

山药化学成分与药理作用研究进展



郑潇楠^{1, 2}, 孙翠鸽^{1, 2}, 邸 晴^{1, 2}, 胡丽萍³, 赵相轩^{1, 2}

1. 辽宁中医药大学实验动物医学院 (辽宁大连 116600)
2. 辽宁中医药大学药学院 (辽宁大连 116600)
3. 辽宁中医药大学辽宁省中医科学院 (辽宁大连 116600)

【摘要】 山药属于药食同源的中药材, 具有补脾健胃的功效。山药富含多种生物活性成分, 包括多糖类、黄酮类、皂苷类、脂肪酸类、甾醇类、酚酸类等。现代药理学研究表明, 山药具有抗炎、免疫调节、抗氧化、抗疲劳等多种生物活性, 同时还能调节血糖血脂、保护胃肠健康, 并有助于防治老年性疾病。本文系统梳理了山药的化学成分与药理作用研究进展。鉴于慢性萎缩性胃炎 (CAG) 是我国高发且危害严重的消化系统疾病, 本文重点分析了山药在 CAG 防治中的相关药理作用。研究发现, 山药中的活性成分对 CAG 具有保护作用, 从而为基于山药研发防治 CAG 的新药提供了新思路与线索。

【关键词】 山药; 化学成分; 药理作用; 慢性萎缩性胃炎; 药物靶点; 网络药理学; 靶向药物; 天然产物

【中图分类号】 R284; R285

【文献标识码】 A

Research progress on the chemical constituents and pharmacological effects of Chinese yam

ZHENG Xiaonan^{1,2}, SUN Cuige^{1,2}, DI Qing^{1,2}, HU Liping³, ZHAO Xiangxuan^{1,2}

1. College of Laboratory Animal Medicine, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, Liaoning Province, China
 2. College of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, Liaoning Province, China
 3. Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Liaoning Provincial Academy of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, Liaoning Province, China
- Corresponding author: ZHAO Xiangxuan, Email: xiangxuanzhao@163.com

【Abstract】 Chinese yam is a medicine-food homology traditional Chinese medicinal material, which exhibits the effects of tonifying the spleen and the stomach. Chinese yam is rich in bioactive components, including polysaccharides, flavonoids, saponins, fatty acids, sterols, phenolic acids, and more. Modern pharmacological studies have shown that Chinese yam exhibits various biological activities such as anti-inflammatory, immunomodulatory, antioxidant, and anti-fatigue. It can also regulate blood sugar and blood lipids, protect gastrointestinal health, and help prevent and treat age-related diseases. This article systematically reviews the research progress on the chemical composition and pharmacological effects of Chinese yam. Given that chronic atrophic gastritis (CAG) is a highly prevalent and severely harmful digestive disorder in China, this article focuses on analyzing the pharmacological effects of yam in the prevention and

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202509004

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

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

treatment of CAG. The research finds that the active ingredients in Chinese yam have a protective effect on CAG, providing new ideas and clues for the development of new drugs for the prevention and treatment of CAG based on Chinese yam.

【Keywords】 Chinese yam; Chemical composition; Pharmacological effects; Chronic atrophic gastritis; Drug target; Network pharmacology; Targeted drugs; Natural products

山药为薯蓣科植物薯蓣 (*Dioscorea opposita* Thunb.) 的干燥根茎。《中国药典 (2025 年版)》一部^[1]记载其味甘, 性平, 归脾、肺、肾经。山药作为传统中药中的重要补虚类药材, 其道地药材主要分布于河南、山西、山东等地, 其中以“怀”者质最佳, 即古怀庆府 (今河南省焦作市), 该地区所产山药称为“怀山药”, 为四大怀药之首^[2]。山药始载于《山海经·北山经》, 其中记载山药能调理身体虚弱、消除寒热邪气, 后续《神农本草经》《本草从新》《植物名实图考》等著作详细描述了山药的外观、质地、品种及品级: 以色白而坚者佳, 怀山药形扁且白细坚实, 常入药用之。现代医学研究表明, 山药具有降血糖、调节免疫、抗氧化、保护肾脏及改善胃肠道功能等多种活性, 其作用机制与调控信号通路及基因表达密切相关。山药包含多种化学成分, 主要为多糖类、皂苷类、脂肪酸类、甾醇类、氨基酸、蛋白质及多种微量元素等生物活

性物质^[3]。山药“补脾养胃, 生津益肺, 补肾涩精, 用于脾虚食少, 久泻不止, 肺虚喘咳, 肾虚遗精, 带下, 尿频, 虚热消渴; 麸炒山药补脾健胃, 用于脾虚食少, 泄泻便溏, 白带过多”^[1]。本文系统综述了山药中已报道的化学成分及其相关药理作用的研究进展, 然后通过网络药理学预测了山药中的相关化学成分与慢性萎缩性胃炎 (chronic atrophic gastritis, CAG) 防治相关的潜在靶点。本研究为以山药为基础的 CAG 防治新药研发提供了理论依据。

1 化学成分

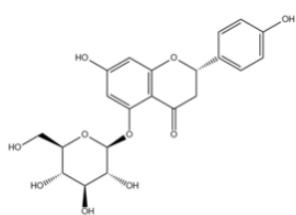
山药富含多种化学成分, 主要包括由 10 种单糖组成的多糖类、17 种黄酮类、6 种皂苷类、5 种脂肪酸类、16 种甾醇类、6 种酚酸类、11 种蛋白质和氨基酸类, 此外还含有多种微量元素和其他类化合物 9 种, 具体见表 1。重要化合物的化学式结构见图 1。

表1 山药主要化学成分
Table 1. Main chemical components of Chinese yam

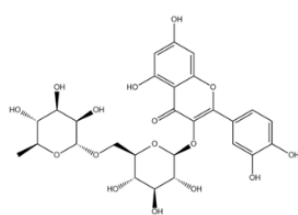
编号	化合物	分子式	分子量	结构类型	参考文献
1	葡萄糖 (glucose)	C ₆ H ₁₂ O ₆	180.16	单糖类	[4]
2	甘露糖 (D-mannose)	C ₆ H ₁₂ O ₆	180.16	单糖类	[4]
3	半乳糖 (galactose)	C ₆ H ₁₂ O ₆	180.16	单糖类	[4]
4	核糖 (ribose)	C ₅ H ₁₀ O ₅	150.13	单糖类	[5]
5	鼠李糖 (rhamnose)	C ₆ H ₁₂ O ₅	164.16	单糖类	[5]
6	半乳糖醛酸 (D-galacturonic acid)	C ₆ H ₁₀ O ₇	194.14	单糖类	[5]
7	阿拉伯糖 (L-arabinose)	C ₅ H ₁₀ O ₅	150.13	单糖类	[5]
8	岩藻糖 (fucose)	C ₆ H ₁₂ O ₅	164.16	单糖类	[5]
9	盐酸氨基葡萄糖 (glucosamine hydrochloride)	C ₆ H ₁₃ NO ₅ · HCl	215.63	单糖类	[6]
10	葡萄糖醛酸 (glucuronic acid)	C ₆ H ₁₀ O ₇	194.14	单糖类	[6]
11	金盏花素 A (helichrysin A)	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₀	434.39	黄酮类	[7]
12	芦丁 (rutin)	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	610.52	黄酮类	[8]
13	异槲皮素 (isoquercitrin)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₂	464.38	黄酮类	[8]
14	芹菜素 (apigenin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270.24	黄酮类	[8]
15	异落叶松脂素 (isolariciresinol)	C ₂₀ H ₂₄ O ₆	360.40	黄酮类	[8]
16	甘草素 (liquiritigenin)	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	256.25	黄酮类	[8]
17	金合欢素 (acacetin)	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	284.26	黄酮类	[8]
18	5,7,3',4'-四羟基-8-C-β-D-葡萄糖黄酮碳苷 (5,7,3',4'-tetrahydroxy-8-C-β-D-glucopyranosylflavone)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	432.38	黄酮类	[9]
19	6-反式-[2'-O-(α-吡喃木糖基)]-乙炔基-5,7,4'-三羟基黄酮{6-trans-[2''-O-(α-rhamnopyranosyl)]-ethenyl5,7,4'-trihydroxyflavone}	C ₂₃ H ₂₂ O ₁₀	458.41	黄酮类	[9]
20	金圣草黄素 (chrysoeriol)	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	300.26	黄酮类	[9]
21	木樨草素 (luteolin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.24	黄酮类	[9]
22	槲皮素 (quercetin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	302.24	黄酮类	[9]
23	山柰酚 (kaempferol)	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.24	黄酮类	[10]
24	3,5-二甲氧基槲皮素 (3,5-dimethoxyquercetin)	C ₁₇ H ₆ O ₉	354.22	黄酮类	[10]

续表1

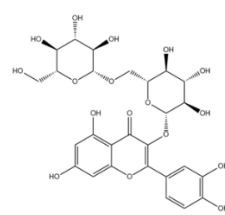
编号	化合物	分子式	分子量	结构类型	参考文献
25	儿茶素 (cianidanol)	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.27	黄酮类	[10]
26	表儿茶素 (epicatechin)	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.27	黄酮类	[10]
27	杨梅素 (myricetin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₈	318.23	黄酮类	[10]
28	薯蓣皂苷 (dioscin)	C ₄₅ H ₇₂ O ₁₆	869.04	皂苷类	[11]
29	薯蓣皂苷元 (yamogenin)	C ₂₇ H ₄₂ O ₃	414.62	皂苷类	[11]
30	纤细薯蓣皂苷 (gracillin)	C ₄₅ H ₇₂ O ₁₇	885.04	皂苷类	[11]
31	延龄草苷 (trillin)	C ₃₃ H ₅₂ O ₈	576.76	皂苷类	[11]
32	原薯蓣皂苷 (protodioscin)	C ₅₁ H ₈₄ O ₂₂	1 049.20	皂苷类	[12]
33	黄山药皂苷C (dioscoreside C)	C ₅₂ H ₈₄ O ₂₂	1 061.21	皂苷类	[13]
34	十六酸 (hexadecanoic acid)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256.42	脂肪酸类	[14]
35	亚油酸 (linoleic acid)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280.44	脂肪酸类	[14]
36	油酸 (oleic acid)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282.46	脂肪酸类	[14]
37	亚麻酸 (linolenic acid)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	278.43	脂肪酸类	[14]
38	硬脂酸 (stearic acid)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284.48	脂肪酸类	[15]
39	β-甾醇 (β-sterol)	C ₂₉ H ₅₀ O	414.70	甾醇类	[9]
40	(24S)-24-乙基胆甾-3β,5α,6β-三醇 [(24S)-24-ethylcholest-3β,5α,6β-triol]	C ₂₉ H ₅₂ O ₃	448.72	甾醇类	[9]
41	豆甾-4-烯-3α,6β-二醇 (soybean-4-ene-3α,6β-diol)	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430.70	甾醇类	[9]
42	(3β,7α)-7-甲氧基豆甾-5-烯-3-醇 [(3β,7α)-7-methoxystigmast-5-en-3-ol]	C ₃₀ H ₅₂ O ₂	444.73	甾醇类	[9]
43	(22E)-5α,8α-环氧麦角甾-6,22-二烯-3β-醇 [(22E)-5α,8α-epidioxysterogosta-6,22-dien-3β-ol]	C ₂₈ H ₄₄ O ₃	428.65	甾醇类	[9]
44	麦角甾醇 (ergosterol)	C ₂₈ H ₄₄ O	396.65	甾醇类	[16]
45	豆甾-5,24(28)-二烯-3-醇 (sargasterol)	C ₂₉ H ₄₈ O	412.69	甾醇类	[16]
46	过氧麦角甾醇 (ergosterol peroxide)	C ₂₈ H ₄₄ O ₃	428.65	甾醇类	[16]
47	麦角甾-4,22-二烯-3-酮 (ergosterol-4,22-diene-3-one)	C ₂₈ H ₄₂ O ₂	410.63	甾醇类	[16]
48	麦角甾三烯-3B-醇 (ergosterol-3B-ol)	C ₂₈ H ₄₄ O ₂	412.65	甾醇类	[16]
49	3α-甲氧基-5α-胆甾-6-酮 (3α-methoxy-5α-cholest-6-one)	C ₂₈ H ₄₈ O ₂	416.68	甾醇类	[16]
50	β-甾醇乙酸酯 (β-sterol acetate)	C ₃₁ H ₅₂ O ₂	456.74	甾醇类	[16]
51	豆甾醇 (stigmastrol)	C ₂₉ H ₄₈ O	412.69	甾醇类	[17]
52	菜油甾醇 (campesterol)	C ₂₈ H ₄₈ O	400.68	甾醇类	[17]
53	β-甾醇醋酸酯 (β-sterol acetate)	C ₃₁ H ₅₂ O ₂	456.74	甾醇类	[3]
54	β-胡萝卜苷 (β-daucosterin)	C ₃₅ H ₆₀ O ₆	576.84	甾醇类	[3]
55	咖啡酸 (caffeic acid)	C ₉ H ₈ O ₄	180.16	酚酸类	[18]
56	芥子酸 (sinapic acid)	C ₁₁ H ₁₂ O ₅	224.21	酚酸类	[18]
57	5-O-咖啡酰莽草酸 (5-O-caffeoylshikimic acid)	C ₁₆ H ₁₆ O ₈	336.29	酚酸类	[18]
58	绿原酸 (chlorogenic acid)	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.31	酚酸类	[19]
59	阿魏酸 (ferulate)	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	194.18	酚酸类	[19]
60	2,4,3',5'-四羟基联苄 (2,4,3',5'-tetrahydroxybibenzyl)	C ₁₄ H ₁₄ O ₄	246.26	酚酸类	[10]
61	2,4,6,7-四羟基-9,10-二氢菲 (2,4,6,7-tetrahydroxy-9,10-dihydrophenanthrene)	C ₁₄ H ₁₂ O ₄	244.24	酚酸类	[10]
62	缬氨酸 (valine)	C ₅ H ₁₁ NO ₂	117.15	蛋白质和氨基酸类	[20]
63	苏氨酸 (threonine)	C ₄ H ₉ NO ₃	119.12	蛋白质和氨基酸类	[20]
64	甲硫氨酸 (methionine)	C ₅ H ₁₁ NO ₂ S	149.21	蛋白质和氨基酸类	[20]
65	苯丙氨酸 (phenylalanine)	C ₉ H ₉ NO ₂	165.19	蛋白质和氨基酸类	[20]
66	亮氨酸 (leucine)	C ₁₄ H ₁₉ NO ₄	265.30	蛋白质和氨基酸类	[20]
67	赖氨酸 (lysine)	C ₆ H ₁₄ N ₂ O ₂	146.19	蛋白质和氨基酸类	[20]
68	异亮氨酸 (isoleucine)	C ₆ H ₁₃ NO ₂	131.17	蛋白质和氨基酸类	[20]
69	天门冬氨酸 (aspartic acid)	C ₄ H ₇ NO ₄	133.10	蛋白质和氨基酸类	[20]
70	精氨酸 (arginine)	C ₆ H ₁₄ N ₄ O ₂	174.20	蛋白质和氨基酸类	[20]
71	甘氨酸 (glycine)	C ₂ H ₅ NO ₂	75.07	蛋白质和氨基酸类	[20]
72	酪氨酸 (tyrosine)	C ₉ H ₁₁ NO ₃	181.19	蛋白质和氨基酸类	[20]
73	尿囊素 (allantoin)	C ₄ H ₆ N ₄ O ₃	158.12	其他类	[21]
74	腺苷 (adenosine)	C ₁₀ H ₁₃ N ₅ O ₄	267.24	其他类	[22]
75	胞苷 (cytidine)	C ₉ H ₁₃ N ₃ O ₅	243.22	其他类	[22]
76	次黄嘌呤 (hypoxanthine)	C ₅ H ₄ N ₄ O	136.11	其他类	[22]
77	尿苷 (uridine)	C ₉ H ₁₂ N ₂ O ₆	244.20	其他类	[22]
78	腺嘌呤 (adenine)	C ₅ H ₅ N ₅	135.13	其他类	[22]
79	鸟苷 (guanosine)	C ₁₀ H ₁₂ N ₅ O ₅	282.23	其他类	[22]
80	2'-脱氧腺苷 (2'-deoxyadenosine)	C ₁₀ H ₁₃ N ₅ O ₃	251.24	其他类	[23]
81	胆碱 (choline)	C ₅ H ₁₄ ON+	104.17	其他类	[24]



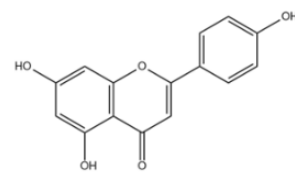
11



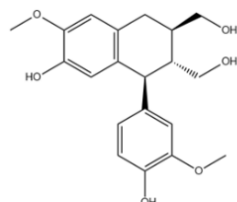
12



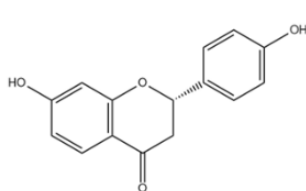
13



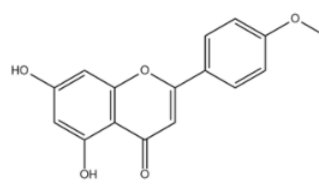
14



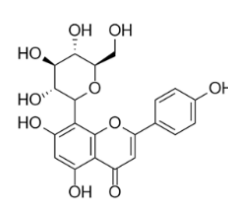
15



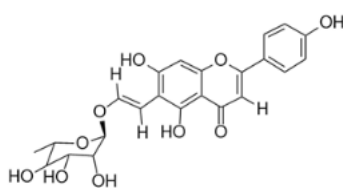
16



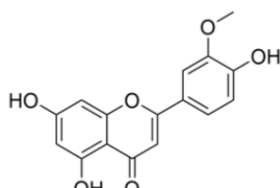
17



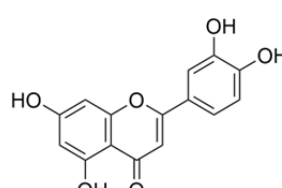
18



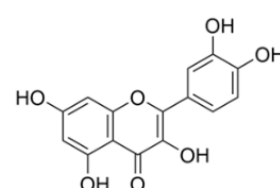
19



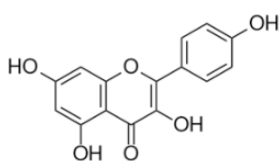
20



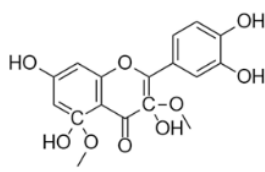
21



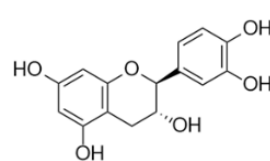
22



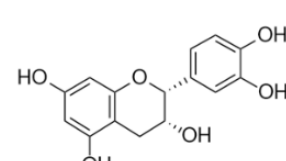
23



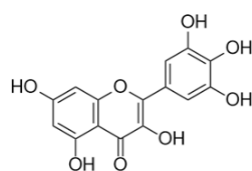
24



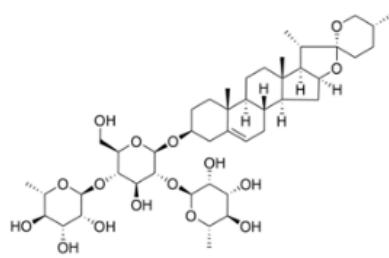
25



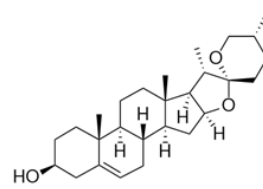
26



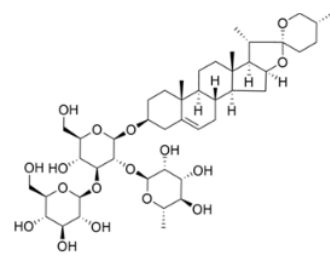
27



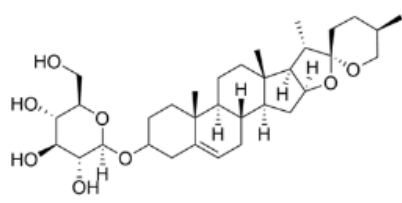
28



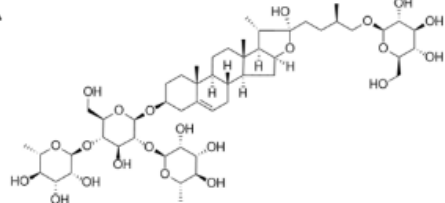
29



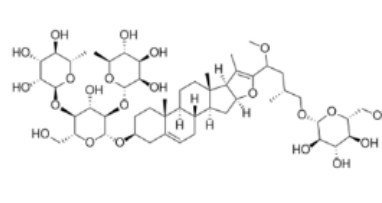
30



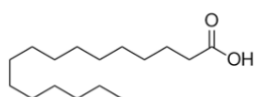
31



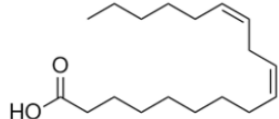
32



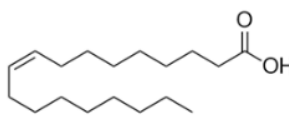
33



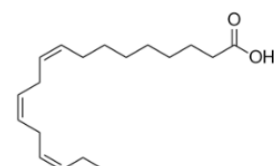
34



35



36



37

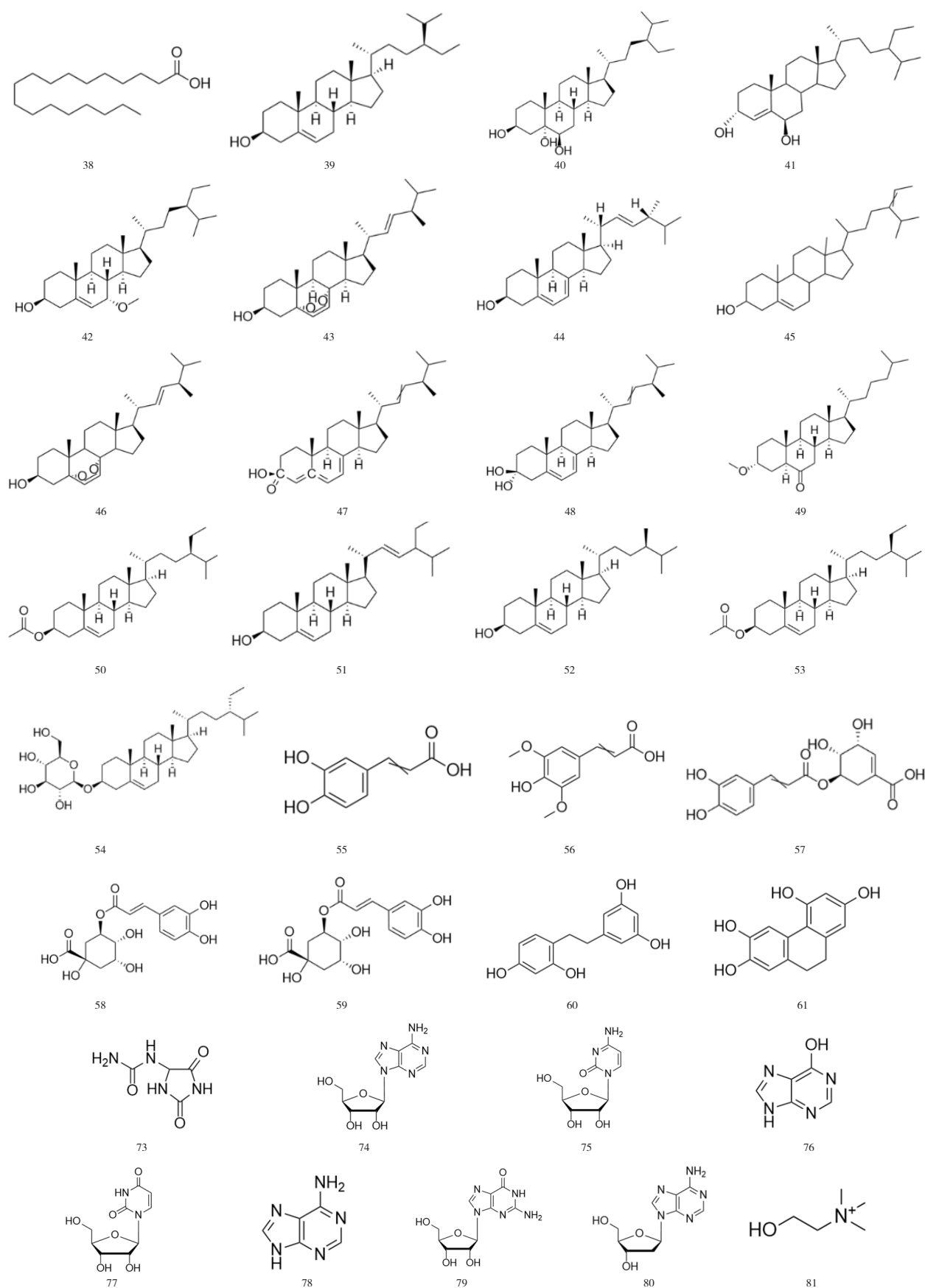


图1 山药种部分化学成分的结构

Figure 1. Structure of some chemical components in Chinese yam

1.1 多糖类

多糖类化合物是山药中发挥活性的主要化合物之一。目前针对山药的化学研究也多着重于多糖类成分的研究。山药多糖包括均一多糖和杂多糖,其结构复杂,主要由葡萄糖、半乳糖、鼠李糖、阿拉伯糖等组成。Xue 等^[4]以白玉山药为原料,在 pH 6.5、20 °C、0.03 MPa 的超滤条件下,测得山药多糖的单糖组成为葡萄糖 50.8%、甘露糖 24.2% 和半乳糖 11.8%;并通过傅里叶变换红外光谱表征了白玉山药多糖的特征吸收峰。王瑞娇^[5]通过水提、分级醇沉并进一步通过离子交换柱层析和葡聚糖凝胶柱层析等多级层析纯化方法获得 5 个山药纯化多糖片段 DOP1-1、DOP1-2、DOP1-3、DOP2-1 和 DOP2-3,且该 5 种多糖均由不同摩尔比的甘露糖、核糖、鼠李糖、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖和岩藻糖构成。各组成成分单糖的化学式如表 1 中 1~10 所示。

1.2 黄酮类

研究人员采用多种色谱分离技术对怀山药中的黄酮类成分进行系统分离纯化;通过综合运用硅胶柱色谱、大孔吸附树脂、凝胶色谱、反相色谱以及半制备 HPLC 等方法,成功分离鉴定出多种黄酮类化合物,包括 helichrysin A、芦丁等特征性成分^[7-8]。各成分的化学式如表 1 中 11~27 所示。

1.3 皂苷类

山药中含有丰富的皂苷类成分,其中包括薯蓣皂苷、纤细薯蓣皂苷、延龄草皂苷和 9- β -D-呋喃核糖基腺嘌呤等活性成分^[11]。山药中的皂苷类成分具有较高的生物活性,不仅对肝脏具有保护作用,还能发挥降血糖、抗炎、免疫调节、抗肿瘤、降尿酸等功效^[12]。Lin 等^[25]开发了一种 C₁₈ 固相萃取法用于山药皂苷的纯化,并分别测定山药中不同部位的皂苷含量,结果表明山药块茎皮层的皂苷含量最高,约为块茎肉质部分的 2.55 倍。山药中皂苷类成分如表 1 中 28~33 所示。

1.4 脂肪酸类

山药中富含多种脂肪酸,其中,饱和脂肪酸在这些脂肪酸类成分中占据了主导地位,其占比高达 51%。王勇等^[14]基于气相色谱-质谱联用技术,对怀山药中的脂肪酸组成进行了分析,共鉴定出 27 种脂肪酸成分,其中以十六酸和十八碳烯酸为主要成分。山药中脂肪酸类成分如表 1 中 34~38 所示。

1.5 甾醇类

甾体类化合物是山药中结构相对较为复杂的化合物,主要包括谷甾醇类、豆甾醇类化合物^[3]。刘军伟^[9]从怀山药地上部分中分离鉴定出了 5 种甾醇类化合物。山药中甾醇类成分如表 1 中 39~54 所示。

1.6 酚酸类

周丽^[18]研究了山药块根和茎叶中的多酚化合物,最终结果鉴定出 29 个酚类组分,其中酚酸的总量范围是 7.25~23 mg/g。山药中酚酸类化合物的含量和种类可能会因山药的品种、生长条件、加工方法等不同而有所差异。Sun 等^[26]采用 HPLC 法测定了山药中酚酸类化合物的含量,其中,河北山药中儿茶素、没食子酸含量显著高于甘肃、山西;山西、黑龙江、山东三地没食子酸和儿茶素含量较高。山药中酚酸类成分如表 1 中 55~61 所示。

1.7 蛋白质和氨基酸类

有研究以不同地区的 11 种山药为原料,采用全自动氨基酸分析仪测定山药中的氨基酸含量,其中氨基酸总含量为 17.2%~74.85%,含有的 9 种必需氨基酸含量为 5.3%~20.73%,同时还含有 8 种非必需氨基酸^[27]。朱会丽等^[20]通过全自动氨基酸分析仪检测 20 种山药氨基酸的含量。

1.8 微量元素

钟嘉豪等^[27]在山药中共检出 6 种微量元素,包括 Mg、Zn、Ca、Fe、Na、K。各微量元素含量有所差异,含量排序为: K> Fe> Mg> Ca> Na> Zn,其中钾元素含量最高,占总体微量元素的 84.04%;铁元素含量次之,占 9.7%。

1.9 其他类成分

山药中的其他成分,如尿囊素和多种核苷类成分,也具有重要的生物学活性。刘晓庚等^[21]发现尿囊素(其属于咪唑杂环类化合物)具有抑菌、镇静和局部麻醉等多种药理作用,同时还能刺激细胞生长、促进伤口愈合,因此或可用于皮肤炎症、消化道溃疡等疾病的治疗^[28-29]。山药中其他类成分如表 1 中 73~81 所示。

2 药理活性

山药作为药食同源的中药材,具有抗炎、免疫调节、抗氧化、抗疲劳等多种生物活性,同时

还能调节血糖血脂、保护胃肠健康，并有助于防治老年性疾病^[30]。

2.1 抗炎和免疫调节

有研究发现，山药提取物可通过调节巨噬细胞、T/B 淋巴细胞和补体系统发挥免疫调节作用，可激活核因子- κ B (nuclear factor- κ B, NF- κ B) 和丝裂原活化蛋白激酶 (mitogen-activated protein kinase, MAPK) 通路，增加 CD4⁺/CD8⁺ T 细胞比值，修复肠道屏障相关蛋白表达^[31]。研究还发现，怀山药对痛风模型大鼠的尿酸代谢调节和炎症调控具有显著的改善作用^[32]。山药皂苷可通过抑制 NF- κ B 等炎症通路，降低肿瘤坏死因子 (tumor necrosis factor, TNF)- α 、白细胞介素 (interleukin, IL)-6 等炎症因子表达，缓解急性慢性炎症反应^[33]。

2.2 调节血糖和血脂

山药中含有的多糖、皂苷、尿囊素、黏性蛋白和抗性淀粉等活性成分可有效降低血糖和调节血脂^[34]。Fan 等^[35]通过建立地塞米松诱导的胰岛素抵抗糖尿病小鼠模型和四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠模型，证实了山药中的多糖具有较强的降血糖活性，能促进糖尿病大鼠的葡萄糖代谢。在高脂饮食和链脲佐菌素诱导的糖尿病小鼠模型中，山药多糖能有效改善临床症状，缓解糖耐量异常，其潜在机制可能与调节磷脂酰肌醇 3-激酶 (phosphatidylinositol 3-kinase, PI3K) / 蛋白激酶 B (Akt) 信号通路表达有关^[36]。此外，研究发现山药提取物可通过增强外源性脂质代谢和降低胰岛素抵抗来促进脂质排泄，从而降低胆固醇水平^[30]；降血脂可通过增强脂质代谢、降低低密度脂蛋白和总胆固醇实现^[36]。

2.3 抗氧化

山药的抗氧化活性已有研究证实，其在体内外均能清除 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH)、羟基自由基等，提升超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶活性，降低丙二醛水平^[37]。在红细胞和肝细胞中，山药多糖可抑制羟基自由基、超氧阴离子自由基的产生和脂质过氧化，提高细胞内总抗氧化能力，这主要通过干扰过氧化物酶体增殖物激活受体 γ (peroxisome proliferator activated receptor gamma, PPAR γ)-还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸氧化酶/活性氧 (reactive oxygen species, ROS)-NF- κ B 通路实现^[30]。在过氧化

氢诱导的大鼠小肠隐窝上皮细胞 IEC-6 氧化损伤模型中，山药多糖可通过调节 MAPK 信号通路对抗过度氧化应激^[37]。

2.4 抗疲劳与老年疾病治疗

疲劳与老年相关疾病的研究已成为全球热点。山药因其抗疲劳及多靶点保护作用而受到关注：一方面，其能通过调节能量代谢与氧化应激改善疲劳状态；另一方面，其对大脑缺血再灌注损伤、骨质疏松等年龄相关疾病也显示出治疗潜力。具体而言，在改善癌症相关疲劳方面，山药能通过控制炎症反应、减轻氧化应激并增加能量补充来实现。研究证实，山药可提高腓肠肌中 ATP 含量和超氧化物歧化酶活性，同时降低丙二醛、血尿素氮、乳酸脱氢酶及 IL-1 β 水平，并减少肿瘤重量和体积^[38]。此外，Shi 等^[39]的研究进一步支持了山药的上述功效，并发现其提取物还能通过调节骨代谢相关指标来预防骨质疏松，同时缓解癌症相关疲劳，改善大脑缺血再灌注损伤。

3 胃肠保护

3.1 山药在胃部疾病防治中的应用

《神农本草经》^[40]中记载：“薯蓣（山药），味甘温，主伤中，补虚羸，除寒热邪气，补中益气力，长肌肉”。虽未直接提及“胃病”，但“主伤中”“补中”可涵盖脾胃虚弱所致的胃脘不适，为山药补脾胃奠定了理论基础。东汉张仲景所著的《金匮要略·血痹虚劳病脉证并治》^[41]提到：“虚劳诸不足，风气百疾，薯蓣丸主之”。薯蓣丸是以山药为君药，治疗虚劳（含脾胃虚弱）导致的羸瘦、食少等症，间接适用于胃功能减退的药食同源方剂。明代李时珍的《本草纲目》^[42]对山药亦有记载：“益肾气，健脾胃，止泄痢，化痰涎，润皮毛”。其中“健脾胃”明确指出山药对脾胃虚弱型胃病的调理，如慢性腹泻、食欲不振等。明代《景岳全书》^[43]中《本草正》篇记载：“山药，能健脾补虚，滋精固肾，治诸虚百损，疗五劳七伤……开胃进食，止泻固肠”，直接提及山药具有“开胃进食”的作用，适用于胃虚纳差之证。《药品化义》^[44]记载：“山药，温补而不骤，微香而不燥……治脾虚腹泻，怠惰嗜卧，四肢困倦”，则强调山药对脾虚胃弱引起的倦怠、腹泻的改善作用。清代《本草求真》^[45]提到：“山药，本属食物，古人用入汤剂，谓其补脾益气除

热……然性虽温而却平，为补脾肺之阴”，指出山药补益脾胃之阴的特性，适用于胃阴不足导致的口干、胃脘隐痛。清代《医学衷中参西录》^[46]记载：“山药之性，能滋阴又能利湿，能滑润又能收涩……治胃气上逆，冲气上冲”，明确提出山药可调理胃气上逆（如嗝气、呕吐），并创制“薯蓣半夏粥”治胃气不降。

山药虽具有补脾健胃的作用，但在现代中药中往往不单独使用，常常作为方剂或成药的组成成分。参苓白术散是临床上治疗脾虚之证候的经典方与常用方，具体方药组成为：生晒参、丹参、山药、莲子、白扁豆、陈皮、茯苓、炒白术、炙甘草、砂仁和薏苡仁。有临床研究证实，参苓白术散能通过改善胃粘膜微循环、调节胃肠动力等途径改善 CAG 中医症状及病理症状^[47]；在小鼠实验中，参苓白术散通过抑制促炎因子分泌缓解葡聚糖硫酸钠诱导的小鼠溃疡性结肠炎^[48]。六味地黄丸由熟地黄、牡丹皮、山药、山茱萸、泽泻、茯苓 6 味中药组成，是滋补肾阴的名方。现代研究表明，六味地黄丸可以通过槲皮素、山柰酚、海风藤酮、四氢鸭脚木碱等有效成分，作用于 C-X-C 基序趋化因子 10、C-X-C 基序趋化因子配体 8、分泌性磷蛋白 1、多组织表皮生长因子样蛋白 3 等基因靶点，影响胃癌信号通路、Toll 样受体信号通路与 IL-17 信号通路，从而通过促进细胞毒性、氧化应激、代谢及凋亡功能发挥其抗胃癌的作用^[49]。薯蓣丸由薯蓣（山药）、人参、白术、茯苓、当归、地黄、阿胶、麦冬等 21 味中药组成，此方重用山药为君。有研究证实，薯蓣丸汤剂对束缚水浸法造模的应激性胃黏膜损伤大鼠具有保护作用，其中中剂量组的薯蓣丸汤剂能够起到较好的抗炎、保护黏膜屏障，增强修复因子活性释放作用^[50]。

山药具有抗菌、增强屏障功能和保护胃黏膜的活性，可能有助于保护胃肠道。山药中的尿囊素能促进上皮细胞生长，抑制胃酸分泌，减轻胃黏膜损伤，对实验性胃溃疡有修复作用。有研究证实，山药具有促进大鼠体质量增长、增强其胃肠蠕动、优化胃肠功能的作用，从而有助于缓解脾功能不足的相关症状，达到健脾和益胃的治疗效果^[51]。纯化的山药多糖对某些细菌具有一定的抑制活性，例如对大肠杆菌的最低抑菌浓度为 2.5 mg/mL^[52]。

3.2 山药在 CAG 中的防治作用

3.2.1 中医对 CAG 的认识

中医学理论关于 CAG 并无明确描述。然而根据 CAG 临床表现出的胃脘隐痛、胀满、嗝气、食欲不振等症状，故将其归属为“胃脘痛”“痞满”“胃痞”“嘈杂”等范畴。脾虚是中医学的常见的病机，是脾的运化功能减弱，致使气血生成不足，影响身体健康^[53]。CAG 的临床表现与脾虚相关，脾虚被视为 CAG 的病机之本。脾虚可能由外邪侵袭、饮食不节、肝气犯胃或身体虚弱等因素所致，这些因素均会导致脾胃功能的下降，影响胃的营养供应^[54]。在 CAG 的病理变化过程中，脾虚会影响胃黏膜修复，久而久之会导致湿浊、痰瘀等病理产物的堆积。有学者认为，脾胃亏虚会导致气机升降失调，使局部出现壅滞，引起湿热瘀毒等邪气在体内产生，最终导致胃腑得不到滋养，胃黏膜供血不足，形成黏膜萎缩的病理状态^[55]。有研究表明，脾虚会导致气机郁滞、血行受阻，还可能造成免疫力下降及胃黏膜腺体萎缩，进而引发炎症反应及早期微血管损伤，最终引发胃黏膜的损伤^[56-57]。因此通过健脾和健胃的治疗手段，有望改善 CAG 患者的炎症反应，减轻胃黏膜的损伤，为中医药在防治 CAG 的应用提供新的思路。

3.2.2 现代医学对 CAG 的认识

胃炎指各种病因引起的胃黏膜炎症，显微镜下表现为组织学炎症^[58]，常见于成人，尤其是中老年人群。胃炎根据病程可分为急性胃炎和慢性胃炎；慢性胃炎根据症状的性质和表现形式，又可以将其主要分为慢性非萎缩性胃炎、CAG^[59]。其中，慢性胃炎是我国最常见的消化系统疾病，其诊断主要依赖于内镜检查，约 90% 的患者通过该方式进行诊断^[60]。但有研究显示，基于胃镜诊断 CAG 的准确性仅为 50.3%，因此我国实际 CAG 患病率可能更高^[61]。慢性胃炎的发病机制及其病理演变过程受到多因素共同调控，主要包括遗传因素、幽门螺杆菌（*Helicobacter pylori*, Hp）感染状态以及环境因素（如饮食习惯、生活方式和年龄等）；组织病理学检查中发现伴有异型增生的慢性胃炎患者，其胃癌发生风险显著升高^[58]。CAG 病理特征主要表现为胃黏膜腺体的减少或消失，并伴随肠上皮化生或异型增生的发生，是一种消化系统疾病，这些变化显著增加了胃癌的风险。

Hp 感染是慢性胃炎发生的主要病因, 约占全部患病人口的 44.3%^[62]。Hp 是一种选择性定植于胃上皮细胞的革兰氏阴性菌, 该病原菌传染广泛, 已被世界卫生组织列为一类致癌因子, 与萎缩性胃炎与胃癌的发生呈正相关^[63]。Hp 感染引起的胃炎的机制与细菌毒力因子直接或通过免疫反应间接损伤胃黏膜、诱发炎症反应有关^[58]。Hp 感染后通过鞭毛穿透胃黏液层, 黏附于胃上皮细胞, 在胃黏膜层定植, 进而导致长期的炎症反应, 这种持续性感染不仅使 CAG 的发生率显著增加, 还可能导致该病向肠化、上皮内瘤变及最终的癌变^[64]。胃部持续反复的炎症反应会损伤胃黏膜上皮细胞, 从而诱发 CAG^[65]。有研究发现, CAG 患者的胃黏膜中常见大量的淋巴细胞、浆细胞和中性粒细胞的浸润, 这些炎症细胞的浸润与慢性炎症的发生密切相关^[66]。炎症细胞的聚集不仅导致胃黏膜的损伤, 还可能引起局部的免疫反应, 进一步加重胃部的炎症状态^[67]。在慢性胃炎中, 中性粒细胞持续释放 ROS 等参与黏膜免疫反应, 造成 ROS 过度积累, 导致氧化应激, 从而破坏细胞结构, 损伤胃黏膜, 诱发 CAG^[65]。

胆汁、非甾体抗炎药和阿司匹林等药物、酒精也均可通过不同机制损伤胃黏膜, 这些因素长期损伤胃黏膜, 但所致的疾病炎症反应相对较轻, 也属于胃炎范畴^[68]。自身免疫因素在自身免疫性

胃炎发病中起主要作用, 该类型胃炎在我国较少见。自身免疫性胃炎主要表现为胃体萎缩性胃炎, 机体免疫功能异常导致自身抗体如抗壁细胞抗体和抗内因子抗体产生, 抗壁细胞抗体可引起胃体黏膜炎症、萎缩^[69]。

3.2.3 山药治疗 CAG 靶点预测分析

本课题组通过网络药理学对山药治疗 CAG 的靶点进行了初步预测。网络药理的结果总结如图 2 所示。结果发现包括 TNF- α 、表皮生长因子受体 (epidermal growth factor receptor, EGFR)、半胱天冬酶 3 (cysteine-dependent aspartate-specific protease-3, CASP3)、非受体酪氨酸激酶 (Src)、PPARG、MAPK3、雌激素受体 1 (estrogen receptor 1, ESR1)、哺乳动物雷帕霉素靶蛋白 (mammalian target of rapamycin, mTOR) 等核心靶点可能参与了 CAG 防治药理作用。

具体而言, TNF 是一种重要的细胞因子, 主要由活化的巨噬细胞、T 细胞和其他免疫细胞产生。TNF 分为 TNF- α 和 TNF- β 两种形式, 其中 TNF- α 由巨噬细胞、淋巴细胞等分泌, 是炎症反应的核心介质。TNF- α 能够吸引大量炎性细胞聚集于胃组织中, 在胃炎状态下, 中性粒细胞、巨噬细胞、树突状细胞和嗜酸性粒细胞的长期刺激会进一步导致萎缩性胃炎发生^[70]。有研究显示,

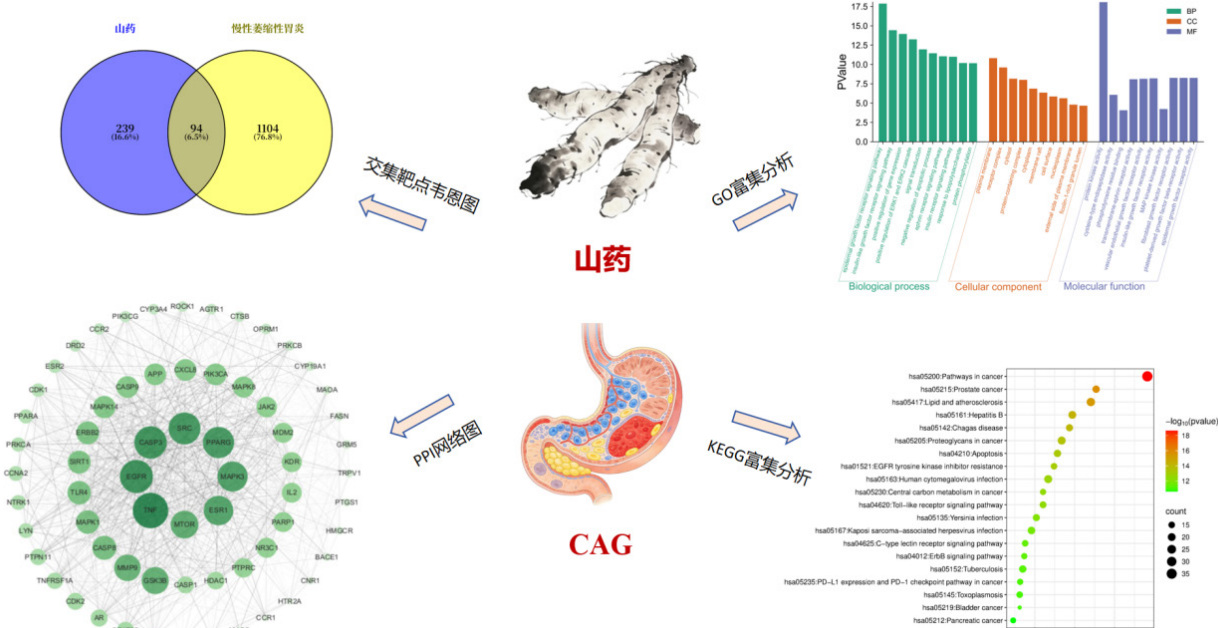


图2 山药与CAG网络药理结果图

Figure 2. Network pharmacology results of Chinese yam and CAG

在 CAG 发展进程中, TNF- α 不仅能激活中性粒细胞, 促进急性期蛋白的生成, 还触发了凝血级联反应, 导致小血管内凝血现象的出现, 进而限制了黏膜的血氧供应, 加剧组织损伤^[71]。TNF- α 水平随着胃黏膜病变程度的加深而显著升高, 进一步突显了其在 CAG 进展中的关键作用^[72]。EGFR 是一种属于酪氨酸激酶受体家族的跨膜蛋白, 调控细胞的增殖、分化、迁移和存活。有研究指出, EGF 及其受体 EGFR 参与 CAG 疾病的发展过程, 并且受慢性炎症的刺激, 致使 EGFR 表达上升, EGFR 与 EGF 相结合, 进一步导致胃黏膜细胞异常增殖^[73]。EGFR 及其配体可刺激胃黏膜上皮细胞增殖, 加速损伤修复, 增强胃黏膜屏障。CASP3 是半胱天冬酶家族中的关键效应型蛋白酶, 在细胞凋亡和炎症调控中发挥核心作用。CASP3 通过激活炎症小体促进 IL-1 β 成熟, 放大炎症反应, 抑制 CASP3 可能减轻急性胃黏膜损伤。同时, CASP3 作为一种细胞凋亡相关的效应酶, 其活化后可促进胃癌前病变细胞凋亡, 达到阻断胃癌前病变进程的作用^[74]。Src 是一种非受体型酪氨酸激酶, 属于 Src 家族激酶的创始成员, 在激活免疫细胞及多种细胞信号转导途径中发挥关键作用, 调节细胞分裂、运动、黏附、血管生成和存活等多种过程, 其激活通常是肿瘤进展中的关键事件^[75-76]。由 Hp 引起的 CAG 会使细胞的 Src 在特定的酪氨酸位点上磷酸化, 同时 Src 可以激活 NF- κ B 等促炎信号通路, 加剧胃黏膜的炎症细胞浸润和炎症因子释放^[77]。PPARG 是一类核受体超家族的配体激活型转录因子, 通过调控基因转录, 广泛参与脂质代谢、葡萄糖稳态、炎症反应及细胞分化等生理过程, 对代谢性疾病(如糖尿病、肥胖、脂肪肝)以及炎症相关疾病具有重要影响。研究表明, PPARG 的激活不仅能改善胃黏膜的炎症状态, 还能促进胃黏膜的愈合, 对 CAG 的治疗具有潜在的临床意义^[53]。其能抑制促炎症因子 TNF- α 和 IL-6 的表达来减轻炎症反应, 其激活可以促进脂肪酸的氧化和糖代谢, 减少炎症因子的释放, 对抗慢性炎症状态, 对 CAG 患者的病理生理变化具有重要意义^[78]。MAPK3 是 MAPK 家族的一员, 在细胞信号传导中扮演着至关重要的角色, 特别是在调控细胞生长、分化和存活等方面。MAPK3 的主要功能是通过磷酸化下游靶蛋白来调控细胞的多种生物学

过程。当细胞接收到外界信号时, 这些信号会通过一系列的蛋白激酶级联反应传递到 MAPK3^[79]。MAPK3 被激活后, 会进一步磷酸化其靶蛋白, 这些靶蛋白参与了 CAG 的发生、发展以及向胃癌转化的过程^[80]。ESR1 是雌激素的主要受体之一。ESR1 信号通路的激活可以促进细胞增殖、分化, 同时也影响细胞周期和凋亡^[81]。雌激素通过激活 ESR1, 可能对胃黏膜起到一定的保护作用, 抑制过度炎症反应, 从而可能减缓 CAG 的进展^[82]。mTOR 是一种非典型丝氨酸/苏氨酸蛋白激酶, 为磷脂酰肌醇激酶相关激酶蛋白质家族成员。mTOR 可整合营养、能量及生长因子等多种细胞外信号, 参与基因转录、蛋白质翻译、核糖体合成等生物过程, 在细胞生长、凋亡、自噬及代谢等过程中发挥重要的作用^[83]。mTOR 通路被过度激活, 促进炎症反应、抑制保护性的自噬, 从而加剧胃黏膜损伤^[84]。

4 结语

本综述系统梳理了山药的化学成分与药理活性, 并整合了中医与现代医学对 CAG 的认识。通过对既往文献的系统总结与可靠性评估, 本文共汇总了 81 个山药化合物及其结构信息, 并对其中 10 个新发现的化学成分进行了重点综述。同时, 对在 CAG 发生发展中起关键作用的靶点进行了梳理分析。

总体而言, 现有研究已证实山药提取物可减轻老龄大鼠的 CAG 病变程度^[85], 并在小鼠实验中显示出对胃黏膜的保护作用及对急性胃溃疡的预防效果^[86]。然而, 山药提取物中用于防治 CAG 的具体有效成分及其作用机制尚不明确。未来研究需进一步通过实验验证山药治疗 CAG 的有效成分、药理机制及其成药潜力。这些发现不仅为山药“健脾养胃”的传统功效提供了现代科学依据, 也凸显了山药在开发为 CAG 防治新型药物方面的广阔前景。

参考文献

- 1 中国药典 2025 版. 一部[S]. 2025: 31.
- 2 马蕊, 杨珂, 李文辉, 等. 不同生长期怀山药化学成分分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(13): 84-92. [Ma R, Yang K, Li WH, et al. Analysis of chemical constituents of Huai yam in different growth period[J]. Food Research and Development, 2019, 40(13): 84-92.] DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2019.13.015.
- 3 胡前梅, 阳勇, 吕伟奇, 等. 怀山药化学成分、药理活性

- 及应用的研究进展[J]. 华西药理学杂志, 2025, 40(3): 338–344. [Hu QM, Yang Y, Lyu WQ, et al. Research progress on the chemical composition, pharmacological activity and application of *Dioscorea opposita*[J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2025, 40(3): 338–344.] DOI: [10.13375/j.cnki.wcjps.2025.03.021](https://doi.org/10.13375/j.cnki.wcjps.2025.03.021).
- 4 Xue HY, Li JR, Liu YG, et al. Optimization of the ultrafiltration-assisted extraction of Chinese yam polysaccharide using response surface methodology and its biological activity[J]. Int J Biol Macromol, 2019, 121: 1186–1193. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2018.10.126](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.126).
- 5 王瑞娇. 怀山药多糖的结构鉴定及活性评价[D]. 郑州: 河南大学, 2021. DOI: [10.27114/d.cnki.ghnau.2021.002305](https://doi.org/10.27114/d.cnki.ghnau.2021.002305).
- 6 叶美芝, 伍紫仪, 吴金松, 等. 山药皮多糖的分离纯化、结构特征及体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2023, 44(19): 78–85. [Ye MZ, Wu ZY, Wu JS, et al. Study on separation, purification, structural characteristics and *in vitro* antioxidant activity of polysaccharides from Chinese yam peel[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(19): 78–85.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2022120074](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022120074).
- 7 冯卫生, 李方, 郭孟煊, 等. 怀山药的化学成分研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2017, 19(4): 658–662. [Feng WS, Li F, Guo MH, et al. Study on chemical constituents of *Dioscorea opposita* Thunb.[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2017, 19(4): 658–662.] DOI: [10.11842/wst.2017.04.018](https://doi.org/10.11842/wst.2017.04.018).
- 8 安莉, 汪红, 马婧玮, 等. 基于 UPLC-Q/TOF-MS/MS 和生物信息学探讨铁棍山药皮中化学成分的药用和营养价值[J]. 食品工业科技, 2023, 44(2): 1–9. [An L, Wang H, Ma JW, et al. Medicinal and nutritional value of the chemical compositions of *Dioscorea opposita* Thunb. cv. Tiegun peel based on UPLC-Q/TOF-MS/MS and bioinformatics[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(2): 1–9.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2021100320](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021100320).
- 9 刘军伟. 怀山药地上部分化学成分及其对葡萄糖苷酶抑制作用的研究[D]. 河南新乡: 新乡医学院, 2016. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10472-1016186000.htm>.
- 10 Chaniad P, Tewtrakul S, Sudsai T, et al. Anti-inflammatory, wound healing and antioxidant potential of compounds from *Dioscorea bulbifera* L. bulbils[J]. PLoS One, 2020, 15(12): e0243632. DOI: [10.1371/journal.pone.0243632](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243632).
- 11 许蕊蕊, 周利朋, 刘欣悦, 等. 山药化学成分、药理作用研究进展及质量标志物预测[J]. 中国现代中药, 2025, 27(8): 1564–1574. [Xu RR, Zhou LP, Liu XY, et al. Research progress on chemical constituents, pharmacological effects, and quality marker prediction of *Dioscoreae rhizoma*[J]. Modern Chinese Medicine, 2025, 27(8): 1564–1574.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.20241010005](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20241010005).
- 12 范晓阳, 侯彦婕, 贾世艳, 等. 山药化学成分及皂苷类成分药理作用的研究进展[J]. 中医药信息, 2021, 38(9): 79–84. [Fan XY, Hou YJ, Jia SY, et al. Research progress on chemical constituents of *Dioscoreae rhizoma* and pharmacological effects of saponins[J]. Information on Traditional Chinese Medicine, 2021, 38(9): 79–84.] DOI: [10.19656/j.cnki.1002-2406.20210915](https://doi.org/10.19656/j.cnki.1002-2406.20210915).
- 13 Dong M, Wu LJ, Chen Q, et al. Isolation and identification of steroidal saponins from *Dioscorea panthaica* Prain et Burkill[J]. Yao Xue Xue Bao, 2001, 36(1): 42–45. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12579859/>.
- 14 王勇, 赵若夏, 白冰, 等. 怀山药脂肪酸成分分析[J]. 新乡医学院学报, 2008, 25(2): 112–113. [Wang Y, Zhao RX, Bai B, et al. Analysis of fatty acids from *Dioscorea opposita* Thunb.[J]. Journal of Xinxiang Medical University, 2008, 25(2): 112–113.] DOI: [10.3969/j.issn.1004-7239.2008.02.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-7239.2008.02.002).
- 15 李倩. 怀山药糖类物质和有效成分的分离纯化结构鉴定及活性评价[D]. 广州: 华南理工大学, 2016. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10561-1016770059.htm>.
- 16 牛建平, 孙瑞霞, 孙剑辉. 气相色谱-质谱法分析怀山药中的有机成分[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2007, 35(2): 122–125. [Niu JP, Sun RX, Sun JH. Analysis of organic components in *Dioscorea opposita* Thunb by gas chromatography/mass spectrometry[J]. Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition), 2007, 35(2): 122–125.] DOI: [10.16366/j.cnki.1000-2367.2007.02.036](https://doi.org/10.16366/j.cnki.1000-2367.2007.02.036).
- 17 刘绣华, 白冰. 怀山药与同属植物甾体成分差异性比较研究[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2012, 42(5): 548–553. [Liu XH, Bai B. Research on the difference of steroidal constituents from *Dioscorea opposita* and related plants of the genus *Dioscorea* L.[J]. Journal of Henan University (Natural Science), 2012, 42(5): 548–553.] DOI: [10.15991/j.cnki.411100.2012.05.008](https://doi.org/10.15991/j.cnki.411100.2012.05.008).
- 18 周丽. 山药叶中迷迭香酸和黄酮苷元的提取分离与抗氧化活性研究[D]. 江苏徐州: 中国矿业大学, 2016. DOI: [CNKI:CDMD:1.1018.826056](https://doi.org/10.1018.826056).
- 19 朱延胜, 魏明, 钱森和, 等. 紫山药多酚分离纯化及其对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制作用[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(16): 182–187. [Zhu YS, Wei M, Qian SH, et al. Purification and α -glucosidase inhibitory activity of polyphenols from purple yam[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(16): 182–187.] DOI: [10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030252](https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030252).
- 20 朱会丽, 杨静, 马欢, 等. 不同品种山药氨基酸组成成分分析及综合评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(3): 293–300. [Zhu HL, Yang J, Ma H, et al. Composition analysis and comprehensive evaluation of amino acids in different varieties of Chinese yams[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(3): 293–300.] DOI: [10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2024.03.033](https://doi.org/10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2024.03.033).
- 21 刘晓庚, 陈优生, 刘琴, 等. 荷移光度法测定山药尿囊素的含量[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(5): 197–200. [Liu XG, Chen YS, Liu Q, et al. Spectrophotometric determination of allantoin in *Rhizoma dioscoreae* based on charge-transfer reaction with tetrachlorobenzoquinone[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008, 23(5): 197–200.] DOI: [10.20048/j.cnki.issn.1003-0174.2008.05.045](https://doi.org/10.20048/j.cnki.issn.1003-0174.2008.05.045).
- 22 舒胜男, 李焕茹, 胡雁萍, 等. 不同产地山药中 7 种核苷类成分的含量测定及质量评价研究[J]. 中药材, 2021, 44(1): 140–145. [Shu SN, Li HR, Hu YP, et al. Determination of seven nucleoside components and quality evaluation of yam from

- different origins[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2021, 44(1): 140–145.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2021.01.027](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2021.01.027).
- 23 胡月芳, 李建平, 黄志强. 毛细管电泳-电致化学发光法测定淮山药中胆碱和尿囊素[J]. 分析试验室, 2012, 31(12): 104–107. [Hu YF, Li JP, Huang ZQ. Capillary electrophoresis with electrochemiluminescence detection for choline and allantoin in yam[J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2012, 31(12): 104–107.] DOI: [10.13595/j.cnki.issn1000-0720.2012.0360](https://doi.org/10.13595/j.cnki.issn1000-0720.2012.0360).
- 24 Fu YC, Chen SH, Huang PY, et al. Application of bubble separation for quantitative analysis of choline in *Dioscorea* (yam) tubers[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(7): 2392–2239. DOI: [10.1021/jf048501h](https://doi.org/10.1021/jf048501h).
- 25 Lin JT, Yang DJ. Determination of steroidal saponins in different organs of yam (*Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto)[J]. Food Chem, 2008, 108(3): 1068–1074. DOI: [10.1016/j.foodchem.2007.11.041](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.041).
- 26 Sun J, Gan C, Huang J, et al. Determination of triterpenoids and phenolic acids from *Sanguisorba officinalis* L. by HPLC–ELSD and its application[J]. Molecules, 2021, 26(15): 4505. DOI: [10.3390/molecules26154505](https://doi.org/10.3390/molecules26154505).
- 27 钟嘉豪, 曾介玉, 陈家欢, 等. 不同产地山药的营养成分、质构特性及挥发性风味物质分析[J]. 食品工业科技, 2025, 46(11): 242–251. [Zhong JH, Zeng JY, Chen JH, et al. Analysis of nutritional composition, texture characteristics and volatile flavor compounds of yam from different origins[J]. Science and Technology of Food Industry, 2025, 46(11): 242–251.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2024060034](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2024060034).
- 28 景娴, 江海, 杜欢欢, 等. 我国山药研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(15): 114–117. [Jing X, Jiang H, Du HH, et al. Research progress on *Dioscorea opposita* in China[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016, 44(15): 114–117.] DOI: [10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.15.040](https://doi.org/10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.15.040).
- 29 樊靓, 汤尚文, 余海忠, 等. 山药中尿囊素研究进展[J]. 现代农业科技, 2015, (3): 308–317. [Fan L, Tang SW, Yu HZ, et al. research progress on allantoin in yams[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2015, (3): 308–317.] DOI: [10.3969/j.issn.1007-5739.2015.03.177](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-5739.2015.03.177).
- 30 Zhang L, Wang S, Zhang W, et al. Prospects of yam (*Dioscorea*) polysaccharides: structural features, bioactivities and applications[J]. Food Chem, 2024, 446: 138897. DOI: [10.1016/j.foodchem.2024.138897](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138897).
- 31 Liu X, Chen X, Xie L, et al. Sulfated Chinese yam polysaccharide enhances the immunomodulatory activity of RAW 264.7 cells via the TLR4–MAPK/NF–kappaB signaling pathway[J]. Food Funct, 2022, 13(3): 1316–1326. DOI: [10.1039/d1fo03630k](https://doi.org/10.1039/d1fo03630k).
- 32 Zhou Q, Sun HJ, Liu SM, et al. Anti-inflammation effects of the total saponin fraction from *Dioscorea nipponica* Makino on rats with gouty arthritis by influencing MAPK signalling pathway[J]. BMC Complement Med Ther, 2020, 20(1): 261. DOI: [10.1186/s12906-020-03055-7](https://doi.org/10.1186/s12906-020-03055-7).
- 33 Wang L, Zhu L, Duan C, et al. Total saponin of *Dioscorea colletii* attenuates MSU crystal-induced inflammation via inhibiting the activation of the NALP3 inflammasome and caspase-1 in THP-1 macrophages[J]. Mol Med Rep, 2020, 21(6): 2466–2474. DOI: [10.3892/mmr.2020.11035](https://doi.org/10.3892/mmr.2020.11035).
- 34 潘景芝, 孟庆龙, 崔文玉, 等. 山药功能性成分及药理作用研究进展[J]. 食品工业科技, 2023, 44(1): 420–428. [Pan JZ, Meng QL, Cui WY, et al. Advances in studies on functional components and pharmacological effects of *Dioscorea opposita* Thunb[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(1): 420–428.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2022010212](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022010212).
- 35 Fan Y, He Q, Luo A, et al. Characterization and antihyperglycemic activity of a polysaccharide from *Dioscorea opposita* Thunb roots[J]. Int J Mol Sci, 2015, 16(3): 6391–6401. DOI: [10.3390/ijms16036391](https://doi.org/10.3390/ijms16036391).
- 36 Feng X, Zhang Q, Li J, et al. The impact of a novel Chinese yam-derived polysaccharide on blood glucose control in HFD and STZ-induced diabetic C57BL/6 mice[J]. Food Funct, 2022, 13(5): 2681–2692. DOI: [10.1039/d1fo03830c](https://doi.org/10.1039/d1fo03830c).
- 37 Shen M, Cai R, Li Z, et al. The molecular mechanism of yam polysaccharide protected H₂O₂-induced oxidative damage in IEC-6 cells[J]. Foods, 2023, 12(2): 262. DOI: [10.3390/foods12020262](https://doi.org/10.3390/foods12020262).
- 38 Wang Y, Liu Y, Zhang Y, et al. Effects of the polysaccharides extracted from Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) on cancer-related fatigue in mice[J]. Food Funct, 2021, 12(21): 10602–10614. DOI: [10.1039/d1fo00375e](https://doi.org/10.1039/d1fo00375e).
- 39 Shi Z, Deng Z, Peng X, et al. Study on the pharmacodynamic effect of Rhizoma dioscoreae polysaccharides on cerebral ischemia-reperfusion injury in rats and the possible mechanism[J]. J Ethnopharmacol, 2022, 296: 115517. DOI: [10.1016/j.jep.2022.115517](https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115517).
- 40 佚名. 神农本草经[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 66.
- 41 东汉·张仲景, 著. 金匮要略[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 35.
- 42 明·李时珍, 著. 本草纲目[M]. 北京: 华夏出版社, 2013: 1024.
- 43 明·张介宾, 著. 景岳全书[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 1325–1326.
- 44 明·贾所学, 著. 药品化义[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2015: 153.
- 45 清·黄宫绣, 著. 本草求真[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2022: 98.
- 46 张锡纯, 著. 医学衷中参西录[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2022: 357.
- 47 刘锋. 参苓白术散合丹参饮治疗慢性萎缩性胃炎临床研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2019. DOI: [10.26988/d.cnki.gcdzu.2019.000542](https://doi.org/10.26988/d.cnki.gcdzu.2019.000542).
- 48 孙娟, 蒋晓娟, 王亚东, 等. 基于高通量转录组测序探讨参苓白术散缓解小鼠溃疡性结肠炎的作用机制[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(22): 6155–6163. [Sun J, Jiang XJ, Wang YD, et al. Mechanism of Shenling Baizhu powder in alleviation of ulcerative colitis in mice based on high-throughput transcriptome sequencing[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2022, 47(22): 6155–6163.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjcm.20220801.401](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcm.20220801.401).
- 49 杨晋. 基于生物信息学探讨六味地黄丸提高胃癌病人生存机制研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2023. DOI: [10.27288/d.cnki](https://doi.org/10.27288/d.cnki).

- gsxyu.2023.001536.
- 50 吕佳敏. 薯蓣丸汤剂对模型大鼠应激性胃黏膜损伤保护作用及机制探讨的临床与实验研究 [D]. 济南: 山东中医药大学, 2018. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10441-1019035618.htm>.
 - 51 Sun Y, Liu T, Si Y, et al. Integrated metabolomics and 16S rRNA sequencing to investigate the regulation of Chinese yam on antibiotic-induced intestinal dysbiosis in rats[J]. *Artif Cells Nanomed Biotechnol*, 2019, 47(1): 3382–3390. DOI: [10.1080/21691401.2019.1649271](https://doi.org/10.1080/21691401.2019.1649271).
 - 52 Yang W, Wang Y, Li X, et al. Purification and structural characterization of Chinese yam polysaccharide and its activities[J]. *Carbohydr Polym*, 2015, 117: 1021–1027. DOI: [10.1016/j.carbpol.2014.09.082](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.09.082).
 - 53 张冠豪. 安胃汤对慢性萎缩性胃炎大鼠 PPARC 和 GPX4 因子表达的影响 [D]. 南宁: 广西中医药大学, 2025. DOI: [10.27879/d.cnki.ggxzy.2025.000617](https://doi.org/10.27879/d.cnki.ggxzy.2025.000617).
 - 54 Lee S, Yun JM, Park JH, et al. Association between chronic atrophic gastritis and bone mineral density among women older than 40 years of age in Korea[J]. *Korean J Fam Med*, 2024, 45(4): 199–206. DOI: [10.4082/kjfm.22.0139](https://doi.org/10.4082/kjfm.22.0139).
 - 55 郝璐, 夏玉清, 熊云, 等. 夏玉清教授电热针治疗慢性萎缩性胃炎经验浅析 [J]. 上海针灸杂志, 2024, 43(1): 1–4. [Hao L, Xia YQ, Xiong Y, et al. Analysis of professor Xia Yuqing's experience in treating chronic atrophic gastritis with electrothermal needle therapy[J]. *Shanghai Journal of Acupuncture and Moxibustion*, 2024, 43(1): 1–4.] DOI: [10.13460/j.issn.1005-0957.2024.01.0001](https://doi.org/10.13460/j.issn.1005-0957.2024.01.0001).
 - 56 韦维, 陈丽, 谭程匀, 等. 安胃汤含药血清调控 NLRP3–Caspase–1–IL–1 β 信号轴促进 MC 细胞焦亡机制研究 [J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(9): 59–64. [Wei W, Chen L, Tan CY, et al. Mechanism of serum containing Anwei decoction regulating pyroptosis of NLRP3–Caspase–1–IL–1 β signal axis of MC cells[J]. *Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine*, 2024, 42(9): 59–64.] DOI: [10.13193/j.issn.1673-7717.2024.09.011](https://doi.org/10.13193/j.issn.1673-7717.2024.09.011).
 - 57 Huang M, Luo S, Yang J, et al. Optimized therapeutic potential of Sijunzi–similar formulae for chronic atrophic gastritis via Bayesian network Meta-analysis[J]. *EXCLI J*, 2024, 23: 1185–1207. DOI: [10.17179/excli2024-7618](https://doi.org/10.17179/excli2024-7618).
 - 58 房静远, 杜奕奇, 刘文忠, 等. 中国慢性胃炎诊治指南 (2022 年, 上海) [J]. 胃肠病学, 2023, 28(3): 149–180. [Fang JY, Du YQ, Liu WZ, et al. Guidelines for diagnosis and treatment of chronic gastritis in China (2022, Shanghai)[J]. *Chinese Journal of Gastroenterology*, 2023, 28(3): 149–180.] DOI: [10.3760/cma.j.cn311367-20230618-00282](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn311367-20230618-00282).
 - 59 Sipponen P, Price AB. The Sydney system for classification of gastritis 20 years ago[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2011, 26 Suppl 1: 31–34. DOI: [10.1111/j.1440-1746.2010.06536.x](https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.2010.06536.x).
 - 60 Jiang JX, Liu Q, Mao XY, et al. Downward trend in the prevalence of *Helicobacter pylori* infections and corresponding frequent upper gastrointestinal diseases profile changes in Southeastern China between 2003 and 2012[J]. *Springerplus*, 2016, 5(1): 1601. DOI: [10.1186/s40064-016-3185-2](https://doi.org/10.1186/s40064-016-3185-2).
 - 61 卢琦林. 探讨慢性萎缩性胃炎胃镜下表现与病理诊断对照[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(11): 91–92. [Lu QL. Comparison of gastroscopy manifestations and pathological diagnosis of chronic atrophic gastritis[J]. *Journal of Rare and Uncommon Diseases*, 2024, 31(11): 91–92.] DOI: [10.3969/j.issn.1009-3257.2024.11.037](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-3257.2024.11.037).
 - 62 Li M, Sun Y, Yang J, et al. Time trends and other sources of variation in *Helicobacter pylori* infection in mainland China: a systematic review and meta-analysis[J]. *Helicobacter*, 2020, 25(5): e12729. DOI: [10.1111/hel.12729](https://doi.org/10.1111/hel.12729).
 - 63 蔡泳锋, 连大卫, 苏锐, 等. 氧化应激与幽门螺杆菌感染相关性胃炎 [J]. 现代生物医学进展, 2016, 16(27): 5397–5400. [Cai YF, Lian DW, Su R, et al. Oxidative stress and the correlation of *Helicobacter pylori* infection in gastritis[J]. *Progress in Modern Biomedicine*, 2016, 16(27): 5397–5400.] DOI: [10.13241/j.cnki.pmb.2016.27.055](https://doi.org/10.13241/j.cnki.pmb.2016.27.055).
 - 64 李逸邈, 郑丽飞. 幽门螺杆菌感染诱导的癌症相关成纤维细胞对胃上皮–间质转化影响的研究进展 [J]. 生理学报, 2024, 76(4): 547–560. [Li YL, Zheng LF. Progress on the effects of cancer-related fibroblast induced by *Helicobacter pylori* infection on gastric epithelial–mesenchymal transition[J]. *Acta Physiologica Sinica*, 2024, 76(4): 547–560.] DOI: [10.13294/j.aps.2024.0056](https://doi.org/10.13294/j.aps.2024.0056).
 - 65 刘克成, 刘坦, 王小英, 等. 慢性萎缩性胃炎发病机制及中药调节作用研究进展 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2025, 27(11): 151–157. [Liu KC, Liu T, Wang XY, et al. Research progress on pathogenesis of chronic atrophic gastritis[J]. *Journal of Liaoning University of Traditional Chinese Medicine*, 2025, 27(11): 151–157.] DOI: [10.13194/j.issn.1673-842X.2025.11.026](https://doi.org/10.13194/j.issn.1673-842X.2025.11.026).
 - 66 Li Y, Yan F, Xiang J, et al. Identification and experimental validation of immune-related gene PPARC is involved in ulcerative colitis[J]. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*, 2024, 1870(7): 167300. DOI: [10.1016/j.bbdis.2024.167300](https://doi.org/10.1016/j.bbdis.2024.167300).
 - 67 胡鑫, 唐友明, 郑景辉, 等. 安胃汤含药血清对胃黏膜肠上皮化生模型细胞自噬及凋亡的影响 [J]. 中药新药与临床药理, 2024, 35(4): 469–476. [Hu X, Tang YM, Zheng JH, et al. Effect of Anwei decoction-containing serum on autophagy and apoptosis of gastric intestinal metaplasia model cells[J]. *Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology*, 2024, 35(4): 469–476.] DOI: [10.19378/j.issn.1003-9783.2024.04.003](https://doi.org/10.19378/j.issn.1003-9783.2024.04.003).
 - 68 Mihaly E, Micsik T, Juhasz M, et al. Gastritis and gastropathy[J]. *Orv Hetil*, 2014, 155(2): 43–61. DOI: [10.1556/OH.2014.29807](https://doi.org/10.1556/OH.2014.29807).
 - 69 Lenti MV, Rugge M, Lahner E, et al. Autoimmune gastritis[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2020, 6(1): 56. DOI: [10.1038/s41572-020-0187-8](https://doi.org/10.1038/s41572-020-0187-8).
 - 70 蔺莉, 陶瑞雨, 蔡永刚, 等. 幽门螺杆菌相关炎症与胃癌 [J]. 甘肃医药, 2024, 43(7): 577–581. [Lin L, Tao RY, Cai YG, et al. *Helicobacter pylori* related inflammation and gastric cancer[J]. *Gansu Medical Journal*, 2024, 43(7): 577–581.] DOI: [10.15975/j.cnki.gsyy.2024.07.018](https://doi.org/10.15975/j.cnki.gsyy.2024.07.018).
 - 71 朱婷婷, 唐洁, 谢思琪, 等. 细胞因子及其相关信号通路在慢性萎缩性胃炎病理过程中的作用 [J]. 实用中医内科杂志, 2024, 38(1): 61–64. [Zhu TT, Tang J, Xie SQ, et al. The role of cytokines and related signaling pathways in the pathological process of chronic atrophic gastritis[J]. *Journal of Practical Traditional Chinese Internal Medicine*, 2024, 38(1): 61–64.] DOI:

- 10.13729/j.issn.1671-7813.Z20222185.
- 72 桂文琪, 方媛, 聊晓玉, 等. 基于网络药理学和体内实验验证霍山石斛治疗胃溃疡的作用机制[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(7): 151-161. [Gui WQ, Fang Y, Liao XY, et al. Mechanism of Dendrobium huoshanense in treatment of gastric ulcer: based on network pharmacology and *in vivo* experiment[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2022, 28(7): 151-161.] DOI: 10.13422/j.cnki.syfjx.20220507.
- 73 李莉, 杨伟, 梁春耕, 等. 吴茱萸碱调控 EGFR/MAPK/ERK 通路对 Hp 诱导慢性萎缩性胃炎大鼠的作用机制[J]. 河北医学, 2025, 31(2): 215-223. [Li L, Yang W, Liang CG, et al. Mechanism of evodiamine on gastrointestinal function in *Helicobacter pylori*-induced chronic atrophic gastritis rats via regulating EGFR/MAPK/ERK pathway[J]. Hebei Medicine, 2025, 31(2): 215-223.] DOI: 10.3969/j.issn.1006-6233.2025.02.007.
- 74 张璇, 徐晶钰, 孙大志, 等. 消痰和胃方对胃癌前病变大鼠细胞凋亡的影响[J]. 中国中医药信息杂志, 2017, 24(4): 54-56. [Zhang X, Xu JY, Sun DZ, et al. Effects of Xiaotan Hewei formula on cell apoptosis of precancerous lesions of gastric carcinoma rats[J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2017, 24(4): 54-56.] DOI: 10.3969/j.issn.1005-5304.2017.04.014.
- 75 SummyJM, Gallick GE. Src family kinases in tumor progression and metastasis[J]. Cancer Metastasis Rev, 2003, 22(4): 337-358. DOI: 10.1023/a:1023772912750.
- 76 Guarino M. Src signaling in cancer invasion[J]. J Cell Physiol, 2010, 223(1): 14-26. DOI: 10.1002/jcp.22011.
- 77 Chen L, Wei S, He Y, et al. Treatment of chronic gastritis with traditional Chinese medicine: pharmacological activities and mechanisms[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2023, 16(9): 1308. DOI: 10.3390/ph16091308.
- 78 Liu Y, Xu W, Wang G, et al. Material basis research for Huangqi Jianzhong Tang against chronic atrophic gastritis rats through integration of urinary metabonomics and SystemsDock[J]. J Ethnopharmacol, 2018, 223: 1-9. DOI: 10.1016/j.jep.2018.05.015.
- 79 Ma Z, Chen X, Xiong M, et al. Cyberpharmacology uncover the mechanism of the total Rhizoma Coptidis extracts ameliorate chronic atrophic gastritis[J]. J Ethnopharmacol, 2024, 335: 118644. DOI: 10.1016/j.jep.2024.118644.
- 80 Weng J, Wu XF, Shao P, et al. Medicine for chronic atrophic gastritis: a systematic review, meta-and network pharmacology analysis[J]. Ann Med, 2023, 55(2): 2299352. DOI: 10.1080/07853890.2023.2299352.
- 81 Fabre A, Tramunt B, Montagner A, et al. Membrane estrogen receptor- α contributes to female protection against high-fat diet-induced metabolic disorders[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2023, 14: 1215947. DOI: 10.3389/fendo.2023.1215947.
- 82 褚天璐, 任雯沁, 杨培培, 等. 基于网络药理学、分子对接和孟德尔随机化探究重楼皂苷 I 的抗胃癌机制[J]. 山西医科大学学报, 2025, 56(9): 983-990. [Zhu TL, Ren WQ, Yang PP, et al. Mechanism of polyphyllin I in treating gastric cancer based on network pharmacology, molecular docking and Mendelianrandomization[J]. Journal of Shanxi Medical University, 2025, 56(9): 983-990.] DOI: 10.13753/j.issn.1007-6611.2025.09.001.
- 83 Kim YC, Guan KL. mTOR: a pharmacologic target for autophagy regulation[J]. J Clin Invest, 2015, 125(1): 25-32. DOI: 10.1172/JCI73939.
- 84 Wang X, Chang M, Feng K, et al. The therapeutic potential of bombyx batryticatus for chronic atrophic gastritis precancerous lesions via the PI3K/AKT/mTOR pathway based on network pharmacology of blood-entering components[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2025, 18(6): 791. DOI: 10.3390/ph18060791.
- 85 房志科, 黄海阳, 温玉平, 等. 基于 Shh 途径分析山药提取物对老龄慢性萎缩性胃炎大鼠的干预作用[J]. 中国老年学杂志, 2024, 44(1): 152-156. [Fang ZK, Huang HY, Wen YP, et al. An alysis of the intervention effect of yam extract on aging chronic atrophic gastritis ratsbased on Shh pathway[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2024, 44(1): 152-156.] DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2024.01.035.
- 86 金佳熹, 周冰玉, 李柳蓉, 等. 新鲜山药提取物对小鼠胃溃疡的预防作用研究[J]. 中国比较医学杂志, 2020, 30(3): 8-13. [Jin JX, Zhou BY, Li LR, et al. Effects of an extract from fresh yam tuber on mouse gastric ulcers[J]. Chinese Journal of Comparative Medicine, 2020, 30(3): 8-13.] DOI: 10.3969/j.issn.1671-7856.2020.03.002.

收稿日期: 2025 年 09 月 01 日 修回日期: 2025 年 12 月 11 日

本文编辑: 钟巧妮 李 阳