脂多糖/D-半乳糖胺诱导的肝损伤发挥抗炎作用。以上均证明柴胡皂苷可能是治疗肝损伤的潜在药物。Xie等^[40]研究发现柴胡多糖可显著减轻肝损伤，改善肝形态，达到了保肝的目的。

2.3 抗肿瘤

柴胡皂苷在抗肿瘤方面研究广泛，其可以通过调节免疫细胞，增强对肿瘤细胞的识别和

表3 柴胡中挥发油类成分

Table 3. Composition of volatile oils in Bupleurum officinale

序号	化合物	分子式	分子量	CAS号	参考文献
1	奥甘菊环 (azulene)	C ₁₀ H ₈	128.17	275-51-4	[5]
2	乙酸香茅酯 (citronellyl acetate)	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198.30	150-84-5	[5]
3	α -松油醇 (α -terpineol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	98-55-5	[5]
4	杜松烯 (cadinene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	60305-17-1	[5]
5	γ -杜松烯 (γ -cadinene)	C ₁₅ H ₂₆	206.37	29350-73-0	[5]
6	5-十一酮 (5-undecanone)	C ₁₁ H ₂₂ O	170.29	33083-83-9	[5]
7	香叶基丙酮 [(E)-geranylacetone]	C ₁₃ H ₂₂ O	194.31	3796-70-1	[5]
8	α -律草烯 (α -humulene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	6753-98-6	[5]
9	khusilol	C ₁₄ H ₂₀ O	204.31	3877-79-0	[5]
10	百秋李醇 (patchouli alcohol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.37	5986-55-0	[5]
11	γ -murolene	C ₁₅ H ₂₄	204.35	30021-74-0	[5]
12	2-甲基环戊酮 (2-methylcyclopentanone)	C ₆ H ₁₀ O	98.14	1120-72-5	[5]
13	桃金娘烯醛 (myrtenal)	C ₁₀ H ₁₄ O	150.22	18486-69-6	[5]
14	异蒲勒醇 (isopulegol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	89-79-2	[5]
15	长叶薄荷酮 (pulegone)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	89-82-7	[5]
16	胡薄荷酮 (menthone)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	89-80-5	[5]
17	橙花醇 (nerol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	106-25-2	[5]
18	麝香草酚 (thymol)	C ₁₀ H ₁₄ O	150.22	89-83-8	[5]
19	isopinocampone	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	18358-53-7	[5]
20	α -葑澄茄油烯 (α -cubebene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	17699-14-8	[5]
21	β -瑟林烯 (β -selinene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	17066-67-0	[5]
22	β -柏木烯 (β -cedrene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	546-28-1	[5]
23	γ -绿叶烯 (γ -patchoulene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	508-55-4	[5]
24	香叶醇 (geraniol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	106-24-1	[5]
25	菖蒲二烯 (acoradiene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	28400-13-7	[5]

续表3

序号	化合物	分子式	分子量	CAS号	参考文献
26	愈创木烯 (β -guaiene)	$C_{15}H_{24}$	204.35	88-84-6	[5]
27	广霍香烷 (patchoulane)	$C_{15}H_{26}$	206.37	19078-35-4	[5]
28	β -桉叶醇 (β -eudesmol)	$C_{15}H_{26}O$	222.37	51317-08-9	[5]
29	反-香茅醇 (trans-carveol)	$C_{10}H_{16}O$	152.23	18383-51-2	[5]
30	桃金娘烯醇 (myrtenol)	$C_{10}H_{16}O$	152.23	19894-97-4	[5]
31	(E)- β -金合欢烯 [(E)- β -farnesene]	$C_{15}H_{24}$	204.35	18794-84-8	[5]
32	圆柚酮 (nootkatone)	$C_{15}H_{22}O$	218.33	4674-50-4	[5]
33	α -侧柏酮 (α -thujene)	$C_{10}H_{16}$	136.23	2867-5-2	[5]
34	β -葑澄茄油烯 (β -cubebene)	$C_{15}H_{24}$	204.35	13744-15-5	[5]
35	P-伞花烃 (P-cymene)	$C_{10}H_{14}$	134.22	535-77-3	[5]
36	4-甲基-3-庚酮 (4-methyl-3-heptanone)	$C_8H_{16}O$	128.21	6137-11-7	[5]
37	2-正戊基呋喃 (2-n-pentylfuran)	$C_9H_{14}O$	138.21	3777-69-3	[5]
38	马苜烯酮 (levoverbenone)	$C_{10}H_{14}O$	150.22	80-57-9	[5]
39	α -榄香烯 (α -elemene)	$C_{15}H_{24}$	204.35	5951-67-7	[5]
40	长叶烯 (longifolene)	$C_{15}H_{24}$	204.35	475-20-7	[5]
41	(Z)-6-壬烯醛 [(Z)-6-nonenal]	$C_9H_{16}O$	140.22	2277-19-2	[5]
42	葑酮 (fenchone)	$C_{10}H_{16}O$	152.23	1195-79-5	[5]
43	α -愈创木烯 (α -guaiene)	$C_{15}H_{24}$	204.35	3691-12-1	[5]
44	金合欢基丙酮 (farnesylacetone)	$C_{18}H_{30}O$	262.43	762-29-8	[5]
45	(-)-香芹酚 [(-)-carvacrol]	$C_{10}H_{16}O$	152.23	2102-59-2	[5]
46	香树烯 (alloaromadendrene)	$C_{15}H_{24}$	204.35	25246-27-9	[5]
47	橙花叔醇 (nerolidol)	$C_{15}H_{26}O$	222.37	7212-44-4	[5]
48	2,4-癸二烯醛 (2,4-dodecadienal)	$C_{12}H_{20}O$	180.29	21662-16-8	[5]
49	麝香草酚 (thymol)	$C_{10}H_{14}O$	150.22	89-83-8	[5]
50	5,6-二氢-6-戊基-2H-吡喃-2-酮 (5,6-dihydro-6-pentyl-2H-pyran-2-one)	$C_{10}H_{16}O_2$	168.23	54814-64-1	[5]
51	1-甲基萘 (methylnaphthalen)	$C_{11}H_{10}$	142.20	90-12-0	[5]
52	2,4-十二碳二烯醛 (2,4-dodecadienal)	$C_{12}H_{20}O$	180.29	21662-16-8	[5]
53	A-姜黄烯 (α -curcumene)	$C_{15}H_{22}$	202.34	644-30-4	[5]
54	愈创木烯 (guaiene)	$C_{15}H_{24}$	204.35	88-84-6	[5]
55	3-正丁烯基苯酞 (3-butyldenephthalide)	$C_{12}H_{12}O_2$	188.22	551-08-6	[5]
56	藁本内酯 (ligustilide)	$C_{12}H_{14}O_2$	190.24	4431-01-0	[5]
67	油酸 (oleic acid)	$C_{18}H_{34}O_2$	282.46	112-80-1	[5]
58	罗勒烯 (ocimene)	$C_{10}H_{16}$	136.23	13877-91-3	[5]
59	2-异丙基-5-甲基茴香醚 (2-isopropyl-5-methylanisole)	$C_{11}H_{16}O$	164.24	1076-56-8	[5]
60	乙酸香叶酯 (geranyl acetate)	$C_{12}H_{20}O_2$	196.29	105-87-3	[5]
61	顺式石竹烯 (cis-caryophyllene)	$C_{15}H_{24}$	204.35	13877-93-5	[5]
62	正庚醇 (1-heptanol)	$C_7H_{16}O$	116.20	111-70-6	[7]
63	庚酸 (heptanoic acid)	$C_7H_{14}O_2$	130.18	111-14-8	[7]
64	柠檬烯 (limonene)	$C_{10}H_{16}$	136.23	138-86-3	[7]
65	正癸烷 (n-decane)	$C_{10}H_{22}$	142.28	124-18-5	[7]
66	4-萜烯醇 (terpinen-4-ol)	$C_{10}H_{18}O$	154.25	562-74-3	[16]
67	正十一烷 (n-undecane)	$C_{11}H_{24}$	156.31	1120-21-4	[16]
68	戊基苯 (phenylpentane)	$C_{11}H_{16}$	148.24	538-68-1	[16]
69	4-萜烯醇 (terpinen-4-ol)	$C_{10}H_{18}O$	154.25	562-74-3	[16]
70	十五烷 (pentadecane)	$C_{15}H_{32}$	212.41	629-62-9	[16]
71	3,7-二甲基-1-辛烯-3-醇 (3,7-dimethyl-1-octen-3-ol)	$C_{10}H_{20}O$	156.27	18479-49-7	[16]
72	正己醛 (hexanal)	$C_6H_{12}O$	100.16	66-25-1	[16]

续表3

序号	化合物	分子式	分子量	CAS号	参考文献
73	十二醛 (dodecanal)	C ₁₂ H ₂₄ O	184.32	112-54-9	[16]
74	乙酸法呢醇酯 (farnesyl acetate)	C ₁₇ H ₂₈ O ₂	264.4	29548-30-9	[16]
75	癸醛 (decanal)	C ₁₀ H ₂₀ O	156.27	112-31-2	[16]
76	十一醛 (undecanal)	C ₁₁ H ₂₂ O	170.29	112-44-7	[16]
77	2-庚烯 (2-heptene)	C ₇ H ₁₄	98.19	592-77-8	[16]
78	香茅醇 (citronellol)	C ₁₀ H ₂₀ O	156.27	106-22-9	[16]
79	3-庚酮 (3-heptanone)	C ₇ H ₁₄ O	114.19	106-35-4	[16]
80	叶醇 (leaf alcohol)	C ₆ H ₁₂ O	100.16	928-96-1	[16]
81	2-壬烯醛 (2-nonenal)	C ₉ H ₁₆ O	140.22	2463-53-8	[16]
82	柠檬醛 (citral)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	5392-40-5	[16]
83	1-己烯 (1-hexene)	C ₆ H ₁₂	84.16	592-41-6	[16]
84	紫苏烯 (perillylene)	C ₁₀ H ₁₄ O	150.22	539-52-6	[16]
85	杜香醇 (ledol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.37	19078-39-8	[16]
86	香榧醇 (torreyol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.37	19435-97-3	[16]
87	5-甲基-癸烷 (5-methyl-decane)	C ₁₁ H ₂₄	156.31	13151-35-4	[16]
88	7-甲基十三烷 (7-methyltridecane)	C ₁₄ H ₃₀	198.39	26730-14-3	[16]
89	茨烯 (camphene)	C ₁₀ H ₁₆	136.23	79-92-5	[16]
90	7-十三酮 (7-tridenone)	C ₁₃ H ₂₆ O	198.34	462-18-0	[16]
91	橙花叔醇 (nerolidol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.37	7212-44-4	[16]
92	β-榄香烯 (β-elemene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	515-13-9	[16]
93	植酮 (phytoketone)	C ₁₈ H ₃₆ O	268.48	502-69-2	[16]
94	β-红没药烯 (β-bisabolene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	495-61-4	[16]
95	十三烷 (tridecane)	C ₁₃ H ₂₈	184.36	629-50-5	[16]
96	十四烷 (tetradecane)	C ₁₄ H ₃₀	198.39	629-59-4	[16]
97	榄香烯 (elemene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	33880-83-0	[16]
98	肉豆蔻酸 (myristic acid)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228.37	544-63-8	[16]
99	2,6-二甲基辛烷 (2,6-dimethyl octane)	C ₁₀ H ₂₂	142.28	2051-30-1	[16]
100	柏木烯醇 (cedrenol)	C ₁₅ H ₂₄ O	220.35	28231-03-0	[16]
101	棕榈酸 (palmitic acid)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256.42	57-10-3	[16]
102	δ-3-蒎烯 (δ-3-carene)	C ₁₀ H ₁₆	136.23	498-15-7	[16]
103	β-石竹烯 (β-caryophyllene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	87-44-5	[16]
104	β-蒎烯 (β-pinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.23	127-91-3	[16]
105	环己酮 (cyclohexanone)	C ₆ H ₁₀ O	98.14	108-94-1	[16]
106	2-甲基十二烷 (2-methyl dodecane)	C ₁₃ H ₂₈	184.36	1560-97-0	[16]
107	十七烯 (1-heptadecene)	C ₁₇ H ₃₄	238.45	6765-39-5	[16]
108	γ-松油烯 (γ-terpinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.23	99-85-4	[16]
109	月桂烯 (myrcene)	C ₁₀ H ₁₆	136.23	123-35-3	[16]
110	香芹酚 (carvacrol)	C ₁₀ H ₁₄ O	150.22	499-75-2	[16]
111	芳樟醇 (linalol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	78-70-6	[16]
112	3,8-二甲基十一烷 (3,8-dimethylundecane)	C ₁₃ H ₂₈	184.36	17301-30-3	[16]
113	香橙烯 (aromadendrene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	489-39-4	[16]
114	2-甲基二六烷 (2-methyldioxane)	C ₁₇ H ₃₆	240.47	1560-92-5	[16]
115	α-蒎烯 (α-copaene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	3856-25-5	[16]
116	α-法呢烯 (α-farnesene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	502-61-4	[16]
117	4-异丙基苯甲酸 (4-isopropylbenzoic acid)	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164.2	536-66-3	[17]
118	4,8-二甲基十三烷 (4,8-dimethyltridecane)	C ₁₅ H ₃₂	212.41	55030-62-1	[17]
119	正庚醛 (n-heptaldehyde)	C ₇ H ₁₄ O	114.19	111-71-7	[17]
120	正辛醛 (n-octanal)	C ₈ H ₁₆ O	128.21	124-13-0	[17]
121	8-甲基十七烷 (8-methylheptadecane)	C ₁₈ H ₃₈	254.49	13287-23-5	[17]
122	正戊酸 (n-pentanoic acid)	C ₅ H ₁₀ O ₂	102.13	109-52-4	[17]

续表3

序号	化合物	分子式	分子量	CAS号	参考文献
123	正十五烷 (n-pentadecane)	C ₁₅ H ₃₂	212.41	629-62-9	[17]
124	1-甲基-4-(1-甲基乙烯基)环己醇 [1-methyl-4-(1-methylvinyl) cyclohexanol]	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	138-87-4	[17]
125	正十九烷 (n-nonadecane)	C ₁₉ H ₄₀	268.52	629-92-5	[17]
126	3,4-二甲氧基苄醇 (3,4-dimethoxybenzyl alcohol)	C ₉ H ₁₂ O ₃	168.19	93-03-8	[17]
127	3,3,5-三甲基庚烷 (3,3,5-trimethylheptane)	C ₁₀ H ₂₂	142.28	7154-80-5	[17]
128	2,5-二甲基十四烷 (2,5-dimethyl tetradecane)	C ₁₆ H ₃₄	226.44	56292-69-4	[17]
129	正十七烷 (n-heptadecane)	C ₁₇ H ₃₆	240.47	629-78-7	[17]
130	3-甲基十二烷 (3-methyl dodecane)	C ₁₃ H ₂₈	184.36	17312-57-1	[17]
131	十六烷 (hexadecane)	C ₁₆ H ₃₂	224.43	629-73-2	[17]
132	正壬酸 (N-nonanoic acid)	C ₉ H ₁₈ O ₂	158.24	112-05-0	[17]
133	己酸 (hexanoic acid)	C ₆ H ₁₂ O ₂	116.16	142-62-1	[17]
134	辛酸 (bitter)	C ₈ H ₁₆ O ₂	144.21	124-07-2	[17]
135	反-2-壬烯酸 (trans-2-nonenoic acid)	C ₉ H ₁₆ O ₂	156.22	3760-11-0	[17]
136	苯酚 (phenol)	C ₆ H ₆ O	94.11	108-95-2	[17]

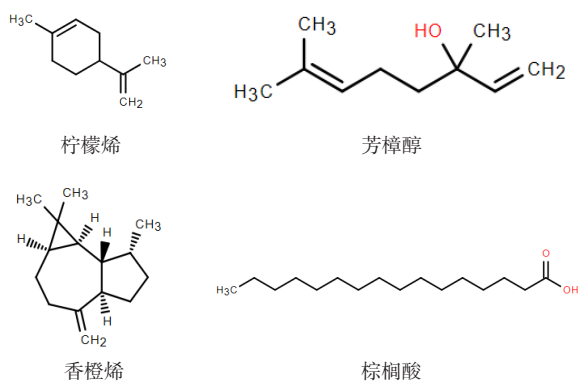


图3 柴胡中主要挥发油成分结构图

Figure 3. Structure of the main volatile oil components in Bupleuri radix

杀伤能力；通过抗炎作用控制肿瘤的微环境，减缓癌细胞的增殖和转移；可影响多条信号通路控制肿瘤细胞增殖、迁移和凋亡；通过影响与癌症相关的多个基因的表达，进一步调节肿瘤细胞的生物行为^[41-43]。He 等^[44]研究发现柴胡皂苷 D 可通过抑制 β2-肾上腺素能受体信号传导来控制葡萄糖代谢和药物外排，从而增强药物的抗肿瘤作用。近年来，柴胡皂苷广泛应用于肿瘤的医疗研究中，具有一定的开发前景和应用价值。表 5 为柴胡抗肿瘤的作用机制表。

2.4 安眠

在中医理论中，失眠多与肝郁气滞、心脾两虚有关。柴胡主要功能是疏肝解郁、升举阳气，使人

表4 柴胡中主要单糖类成分

Table 4. Major sugar components in Bupleuri radix

序号	化合物	分子式	分子量	CAS号	参考文献
1	甘露糖 (mannose)	C ₆ H ₁₄ O ₆	182.17	69-65-8	[20]
2	鼠李 (rhamnose)	C ₆ H ₁₄ O ₆	182.17	6155-35-7	[20]
3	半乳糖醛酸 (galacturonic acid)	C ₁₈ H ₂₆ O ₁₉	546.39	6037-45-2	[20]
4	葡萄糖 (glucose)	C ₆ H ₁₂ O ₆	180.16	58367-01-4	[20]
5	阿拉伯糖 (arabinose)	C ₅ H ₁₀ O ₅	150.13	147-81-9	[21]
6	木糖 (xylose)	C ₅ H ₁₀ O ₅	150.13	58-86-6	[21]
7	半乳糖 (galactose)	C ₂₀ H ₃₁ N ₃ O ₁₂	505.48	381716-33-2	[21]

体气机调和，从而缓解焦虑、抑郁等情绪问题引起的失眠症状。柴胡皂苷 A 经过多项试验研究证实了其对于失眠治疗的有效性^[56]。Zhong 等^[57]研究发现柴胡皂苷 A 可能通过促进外侧下丘脑中的转

录因子 c-Fos 表达和钙信号等神经元活动的调节来促进睡眠。

2.5 降脂

柴胡可以降低总胆固醇、低密度脂蛋白胆固

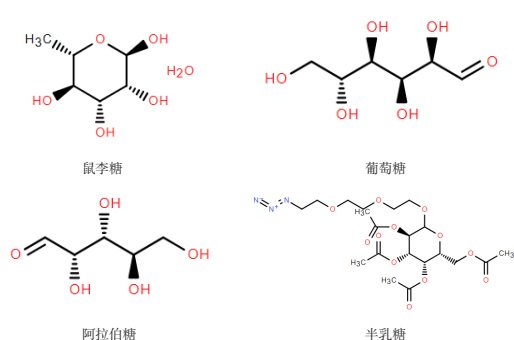


图4 柴胡单糖结构图

Figure 4. Structure of monosaccharides in Bupleuri radix

醇和甘油三酯水平，通过影响肝脏的脂质代谢和增加胆汁分泌，加速胆固醇的排泄来达到降脂的目的^[58]。Manoharan 等^[59]研究证明柴胡皂苷 A 和柴胡皂苷 D 在脂肪细胞分化的早期阶段可以通过单磷酸腺苷 (adenosine monophosphate, AMP) 激活蛋白激酶或 MAPK 途径抑制脂肪生成。Gu 等^[60]研究发现柴胡皂苷 D 可通过协调调节过氧化物酶激活受体 α 和胰岛素诱导基因蛋白 / 甾体调节元件结合蛋白 1c 通路来减轻脂肪肝疾病。柴胡提取物能显著降低高脂饮食导致的血脂升高，降脂机制见图 6。

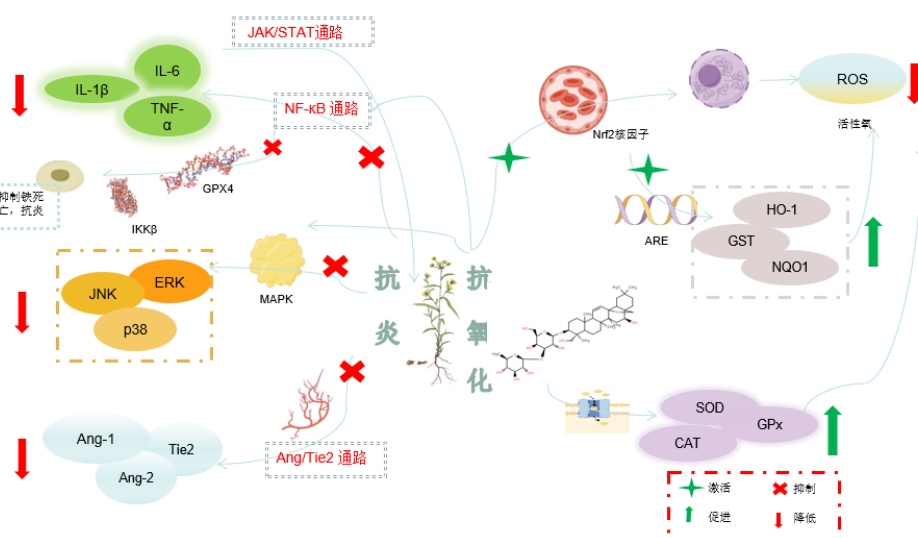


图5 柴胡的抗炎抗氧化机制图

Figure 5. Diagram of the anti-inflammatory and antioxidant mechanism of Bupleuri radix

注：IL：白细胞介素 (interleukin)；MAPK：丝裂原活化蛋白激酶 (mitogen-activated protein kinase)；ERK：细胞外调节蛋白激酶 (extracellular signal-regulated kinase)；JNK：c-jun 氨基末端激酶 (c-Jun N-terminal kinase)；HO-1：血红素氧合酶-1 (heme oxygenase-1)；GST：谷胱甘肽 S-转移酶 (glutathione S-transferase)；NQO1：醌氧化还原酶 1 (quinone oxidoreductase 1)；SOD：超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase)；CAT：过氧化氢酶 (catalase)。

表5 柴胡皂苷抗肿瘤的作机制

Table 5. Anti-tumor mechanism of action of Bupleuri radix saponin

序号	化学成分	疾病名称	机制/信号通路	参考文献
1	柴胡皂苷A、柴胡皂苷D	胰腺癌	EGFR/PI3K/Akt、Akt/mTOR、抑制 β 2-肾上腺素受体	[44-46]
2	柴胡皂苷D、柴胡皂苷A	乳腺癌	MDA-MB-231、Akt/STAT3	[47-48]
3	柴胡皂苷A	胃癌	PI3K/Akt/mTOR	[49]
4	柴胡皂苷 B4	结肠癌	PI3K/Akt/mTOR	[50]
5	柴胡皂苷D	肺癌	NF- κ B/NLRP3/Caspase-1/GSDMD	[51]
6	柴胡皂苷 B2	肝癌	VEGF/ERK/HIF-1 α	[52]
7	柴胡皂苷D	子宫内膜癌	MAPK	[53]
8	柴胡皂苷B1	髓母细胞瘤	Hedgehog	[43]
9	柴胡皂苷D	骨肉瘤	p53	[54]
10	柴胡皂苷D	肾癌	EGFR/p38	[55]

注：EGFR：表皮生长因子受体 (epidermal growth factor receptor)；mTOR：哺乳动物雷帕霉素靶蛋白 (mammalian target of rapamycin)；MDA-MB-231：人三阴性乳腺癌细胞系；STAT3：信号转导和转录激活因子3 (signal transducer and activator of transcription 3)；Caspase-1：含半胱氨酸的天冬氨酸蛋白水解酶-1 (cysteine/aspartate specific proteinase-1)；GSDMD：气体释放素D (gasdermin D)；VEGF：血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor)；HIF-1 α ：低氧诱导因子1 α (hypoxia inducible factor-1 α)。

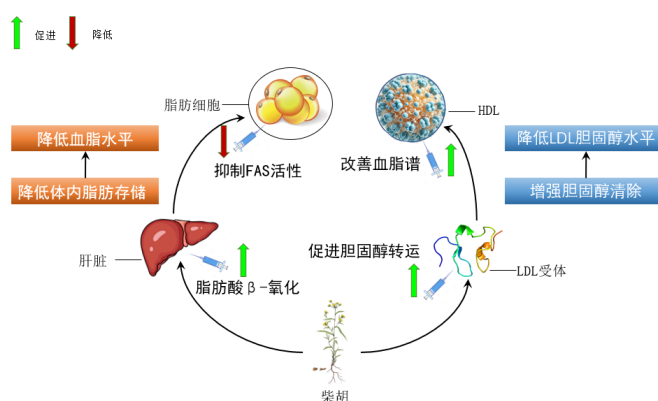


图6 柴胡的降脂机制

Figure 6. Lipid-lowering mechanism of Bupleuri radix

注：FAS：脂肪酸合成酶（fatty acid synthase）；LDL：低密度脂蛋白（low-density lipoprotein）；HDL：高密度脂蛋白（high-density lipoprotein）。

2.6 抗抑郁

柴胡对脑组织的影响主要集中在调节神经递质、抗炎和神经保护等方面^[61-62]。Wang等^[63]发现柴胡皂苷A可增加脑源性神经营养因子（brain-derived neurotrophic factor, BDNF）、磷酸化的cAMP结合蛋白（cAMP-response element binding protein, p-CREB）和B淋巴细胞瘤-2基因（B-cell lymphoma-2, Bcl-2）的表达，降低Bcl-2相关X蛋白（Bcl-2 related X protein, Bax）、Caspase-3的水平，改善脑缺血后的抑郁样行为，抑制海马神经元凋亡。炎症与神经性疾病之间的关联近年来也得到广泛研究，柴胡可减少炎症性细胞因子的生成来对神经性疾病产生治疗效果。Gao等^[64]研究发现柴胡皂苷D显著提高炎症小鼠小胶质细胞（BV2）中K48连接泛素化蛋白表达，抑制炎症小体激活并且改善炎症状态，同时降低NLRP3蛋白水平，在慢性不可预测的轻微刺激小鼠中具有抗抑

郁作用。柴胡也可促进神经元生长和神经再生，以及增强大脑神经可塑性。Tong等^[65]研究发现柴胡皂苷A可显著激活Tet甲基胞嘧啶双加氧酶1（Tet methylcytosine dioxygenase 1, Tet1）/Notch通路配体/Delta样蛋白3（Delta-like protein 3, DLL3）信号通路，促进海马神经再生，在体内慢性社会挫败应激小鼠模型中发挥抗抑郁作用。

2.7 抗癫痫

癫痫是一种神经系统疾病，柴胡活性成分对于癫痫的治疗也具有一定疗效。Ye等^[66]基于戊四唑诱导大鼠模型发现柴胡皂苷A可以通过降低p-mTOR和磷酸化70 kDa核糖体蛋白S6激酶、IL-1 β 和TNF- α 的表达水平来降低癫痫发作的严重程度和持续时间。Hong等^[67]也基于慢性颞叶癫痫大鼠模型发现柴胡皂苷A可显著降低体外自发性复发性癫痫发作的频率和持续时间。柴胡抗抑郁和抗癫痫的作用机制图见图7。

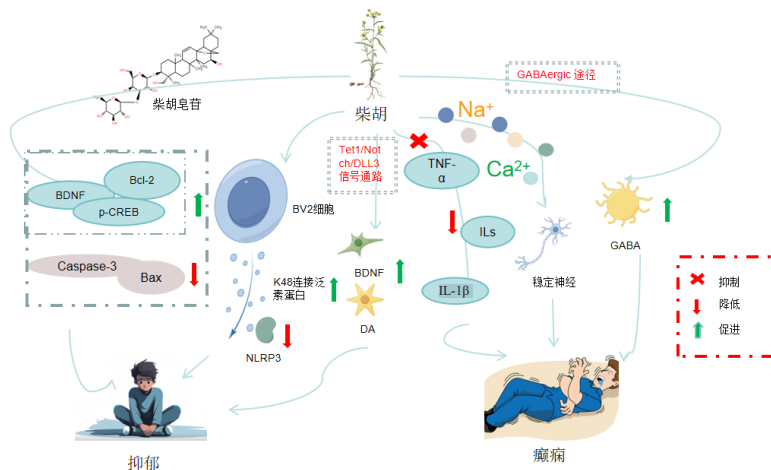


图7 柴胡的抗抑郁癫痫作用机制

Figure 7. Mechanism of antidepressant epilepsy of Bupleuri radix

注：GABA： γ -氨基丁酸（ γ -aminobutyric acid）。

2.8 其他药理作用

柴胡作为一种传统的中草药，不仅发挥上述药理作用，也能调节免疫系统^[68]，增强免疫反应。对免疫细胞的活化有促进作用，能增强机体对外来病原体的防御能力。同时柴胡提取物对流感、肝炎病毒也有抑制效果，可通过抑制病毒复制或增强宿主的免疫反应来发挥作用。目前也有研究发现柴胡提取物对过敏性鼻炎等过敏性疾病有一定治疗作用^[69-70]。在传统应用中，柴胡被用于疏肝解郁、缓解精神压力以及机体疲劳。现代研究表明，柴胡可通过调节神经内分泌系统来减轻压力和改善身体状况。柴胡被认为能调节体内的激素平衡，包括对皮质醇等应激激素的调控，有助于应对长期压力状态。柴胡的这些药理作用还需进一步深入研究，使其成为治疗多种症状和疾病的有价值的草药。

3 结语

柴胡的主要活性成分以及药理作用一直是近年来国内外研究的热点。虽然柴胡中的柴胡皂苷、黄酮、多糖等主要活性成分已得到了广泛研究，但对挥发油、酚类、矿物质等其他次要活性成分的研究仍不够深入。这些成分的抗氧化作用已有初步研究，但其在疾病的治疗预防机制仍不明确。柴胡抗炎、抗氧化、抗癌等药理作用相关研究已较为深入，有大量体外和动物模型研究支持这些药理作用。对于免疫调节、心血管保护等药理作用研究较少，这些作用机制也是一个值得深入探讨的领域。此外柴胡的药动学研究较少，可进行更深入一步研究。虽然已有不少关于柴胡药理作用的研究，但其具体的分子机制尚不完全清楚。深入研究其在细胞和分子水平上的作用机制，能帮助更好地理解其药理效应，支持临床应用。通过本文对于柴胡化学成分以及药理作用进行综述，可以了解到柴胡在分子机制、药物相互作用、临床试验、不同剂型和长期安全性等方面的研究仍需进一步加强。在未来的研究中，应更加关注柴胡的次要成分及其在疾病治疗中的潜在作用。同时，药理作用的研究应从分子机制和临床应用的角度的角度进行更深入的探索，尤其是在神经保护、抗癌和心血管保护方面的应用潜力，这将有助于全面了解柴胡的药用价值，为临床应用提供科学依据。

参考文献

- 1 刘倩, 谢雪姣. 基于“升阳散郁”探析柴胡汤类方证运用[J]. 湖南中医杂志, 2024, 40(5): 105-108. DOI: [10.16808/j.cnki.issn1003-7705.2024.05.030](https://doi.org/10.16808/j.cnki.issn1003-7705.2024.05.030).
- 2 王晖, 张改霞, 杨成民, 等. 历代本草所用柴胡物种辨析[J]. 中草药, 2018, 49(20): 4928-4934. [Wang H, Zhang GX, Yang CM, et al. Species discrimination of *Bupleuri radix* in herbs works of past dynasties[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2018, 49(20): 4928-4934.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2018.20.033](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2018.20.033).
- 3 王海强, 周千瑶, 李冰琪, 等. 柴胡化学成分及药理作用研究进展[J]. 吉林中医药, 2024, 44(1): 96-100. [Wang HQ, Zhou QY, Li BQ. Chemical compositions and pharmacological effects of Chinese thorowax root: review[J]. Jilin Journal of Traditional Chinese Medicine, 2024, 44(1): 96-100.] DOI: [10.13463/j.cnki.jlzyy.2024.01.022](https://doi.org/10.13463/j.cnki.jlzyy.2024.01.022).
- 4 杨印军, 郑伟, 郭佳琪, 等. 北柴胡、竹叶柴胡、藏柴胡与小叶黑柴胡化学成分比较研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(2): 332-337. [Yang YJ, Zheng W, Guo JQ, et al. Comparative analysis on chemical constituents in *Bupleurum chinense*, *B. marginatum*, *B. marginatum* var. *stenophyllum* and *B. smithii* var. *parvifolium*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2019, 44(2): 332-337.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20181009.010](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20181009.010).
- 5 Sun P, Li Y, Wei S, et al. Pharmacological effects and chemical constituents of *Bupleurum*[J]. Mini Rev Med Chem, 2019, 19(1): 34-55. DOI: [10.2174/1871520618666180628155931](https://doi.org/10.2174/1871520618666180628155931).
- 6 候梦雨, 赵夏, 过至雨, 等. 基于皂苷类成分研究鳖血柴胡对阴虚作用的谱效关系[J/OL]. 中国实验方剂学杂志, 2024-06-19. [Hou MY, Zhao X, Guo ZY, et al. Based on saponins spectral effect relationship of *bupleurum trionyx* bloodon yin deficiency was studied[J/OL]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2024-06-19.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.20240911](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20240911).
- 7 白雪. 基于LC-MS代谢组学的北柴胡质量评价研究[D]. 太原: 山西大学, 2023. DOI: [10.27284/d.cnki.gsxiu.2023.000936](https://doi.org/10.27284/d.cnki.gsxiu.2023.000936).
- 8 陈妮平, 王燕, 董妍, 等. 生、醋柴胡UPLC-DAD指纹图谱建立及抗肝纤维化作用的谱效关系研究[J]. 中国药理学通报, 2024, 40(6): 1145-1152. [Chen NP, Wang Y, Dong Y, et al. Establishment of UPLC-DAD fingerprint of raw and vinegar *Bupleurumbupleurum* and study on spectral

- effect relationship of anti-hepatic fibrosis[J]. Chinese Pharmacological Bulletin, 2024, 40(6): 1145–1152.] DOI: [10.12360/CPB202401041](https://doi.org/10.12360/CPB202401041).
- 9 赵利军, 魏娟, 柳漫宇, 等. HPLC 法评价不同产地柴胡药材的质量 [J]. 湖北医药学院学报, 2023, 42(2): 127–130. [Zhao LJ, Wei J, Liu MY, et al. Quality evaluation of Bupleuri radix in different origins by HPLC[J]. Journal of Hubei University of Medicine, 2023, 42(2): 127–130.] DOI: [10.13819/j.issn.2096-708X.2023.02.003](https://doi.org/10.13819/j.issn.2096-708X.2023.02.003).
- 10 贾云鹏, 杨晓军, 王超, 等. 北柴胡根部的化学成分研究 [J]. 中草药, 2024, 55(2): 402–408. [Jia YP, Yang XJ, Wang C, et al. Chemical constituents from roots of Bupleurum chinense[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2024, 55(2): 402–408.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2024.02.006](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2024.02.006).
- 11 Gevrenova R, Kondeva-Burdina M, Denkov N, et al. Flavonoid profiles of three Bupleurum species and in vitro hepatoprotective of activity Bupleurum flavum Forsk[J]. Pharmacogn Mag, 2015, 11(41): 14–23. DOI: [10.4103/0973-1296.149680](https://doi.org/10.4103/0973-1296.149680).
- 12 任倩倩, 高朋, 马致静, 等. 响应面法优化超声辅助提取北柴胡黄酮工艺及抗氧化活性 [J]. 北方园艺, 2023, (5): 93–100. [Ren QQ, Gao P, Ma ZJ, et al. Optimization of ultrasonic assisted extraction of flavonoids from Bupleurum chinense by response surface methodology and its antioxidant activity[J]. Northern Horticulture, 2023, (5): 93–100.] DOI: [10.11937/bfy.20222652](https://doi.org/10.11937/bfy.20222652).
- 13 肖宗雨, 刘艳, 孙延平, 等. 柴胡地上部分黄酮类化学成分研究 [J]. 中药材, 2020, 43(11): 2679–2683. [Xiao ZY, Liu Y, Sun YP, et al. Chemical constituents of flavonoids from the aerial parts of Bupleurum chinense[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2020, 43(11): 2679–2683.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2020.11.013](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2020.11.013).
- 14 Wan H, Zhou L, Wu B, et al. Integrated metabolomics and transcriptomics analysis of roots of Bupleurum chinense and B. scorzoniferifolium, two sources of medicinal Chaihu[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 22335. DOI: [10.1038/s41598-022-27019-8](https://doi.org/10.1038/s41598-022-27019-8).
- 15 李雪仪, 彭东辉, 陈雨婵, 等. 酒炙对柴胡总黄酮以及皂苷类成分的影响 [J]. 广东药科大学学报, 2023, 39(6): 70–76. [Li XY, Peng DH, Chen YC, et al. Effects of stir-frying with wine on total flavonoids and saponins of Bupleuri radix[J]. Journal of Guangdong Pharmaceutical University, 2023, 39(6): 70–76.] DOI: [10.16809/j.cnki.2096-3653.2023092501](https://doi.org/10.16809/j.cnki.2096-3653.2023092501).
- 16 王世丽, 朱娟娟, 卢琪, 等. 南北柴胡共有挥发性物质研究 [J/OL]. 中药材, 2024–04–28. [Wang SL, Zhu JJ, Lu Q, et al. Study on common volatile substances of Bupleurum scorzoniferifolium and Bupleurum chinense roots[J/OL]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2024–04–28.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2024.04.022](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2024.04.022).
- 17 马玉芝, 曾铁鑫, 吴佩玲, 等. 基于 GC-MS 和网络药理学的 5 种柴胡挥发油比较研究 [J]. 中国现代中药, 2024, 26(8): 1366–1373. [Ma YZ, Zeng TX, Wu PL, et al. Comparison of volatile oil components in roots of five bupleurum species based on GC-MS and network pharmacology[J]. Modern Chinese Medicine, 2024, 26(8): 1366–1373.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.20240226002](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20240226002).
- 18 刘坤垚, 王奇, 王建新. 不同产地柴胡挥发油成分的测定与比较 [J]. 华西药学杂志, 2022, 37(4): 409–413. [Liu KY, Wang Q, Wang JX. Determination and comparison of volatile oil constituents of Bupleurum chinense from different places[J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2022, 37(4): 409–413.] DOI: [10.13375/j.cnki.wcjps.2022.04.011](https://doi.org/10.13375/j.cnki.wcjps.2022.04.011).
- 19 胡倩, 金司仪, 李丹清, 等. 柴胡挥发油的研究进展 [J]. 中南药学, 2019, 17(9): 1499–1503. [Hu Q, Jin SY, Li DQ, et al. Research progress of volatile oil from Radix bupleuri[J]. Central South Pharmacy, 2019, 17(9): 1499–1503.] DOI: [10.7539/j.issn.1672-2981.2019.09.025](https://doi.org/10.7539/j.issn.1672-2981.2019.09.025).
- 20 Feng S, Li K, Lyu W, et al. Extraction, characterization, antioxidation and anti-inflammatory activity of polysaccharides from Bupleurum chinense based on different molecular weights[J]. Nat Prod Res, 2024: 1–11. DOI: [10.1080/14786419.2024.2357667](https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2357667).
- 21 Yu, X, Miao, Z, Zhang, L, et al. Extraction, purification, structure characteristics, biological activities and pharmaceutical application of Bupleuri radix polysaccharide: a review[J]. Int J Biol Macromol, 2023, 237: 124146. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2023.124146](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124146).
- 22 赵亚, 李苹, 吴亚运, 等. 不同分子量醋柴胡多糖对迟发型超敏反应小鼠的影响 [J]. 中药新药与临床药理, 2022, 33(7): 902–907 [Zhao Y, Li P, Wu YY, et al. Effects

- of vinegar-baked *Bupleuri radix* polysaccharides with different molecular weight on delayed-type hypersensitivity mice[J]. *Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology*, 2022, 33(7): 902–907.] DOI: [10.19378/j.issn.1003-9783.2022.07.007](https://doi.org/10.19378/j.issn.1003-9783.2022.07.007).
- 23 赵小亮, 王宝忠, 康兴兴, 等. 藏柴胡多糖提取工艺优化、结构表征及其药理活性研究 [J]. *中成药*, 2024, 46(6): 1985–1990. [Zhao XL, Wang BZ, Kang XX, et al. Optimization of the extraction process, structural characterization and pharmacological activity of the polysaccharides from Tibetan woodruff[J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2024, 46(6): 1985–1990.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1528.2024.06.035](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1528.2024.06.035).
- 24 刘丽娟, 赵亚, 吴亚运, 等. 醋柴胡多糖对拉米夫定体外抗乙型肝炎病毒的增效作用研究 [J]. *世界中医药*, 2023, 18(8): 1079–1084. [Liu LJ, Zhao Y, Wu YY, et al. Synergistic effect of polysaccharide from vinegar-baked *Bupleuri radix* with lamivudine against hepatitis B virus *in vitro*[J]. *World Chinese Medicine*, 2023, 18(8): 1079–1084.] DOI: [10.3969/j.issn.1673-7202.2023.08.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-7202.2023.08.004).
- 25 Ashour ML, El-Readi M, Youns M, et al. Chemical composition and biological activity of the essential oil obtained from *Bupleurum marginatum* (Apiaceae)[J]. *Pharm Pharmacol*, 2009, 61(8): 1079–1087. DOI: [10.1211/jpp/61.08.0012](https://doi.org/10.1211/jpp/61.08.0012).
- 26 Ashour ML, Wink M. Genus *Bupleurum*: a review of its phytochemistry, pharmacology and modes of action[J]. *J Pharm Pharmacol*, 2011, 63(3): 305–321. DOI: [10.1111/j.2042-7158.2010.01170.x](https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.2010.01170.x).
- 27 Du P, Xu J, Jiang Y, et al. Saikosaponin-d attenuates hashimoto's thyroiditis by regulating macrophage polarization[J]. *J Immunol Res*, 2022, 2022: 7455494. DOI: [10.1155/2022/7455494](https://doi.org/10.1155/2022/7455494).
- 28 Song L, Lu G, Tao Y. Saikosaponin D attenuates inflammatory response and cell apoptosis of lipopolysaccharide-induced lung epithelial cells[J]. *Clin Respir J*, 2023, 17(10): 1017–1024. DOI: [10.1111/crj.13688](https://doi.org/10.1111/crj.13688).
- 29 Wang X, Li S, Yu J, et al. Saikosaponin B2 ameliorates depression-induced microglia activation by inhibiting ferroptosis-mediated neuroinflammation and ER stress[J]. *J Ethnopharmacol*, 2023, 316: 116729. DOI: [10.1016/j.jep.2023.116729](https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116729).
- 30 Wu Y, Zhang J, Wang X, et al. Saikosaponin-d regulates angiogenesis in idiopathic pulmonary fibrosis through angiotensin/Tie-2 pathway[J]. *Acta Histochem*, 2023, 125(8): 152100. DOI: [10.1016/j.acthis.2023.152100](https://doi.org/10.1016/j.acthis.2023.152100).
- 31 Lei Z, Zou G, Gao Y, et al. A new triterpenoid and a new flavonoid glycoside isolated from *Bupleurum marginatum* and their anti-inflammatory activity[J]. *Nat Prod Res*, 2020, 34(24): 3492–3498. DOI: [10.1080/14786419.2019.1582037](https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1582037).
- 32 Chen RJ, Guo XY, Cheng BH, et al. Saikosaponin a inhibits cigarette smoke-induced oxidant stress and inflammatory responses by activation of Nrf2[J]. *Inflammation*, 2018, 41(4): 1297–1303. DOI: [10.1007/s10753-018-0778-7](https://doi.org/10.1007/s10753-018-0778-7).
- 33 Huang M, Yan Y, Deng Z, et al. Saikosaponin A and D attenuate skeletal muscle atrophy in chronic kidney disease by reducing oxidative stress through activation of PI3K/AKT/Nrf2 pathway[J]. *Phytomedicine*, 2023, 114: 154766. DOI: [10.1016/j.phymed.2023.154766](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2023.154766).
- 34 Du J, Song D, Li Y, et al. Saikosaponin-D mitigates oxidation in SH-SY5Y cells stimulated by glutamate through activation of Nrf2 pathway: involvement of PI3K[J]. *Neurotox Res*, 2022, 40(1): 230–240. DOI: [10.1007/s12640-021-00438-7](https://doi.org/10.1007/s12640-021-00438-7).
- 35 Zhao W, Li JJ, Yue SQ, et al. Antioxidant activity and hepatoprotective effect of a polysaccharide from *Bei Chaihu* (*Bupleurum chinense* DC.)[J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 89(2): 448–452. DOI: [10.1016/j.carbpol.2012.03.027](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.03.027).
- 36 Zhang DY, Liang J, Zhang Y, et al. Effects of various processed methods on chemical constituents and anti-hepatitis activity of *Bupleurum scorzonerifolium* Willd. by metabolomics and molecular docking[J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2022, 218: 114837. DOI: [10.1016/j.jpba.2022.114837](https://doi.org/10.1016/j.jpba.2022.114837).
- 37 江继超, 洪洲, 潘光旭, 等. 柴胡皂苷 D 抑制肝星状细胞活化及 PSME3 表达的实验研究 [J]. *福建中医药*, 2024, 55(6): 25–28. DOI: [10.13260/j.cnki.jfjtem.2024.06006](https://doi.org/10.13260/j.cnki.jfjtem.2024.06006).
- 38 Lin L, Zhou M, Que R, et al. Saikosaponin-d protects against liver fibrosis by regulating the estrogen receptor- β /NLRP3 inflammasome pathway[J]. *Biochem Cell Biol*, 2021, 99(5): 666–674. DOI: [10.1139/bcb-2020-0561](https://doi.org/10.1139/bcb-2020-0561).
- 39 Zhu Y, Chen X, Rao X, et al. Saikosaponin a ameliorates lipopolysaccharide and dgalactosamine-induced liver injury via activating LXR α [J]. *Int Immunopharmacol*,

- 2019, 72: 131–137. DOI: [10.1016/j.intimp.2019.03.049](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2019.03.049).
- 40 Xie JY, Di HY, Li H, et al. *Bupleurum chinense* DC. polysaccharides attenuates lipopolysaccharide-induced acute lung injury in mice[J]. *Phytomedicine*, 2012, 19(2): 130–137. DOI: [10.1016/j.phymed.2011.08.057](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.08.057).
- 41 刘桂梅, 郑蕊, 刘晓斌, 等. 柴胡皂苷 D 诱导内质网应激增强胶质瘤细胞替莫唑胺敏感性的机制 [J]. *中国药理学通报*, 2024, 40(6): 1105–1114. [Liu GM, Zheng R, Liu XB, et al. Mechanism of saikosaponin D enhancing temozolomide sensitivity in glioma cells via inducing endoplasmic reticulum stress[J]. *Chinese Pharmacological Bulletin*, 2024, 40(6): 1105–1114.] DOI: [10.12360/CPB202401048](https://doi.org/10.12360/CPB202401048).
- 42 Chen LL, Xia LY, Zhang JP, et al. Saikosaponin D alleviates cancer cachexia by directly inhibiting STAT3[J]. *Phytother Res*, 2023, 37(3): 809–819. DOI: [10.1002/ptr.7676](https://doi.org/10.1002/ptr.7676).
- 43 Luo J, Wang J, Yang J, et al. Saikosaponin B1 and Saikosaponin D inhibit tumor growth in medulloblastoma allograft mice via inhibiting the Hedgehog signaling pathway[J]. *J Nat Med*, 2022, 76(3): 584–593. DOI: [10.1007/s11418-022-01603-8](https://doi.org/10.1007/s11418-022-01603-8).
- 44 He H, Guo J, Hu Y, et al. Saikosaponin D reverses epinephrine- and norepinephrine-induced gemcitabine resistance in intrahepatic cholangiocarcinoma by downregulating ADRB2/glycolysis signaling[J]. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*, 2023, 55(9): 1404–1414. DOI: [10.3724/abbs.2023040](https://doi.org/10.3724/abbs.2023040).
- 45 Shi C, Sun L, Fang R, et al. Saikosaponin-A exhibits antipancreatic cancer activity by targeting the EGFR/PI3K/Akt pathway[J]. *Curr Pharm Biotechnol*, 2023, 24(4): 579–588. DOI: [10.2174/1389201023666220610113514](https://doi.org/10.2174/1389201023666220610113514).
- 46 关月宏, 刘桂梅, 刘雨思, 等. 柴胡皂苷 D 通过 Akt/mTOR 通路调控胰腺癌 Panc-1 细胞凋亡及自噬 [J]. *中国中药杂志*, 2023, 48(19): 5278–5284. [Guan YH, Liu GM, Liu YS, et al. Saikosaponin D regulates apoptosis and autophagy of pancreatic cancer Panc-1 cells via Akt/mTOR pathway[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2023, 48(19): 5278–5284.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20230713.401](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20230713.401).
- 47 Fu R, Zhang L, Li Y, et al. Saikosaponin D inhibits autophagosomelysosome fusion and induces autophagyindependent apoptosis in MDAMB231 breast cancer cells[J]. *Mol Med Rep*, 2020, 22(2): 1026–1034. DOI: [10.3892/mmr.2020.11155](https://doi.org/10.3892/mmr.2020.11155).
- 48 Zhang Y, Dai K, Xu D, et al. Saikosaponin A alleviates glycolysis of breast cancer cells through repression of Akt/STAT3 pathway[J]. *Chem Biol Drug Des*, 2023, 102(1): 115–125. DOI: [10.1111/cbdd.14259](https://doi.org/10.1111/cbdd.14259).
- 49 Wang C, Zhang R, Chen X, et al. The potential effect and mechanism of Saikosaponin A against gastric cancer[J]. *BMC Complement Med Ther*, 2023, 23(1): 295. DOI: [10.1186/s12906-023-04108-3](https://doi.org/10.1186/s12906-023-04108-3).
- 50 Zhang Y, Lin L, Wang Y, et al. Saikosaponin B4 suppression cancer progression by inhibiting SW480 and SW620 cells proliferation via the PI3K/AKT/mTOR pathway in colon cancer[J]. *Curr Cancer Drug Targets*, 2022, 22(11): 889–903. DOI: [10.2174/1568009622666220627160834](https://doi.org/10.2174/1568009622666220627160834).
- 51 Chen M, Hu C, Yang L, et al. Saikosaponin-D induces the pyroptosis of lung cancer by increasing ROS and activating the NF- κ B/NLRP3/caspase-1/GSDMD pathway[J]. *J Biochem Molecular Toxicol*, 2023, 37(8): e23444. DOI: [10.1002/jbt.23444](https://doi.org/10.1002/jbt.23444).
- 52 You M, Fu J, Lyu X, et al. Saikosaponin b2 inhibits tumor angiogenesis in liver cancer via downregulation of VEGF/ERK/HIF1 α signaling[J]. *Oncol Rep*, 2023, 50(1): 136. DOI: [10.3892/or.2023.8573](https://doi.org/10.3892/or.2023.8573).
- 53 Tang TT, Jiang L, Zhong Q, et al. Saikosaponin D exerts cytotoxicity on human endometrial cancer ishikawa cells by inducing apoptosis and inhibiting metastasis through MAPK pathways[J]. *Food Chem Toxicol*, 2023, 177: 113815. DOI: [10.1016/j.fct.2023.113815](https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113815).
- 54 Zhao L, Li J, Sun ZB, et al. Saikosaponin D inhibits proliferation of human osteosarcoma cells via the p53 signaling pathway[J]. *Exp Ther Med*, 2019, 17(1): 488–494. DOI: [10.3892/etm.2018.6969](https://doi.org/10.3892/etm.2018.6969).
- 55 Cai C, Zhang H, Ou Y, et al. Saikosaponin-d suppresses cell growth in renal cell carcinoma through EGFR/p38 signaling pathway[J]. *Neoplasma*, 2017, 64(4): 518–525. DOI: [10.4149/neo_2017_405](https://doi.org/10.4149/neo_2017_405).
- 56 乔明亮, 梁硕, 孟毅, 等. 柴胡皂苷 A 调节 cAMP/PKA/CREB 信号通路对失眠大鼠的改善作用及机制研究 [J]. *中药新药与临床药理*, 2024, 35(5): 633–638. [Qiao ML, Liang S, Meng Y, et al. Study on the improvement effect and mechanism of Saikosaponin A on insomnia rats by regulating

- cAMP/PKA/CREB signaling pathway[J]. *Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology*, 2024, 35(5): 633–638. DOI: [10.19378/j.issn.1003-9783.2024.05.004](https://doi.org/10.19378/j.issn.1003-9783.2024.05.004).
- 57 Zhong YH, Jiang S, Qu WM, et al. Saikosaponin a promotes sleep by decreasing neuronal activities in the lateral hypothalamus[J]. *J Sleep Res*, 2022, 31(2): e13484. DOI: [10.1111/jsr.13484](https://doi.org/10.1111/jsr.13484).
- 58 Feng J, Ma H, Yue Y, et al. Saikosaponin a ameliorates diet-induced fatty liver via regulating intestinal microbiota and bile acid profile in laying hens[J]. *Poult Sci*, 2023, 102(12): 103155. DOI: [10.1016/j.psj.2023.103155](https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103155).
- 59 Manoharan S, Deivendran B, Perumal E. Chemotherapeutic potential of saikosaponin D: experimental evidence[J]. *J Xenobiot*, 2022, 12(4): 378–405. DOI: [10.3390/jox12040027](https://doi.org/10.3390/jox12040027).
- 60 Gu Y, Duan S, Ding M, et al. Saikosaponin D attenuates metabolic associated fatty liver disease by coordinately tuning PPAR α and INSIG/SREBP1c pathway[J]. *Phytomedicine*, 2022, 103: 154219. DOI: [10.1016/j.phymed.2022.154219](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2022.154219).
- 61 Su J, Pan YW, Wang SQ, et al. Saikosaponin-d attenuated lipopolysaccharide-induced depressive-like behaviors via inhibiting microglia activation and neuroinflammation[J]. *Int Immunopharmacol*, 2020, 80: 106181. DOI: [10.1016/j.intimp.2019.106181](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2019.106181).
- 62 Chen XQ, Chen SJ, Liang WN, et al. Saikosaponin A attenuates perimenopausal depression-like symptoms by chronic unpredictable mild stress[J]. *Neurosci Lett*, 2018, 662: 283–289. DOI: [10.1016/j.neulet.2017.09.046](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.09.046).
- 63 Wang AR, Mi LF, Zhang ZL, et al. Saikosaponin A improved depression-like behavior and inhibited hippocampal neuronal apoptosis after cerebral ischemia through p-CREB/BDNF pathway[J]. *Behav Brain Res*, 2021, 403: 113138. DOI: [10.1016/j.bbr.2021.113138](https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113138).
- 64 Gao T, Wang T, Wu L, et al. Saikosaponin-d alleviates depression by promoting NLRP3 ubiquitination and inhibiting inflammasome activation[J]. *Int Immunopharmacol*, 2024, 127: 111324. DOI: [10.1016/j.intimp.2023.111324](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2023.111324).
- 65 Tong Y, Zhao G, Shuang R, et al. Saikosaponin a activates Tet1/DLL3/Notch1 signalling and promotes hippocampal neurogenesis to improve depression-like behavior in mice[J]. *J Ethnopharmacol*, 2024, 319 (Pt 3): 117289. DOI: [10.1016/j.jep.2023.117289](https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117289).
- 66 Ye M, Bi YF, Ding L, et al. Saikosaponin a functions as anti-epileptic effect in pentylenetetrazol induced rats through inhibiting mTOR signaling pathway[J]. *Biomed Pharm*, 2016, 81: 281–287. DOI: [10.1016/j.biopha.2016.04.012](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.04.012).
- 67 Hong Y, Deng N, Jin HN, et al. Saikosaponin A modulates remodeling of Kv4.2-mediated A-type voltage-gated potassium currents in rat chronic temporal lobe epilepsy[J]. *Drug Des Devel Ther*, 2018, 12: 2945–2958. DOI: [10.2147/DDDT.S166408](https://doi.org/10.2147/DDDT.S166408).
- 68 Radulović N, Stevanović M, Nešić M, et al. Constituents of bupleurum praealtum and bupleurum veronense with potential immunomodulatory activity[J]. *J Nat Prod*, 2020, 83(10): 2902–2914. DOI: [10.1021/acs.jnatprod.0c00437](https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.0c00437).
- 69 Bui TT, Piao CH, Hyeon E, et al. Preventive effect of bupleurum chinense on nasal inflammation via suppressing T helper type 2, eosinophil and mast cell activation[J]. *Am J Chin Med*, 2019, 47(2): 405–421. DOI: [10.1142/S0192415X19500204](https://doi.org/10.1142/S0192415X19500204).
- 70 Hao Y, Piao X, Piao X. Saikosaponin-d inhibits β -conglycinin induced activation of rat basophilic leukemia-2H3 cells[J]. *Int Immunopharmacol*, 2012, 13(3): 257–263. DOI: [10.1016/j.intimp.2012.04.021](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2012.04.021).

收稿日期: 2024年08月22日 修回日期: 2024年10月01日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳