

无花果化学成分与药理作用研究进展



王 双^{1,2}, 杜 莹^{1,2}, 邸 晴^{2,3}, 张 哲^{1,2}, 赵相轩^{3,4}

1. 辽宁中医药大学中医药创新工程技术中心 (沈阳 110847)
2. 辽宁中医药大学中医脏象理论及应用教育部重点实验室 (沈阳 110847)
3. 辽宁中医药大学药学院 (辽宁大连 116600)
4. 辽宁中医药大学实验动物医学院 (沈阳 110847)

【摘要】无花果 (*Ficus carica* L.) 是一种历史悠久药食两用的植物, 具有清热生津、健脾开胃、解毒消肿、润肺止咳等功效。现代研究表明无花果主要含有多酚类、苯丙素类、多糖类、三萜类、甾醇类、挥发性成分、脂肪酸等化学成分。药理学研究证实其主要具有抗肿瘤、调血脂、降血糖、肝肾保护、抗炎、免疫调节、抗菌、神经保护、治疗皮肤病、心脑血管保护等作用。本文通过对近年来国内外关于无花果化学成分和药理作用研究报道进行总结, 为无花果药用价值的深入挖掘和相关产品的开发提供参考。

【关键词】无花果; 多酚类; 多糖; 苯丙素; 抗肿瘤; 调血脂; 降血糖

【中图分类号】 R285; R284

【文献标识码】 A

Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Ficus carica* L.

WANG Shuang^{1,2}, DU Ying^{1,2}, DI Qing^{2,3}, ZHANG Zhe^{1,2}, ZHAO Xiangxuan^{3,4}

1. Innovation Engineering Technology Center, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110847, China

2. Key Laboratory of Education Ministry on Chinese Medicine Viscera Image Theory and Application, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110847, China

3. College of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, Liaoning Province, China

4. School of Laboratory Animal Medicine, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110847, China

Corresponding author: ZHAO Xiangxuan, Email: xiangxuanzhao@163.com

【Abstract】*Ficus carica* L. is a medicinal and edible plant with a long history of use. It has the effects of clearing heat and producing fluids, strengthening the spleen and improving appetite, detoxifying and detumescence, moistening the lungs and relieving cough. Modern studies have shown that *Ficus carica* L. mainly contains chemical components such as polyphenols, phenylpropanoids, polysaccharides, triterpenoids, sterols, volatile components, fatty acids. Pharmacological studies have confirmed that it mainly has antitumor, regulating lipid metabolism, hypoglycemic activity, liver and kidney protection, anti-inflammatory, immune regulation, antibacterial, neuroprotective, treatment of

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202505065

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (31371425); 辽宁中医药大学高层次人才引进科研启动经费项目 (21601A2177); 辽宁省教育厅高校基金科研项目 (LJ212510162011)

通信作者: 赵相轩, 博士, 教授, 博士研究生导师, Email: xiangxuanzhao@163.com

skin diseases, cardiovascular and cerebrovascular protection, and other effects. This paper summarizes recent research reports on the chemical constituents and pharmacological effects of *Ficus carica* L. at home and abroad, to provide reference for the in-depth excavation of the medicinal value and the development of related products of *Ficus carica* L.

【Keywords】 *Ficus carica* L.; Polyphenols; Polysaccharides; Phenylpropyl; Antitumor; Regulating blood lipids; Reduce blood sugar levels

无花果 (*Ficus carica* L.) 为桑科榕属的落叶小乔木或灌木，始载于明·朱橚《救荒本草》，其后在《本草纲目》《滇南本草》等典籍中均有记载^[1]，全株皆可药用。其性平、味甘，归肺、胃、大肠经，具有清热生津、健脾开胃、解毒消肿、润肺止咳等功效^[2]，主要用于治疗肠炎、痢疾、便秘、痔疮、喉痛及痈疮疥癣等疾病^[3]。无花果含有丰富的多酚类、多糖类、黄酮类等化合物^[4-6]，其提取物或主要成分具有抗肿瘤、抗氧化等多种生物活性，且不同部位营养成分存在显著差异。近年来，随着无花果栽培规模的扩大及其在功能性食品和药物开发中潜力的显现，针对其化学成分与药理活性的研究日益深入^[7]。然而，现有综述多侧重于化学成分或药理作用的简单罗列，缺乏从“成分-活性-机制”角度进行的系统性梳理，尤其在不同部位活性差异、多组分协同效应等方面的论述尚显不足。本文在系统综述无花果化学成分与药理作用的基础上，尝试归纳其作用特点与物质基础，以期为后续深入研究与综合开发提供思路与参考。

1 化学成分

无花果的化学成分复杂多样，其成分组成与含量受发育阶段、部位、品种、产地、提取及加工方式等因素影响。总体而言，无花果活性成分的分布具有明显的“部位特异性”：果实富含多糖、黄酮和酚酸；叶中香豆素、黄酮及硒含量较高；根中补骨脂素等苯丙素类成分

突出；枝与叶中部分黄酮含量甚至高于果实。这种分布差异为其“分部位开发”提供了重要的化学依据。

1.1 多酚类

多酚类化合物是无花果中研究最广泛的活性成分，主要包括黄酮类、酚酸类、单宁和木质素等^[8]。其中黄酮类与酚酸类是无花果多酚的主要组成成分，在果皮和果肉中均有分布。此外，无花果芽中的总酚含量高于叶片，而叶片中的黄酮类含量则高于果芽^[9]。

1.1.1 黄酮类

黄酮类化合物是两个含有酚羟基的苯环（A-与 B-环）通过中央三碳原子相互联结形成的一组化合物，其母核结构为 2-苯基色原酮。在食品中，黄酮类化合物常与糖结合以糖苷形式存在，并可根据结构特征分为黄酮、黄酮醇、异黄酮、二氢黄酮、二氢异黄酮、二氢黄酮醇、查耳酮、橙酮、黄烷和花青素等^[8]。花青素主要包含矢车菊素、天竺葵色素等衍生物；而类黄酮为黄酮的一种衍生物，如儿茶素、表儿茶素等，在人类饮食中含量最丰富。

无花果不同部位黄酮类化合物含量存在明显差异，由高到低依次为：嫩枝、鲜叶、干叶、果实，其中鲜叶中的黄酮含量约为果实的 6 倍^[10]，提示叶片作为原料具有较高的开发价值。在已研究的无花果黄酮类化合物中，芦丁被确定为最主要的成分^[4]。主要黄酮类及其衍生物的化合物信息见表 1。

表1 无花果中主要黄酮类及其衍生物成分
Table 1. The main flavonoids and their derivatives in *Ficus carica* L.

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	天竺葵素-3-O-葡萄糖苷	C ₂₁ H ₂₁ ClO ₁₀	468.84	[6]
2	天竺葵素-3-O-芸香糖苷	C ₂₇ H ₃₁ ClO ₁₄	614.98	[6]
3	矢车菊素-3-O-葡萄糖苷	C ₂₁ H ₂₁ O ₁₁ Cl	484.84	[6]
4	矢车菊素-3-O-芸香糖苷	C ₂₇ H ₃₁ ClO ₁₅	630.98	[6]
5	芹菜素	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270.24	[6]
6	牡荆素	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	432.38	[6]
7	木犀草苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	448.38	[6]
8	荭草苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	448.38	[6]

续表1

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
9	山柰酚	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.24	[11]
10	山柰酚-3-O-芸香糖苷	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	594.5	[12]
11	槲皮素	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	302.24	[6]
12	异槲皮苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₂	464.38	[6]
13	芦丁	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	610.52	[2]
14	柚皮素	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	272.25	[6]
15	柚皮苷	C ₂₇ H ₃₂ O ₁₄	580.53	[6]
16	圣草酚	C ₁₅ H ₁₂ O ₆	288.25	[6]
17	表儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.27	[12]
18	(-)-儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.27	[12]
19	(+)-儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.27	[13]
20	(+)-儿茶素水合物	C ₁₅ H ₁₄ O ₆ ·xH ₂ O	290.27	[14]
21	thonningine A	C ₂₃ H ₁₈ O ₈	422.39	[15]
22	thonningine B	C ₂₃ H ₂₀ O ₇	408.12	[15]
23	isopiscerythron	C ₂₁ H ₂₀ O ₇	384.12	[15]
24	viridiflorin	C ₂₂ H ₂₂ O ₇	398.14	[15]
25	甘草宁N	C ₂₁ H ₂₀ O ₆	368.38	[15]
26	indicanine A	C ₂₂ H ₂₀ O ₆	380.13	[15]
27	indicanine B	C ₂₁ H ₁₈ O ₆	366.11	[15]
28	甘草宁G	C ₂₁ H ₂₀ O ₅	352.38	[16]
29	indicanine C	C ₂₁ H ₁₈ O ₅	350.12	[16]
30	花青素	C ₃₀ H ₂₆ O ₁₃	594.52	[8]
31	cyanidin 3,5-diglucoside	C ₂₇ H ₃₁ ClO ₁₆	611.16	[17]
32	pelargonidin 3-rutinoside	C ₂₇ H ₃₁ O ₁₄	579.53	[17]
33	白杨素	C ₁₅ H ₁₀ O ₄	254.24	[4]
34	怀特酮	C ₂₀ H ₁₈ O ₅	338.35	[16]
35	猫尾草异黄酮	C ₂₀ H ₁₆ O ₅	336.34	[16]
36	美迪紫檀素	C ₁₆ H ₁₄ O ₄	270.30	[16]
37	高丽槐素	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	284.26	[16]
38	木豆素	C ₂₁ H ₂₂ O ₄	338.40	[16]
39	木犀草素	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.24	[18]
40	异鼠李素	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	316.27	[18]
41	高良姜素	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270.24	[19]
42	花旗松素	C ₁₅ H ₁₂ O ₇	304.25	[20]
43	橙皮素	C ₁₆ H ₁₄ O ₆	302.28	[21]
44	杨梅素	C ₁₅ H ₁₀ O ₈	318.24	[13]
45	异夏佛托苷	C ₂₆ H ₂₈ O ₁₄	564.50	[13]
46	异荛草素	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	448.38	[13]
47	刺芒柄花素	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	268.26	[13]
48	鹰嘴豆芽素A	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	284.26	[17]
49	大豆甾元	C ₁₅ H ₁₀ O ₄	254.24	[13]
50	金雀异黄酮	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270.24	[13]

1.1.2 酚酸类

酚酸类化合物是一类含有酚羟基和羧基的芳香族次生代谢产物，主要包括没食子酸类、绿原酸及衍生物、鞣花酸鞣质、间苯三酚类、苯丙酸类、天然低聚芪类和茶多酚等。在无花果果实中，酚酸类的含量随成熟度增加而升高，且果皮中的含量通常高于果肉。叶中亦含有丰富的酚酸，如咖啡酰苹果酸等，这些成分是无花果抗氧化活性的重要物质基础。主要酚酸类及其衍生物的化

物信息见表 2。

1.2 苯丙素类

苯丙素类化合物是天然产物中一类以苯环连接 3 个直链碳（C6-C3 单元）为基本骨架的酚性物质，结构多样，主要包括简单苯丙素类、香豆素类和木脂素类。其中简单苯丙素类涵盖苯丙烯、苯丙醇、苯丙醛、苯丙酸等；香豆素类在叶与根中含量较高，尤其是补骨脂素，为无花果叶抗白癜风、抗肿瘤作用的重要成分；木脂素类则主要

分布于根皮中。无花果中含有较丰富的香豆素类与木脂素类化合物，具体信息见表 3。

香豆素是苯丙素类化合物的一种，其母核为苯并 α -吡喃酮，可视为顺式邻羟基桂皮酸脱水而形成的内酯类化合物，包括简单香豆素、呋喃香

豆素、吡喃香豆素和其他类型。在无花果挥发油中，香豆素类成分占比较高，其中补骨脂素是挥发油的主要有效成分。木脂素类是由两分子苯丙素衍生物聚合而成的天然化合物，具有多种结构类型。

表2 无花果中主要酚酸类及其衍生物成分
Table 2. The main phenolic acids and their derivatives in *Ficus carica* L.

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	对羟基苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₃	138.12	[6]
2	没食子酸	C ₇ H ₆ O ₅	170.12	[2]
3	没食子酸甲酯	C ₈ H ₈ O ₅	184.15	[6]
4	香草酸	C ₈ H ₈ O ₄	168.15	[4]
5	丁香酸	C ₉ H ₁₀ O ₅	198.17	[2]
6	原儿茶酸	C ₇ H ₆ O ₄	154.12	[6]
7	肉桂酸	C ₉ H ₈ O ₂	148.16	[4]
8	对香豆酸	C ₉ H ₈ O ₃	164.16	[6]
9	咖啡酸	C ₉ H ₈ O ₄	180.16	[12]
10	阿魏酸	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	194.18	[22]
11	反式阿魏酸	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	194.18	[17]
12	绿原酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.31	[6]
13	新绿原酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.31	[13]
14	5-对香豆酰喹酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₈	338.31	[6]
15	鞣花酸	C ₁₄ H ₆ O ₈	302.19	[6]
16	迷迭香酸	C ₁₈ H ₁₆ O ₈	360.31	[4]
17	焦袂康酸	C ₅ H ₄ O ₃	112.08	[23]
18	3-羟基苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₃	138.12	[4]
19	4-羟基苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₃	138.12	[4]
20	3,4-二羟基苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₄	154.12	[4]
21	二羟基苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₄	154.12	[12]
22	邻-甲基苯甲酸	C ₈ H ₈ O ₂	136.15	[24]
23	香草酸-4- β -D-葡萄糖苷	C ₁₄ H ₁₈ O ₉	330.29	[13]

表3 无花果中主要苯丙素类成分
Table 3. The main phenylpropanoids in *Ficus carica* L.

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	补骨脂素	C ₁₁ H ₆ O ₃	186.16	[10]
2	佛手柑内酯	C ₁₂ H ₈ O ₄	216.19	[10]
3	伞形花内酯	C ₉ H ₆ O ₃	162.14	[10]
4	3-羟基香豆素	C ₉ H ₆ O ₃	162.14	[23]
5	methoxypsoralen	C ₁₂ H ₈ O ₄	216.19	[13]
6	8-methylpsoralen	C ₁₂ H ₈ O ₃	200.19	[18]
7	murrayacarpin B	C ₁₂ H ₁₂ O ₅	236.22	[13]
8	phellodenol A	C ₁₁ H ₁₀ O ₄	206.19	[13]
9	4',5'-dihydropsoalen	C ₁₁ H ₈ O ₃	188.18	[13]
10	印度楫橐忒	C ₂₀ H ₂₄ O ₉	408.4	[13]
11	氧化前胡素	C ₁₆ H ₁₄ O ₅	286.28	[13]
12	水合氧化前胡素	C ₁₆ H ₁₆ O ₆	304.29	[13]
13	7-hydroxy-3-(4-methoxyphenyl)-coumarin	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	268.26	[25]
14	4-烯丙氧基香豆素	C ₁₂ H ₁₀ O ₃	202.21	[25]
15	秦皮乙素	C ₉ H ₆ O ₄	178.14	[13]
16	6-(2-甲氧基, 顺-乙烯基)-7-甲基吡喃香豆素	C ₁₇ H ₁₆ O ₅	300.31	[26]
17	丁香树脂醇	C ₂₂ H ₂₆ O ₈	418.44	[15]
18	松脂素	C ₂₀ H ₂₂ O ₆	358.39	[16]
19	8-羟基松脂醇	C ₂₀ H ₂₂ O ₇	374.38	[16]
20	杜仲树脂酚	C ₂₁ H ₂₄ O ₈	404.41	[16]
21	花椒毒素	C ₁₂ H ₈ O ₄	216.19	[27]
22	花椒毒酚	C ₁₁ H ₆ O ₄	202.16	[27]

1.3 多糖类

无花果多糖主要分为果胶和中性杂多糖两大类^[12]，其单糖组成包括半乳糖醛酸（galacturonic acid, GalA）、阿拉伯糖（arabinose, Ara）、半乳糖（galactose, Gal）和鼠李糖（rhamnose, Rha）等^[28]。目前已报道的无花果多糖有无花果多糖（*ficus carica polysaccharide*, FCPS）-1^[2]、FCPS-2^[2]、FCPS-3^[2]、FCPW80-2^[29]、FCPW50和FCPA50等^[30]。果实（尤其是种子周围的果肉）是无花果多糖含量最高的部位，被视为提取多糖的最佳原料^[31]。此外，不同品种及部位的多糖组成与分子量存在一定差异，这些差异直接影响其免疫调节、抗肿瘤等生物活性。具体信息见表4。

1.4 三萜类

三萜类化合物是类异戊二烯代谢的重要产物之一，主要包括羽扇豆醇、熊果酸、齐墩果酸、白桦脂酸等成分。这类化合物可通过角鲨烯环化生物合成，在自然界中多以游离或苷类的形式存在，尤以四环三萜和五环三萜最为常见^[13]。在无花果的根和叶中均有分布，例如从根中分离得到的白桦脂酸、熊果酸等均已被证实具有降血糖、

乙酰胆碱酯酶抑制等生物活性。具体信息见表4。

1.5 甾醇类

甾醇类化合物是一类来自于植物或真菌的天然活性物质，其结构与胆固醇相似，但仅在植物或真菌中合成^[33]。该类成分是油脂中皂化物的主要组成部分，其中β-谷甾醇在无花果的根和叶中均有分布，并与其调血脂、抗炎等作用相关。根据来源的不同，可以将甾醇分为动物甾醇、植物甾醇和菌甾醇三大类。具体信息见表4。

1.6 挥发性成分

挥发性物质共同作用形成无花果特有的香气。其挥发性物质包括酯类、酮类、醇类、酸类、醛类、烯类、烷烃类、香豆素类和其他类型，且在不同发育期的挥发性成分存在一定差异。其中，醛类在果实中较为丰富，苯甲醛、正辛醛、壬醛和癸醛是主要检出的醛类物质^[25]。

1.7 脂肪酸

无花果中的脂肪酸以不饱和脂肪酸为主，占脂肪酸总含量的80%以上，是人体必需的脂肪酸^[34-36]。这类成分在果实与种子中含量较高，是无花果营养与保健价值的重要组成部分，相关化合物信息见表5。

表4 无花果中主要多糖、三萜和甾醇类成分
Table 4. The main polysaccharides, triterpenes and sterols in *Ficus carica* L.

序号	化合物	参考文献	序号	化合物	参考文献
1	无花果多糖-1	[2]	15	24-亚甲基环阿屯醇熊果酸	[18]
2	无花果多糖-2	[2]	16	齐墩果酸	[6]
3	无花果多糖-3	[2]	17	24-methylenecycloartanol	[13]
4	FCPW80-2	[29]	18	calotropenylacetate	[13]
5	FCPW50	[30]	19	lup-20(29)-en-3β-ylacetate	[18]
6	FCPA50	[30]	20	neolup-12-en-3β-ylacetate	[18]
7	羽扇豆醇	[10]	21	胡萝卜苷	[10]
8	乙酸羽扇醇酯	[13]	22	β-谷甾醇	[10]
9	降香萜烯醇	[13]	23	谷甾醇	[18]
10	马斯里酸甲酯	[13]	24	豆甾醇	[18]
11	白桦脂酸	[18]	25	豆甾醇-3-O-β-D-葡萄糖苷	[18]
12	2α-羟基白桦脂酸	[18]	26	菜油固醇	[32]
13	2α-羟基熊果酸	[18]	27	岩藻固醇	[32]
14	9,19-环丙基-24,25环氧己烷基-5烯-3β-罗甾醇	[18]			

表5 无花果中主要脂肪酸成分
Table 5. The main fatty acids in *Ficus carica* L.

序号	化合物	参考文献	序号	化合物	参考文献
1	油酸	[32]	15	莽草酸	[5]
2	亚油酸	[13]	16	花生酸	[35]
3	亚麻酸	[32]	17	花生一烯酸	[35]
4	硬脂酸	[32]	18	月桂酸	[36]
5	棕榈酸	[13]	19	十五烷酸	[36]
6	肉豆蔻酸	[37]	20	11-十六烯酸	[36]

续表5

序号	化合物	参考文献	序号	化合物	参考文献
7	富马酸	[22]	21	十七烷酸	[36]
8	苹果酸	[22]	22	8,11-十八碳二烯酸	[36]
9	咖啡酰苹果酸	[22]	23	8-十八烯酸	[36]
10	琥珀酸	[5]	24	10-十九碳烯酸	[36]
11	柠檬酸	[5]	25	山嵛酸	[36]
12	草酸	[5]	26	(2S)-1-O-heptatriacontanoyl glycerol	[18]
13	丙二酸/马来酸	[5]	27	吡咯烷酸	[5]
14	奎宁酸	[5]	28	11-油酸	[36]

1.8 其他类型

无花果除上述主要化学成分外，还含有酯类、邻苯二甲酸酯类、醇类、烷醇类、酮类、醌类、烃类、甙类、生物碱类、皂苷类、喹啉类、酸酐类、环烯醚萜类、呋喃类、类胡萝卜素等^[38-39]。此外，无花果中还含有果胶、树脂、白蛋白、膳食纤维及多种微量元素等^[4-6]。

2 药理作用

2.1 抗肿瘤作用

无花果被誉为“抗癌斗士”，其果实、叶、茎、根、树皮及乳胶均含多种抗癌活性成分。研究表明，无花果能抑制肿瘤细胞生长、增殖、迁移、侵袭与转移，并可诱导细胞死亡。例如，果实中的皂苷、戊烯基化异黄酮衍生物等成分对胃癌、结肠癌、肝癌、胰腺癌等具有抗增殖作用^[27, 40]。乙醇提取物能通过诱导活性氧积累、降低线粒体膜电位、启动铁死亡等机制触发癌细胞死亡^[41]；果实多糖亦显示出较强的体外抗肿瘤活性^[2]。

叶片中的活性成分对胃癌、肝癌、宫颈癌等同样具有抑制作用，其中多糖可阻滞细胞周期于S期，调节B细胞淋巴瘤/白血病-2（B cell lymphoma/leukemia-2，Bcl-2）相关X蛋白（Bcl-2-associated X protein，Bax）、p53等表达，增加活性氧积累^[31, 42]。芦丁、β-石竹烯等化合物也能抑制多种癌细胞生长^[13]。乳胶可通过封装技术增强对结肠癌、肝癌细胞的毒性，其所含的蛋白酶能诱发凋亡^[43]；同时乳胶还可抑制肺癌细胞增殖与迁移，通过调控Bcl-2、半胱氨酸依赖性天冬氨酸特异性蛋白酶（cysteine-dependent aspartate-specific protease，Caspase）-3/9等表达，诱导细胞凋亡与焦亡^[23]。

整体而言，无花果提取物能下调Ki67、GATA-3等细胞周期相关蛋白，抑制肝细胞癌中

基质金属蛋白酶、血管内皮生长因子（vascular endothelial growth factor，VEGF）等转移相关因子，并影响核因子κB（nuclear factor kappa-B，NF-κB）、信号转导与转录激活因子3等信号通路，从而发挥多靶点抗癌作用^[23]。此外，其活性成分对癌细胞具有选择性抑制，对正常细胞毒性较低，展现出良好的抗癌潜力^[10]。

现有研究证实了无花果多部位、多成分的抗肿瘤潜力，但多数研究仍基于提取物水平，对单体成分的作用机制解析不足，且体内实验与临床转化研究仍相对缺乏。

2.2 代谢性疾病相关作用

2.2.1 调血脂

无花果可通过多途径调节血脂水平，其根、叶、果实等不同部位的提取物均显示出良好的降脂效果，能够有效降低血清总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白，同时升高高密度脂蛋白，从而改善高胆固醇血症及糖尿病等代谢异常引起的血脂紊乱^[18]。具体机制包括：直接降低成脂相关危险因素并改善脂质分布^[13]；所含的酚类、芦丁等成分可通过提高脂蛋白脂酶等活性来促进脂质代谢^[44-45]；香豆素等化合物能通过刺激胰岛素分泌，进而促进外周脂肪水解、减少游离脂肪酸动员^[45]；伞形花内酯等则可激活过氧化物酶体增殖物激活受体，促进脂肪细胞的正常脂质储存功能并改善脂蛋白脂肪酶水平^[46-47]。这些多靶点作用共同使无花果在整体上发挥调节血脂代谢的功能。

2.2.2 降血糖

无花果的黄酮类化合物和多糖是其发挥降血糖作用的主要活性成分，能够通过调节血糖水平、提高胰岛素敏感性及增强葡萄糖代谢来对抗高血糖状态。其根、叶、芽的提取物均能显著降低血糖，且不同部位组合常呈现出协同增效作用。其作用机制涉及多个环节：一是通过花旗松素、儿茶素及多

糖等抑制 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶活性, 延缓碳水化合物消化吸收^[20, 48]; 二是通过木犀草素、山柰酚、刺芒柄花素等成分刺激胰岛素分泌、增加胰岛素受体及底物表达、促进葡萄糖转运体合成与易位, 从而改善胰岛素抵抗、增强外周组织对葡萄糖的摄取和利用^[19, 49–52]; 三是通过 β -谷甾醇^[53–54]、伞形花内酯等^[46–47] 调节糖代谢关键酶的活性, 抑制糖异生, 促进糖原合成。这些多路径干预共同实现了无花果全面的血糖调控作用。

2.2.3 肝肾保护

无花果对药物、化学毒物及糖尿病并发症引起的肝肾损伤具有明确的保护作用, 提示其在保肝护肾方面的重要开发潜力。研究表明, 其根、叶等提取物能显著改善糖尿病或中毒模型动物的肝肾功能指标, 如降低血清中转氨酶、尿素、肌酐和尿酸水平, 纠正蛋白质和电解质代谢紊乱^[18]。

保护机制主要与抗氧化应激、抗炎及抗纤维化相关: 无花果能提升肝脏超氧化物歧化酶、谷胱甘肽水平, 降低丙二醛含量, 增强组织总抗氧化能力^[9, 13]; 所含的伞形花内酯^[13]、芦丁^[45]、橙皮素^[21]、山柰酚^[49]等成分能通过激活核因子红血细胞 2 相关因子 2 (nuclear factor erythroid 2-related factor 2, Nrf2) 等抗氧化通路、抑制转化生长因子- β 1/Smad 等促纤维化信号通路, 减轻氧化损伤、炎症反应和纤维化进程; 此外, β -石竹烯等成分也能改善药物引起的肝组织损伤^[55], 这些作用共同维护了肝细胞和肾小球的结构与功能完整性。

2.3 炎症与免疫调节作用

2.3.1 抗炎

无花果的抗炎作用主要通过其黄酮类、多糖、乳胶等多种活性成分协同作用于炎症反应的关键环节实现, 其核心机制在于抑制促炎介质释放与调控相关信号通路。Liu 等^[15] 研究表明, 无花果中的黄酮衍生物能显著抑制脂多糖诱导的巨噬细胞产生一氧化氮。其乳胶成分可调节肺癌微环境中的炎性因子, 减少肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α) 和白细胞介素 (interleukin-6, IL)-6 的分泌^[23]。多糖成分则能降低结肠炎模型中的 TNF- α 和 IL-1 β 水平, 并下调 C-反应蛋白和环氧合酶-2 的表达^[56]。

在深层机制方面, 无花果的活性成分如刺芒柄花素可通过阻断高迁移率族蛋白 B1 (high mobility group box 1 protein, HMGB1) /Toll 样受体 (Toll-

like receptor, TLR) 4/NF- κ B 通路、抑制 NOD 样受体热蛋白结构域相关蛋白 3 (NOD-like receptor protein 3, NLRP3) 炎症小体活化, 从上游系统性抑制炎症反应^[57]。在糖尿病肾病等并发症模型中, 芦丁、山柰酚等成分通过抗炎作用减轻了组织损伤^[45, 49]。综合来看, 无花果通过多靶点、多层次的抗炎机制, 展现出防治炎症相关疾病的潜力。

2.3.2 免疫调节

无花果多糖对正常及免疫抑制状态下的免疫功能均有调节作用, 其核心作用是激活并增强免疫系统的功能, 提示其具备作为免疫增强剂的潜力。在细胞实验中, 无花果果实的多糖成分能够刺激 RAW 264.7 巨噬细胞, 促进其增殖与吞噬功能, 并呈剂量依赖性诱导其释放一氧化氮、TNF- α 和 IL-6 等关键免疫因子, 从而启动和放大免疫反应。多糖的免疫激活作用主要依赖于其与免疫细胞表面的模式识别受体结合。研究表明, 无花果多糖可通过与 TLR4 结合, 并部分通过 TLR2, 启动细胞内的 NF- κ B 信号通路, 最终导致免疫相关基因的表达和细胞因子的分泌^[28–29]。

在动物模型中, 对于因荷瘤或使用免疫抑制剂 (如环磷酰胺) 而处于免疫抑制状态的小鼠, 无花果多糖能有效恢复其腹腔巨噬细胞的吞噬功能、抗体形成细胞的反应能力以及脾淋巴细胞的转化功能。此外, 无花果多糖对正常小鼠的细胞免疫和体液免疫功能也具有显著的增强作用^[40], 其能上调 IL-1 β 和 TNF- α 的表达, 同时升高血清总蛋白、白蛋白、球蛋白及补体 C3 的水平, 从而强化机体的体液免疫应答^[58]。

综上所述, 无花果多糖作为一种有效的免疫调节剂, 能够通过受体介导的信号通路激活免疫细胞, 促进免疫因子的产生, 并全面增强机体在正常或抑制状态下的固有免疫与适应性免疫功能。

2.4 感染性疾病

无花果对多种细菌、病毒和寄生虫具有抑制或杀灭作用。其果实的甲醇提取物对多种细菌具有抑制作用, 尤其对革兰氏阳性菌 (如金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌) 效果显著。果皮与果肉的醇提物或水提物抑菌能力相近, 对甲氧西林敏感的金黄色葡萄球菌抑菌效果最佳^[6, 59]。无花果果实中多种强抑菌活性的内生菌对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、黑霉菌以及志贺氏菌等具有较强的抑菌能力, 从其内生菌分离提

取的胞外蛋白亦表现出较强的抑菌活性^[10]。

无花果叶是抗菌活性成分的重要来源，其抑菌活性的菌株高于根、茎和果实^[60]，不同溶剂提取物具有特异性抑菌作用：乙醇提取物可抑制革兰氏阳性菌粪肠球菌活性；甲醇提取物对金黄色葡萄球菌、表皮葡萄球菌和化脓性链球菌具有抑菌作用；二氯甲烷提取物可抑制细菌间的群体感应活性，从而阻止细菌对环境的适应。此外，无花果叶中的香草酸可破坏阴沟肠杆菌细胞膜的完整性，而 β -石竹烯对金黄色葡萄球菌具有选择性的抑菌活性^[13]。

在抗病毒方面，研究表明无花果叶治疗感染带状疱疹病毒的患者效果优于利巴韦林^[13]。另有研究表明，无花果叶和乳胶可用作驱虫剂，辅助治疗寄生虫感染^[4]。

2.5 神经系统保护作用

无花果具有神经保护作用，主要与抑制乙酰胆碱酯酶、抗氧化、抗炎、促进神经营养因子表达等机制相关。研究表明，无花果根中分离得到的熊果酸、白桦脂酸等多种化合物均显示出较强的乙酰胆碱酯酶抑制能力^[18]。此外，无花果叶同时具备抗单纯疱疹病毒 1 型和抗胆碱酯酶活性，提示其在治疗阿尔茨海默病中具有巨大潜力^[13]。

无花果中的活性成分还能直接保护神经元并减少损伤。例如，芦丁被证实可提高糖尿病模型动物的神经传导速度，减少神经损伤和神经元凋亡，从而发挥直接的神经保护作用，对糖尿病神经病变具有镇痛和修复作用^[61]。同时，该成分还能增加神经生长因子和脑源性神经营养因子水平，提供神经营养支持^[62]。

综上所述，无花果通过多靶点、多层次的协同作用，共同构成了其神经保护效应的药理学基础，在糖尿病神经病变、阿尔茨海默病模型中已显示改善作用。

2.6 皮肤病

无花果对多种皮肤疾病显示出良好的治疗作用。研究表明，无花果根可用于治疗癣感染和白皮病；其叶子可用于治疗接触性皮炎、疣和白癜风，其中佛手柑内酯的抗白癜风活性最强^[4-5, 27]。在无花果叶水提取物中鉴定出的多酚成分——富马酸，已经被证实对银屑病具有治疗效果。VEGF 是银屑病发病机制中的关键血管生成介质，而无

花果叶水提取物可能通过降低 VEGF 水平发挥治疗作用^[22, 63-64]。此外，补骨脂素可通过抑制成纤维细胞增殖、诱导其凋亡以及抑制胶原蛋白的合成，从而治疗瘢痕疙瘩^[65]。

2.7 心脑血管及循环系统疾病

无花果对心脑血管具有明确的保护作用，有利于心脑血管健康。研究发现，无花果所含的异黄酮类化合物（如鹰嘴豆芽素 A）具有心血管保护功能^[2]；槲皮素和芦丁对缺血性脑损伤有保护作用^[66]。

在降血压方面，无花果水提液（经石油醚提取后）以及叶的石油醚可溶部分中的一种结晶能显著降低兔、狗、猫的血压^[67]。此外，无花果在治疗血管生成相关疾病方面展现出巨大的潜力，其作用主要通过对 VEGF 及相关信号通路的抑制来实现。例如，无花果叶的乙醇提物和水提物均能有效下调 VEGF 表达^[68]。此外，叶中的特定黄酮成分通过多通路发挥作用：山柰酚可同时抑制 VEGF 和胎盘生长因子途径^[69]；橙皮素则能协同抑制 VEGF 和蛋白激酶 C- β 通路，从而在糖尿病视网膜病变模型中显示出较强的抗血管生成和保护作用^[70]。

2.8 其他作用

此外，无花果对胃肠系统具有调节作用，包括调节肠道菌群、润肠通便^[10]、治疗痔疮^[13]以及改善肠炎和腹泻等症状^[29]。研究显示，无花果根能改善糖尿病小鼠肠道菌群的相对丰度和组成^[18]；无花果多糖可通过提高 S24-7、毛螺菌科等有益菌的丰度，抑制厚壁菌、大肠杆菌等有害菌的生长，从而维持肠道微生物群落的平衡^[56]。此外，炮制后的无花果叶对肠炎、腹泻，尤其是小儿秋季腹泻具有良好疗效^[27]。

在骨骼健康方面，无花果能促进成骨分化、改善骨的成分^[71]，对抗骨质疏松^[27]。在皮肤与抗衰老方面，无花果既可减少黑色素沉积和色素沉着，又能延长弹性蛋白与胶原蛋白的寿命。其所含的黄酮类化合物（如槲皮素、芹黄素、木犀草素、儿茶素、芦丁等）均显示出抗衰老活性^[66]。

在生殖系统影响方面，无花果叶水提物可保持精原干细胞存活，并引导其干细胞行为，该水提物以剂量依赖的方式增强种系干细胞活力和增殖能力，并维持集落数量和直径^[72]。

此外，无花果所含的香豆素类（如香柠檬内

酯与补骨脂素)、 β -谷甾醇及黄酮类等多种活性成分均具有镇静与催眠作用。其中, β -谷甾醇是多种镇静催眠药物的组成成分之一^[65]。补骨脂素具有平喘作用,其对过敏性哮喘潜伏期的延长作用可达氨茶碱的2倍以上^[5]。

3 结语

无花果作为一种药食同源资源,其化学成分丰富且药理活性多样,在抗肿瘤、代谢调节、抗炎免疫、皮肤疾病等方面均展现出良好的开发前景。然而,当前研究仍存在以下不足:化学成分研究多数集中于果实与叶,对根、茎、芽的关注不足,缺乏系统性的不同部位化学成分比较与质量控制研究。在药理机制方面,现有研究多以提取物为主,单体成分作用机制解析不够深入,多组分协同效应、网络药理学研究尚不系统。另外,无花果的药理活性研究向产品开发转化的程度较低,临床研究稀缺,安全性评价体系尚未建立。目前市场仍以初加工食品为主,高附加值药品、功能食品、化妆品开发相对滞后。

针对以上问题,未来研究建议:建立无花果全株化学成分数据库与质控标准;加强“成分-活性-机制-部位”关联研究,尤其是根、茎等非传统部位的资源开发;系统开展多组分协同作用、网络药理学及体内外转化研究;推动临床前安全性评价与临床试验,拓展在代谢性疾病、肿瘤辅助治疗等领域的应用;开发基于无花果活性成分的功能食品、药品、化妆品及新型材料等产品。

综上所述,无花果的综合开发应秉承“全株利用、药食协同、机理明确、产品多元”的战略思路,为其在大健康产业中的广泛应用提供科学依据与技术支持。

参考文献

- 徐新春,吴明光.无花果本草考证[J].中国中药杂志,2001,26(6):392-393.[Xu XC, Wu MG. A study on the medicinal properties of figs[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2001, 26(6): 392-393.] DOI: [10.3321/j.issn:1001-5302.2001.06.010](https://doi.org/10.3321/j.issn:1001-5302.2001.06.010).
- 姜宏伟,李春英,赵春建,等.无花果的化学成分、药理作用和临床应用[J].黑龙江科学,2019,10(6):12-15.[Jiang HW, Li CY, Zhao CJ, et al. The chemical composition, pharmacological activity and clinical application of *Ficus carica* L.[J]. Heilongjiang Science, 2019, 10(6): 12-15.] DOI: [10.3969/j.issn.1674-8646.2019.06.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-8646.2019.06.004).
- 江苏新医学院,编.中药大辞典[M].上海:上海人民出版社,1977:341.
- Kebal L, Pokajewicz K, Djebli N, et al. HPLC-DAD profile of phenolic compounds and in vitro antioxidant activity of *Ficus carica* L. fruits from two Algerian varieties[J]. Biomed Pharmacother, 2022, 155: 113738. DOI: [10.1016/j.biopha.2022.113738](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113738).
- 迪丽阿热姆·尼加提.无花果叶汁的化学成分研究[D].乌鲁木齐:新疆医科大学,2016. DOI: [10.7666/d.D834789](https://doi.org/10.7666/d.D834789).
- Cruz JMDA, Corrêa RF, Lamarão CV, et al. *Ficus* spp. fruits: bioactive compounds and chemical, biological and pharmacological properties[J]. Food Res Int, 2022, 152: 110928. DOI: [10.1016/j.foodres.2021.110928](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110928).
- 丁真真,夏娜,刘艳全,等.不同干燥方式对5种无花果干营养成分、抗氧化活性和挥发性成分的影响[J].食品工业科技,2025,46(13):292-302.[Ding ZZ, Xia N, Liu YQ, et al. Effects of different drying methods on nutritional components, antioxidant activity and volatile components of five kinds of dried figs[J]. Science and Technology of Food Industry, 2025, 46(13): 292-302.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2024080042](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2024080042).
- 夏婷,赵超亚,杜鹏,等.食品中多酚类化合物种类、提取方法和检测技术研究进展[J].食品与发酵工业,2019,45(5):231-238.[Xia T, Zhao CY, Du P, et al. Research progress on classification, extraction, and detection of polyphenols in foods[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(5): 231-238.] DOI: [10.13995/j.cnki.11-1802/ts.017498](https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.017498).
- Ghouizi AE, Ousaaïd D, Laaroussi H, et al. *Ficus carica* (Linn.) leaf and bud extracts and their combination attenuates type-1 diabetes and its complications via the inhibition of oxidative stress[J]. Foods, 2023, 12(4): 759. DOI: [10.3390/foods12040759](https://doi.org/10.3390/foods12040759).
- 胡雪梅,李金平,游勇,等.无花果全株化学成分及药用价值研究进展[J].四川农业科技,2023,(3):103-106.[Hu XM, Li JP, You Y, et al. Research progress on chemical constituents and medicinal value of the whole fig plant[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology, 2023, (3): 103-106.] DOI: [10.3969/j.issn.1004-1028.2023.03.029](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-1028.2023.03.029).
- 董丽梅,孔令熙,陈玳欣,等.无花果中黄酮类化学成分及抗氧化活性研究[J].食品安全导刊,2023,(34):93-95,99.[Dong LM, Kong LX, Chen DX, et al. Study on chemical constituents and antioxidant activities of flavonoids in fig[J]. China Food Safety Magazine, 2023, (34): 93-95, 99.] DOI: [10.16043/j.cnki.cfs.2023.34.042](https://doi.org/10.16043/j.cnki.cfs.2023.34.042).
- 刘鹏莉,陈英乡,遇艳萍,等.无花果营养成分及生物活性研究进展[J].食品工业科技,2023,44(6):424-431.[Liu PL, Chen YX, Yu YP, et al. A review of nutritional components and biological activity of *Ficus carica*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(6): 424-431.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2022050002](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022050002).
- Li Z, Yang Y, Liu M, et al. A comprehensive review on phytochemistry, bioactivities, toxicity studies, and clinical studies

- on *Ficus carica* Linn. leaves[J]. Biomed Pharmacother, 2021, 137: 111393. DOI: [10.1016/j.biopha.2021.111393](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111393).
- 14 吴子阳, 何菲, 李贺贺, 等. 采用固相萃取结合高效液相色谱测定清香型白酒中酚类活性化合物[J]. 分析化学, 2020, 48(10): 1400–1408. [Wu ZY, He F, Li HH, et al. Determination of phenolic active compounds in light-aroma Baijiu by solid phase extraction–high performance liquid chromatography[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2020, 48(10): 1400–1408.] DOI: [10.19756/j.issn.0253-3820.191565](https://doi.org/10.19756/j.issn.0253-3820.191565).
- 15 Liu YP, Guo JM, Yang G, et al. Anti-inflammatory and antiproliferative prenylated isoflavone derivatives from the fruits of *Ficus carica*[J]. J Agric Food Chem, 2019, 67(17): 4817–4823. DOI: [10.1021/acs.jafc.9b00865](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00865).
- 16 邵明辉, 张文浩, 张明明, 等. 无花果果实中化学成分研究[J]. 中草药, 2019, 50(11): 2524–2528. [Shao MH, Zhang WH, Zhang MM, et al. Chemical constituents from fruits of *Ficus carica*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2019, 50(11): 2524–2528.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2019.11.003](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2019.11.003).
- 17 Ammar S, Contreras MM, Belguith-Hadrih OS, et al. Assessment of the distribution of phenolic compounds and contribution to the antioxidant activity in Tunisian fig leaves, fruits, skins and pulps using mass spectrometry–based analysis[J]. Food Funct, 2015, 6(12): 3663–3677. DOI: [10.1039/c5fo00837a](https://doi.org/10.1039/c5fo00837a).
- 18 李铭柔. 无花果根中化学成分及生物活性的研究[D]. 西安: 西北大学, 2022. DOI: [10.27405/d.cnki.gxbdu.2022.002044](https://doi.org/10.27405/d.cnki.gxbdu.2022.002044).
- 19 Aloud AA, Chinnadurai V, Chandramohan G, et al. Galangin controls streptozotocin–caused glucose homeostasis and reverses glycolytic and gluconeogenic enzyme changes in rats[J]. Arch Physiol Biochem, 2018, 126(2): 101–106. DOI: [10.1080/13813455.2018.1498521](https://doi.org/10.1080/13813455.2018.1498521).
- 20 Rehman K, Chohan TA, Waheed I, et al. Taxifolin prevents postprandial hyperglycemia by regulating the activity of α -amylase: evidence from an in vivo and in silico studies[J]. J Cell Biochem, 2018, 120(1): 425–438. DOI: [10.1002/jcb.27398](https://doi.org/10.1002/jcb.27398).
- 21 Chen YJ, Kong L, Tang ZZ, et al. Hesperetin ameliorates diabetic nephropathy in rats by activating Nrf2/ARE/glyoxalase 1 pathway[J]. Biomed Pharmacother, 2019, 111: 1166–1175. DOI: [10.1016/j.biopha.2019.01.030](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.01.030).
- 22 Turkoglu M, Pekmezci E, Kilic S, et al. Effect of *Ficus carica* leaf extract on the gene expression of selected factors in HaCaT cells[J]. J Cosmet Dermatol, 2017, 16(4): 54–58. DOI: [10.1111/jocd.12344](https://doi.org/10.1111/jocd.12344).
- 23 Li B, Li Z, Tan Y, et al. Latex derived from *Ficus carica* L. inhibited the growth of NSCLC by regulating the caspase/gasdermin/AKT signaling pathway[J]. Food Funct, 2023, 14(4): 2239–2248. DOI: [10.1039/d2fo02284b](https://doi.org/10.1039/d2fo02284b).
- 24 李明, 安熙强, 马媛, 等. 无花果研究进展[J]. 新疆中医药, 2010, 28(1): 79–80. [Li M, An XQ, Ma Y, et al. Research progress on fig[J]. Xinjiang Journal of Traditional Chinese Medicine, 2010, 28(1): 79–80.] DOI: [10.3969/j.issn.1009-3931.2010.01.040](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-3931.2010.01.040).
- 25 聂菲, 宛燕, 曾杰, 等. HS–SPME–GC–MS 法测定不同发育期无花果果实的挥发性成分[J]. 现代食品, 2024, 30(17): 197–202. [Nie F, Wan Y, Zeng J, et al. Determination of volatile compounds of *Ficus carica* L. fruits at different developing stages with HS–SPME–GC–MS[J]. Modern Food, 2024, 30(17): 197–202.] DOI: [10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2024.17.047](https://doi.org/10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2024.17.047).
- 26 刘志杰, 张薇. 基于网络药理学探讨无花果治疗原发性肝癌的作用机制[J]. 广东化工, 2024, 51(1): 123, 130–132. [Liu ZJ, Zhang W. Exploring the mechanism of action of figs in the treatment of primary hepatocellular carcinoma based on network pharmacology[J]. Guangdong Chemical Industry, 2024, 51(1): 123, 130–132.] DOI: [10.3969/j.issn.1007-1865.2024.01.040](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-1865.2024.01.040).
- 27 庄奕筠, 张吟. 无花果叶的药用研究进展[J]. 海峡药学, 2011, 23(12): 1–4. [Zhuang YY, Zhang Y. Medical research progress on *Ficus carica* leaves[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2011, 23(12): 1–4.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-3765.2011.12.001](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-3765.2011.12.001).
- 28 Ye L, Zhang QQ, Lin S, et al. A Polysaccharide from *Ficus carica* L. exerts immunomodulatory activity in both *in vitro* and *in vivo* experimental models[J]. Foods, 2024, 13(2): 195. DOI: [10.3390/foods13020195](https://doi.org/10.3390/foods13020195).
- 29 Du J, Li J, Zhu J, et al. Structural characterization and immunomodulatory activity of a novel polysaccharide from *Ficus carica*[J]. Food Funct, 2018, 9(7): 3930–3943. DOI: [10.1039/c8fo00603b](https://doi.org/10.1039/c8fo00603b).
- 30 张卫平, 李新生, 曲东, 等. 无花果主要功能成分及其生物活性研究进展[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(20): 212–218. [Zhang WP, Li XS, Qu D, et al. Research progress on main functional components and bioactivity of *Ficus carica* L.[J]. Food Research and Development, 2023, 44(20): 212–218.] DOI: [10.12161/j.issn.1005-6521.2023.20.029](https://doi.org/10.12161/j.issn.1005-6521.2023.20.029).
- 31 Zhang T, Chen M, Li D, et al. Review of the recent advances in polysaccharides from *Ficus carica*: extraction, purification, structural characteristics, bioactivities and potential applications[J]. Int J Biol Macromol, 2024, 281: 136430. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2024.136430](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.136430).
- 32 周春华, 陶俊, 韦军, 等. 无花果化学成分和生物活性研究进展[A]. 中国园艺学会第八届青年学术讨论会暨现代园艺论坛论文集[C]. 上海: 中国园艺学会, 2008.
- 33 谢建华, 郭小妹, 袁兰兰, 等. 甾醇类化合物降低高胆固醇 HepG2 细胞内胆固醇的作用机制[J]. 食品科学, 2023, 44(5): 68–74. [Xie JH, Guo XM, Yuan LL, et al. Mechanism of action of sterols in reducing intracellular cholesterol in hypercholesterolemic HepG2 cells[J]. Food Science, 2023, 44(5): 68–74.] DOI: [10.7506/spkx1002-6630-20211105-071](https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20211105-071).
- 34 李金玉. GC–MS 测定无花果中脂肪酸组成[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(3): 119–121. [Li JY. Determination of fatty acid composition in fig by GC–MS[J]. Food Research and Development, 2009, 30(3): 119–121.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-6521.2009.03.036](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-6521.2009.03.036).
- 35 王萍, 李述刚, 陆健康, 等. 新疆阿图什市两种干制无花果品质分析[J]. 农产品加工, 2015, (19): 44–46. [Wang P, Li SG, Lu JK, et al. Analysis of two kinds of dried figs quality in Atushi of Southern Xinjiang[J]. Farm Products Processing, 2015, (19): 44–46.] DOI: [10.16693/j.cnki.1671-9646\(x\).2015.10.016](https://doi.org/10.16693/j.cnki.1671-9646(x).2015.10.016).
- 36 冉乾鸿, 姜波, 谭凯升, 等. 抗癌性中药材蛇莓、无花果、

- 蒲公英脂肪酸组成研究[J]. 现代园艺, 2020, 43(21): 9–11. [Ran QH, Jiang B, Tan KS, et al. Study on fatty acid composition of anticancer chinese medicinal materials: *Duchesnea indica*, *Ficus carica*, and *Taraxacum officinale*[J]. Modern Horticulture, 2020, 43(21): 9–11.] DOI: [10.14051/j.cnki.xddy.2020.21.002](https://doi.org/10.14051/j.cnki.xddy.2020.21.002).
- 37 莫少红. 无花果研究进展[J]. 基层中药杂志, 1998, (2): 54–56. [Mo SH. Research progress on fig[J]. Primary Journal of Chinese Materia Medica, 1998, (2): 54–56.] DOI: [10.13728/j.1673-6427.1998.02.043](https://doi.org/10.13728/j.1673-6427.1998.02.043).
 - 38 孟正木, 王侑先, 纪江, 等. 无花果叶化学成分研究[J]. 中国药科大学学报, 1996, 27(4): 13–15. [Meng ZM, Wang YX, Ji J, et al. Studies of Chemical Constituents of *Ficus Carica* L[J]. Journal of China Pharmaceutical University, 1996, 27(4): 13–15.] DOI: [10.3321/j.issn:1000-5048.1996.04.003](https://doi.org/10.3321/j.issn:1000-5048.1996.04.003).
 - 39 尹卫平, 冯书晓, 王永水, 等. 无花果果实中新喹啉和新酸酐化合物[J]. 中草药, 2019, 50(2): 318–323. [Yin WP, Feng SX, Wang SY, et al. New quinoline and anhydride compounds from fruits of *Ficus carica*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2019, 50(2): 318–323.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2019.02.008](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2019.02.008).
 - 40 戴伟娟, 司端运, 王绍红, 等. 无花果多糖对免疫抑制小鼠的免疫调节作用[J]. 中国中医药信息杂志, 2002, 9(3): 23–24. [Dai WJ, Si DY, Wang SH, et al. Immunoregulatory effects of *Ficus carica* polysaccharide on immunosuppressive mice[J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2002, 9(3): 23–24.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-5304.2002.03.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-5304.2002.03.011).
 - 41 Ou A, Zhao X, Lu Z. Autophagy is involved in *Ficus carica* fruit extract-induced anti-tumor effects on pancreatic cancer[J]. Biomed Pharmacother, 2022, 150: 112966. DOI: [10.1016/j.biopha.2022.112966](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.112966).
 - 42 邓佳丽, 李晓, 安玉艳, 等. 无花果叶片多糖抑制胃癌细胞增殖与促进凋亡效应[J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(8): 1282–1291. [Deng JL, Li X, An YY, et al. Inhibition of proliferation and promotion of apoptosis of gastric cancer cells by leaf polysaccharides of *Ficus carica*[J]. Natural Product Research and Development, 2021, 33(8): 1282–1291.] DOI: [10.16333/j.1001-6880.2021.8.003](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.2021.8.003).
 - 43 Fawal GE, Sobhy SE, Hafez EE. Biological activities of fig latex-loaded cellulose acetate/poly (ethylene oxide) nanofiber for potential therapeutics: anticancer and antioxidant material[J]. Int J Biol Macromol, 2024, 270: 132176. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2024.132176](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132176).
 - 44 Hadriche OB, Ammar S, Contreras MM, et al. HPLC–DAD–QTOF–MS profiling of phenolics from leaf extracts of two Tunisian fig cultivars: potential as a functional food[J]. Biomed Pharmacother, 2017, 89: 185–193. DOI: [10.1016/j.biopha.2017.02.004](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.02.004).
 - 45 Ghorbani A. Mechanisms of antidiabetic effects of flavonoid rutin[J]. Biomed Pharmacother, 2017, 96: 305–312. DOI: [10.1016/j.biopha.2017.10.001](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.10.001).
 - 46 Ramu R, Shirahatti PS, Swamy SN, et al. Assessment of *in vivo* antidiabetic properties of umbelliferone and lupeol constituents of Banana (*Musa sp.* var. Nanjangud rasa bale) flower in hyperglycaemic rodent model[J]. Plos One, 2016, 11(3): e0151135. DOI: [10.1371/journal.pone.0151135](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151135).
 - 47 Naowaboot J, Somporn N, Saentaweek S, et al. Umbelliferone improves an impaired glucose and lipid metabolism in high-fat diet/streptozotocin-induced type 2 diabetic rats[J]. Phytother Res, 2015, 29(9): 1388–1395. DOI: [10.1002/ptr.5392](https://doi.org/10.1002/ptr.5392).
 - 48 Liu J, Lu J, Kan J, et al. Synthesis, characterization and *in vitro* anti-diabetic activity of catechin grafted inulin[J]. Int J Biol Macromol, 2014, 64: 76–83. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2013.11.028](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.11.028).
 - 49 Sharma D, Tekade RK, Kalia K. Kaempferol in ameliorating diabetes-induced fibrosis and renal damage: an *in vitro* and *in vivo* study in diabetic nephropathy mice model[J]. Phytomedicine, 2020, 76: 153235. DOI: [10.1016/j.phymed.2020.153235](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2020.153235).
 - 50 Zang Y, Igarashi K, Li Y. Anti-diabetic effects of luteolin and luteolin-7-O- glucoside on KK-A(y) mice[J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2016, 80(8): 1580–1586. DOI: [10.1080/09168451.2015.1116928](https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1116928).
 - 51 Oza M J, Kulkarni YA. Formononetin treatment in type 2 diabetic rats reduces insulin resistance and hyperglycemia[J]. Front Pharmacol, 2018, 9: 739. DOI: [10.3389/fphar.2018.00739](https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00739).
 - 52 Qiu G, Tian W, Huan M, et al. Formononetin exhibits anti-hyperglycemic activity in alloxan-induced type 1 diabetic mice[J]. Exp Biol Med, 2017, 242(2): 223–230. DOI: [10.1177/1535370216657445](https://doi.org/10.1177/1535370216657445).
 - 53 Babu S, Krishnan M, Rajagopal P, et al. Beta-sitosterol attenuates insulin resistance in adipose tissue via IRS-1/Akt mediated insulin signaling in high fat diet and sucrose induced type-2 diabetic rats[J]. Eur J Pharmacol, 2020, 873: 173004. DOI: [10.1016/j.ejphar.2020.173004](https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173004).
 - 54 Ramu R, Shirahatti PS, Nayakavadi S, et al. The effect of a plant extract enriched in stigmasterol and beta-sitosterol on glycaemic status and glucose metabolism in alloxan-induced diabetic rats[J]. Food Funct, 2016, 7(9): 3999–4011. DOI: [10.1039/c6fo00343e](https://doi.org/10.1039/c6fo00343e).
 - 55 Kelany ME, Abdallah MA. Protective effects of combined beta-caryophyllene and silymarin against ketoprofen-induced hepatotoxicity in rats[J]. Can J Physiol Pharmacol, 2016, 94(7): 739–744. DOI: [10.1139/cjpp-2015-0607](https://doi.org/10.1139/cjpp-2015-0607).
 - 56 Zou Q, Zhang X, Liu X, et al. *Ficus carica* polysaccharide attenuates DSS-induced ulcerative colitis in C57BL/6 mice[J]. Food Funct, 2020, 11(7): 6666–6679. DOI: [10.1039/d0fo01162b](https://doi.org/10.1039/d0fo01162b).
 - 57 Wang J, Wang L, Zhou J, et al. The protective effect of formononetin on cognitive impairment in streptozotocin (STZ)-induced diabetic mice[J]. Biomed Pharmacother, 2018, 106: 1250–1257. DOI: [10.1016/j.biopha.2018.07.063](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.07.063).
 - 58 Yang X, Guo JL, Ye JY, et al. The effects of *Ficus carica* polysaccharide on immune response and expression of some immune-related genes in grass carp, *Ctenopharyngodon idella*[J]. Fish Shellfish Immunol, 2015, 42(1): 132–137. DOI: [10.1016/j.fsi.2014.10.037](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.10.037).
 - 59 Palmeira L, Pereira C, Dias M I, et al. Nutritional, chemical and bioactive profiles of different parts of a Portuguese common fig (*Ficus carica* L.) variety[J]. Food Res Int, 2019, 126: 108572. DOI: [10.1016/j.foodres.2019.108572](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108572).

- 60 刘荣, 董崇龙. 无花果内源菌研究进展 [J]. 食品安全导刊, 2019, (3): 131–132. [Liu R, Dong CL. Research progress on endogenous microorganisms in fig[J]. China Food Safety Magazine, 2019, (3): 131–132.] DOI: [10.16043/j.cnki.cfs.2019.03.117](https://doi.org/10.16043/j.cnki.cfs.2019.03.117).
- 61 Tian R, Yang W, Xue Q, et al. Rutin ameliorates diabetic neuropathy by lowering plasma glucose and decreasing oxidative stress via Nrf2 signaling pathway in rats[J]. Eur J Pharmacol, 2016, 771: 84–92. DOI: [10.1016/j.ejphar.2015.12.021](https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2015.12.021).
- 62 Ola MS, Ahmed MM, Ahmad R, et al. Neuroprotective effects of rutin in streptozotocin-induced diabetic rat retina[J]. J Mol Neurosci, 2015, 56(2): 440–448. DOI: [10.1007/s12031-015-0561-2](https://doi.org/10.1007/s12031-015-0561-2).
- 63 Canavese M, Altruda F, Ruzicka T, et al. Vascular endothelial growth factor (VEGF) in the pathogenesis of psoriasis—a possible target for novel therapies[J]. J Dermatol Sci, 2010, 58(3): 171–176. DOI: [10.1016/j.jdermsci.2010.03.023](https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2010.03.023).
- 64 Malecie N, Young HS. Novel investigational vascular endothelial growth factor (VEGF) receptor antagonists for psoriasis[J]. Expert Opin Investig Drugs, 2016, 25(4): 455–462. DOI: [10.1517/13543784.2016.1153064](https://doi.org/10.1517/13543784.2016.1153064).
- 65 杜文静, 罗莉. 无花果叶的药用研究进展 [J]. 中医药导报, 2014, 20(2): 93–95. [Du WJ, Luo L. Research progress on medicinal application of fig leave[J]. Guiding Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2014, 20(2): 93–95.] DOI: [10.13862/j.cnki.cn43-1446/r.2014.02.039](https://doi.org/10.13862/j.cnki.cn43-1446/r.2014.02.039).
- 66 张蓓蓓. 植物黄酮类化合物的研究 [J]. 科技视界, 2018, (23): 155–157. [Zhang BB. Study on plant flavonoids[J]. Science and Technology Vision, 2018, (23): 155–157.] DOI: [10.19694/j.cnki.issn2095-2457.2018.23.069](https://doi.org/10.19694/j.cnki.issn2095-2457.2018.23.069).
- 67 叶华, 谢绍诗, 张文清. 无花果叶、根的药用研究进展 [J]. 海峡药学, 2006, 18(6): 3–7. [Ye H, Xie SS, Zhang WQ. Medical research progress on *Ficus carica* leaves[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2006, 18(6): 3–7.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-3765.2006.06.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-3765.2006.06.002).
- 68 Ghambarali Z, Bidmeshkipouri A, Akrami H, et al. Ethanolic extract of *Ficus carica* leave suppresses angiogenesis by regulating VEGF-A and integrin $\beta 3$ mRNA expression in human umbilical vein endothelial cells[J]. Indian J Physiol Pharmacol, 2014, 58(4): 407–415. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26215010/>.
- 69 Xu XH, Zhao C, Peng Q, et al. Kaempferol inhibited VEGF and PGF expression and in vitro angiogenesis of HRECs under diabetic-like environment[J]. Braz J Med Biol Res, 2017, 50(3): e5396. DOI: [10.1590/1414-431X20165396](https://doi.org/10.1590/1414-431X20165396).
- 70 Kumar B, Gupta SK, Srinivasan BP, et al. Hesperetin ameliorates hyperglycemia induced retinal vasculopathy via anti-angiogenic effects in experimental diabetic rats[J]. Vascu Pharmacol, 2012, 57: 201–207. DOI: [10.1016/j.vph.2012.02.007](https://doi.org/10.1016/j.vph.2012.02.007).
- 71 黄金勇, 吐尔逊江·达地汗, 郑靖杰, 等. 鹰嘴豆芽异黄酮对小鼠成骨前体细胞 MC3T3-E1 增殖及分化的研究 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2022, 28(12): 1723–1727, 1734. [Huang JY, Tuexunjiang Dadihan, Zheng JJ, et al. Effects of isoflavone s e xtracted from chickpe a sprouts on proliferation and differentiation of mouse oste ogenic precursor cells MC3T3-E1[J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2022, 28(12): 1723–1727, 1734.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-7108.2022.12.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7108.2022.12.003).
- 72 Makoolati Z, Bahrami H, Zamanzadeh Z, et al. Efficacy of *Ficus carica* leaf extract on morphological and molecular behavior of mice germ stem cells[J]. Anim Reprod, 2022, 19(2): e20220036. DOI: [10.1590/1984-3143-AR2022-0036.eCollection 2022](https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2022-0036.eCollection 2022).
- 收稿日期: 2025 年 05 月 20 日 修回日期: 2025 年 12 月 17 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳