

药食同源中药肉苁蓉的研究进展

赵宏廷^{1*}, 辛国雄^{2*}, 郭源³

1. 甘肃省中医院, 甘肃 兰州 730050
2. 兰州石化总医院, 甘肃 兰州 730060
3. 甘肃中医药大学, 甘肃 兰州 730000

摘要: 肉苁蓉 *Cistanches Herba* 为我国传统大宗药材, 临床应用广泛, 素有“沙漠人参”之称。已在 2023 年通过食用安全性评价, 正式被国家卫生健康委员会列入药食同源物质目录。研究发现, 肉苁蓉属植物富含多糖、有机酸、蛋白质、膳食纤维、矿物质、氨基酸、维生素等初生代谢成分, 及苯乙醇苷类、环烯醚萜苷类、木脂素类等次生代谢成分, 具有神经保护、润肠通便、免疫调节、益肾保肝、抗骨质疏松、抗肿瘤、抗炎、抗氧化等药理活性。通过对肉苁蓉属植物的初生代谢成分、次生代谢成分、药理活性及药食两用等进行综述, 为肉苁蓉活性成分的临床应用、药食同源开发及生物资源的综合利用提供参考。

关键词: 肉苁蓉; 多糖; 苯乙醇苷类; 环烯醚萜苷类; 木脂素类; 神经保护; 免疫调节; 润肠通便; 抗肿瘤; 药食同源
中图分类号: R285 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2025)09-3316-14

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.09.028

Research progress on *Cistanches Herba* as medicine and food homologous traditional Chinese medicine

ZHAO Hongting¹, XIN Guoxiong², GUO Yuan³

1. Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730050, China
2. Lanzhou Petrified Total Hospital, Lanzhou 730060, China
3. Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China

Abstract: Roucongong (*Cistanches Herba*), a traditional Chinese medicinal material with extensive clinical applications, is known as the “Ginseng of the Desert”. In 2023, it has passed the evaluation of food safety and has been officially included in the directory of substances that are the same origin as food and medicine by the National Health Commission of China. It has found that plants of genus *Cistanche* are rich in a variety of primary metabolites, such as polysaccharides, organic acids, proteins, dietary fiber, mineral elements, amino acids, and vitamins, as well as secondary metabolites like phenylethanoid glycosides, iridoid glycosides, and lignans, etc. These compounds exhibit a range of pharmacological activities, including neuroprotection, moistening the intestines and relieving constipation, immune regulation, kidney and liver protection, anti-osteoporosis, anti-tumor, anti-inflammatory, and antioxidant effects. The primary metabolites, secondary metabolites, pharmacological activities and dual-use of *Cistanchis* plants were systematically reviewed in order to provide references for the clinical application, the development of medicine and food homology, and the comprehensive utilization of biological resources of *Cistanches Herba* active ingredients.

Key words: *Cistanches Herba*; polysaccharides; phenylethanol glycosides; iridoid glycosides; lignans; neuroprotection; immunomodulation; moistening the intestines and relieving constipation; antitumor; medicine and food homology

肉苁蓉为列当科肉苁蓉属植物肉苁蓉 *Cistanche deserticola* Y. C. Ma 或管花肉苁蓉 *C. tubulosa* (Schenk) Wight 的干燥带鳞叶的肉质茎^[1]。

肉苁蓉为根寄生植物, 主要寄生于梭梭、柽柳、盐爪爪、珍珠柴、囊果碱蓬等植物的根部, 主要分布于我国西北地区和山西北部的沙漠、荒漠地区^[2]。

收稿日期: 2025-01-20

基金项目: 甘肃省科技计划项目 (20JR10RA355); 甘肃省卫生健康行业科研项目 (GSWSKY2022-27); 国家中医优势专科建设项目—脑病临床医学中心 (甘卫中医函 [2023] 63 号)

*通信作者: 赵宏廷, 硕士, 副主任医师, 从事中西医结合防治神经内科疾病研究。E-mail: zht1979@126.com
辛国雄, 药师, 从事药学及民族药药理方面研究。E-mail: 1332115894@qq.com

始载于《神农本草经》，列为上品，其后《本草拾遗》《本草汇言》《本草备要》中均有记载，具有补肾阳、益精血、润肠通便之功效，常用于阳痿不孕、腰酸膝软、筋骨无力、肠燥便秘等。肉苁蓉在临床及日常应用极为广泛，临床上常以其复方组成发挥疗效，主要用于治疗男科、妇科、精神及神经系统等疾病^[3]。现代研究表明，肉苁蓉属植物富含蛋白质、膳食纤维、氨基酸、矿质元素、维生素等初生代谢成分，目前已从肉苁蓉属植物中分离和鉴定出多种化学成分，包括糖类、有机酸等初生代谢成分和苯乙醇苷类、环烯醚萜类、木脂素类等次生代谢成分。因其具有神经保护、润肠通便、免疫调节、抗骨质疏松、补肾、保肝、抗肿瘤、抗炎、抗氧化等药理活性，日益受到重视。本文拟从肉苁蓉属植物的初生代谢成分、次生代谢成分、药理活性及药食两用等进行概述，探讨潜在的药理机制，为综合有效利用肉苁蓉生物资源，延伸肉苁蓉资源产业链、开发新药源（食源）提供参考。

1 初生代谢成分

研究表明，肉苁蓉属植物含有极其丰富的初生代谢成分，主要有糖类、有机酸、蛋白质、脂肪、氨基酸、矿质元素及其他类等，其中糖类（1~14）和有机酸（15~30）为主要初生代谢成分，见表1。

1.1 糖类

肉苁蓉属植物中的糖类多以多糖形式存在，是发挥药理作用的主要活性成分之一，其主要以酸性和中性多糖为主。许玮仪等^[4]研究发现肉苁蓉多糖中主要由木糖、果糖、核糖、葡萄糖、甘露糖、半乳糖、鼠李糖、岩藻糖、阿拉伯糖9种单糖及半乳糖醛酸、葡萄糖醛酸2种糖醛酸组成，其中葡萄糖、果糖含量相对较高。王贵宁^[6]对肉苁蓉多糖进行分离纯化，发现其中主要由葡萄糖（79.1%）、阿拉伯糖（8.7%）、半乳糖醛酸（5.2%）、半乳糖（4.1%）等组成。因其多糖具有神经保护、抗肝损伤、胃肠调节、免疫调节、抗氧化、抗病毒、抗肿瘤等药理活性^[11]，广泛用于临床防治疾病及保健食品开发等方面。

表1 肉苁蓉中主要的初生代谢成分

Table1 Major primary metabolic components in *Cistanches Herba*

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
1	木糖	4	11	β-葡萄糖	7	21	棕榈酸	9
2	葡萄糖	4	12	果糖	4	22	阿拉伯酸	5
3	甘露糖	4	13	核糖	4	23	尿酸	5
4	蔗糖	5	14	岩藻糖	4	24	柠檬酸	5
5	鼠李糖	4	15	烟酸	5	25	葡萄糖酸	5
6	半乳糖醛酸	6	16	马来酸	5	26	酮戊二酸	10
7	葡萄糖醛酸	4	17	2-羟基苯乙酸	5	27	丙酮酸	10
8	半乳糖	4	18	2,3-二羟基苯甲酸	5	28	脂肪酸	10
9	阿拉伯糖	6	19	苯氧基乙酸	5	29	香草酸	7
10	α-葡萄糖	7	20	亚油酸	8	30	琥珀酸	7

1.2 有机酸

肉苁蓉属植物含有丰富的有机酸类成分，雷丽等^[7]采用多种色谱方法最早在肉苁蓉中分离鉴定出香草酸和琥珀酸。曹丽波等^[5]通过化学分析手段从肉苁蓉提取物中初步鉴定出9种有机酸类成分。研究表明^[12]，有机酸可通过破坏细菌细胞结构、抑制细菌细胞酶活性等作用机制产生抗菌作用，但目前肉苁蓉属植物的有机酸类成分药理活性及机制探究较少。

1.3 蛋白质、脂肪、膳食纤维

肉苁蓉属植物的基础营养成分主要包括蛋白质、脂肪、膳食纤维等。项思琦^[13]通过分析检测手

段对肉苁蓉营养组成进行测定，研究结果显示，肉苁蓉蛋白质含量高达13.08 g/100 g，脂肪含量为0.20 g/100 g，蛋白质含量与李予霞等^[14]采用凯氏定氮法测得含量16.38 g/100 g结果相近，说明肉苁蓉是一种高蛋白、低脂肪的健康食品。艾尼·库尔班等^[15]测得肉苁蓉中膳食纤维含量为0.19 g/100 g。综上，肉苁蓉中丰富的蛋白质与适量的脂肪为人体提供能量来源，膳食纤维是一种改善胃肠道功能的关键营养素^[16]，具有良好的润肠通便效果^[17]，为肉苁蓉改善胃肠道功能提供了物质基础。

1.4 氨基酸

氨基酸是蛋白质的基本组成单位，是人体所必

需的营养物质,包括必需氨基酸(essential amino acid, EAA)和非必需氨基酸(non essential amino acids, NEAA),对人体疾病的预防和康复起着极为重要的作用^[18]。胡杨等^[19]通过氨基酸分析仪和热图及聚类分析从肉苁蓉中测得 16 种氨基酸,其中包含 7 种 EAA 和 9 种 NEAA,与国内相关研究^[20]结果相近;总氨基酸(total amino acids, TAA)质量分数为 31.773 mg/g,略高于石斛^[21]中 TAA 质量分数(11.34~30.53 mg/g)。谷氨酸和门冬氨酸含量最为丰富,含量接近 5.0 mg/g,其中谷氨酸含量为 4.532 mg/g,远高于桃胶^[22]中谷氨酸含量(0.34 mg/g),甲硫氨酸和酪氨酸含量最低,分别为 0.295、0.720 mg/g。以上研究表明,肉苁蓉中氨基酸组成全面、营养均衡,具有较高的药用价值和保健作用。

1.5 矿质元素

矿质元素与中药防治疾病、健康保健等密切相关,K、Na 等矿质元素可发挥渗透调节作用,Fe、Cu、Zn、Mn 等矿质元素具有抗氧化、免疫调节等作用。贾彩惠等^[23]采用电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)从肉苁蓉中测得 25 种矿质元素,样品回收率为 84.25%~103.50%,RSD 为 1.23%~5.10%,具良好线性关系;试验结果显示 K、Na、Mg、Ca 元素含量较高,其中 K、Na 质量分数分别为 19.798、3.789 g/kg,常量矿质元素含量相当于一般常见水果^[24]。王玉霞等^[25]采用 ICP-MS 联合微波消解从肉苁蓉中测定出 21 中矿质元素,样品加样回收率为 82.04%~119.09%,元素混合标准溶液 RSD 为 0.35%~2.43%,各元素含量 RSD 为 1.62%~4.97%, $r \geq 0.9982$,线性关系良好;结果显示,Fe、Zn、Mn、B 等含量较丰富,人体非必需矿质元素 Pd、Cd、As、Hg 等重金属含量均低于《中国药典》2020 年版对药用植物中部分元素限量标准。以上研究表明,肉苁蓉中矿质元素种类繁多,常量矿质元素含量丰富,非必需矿质元素含量符合相关规定标准,在药食同源大健康产品开发方面具有较高的应用价值。

1.6 其他类

此外,肉苁蓉中含有维生素 A、维生素 C、尿囊素、谷氨酰胺、次黄嘌呤等初生代谢成分,研究发现^[15],肉苁蓉中维生素 A 和维生素 C 含量分别为 2.42、3.12 mg/100 g,维生素 C 作为天然抗氧化剂,可以有效清除体内自由基,从而发挥抗氧化、减缓衰老的作用。曹丽波等^[5]采用直接注射-多级质

谱全扫描法快速定性分析出肉苁蓉中含有次黄嘌呤、尿囊素等成分,次黄嘌呤主要参与嘌呤核苷酸的合成,从而抑制尿酸生成,减轻痛风症状;尿囊素具有促进细胞生长、抗炎、抗氧化等作用,广泛用于护肤化妆品领域。另一项研究发现^[10],肉苁蓉中测定出谷氨酰胺等成分,谷氨酰胺作为蛋白质合成中的编码氨基酸,在蛋白质合成过程中发挥至关重要的作用。

综上,肉苁蓉属植物中初生代谢成分不仅含量丰富,而且种类多样,其中肉苁蓉多糖作为近年来研究的热点,因其具有多种生物学活性与功能,受到广泛关注;有机酸作为主要初生代谢成分目前对其生物活性研究较少;蛋白质、脂肪可为人体提供直接能量来源,膳食纤维可显著改善胃肠功能;氨基酸组成全面、营养均衡,具有较高的药用及食用价值;矿质元素种类繁多,常量矿质元素含量丰富,非必需矿质元素含量符合相关规定标准,在保证安全性的前提下为人体补充所需。肉苁蓉属植物丰富的初生代谢成分为其功能性大健康产品的开发及其生物资源的综合利用提供坚实的物质基础。

2 次生代谢成分

目前从肉苁蓉属植物中发现并鉴定的次生代谢成分主要包括苯乙醇苷类、环烯醚萜及其苷类、木脂素及其苷类、苯甲醇苷类、酚苷类、单萜类、甾醇类等。其中苯乙醇苷类(31~119)、环烯醚萜类(120~145)及木脂素类(146~162)是肉苁蓉属植物的主要次生代谢成分,见表 2。

2.1 苯乙醇苷类

肉苁蓉属植物苯乙醇苷类是肉苁蓉属植物中含量最为丰富的活性成分,其又被称为苯丙素类化合物,是一类由苯乙醇苷元与糖基结合而成的苷类化合物,其通式结构取代位置常见基团有乙酰基、 β -D-葡萄糖、 α -L-鼠李糖、咖啡酰基、阿魏酰基、香豆酰基、2,3,4-乙酰基- α -L-鼠李糖等。

2.2 环烯醚萜及其苷类

环烯醚萜是萜类化合物中的一种具有环戊烷吡喃环系统的单萜类成分,其母核为环烯醚萜醇,具有环状烯醚及醇羟基,其中醇羟基属于半缩醛羟基,化学性质活泼,易与糖结合,因此植物中天然环烯醚萜多以苷的形式存在。肉苁蓉属植物中的环烯醚萜苷类成分均为葡萄糖单糖苷,且葡萄糖大多连在苷元的 1 位,极少数连在苷元 10 位;苷元的 4 位常连有羧基、甲氧甲酰基或甲基,3、4 位偶

表 2 肉苁蓉中主要的次生代谢成分

Table 2 Major secondary metabolic components in *Cistanches Herba*

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
31	甘蓝昔 H ₂	26	76	epimeridinoside A	26
32	异管花昔 E	27	77	异地黄昔	26
33	顺式管花昔 B	26	78	肉苁蓉昔 L	26
34	肉苁蓉昔 H	26	79	甘蓝昔 I	26
35	管花昔 B	26	80	管花肉苁蓉昔 A	26
36	盐生肉苁蓉昔 F	26	81	syringalide A-3'- α -L-rhamnopyranoside	26
37	顺式肉苁蓉昔 K	8	82	松果菊昔	26
38	顺式肉苁蓉昔 J	8	83	管花肉苁蓉昔 C ₁	28
39	肉苁蓉昔 K	26	84	管花肉苁蓉昔 C ₂	28
40	肉苁蓉昔 J	26	85	甘蓝昔 K ₁	26
41	盐生肉苁蓉昔 D	26	86	甘蓝昔 K ₂	26
42	管花昔 A	28	87	类叶升麻昔	26
43	甘蓝昔 J ₁	8	88	顺式紫葳新昔 I	28
44	甘蓝昔 J ₂	8	89	反式紫葳新昔 I	28
45	2'-乙酰基洋丁香酚昔	26	90	顺式紫葳新昔 II	28
46	2'-乙酰毛蕊花糖昔	27	91	反式紫葳新昔 II	28
47	2'-O-乙酰基金石蚕昔	26	92	金石蚕昔	26
48	盐生肉苁蓉昔 E	26	93	arenarioside	26
49	乙酰基毛蕊花糖昔	27	94	肉苁蓉昔 A	26
50	沙苁蓉昔 A	26	95	肉苁蓉昔 C	26
51	沙苁蓉昔 B	26	96	焦地黄苯乙醇昔 D	26
52	2-acetylosmanthuside	27	97	桂叶昔 B	26
53	甘蓝昔 H ₁	26	98	管花肉苁蓉昔 B ₁	26
54	管花昔 C	26	99	isosyringalide-3'- α -L-rhamnopyranoside	8
55	管花昔 D	26	100	焦地黄苯乙醇昔 C	8
56	管花昔 E	26	101	肉苁蓉昔 B	26
57	phenylethyl-glucopyranoside	8	102	肉苁蓉昔 D	26
58	6'-acetylsalidroside	8	103	cistanbulose A ₁	29
59	红景天昔	26	104	cistansinense A ₂	29
60	eutigoside A	8	105	盐生肉苁蓉昔 B	29
61	顺式毛蕊花糖昔	26	106	盐生肉苁蓉昔 C ₁	29
62	管花肉苁蓉昔 B ₂	9	107	盐生肉苁蓉昔 C ₂	29
63	桂叶昔 B ₆ (Z)	8	108	肉苁蓉昔 F	26
64	肉苁蓉昔 G	9	109	肉苁蓉昔 I	29
65	甘蓝昔 G	26	110	肉苁蓉昔 N	26
66	桂叶昔 B ₆ (E)	8	111	黄药昔	26
67	甘蓝昔 F	26	112	甘蓝昔 O	9
68	去咖啡酰毛蕊花糖昔	8	113	甘蓝昔 P	9
69	异类叶升麻昔	26	114	车前草昔 D	5
70	异紫葳新昔 I	26	115	管花肉苁蓉昔	9
71	车前草昔 C	26	116	甘蓝昔 E	9
72	顺式异肉苁蓉昔 C	26	117	毛蕊花糖昔	26
73	肉苁蓉昔 E	26	118	异毛蕊花糖昔	26
74	异肉苁蓉昔 C	26	119	去咖啡酰基毛蕊花糖昔	26
75	肉苁蓉昔 M	26	120	8-表去氧马钱子酸	26

表 2 (续)

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
121	8-表马钱子酸	26	142	甘蓝昔 L	26
122	玉叶金花甘酸	26	143	甘蓝昔 M	26
123	五福花甘酸	26	144	甘蓝昔 N	26
124	8-表番木鳖碱	26	145	phelypaeside	28
125	玉叶金花甘酸甲酯	26	146	(+)-松脂素	26
126	格鲁昔	26	147	(+)-松脂素-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	28
127	leonuride	26	148	(+)-丁香树脂酚	26
128	甘蓝昔 A	26	149	(+)-丁香脂素-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	28
129	巴尔蒂昔	26	150	黑立脂素昔	28
130	京尼平苷酸	26	151	杜仲素 A	26
131	geniposide	29	152	isoeucommin A	26
132	6-去氧梓醇	26	153	(+)-松脂素单甲醚-β-D-葡萄糖苷	8
133	catapol	26	154	异落叶松脂素 9'-O-β-D-葡萄糖苷	26
134	antirrhide	26	155	dehydrodiconifery alcohol-4-O-β-D-glucoside	8
135	肉苁蓉素	26	156	dehydrodiconifery alcohol-γ'-O-β-D-glucoside	8
136	肉苁蓉氯素	26	157	conicaoside	8
137	kankanol	26	158	柠檬素 A	26
138	argyol	26	159	alascanioside A	26
139	甘蓝昔 B	26	160	落叶松脂素 4'-O-β-D-葡萄糖苷	8
140	甘蓝昔 C	26	161	落叶松脂素 4-O-β-D-葡萄糖苷	8
141	甘蓝昔 D	26	162	丁香昔	28

有加氢, 6~8 或 10 位常连有羟基, 7、8 位偶有脱羟基形成环氧醚键或双键的情况, 1 位或 3 位羟基和 10 位羟基偶有脱水形成环氧结构; 昔元的 5、9 位的氢均为 β 构型。

2.3 木脂素及其苷类

木脂素及其苷类是苯丙素衍生物(C3-C6)经单电子自由基耦合反应而成的天然化学产物, 从其化学结构上可视为 2 分子的单体耦合而成, 通常情况下部分化合物与糖结合形成苷, 存在于植物的树脂状物质中。

2.4 其他类

肉苁蓉属植物除含上述成分外, 还有苯甲醇苷类、苯丙素类、单萜类、酚苷类、甾醇类及生物碱类等次生代谢成分。研究表明^[27], 肉苁蓉属植物中还分离出胡萝卜苷、β-谷甾醇和 β-谷甾醇葡萄糖苷-3'-O-十七酸酯等甾醇类化合物和甜菜碱等生物碱类成分。王力伟^[29]通过反相硅胶色谱、凝胶色谱、HPLC 制备等分离纯化技术从肉苁蓉的甲醇提取物中分离出腺苷、对羟基香豆素、β-谷甾醇等活性成分; 屠鹏飞等^[30]从肉苁蓉中分离得到 3 种苯甲醇苷类化合物分别为盐生昔 A、盐生昔 B、盐生昔 Ca 等。

综上, 肉苁蓉属植物化学成分组成丰富多样,

主要包括初级和次生代谢成分, 初级代谢成分主要以多糖和有机酸为主, 次生代谢成分主要以苯乙醇苷类、环烯醚萜及其苷类和木脂素及其苷类为主, 具有多种药理活性; 现代研究表明, 肉苁蓉属植物具有药理活性的成分主要以肉苁蓉总苷、肉苁蓉多糖、苯乙醇苷类、松果菊苷、毛蕊花糖苷、肉苁蓉苷 A 等为主。

3 药理活性

现代药理学研究表明, 肉苁蓉属植物具有多种药理活性, 如神经系统保护、润肠通便、增强免疫调节、预防骨质疏松、抗肿瘤、补肾、保肝、抗炎、抗氧化及其他药理活性。

3.1 神经保护

神经系统疾病是一种影响大脑、脊髓、神经和肌肉的一系列复杂疾病, 其病机错综复杂, 发病率与致死率逐年上升, 严重危害患者健康和生活。西医治疗手段相对有限, 虽能取得一定疗效, 但长期用药易产生耐药性及多种不良反应。近年来中医药在治疗神经系统疾病方面展现出显著的疗效、较少的不良反应、高度的安全性等独特优势, 极具推广与应用价值。现代药理学证实^[31], 肉苁蓉活性成分可通过抑制神经细胞凋亡, 减轻缺血性脑损伤, 改

善学习记忆功能和认知功能障碍,治疗帕金森病(Parkinson's disease, PD)、阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)、血管性痴呆(vascular dementia, VD)等发挥神经保护活性。

3.1.1 抑制神经细胞凋亡 细胞凋亡是由多种基因调控的过程,主要涉及B淋巴细胞瘤-2(B-cell lymphoma-2, Bcl-2)、半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶(cystein-aspartate protease, Caspase)等,其中Bcl-2在调控神经细胞凋亡中发挥重要作用。研究发现^[32],肉苁蓉多糖对D-半乳糖致衰小鼠神经功能具有改善作用,主要通过提高谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)活力、增强小鼠脑组织超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性、降低丙二醛含量,增加Bcl-2基因表达,来增强神经细胞的修复能力,从而减少细胞凋亡数量。张明洋等^[33]通过药理实验发现,毛蕊花糖苷对Erastin诱导的鼠中脑多巴胺能神经元MN9D细胞铁死亡有显著抑制作用,与模型组相比调控核因子E2相关因子2(nuclear factor E2 related factor 2, Nrf2)、血红素加氧酶-1(heme oxygenase-1, HO-1)、谷胱甘肽过氧化物酶4(glutathione peroxidase 4, GPX4)等表达显著增加。其作用机制可能与调控Nrf2/HO-1/GPX4信号通路有关。另一项研究发现^[34],毛蕊花糖苷可通过上调环腺苷酸(cyclic adenosine monophosphate, cAMP)/蛋白激酶A(protein kinase A, PKA)/环磷腺苷效应元件结合蛋白(cAMP-response element binding protein, CREB)信号通路水平促进神经细胞修复,从而对神经细胞损伤发挥保护作用。综上,肉苁蓉多糖和毛蕊花糖苷主要通过调节丙二醛含量、SOD活性及Bcl-2表达,调控Nrf2/HO-1/GPX4、cAMP/PKA/CREB等信号通路来抑制神经细胞凋亡而发挥神经保护作用。

3.1.2 减轻脑缺血再灌注损伤(cerebral ischemia reperfusion injury, CIRI) CIRI是一种复杂的、多种机制参与的病理生理过程,常见于中枢神经系统,与氧化应激、自由基生成、免疫炎症反应、凋亡基因激活、兴奋性氨基酸与一氧化氮大量释放增多等多个环节密切相关。樊燕燕等^[35]以大鼠肾上腺髓质嗜铬瘤PC12细胞氧糖剥离再复氧复糖模型为研究对象进行药理活性实验,结果显示肉苁蓉总苷对CIRI具有显著保护作用,其中Caspase-3表达显著增加,肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)水平

显著降低,其作用机制与下调lncRNA生长抑制特异性基因(growth arrest specific 5, GAS5)基因表达、抑制Caspase-3蛋白等有关。Wei等^[36]通过大鼠缺血性脑损伤模型探讨肉苁蓉对缺血性脑损伤的保护作用及其机制,结果发现松果菊苷能够显著减少大鼠脑梗死体积,并减轻脑组织中神经细胞损伤及凋亡,其作用机制与调节凋亡蛋白、改善氧化应激有关。徐霞等^[37]研究发现,毛蕊花糖苷可通过调控Wnt/ β -连环蛋白(β -catenin)信号通路,降低相关凋亡蛋白Caspase-3、Bcl-2相关X蛋白(Bcl-2 associated X protein, Bax)及炎症指标TNF- α 、IL-1 β 含量,促进Wnt1、Wnt3a、 β -catenin mRNA及蛋白的表达,缓解新生大鼠缺血缺氧性脑损伤。上述研究表明,肉苁蓉总苷和苯乙醇苷类成分可显著改善CIRI,其作用机制与调控lncRNA GAS5基因、调控Wnt/ β -catenin信号通路、减轻炎症反应、降低凋亡蛋白表达有关。

3.1.3 改善学习记忆功能 学习记忆功能的相关研究目前受广泛重视,经生物信息学分析,已经确定了和学习记忆功能相应的脑区域及相关蛋白^[38],在神经可塑性方面益智药物作用机制研究也逐渐增多。尹若熙等^[39]以东莨菪碱诱导的学习记忆功能障碍模型小鼠为研究对象进行试验,结果显示肉苁蓉多糖能够显著改善东莨菪碱所致的学习记忆障碍,提高模型小鼠的学习记忆能力,主要与提高小鼠海马区的突触素和生长相关蛋白43(growth associated protein 43, GAP43)蛋白表达水平、促进突触形成、增加突触数量、增强突触的可塑性密切相关。肉苁蓉多糖对衰老的神经细胞有明显的保护作用,另一项研究发现^[40],肉苁蓉多糖对D-半乳糖诱导PC12细胞损伤建立的亚急性衰老模型小鼠学习记忆能力有显著改善作用,作用机制与其抗氧化、抗凋亡和上调cAMP/PKA/CREB信号通路有关。刘心朗等^[41]研究发现肉苁蓉总苷50、100 mg/kg均可增加SAMP8小鼠海马突触素、突触后致密物蛋白-95(postsynaptic density-95, PSD-95)和脑源性神经营养因子(brain-derived neurotrophic factor, BDNF)蛋白表达,肉苁蓉总苷50 mg/kg对SAMP8小鼠学习记忆能力和突触可塑性的改善作用更为显著。以上研究发现,肉苁蓉多糖可显著改善学习记忆能力,主要通过上调突触素、促进GAP-43表达和上调cAMP/PKA/CREB信号通路有关。

3.1.4 改善认知功能障碍 乙酰胆碱是大脑神经

冲动传导所必需的神经递质，乙酰胆碱酯酶（acetylcholinesterase, AChE）的活性增强可引起乙酰胆碱的过度水解，从而引发脑部神经传导出现紊乱，导致神经系统类疾病的发生^[42]。Yang等^[43]通过七氟醚诱导的小鼠认知障碍模型来探讨松果菊苷改善认知功能障碍的作用及机制，发现松果菊苷可通过激活模型小鼠海马叉头框蛋白 O1（forkhead box protein O1, FoxO1）表达，诱导海马体细胞自噬，减轻七氟醚造成的神经毒性，改善认知功能障碍。罗兰等^[44]研究发现，肉苁蓉总苷能够增强 β -淀粉样蛋白（amyloid- β , A β ）的清除能力，促进模型大鼠神经细胞恢复，可显著改善 A β 所致的 AD 模型大鼠认知功能障碍。刘恩宠等^[45]以微弹簧致双侧颈总动脉狭窄复制慢性全脑低灌注（chronic cerebral hypoperfusion, CCH）模型小鼠为研究对象进行药理实验，结果显示毛蕊花糖苷对 CCH 小鼠认知功能障碍有显著改善作用，作用机制可能与维持小鼠海马组织 AChE 活性、降低丙二醛水平、增强 SOD 活力有关。综上，肉苁蓉总苷、苯乙醇苷类成分可显著改善认知功能障碍，主要通过促进 FoxO1 表达、增强 A β 、SOD 活性、调控 AChE 活性和下调丙二醛等作用机制而实现。

3.1.5 对 PD 的作用 PD 是一种常见于中老年人群的神经退行性病变，主要病理学特征与脑部纹状体-黑体变性、黑质-纹状体中多巴胺神经元丢失及 α -突触核蛋白（ α -synuclein, α -Syn）的积聚等因素密切相关^[46]。Zhang等^[47]研究发现松果菊苷可通过调控 p38 丝裂原活化蛋白激酶（mitogen-activated protein kinase, MAPK）和核因子- κ B（nuclear factor- κ B, NF- κ B）信号通路来抑制 p38 MAPK 和 NF- κ B p52 的磷酸化，减少小胶质细胞及星形胶质细胞活化，从而改善神经炎症。另一项研究表明^[48]，松果菊苷可通过调节 NOD 样受体热蛋白结构域 3（NOD like receptor family pyrin domain containing 3, NLRP3）/Caspase-1/IL-1 β 炎症信号通路传导，减少 α -Syn 堆积，抑制神经炎症反应，促进神经细胞修复，改善 PD 模型小鼠的神经功能。上述研究表明，肉苁蓉中松果菊苷主要通过调控 p38 MAPK、NF- κ B、NLRP3/Caspase-1/IL-1 β 等相关信号通路来改善 PD 症状。

3.1.6 对 AD 的作用 AD 是一种常见的神经退行性疾病，病理学特征以进行性认知障碍和记忆减退为主，占据全球痴呆患者的 50%~70%^[49]。AD 与

多个病理环节有关，包括 A β 、沉积形成的老年斑、胆碱能神经元损伤、神经炎症与氧化应激反应、tau 蛋白异常磷酸化形成的神经原纤维缠结等^[50]。Qiu等^[51]研究发现，松果菊苷可通过激活模型小鼠皮质内 Nrf2 蛋白表达、下调硫氧还蛋白相互作用蛋白（thioredoxin-interacting protein nod-like receptor pyrin domain containing, TXNIP）/NLRP3 信号通路和激活磷脂酰肌醇 3-激酶（phosphatidylinositol-3-kinase, PI3K）/蛋白激酶 B（protein kinase B, Akt）信号通路来减少 TNF- α 、IL-1 β 等炎症因子释放、增加过氧化物酶体增殖物激活受体 γ （peroxisome proliferators-activated receptor γ , PPAR γ ）启动子活性及抗氧化酶活性，从而有效抑制模型小鼠神经炎症反应及氧化应激损伤。尹刚等^[52]以 A β ₂₅₋₃₅ 诱导的 AD 模型大鼠为研究对象进行药理实验，结果显示肉苁蓉多糖可显著增强 *Bcl-2* 基因的表达、抑制 Caspase-3 的活性、减轻 AD 模型大鼠海马神经元的损伤，从而改善 A β ₂₅₋₃₅ 诱导的 AD 模型大鼠的学习记忆能力。胡航^[53]研究发现毛蕊花糖苷 60、120 mg/kg 可通过减少 A β 沉积及神经细胞凋亡，增加神经元数量，来改善 AD 模型小鼠学习记忆能力。综上，肉苁蓉多糖、松果菊苷、毛蕊花糖苷对 AD 有显著改善作用，其作用机制主要与下调 PI3K/Akt、TXNIP/NLRP3 信号通路，减少 TNF- α 、IL-1 β 炎症因子释放，增强 *Bcl-2* 基因表达，减少 A β 沉积等有关。

3.1.7 对 VD 的作用 VD 是由一系列脑血管疾病因素导致脑组织损伤引起的严重认知功能障碍综合征。其中以缺血性脑血管疾病所导致的痴呆最为常见。研究发现^[54]，松果菊苷可显著改善 VD 大鼠学习记忆能力，机制可能与上调 VD 模型大鼠海马区 BDNF、酪氨酸激酶受体 B（tyrosine kinase receptor B, TrkB）、N-甲基-D-天冬氨酸受体（N-methyl-D-aspartic acid receptor, NMDAR）、Akt 等表达相关。另一项研究表明^[55]，松果菊苷对 VD 大鼠氧化应激损伤有较好的保护作用。杨波等^[56]通过临床调研发现，肉苁蓉总苷可降低患者的痴呆程度，显著改善血管性痴呆患者的认知功能和提高日常生活能力，机制可能与增强脑组织抗氧化酶活性，抑制抗氧化反应有关。上述研究发现，肉苁蓉中松果菊苷可通过上调 BDNF、TrkB、Akt、NMDAR 表达等作用机制来减轻 VD 症状。

综上，肉苁蓉中具有神经保护活性的成分主要

有肉苁蓉总苷、肉苁蓉多糖、松果菊苷、毛蕊花糖苷，现代药理学研究证实，肉苁蓉中初生代谢成分发挥神经保护作用主要以肉苁蓉多糖为主，其次生代谢成分神经保护活性主要以苯乙醇苷类化合物为主；其作用机制主要与增加相关基因表达、抑制炎症因子释放、调节神经递质、调控相关酶活性及调控相关信号通路等密切相关。

3.2 润肠通便

中药在便秘相关疾病的治疗中发挥着越来越重要的作用，肉苁蓉具有润肠通便的功效，临床上主要用于治疗肠燥便秘。段晓宇等^[57]以洛哌丁胺构建便秘模型小鼠为研究对象，探讨松果菊苷对便秘小鼠的通便作用及其机制，结果显示，松果菊苷可通过增加肠道水液和肠动力来改善便秘小鼠症状，其机制可能与减轻肠道炎症及氧化应激反应、改善肠神经递质功能和增加肠黏膜水通道蛋白 3 (aquaporin 3, AQP3) 表达有关。研究发现^[58]，肉苁蓉多糖可显著提高复方地芬诺酯构建便秘模型小鼠的小肠墨汁推进率，增强肠蠕动，改善肠肌运动功能。Zhang 等^[59]研究发现，荒漠肉苁蓉可显著改善洛哌丁胺或复方地芬诺酯诱导的模型大鼠便秘症状，作用机制可能与调控干细胞因子 (stem cell factor, SCF) /原癌基因 c-Kit (stem cell factor/stem cell growth factor receptor, c-Kit) 信号通路、下调 AQP3 的表达和上调缝隙连接蛋白 43 (connexin 43, Cx43) 的表达有关。以上研究表明，肉苁蓉多糖、松果菊苷在肉苁蓉改善胃肠道功能中发挥主要作用，作用机制可能与减轻炎症及氧化应激反应、增加 AQP3 表达、调控 SCF/c-Kit 信号通路等有关。

3.3 免疫调节

巨噬细胞是免疫活性细胞，可通过吞噬和杀伤病原微生物，从而起到调节免疫的作用，肉苁蓉活性成分具有较强的免疫活性，其中苷类化合物和糖类化合物可显著提高机体的免疫功能。骆紫燕等^[60]通过巨噬细胞激活实验发现，肉苁蓉苯乙醇苷提取物可诱导诱导型一氧化氮合酶 (inducible nitric oxide synthase, iNOS) 表达，刺激巨噬细胞合成一氧化氮，同时刺激巨噬细胞释放炎症指标 TNF- α 和 IL-6，激活巨噬细胞的免疫调节功能。艾拉旦·麦麦提艾力等^[61]采用 CCK-8 细胞增殖毒性检测法研究不同质量浓度肉苁蓉多糖对小鼠巨噬细胞增殖率的影响，结果显示，肉苁蓉多糖 12.5、25、50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 可显著增加小鼠巨噬 RAW264.7 细胞增殖率，并抑

制巨噬细胞释放一氧化氮、IL-6、TNF- α 等炎症因子，从而发挥较强的免疫调节活性。综上，肉苁蓉增强免疫调节作用的主要活性成分为肉苁蓉多糖和苯乙醇苷类，其作用机制与诱导 iNOS 表达、抑制炎症因子释放等密切相关。

3.4 预防骨质疏松

骨质疏松是一种由于以骨密度降低、骨强度下降、骨组织损伤、骨量和骨中矿物质流失，进而骨脆性增高及易发生骨折的全身性骨骼代谢性疾病。破骨细胞是一类来源于骨髓造血细胞系的多核细胞，是唯一具有吸收骨基质的能力的细胞^[62]，破骨细胞的过度产生或活化会导致骨吸收功能的异常，进而导致骨皮质变薄，骨松质中骨小梁减少变细，增加骨质疏松等疾病的发病风险^[63]。李岳尧等^[64]以 4 周龄 C57BL/6 小鼠为研究对象，探讨肉苁蓉苷 A 对 NF- κB 受体活化因子配体诱导的体外破骨细胞分化和骨吸收功能的影响及作用机制，结果显示，肉苁蓉苷 A 能够通过降低应激活化 c-Jun 氨基末端激酶 (c-Jun N-terminal kinase, JNK) 水平，抑制 MAPK 通路的激活和降低下游破骨细胞关键基因的表达，进而抑制破骨细胞的形成和骨吸收功能。上述研究表明，肉苁蓉苷 A 主要通过降低 p-JNK 水平、抑制 MAPK 信号通路等作用机制来预防骨质疏松。

3.5 抗肿瘤

目前恶性肿瘤的发病率、死亡率呈不断上升趋势，多方向、多角度探讨行之有效的治疗方案和新药开发日显重要。现代药理学研究发现^[65]，肉苁蓉苯乙醇苷类成分具有显著抗肿瘤作用，主要通过调控多种细胞信号传导通路、诱导癌症细胞自动凋亡、抑制癌细胞增殖及迁移、减轻炎症及氧化应激反应和促进机体免疫功能等作用机制来发挥抗肿瘤作用。樊黎丽等^[66]通过细胞实验发现，与对照组相比，肉苁蓉多糖 100、200、400 ng/mL 可呈剂量相关性下调 Inc01410 表达来抑制人肺癌 A549 细胞增殖、克隆形成及迁移侵袭，并促进细胞凋亡。

3.6 益肾保肝作用

急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI) 是一种凶险的临床病证，通常伴有各种严重并发症，氨基糖苷类抗生素常见最严重的不良反应是肾毒性。马晓晴等^[67]通过庆大霉素诱导的大鼠 AKI 模型来探讨肉苁蓉苯乙醇苷类对 AKI 的保护作用，研究发现苯乙醇苷类成分 500、250 mg/kg 可显著降低血清肌

酞、血尿素氮、丙二醛含量，增强肾脏组织中过氧化氢酶（catalase, CAT）、GSH-Px 及 SOD 活性，从而减轻庆大霉素对肾脏的损伤，改善肾脏功能。研究发现^[68]，肉苁蓉苷 A 对顺铂诱导的 AKI 人肾皮质近曲小管上皮 HK2 细胞的存活率和细胞活性具有一定的保护作用。另外有研究发现^[69]，肉苁蓉经（酒炖）炮制后可显著改善大鼠肾阳虚症状，且作用强于生品肉苁蓉，推测可能与主要差异性化合物含量变化有关。

肝脏疾病的发展过程与 Nrf2/Kelch 样环氧氯丙烷相关蛋白 1（Kelch-like ECH-associated protein 1, Keap1）信号通路的调控密切相关，王富江等^[70]研究发现，肉苁蓉总苷 400 mg/kg 可显著降低肝脏中脂质沉积和血清中内毒素、二胺氧化酶（diamine oxidase, DAO）、D-乳酸含量，且能够促进 Nrf2 入核并降低胞质蛋白伴侣分子 Keap1 和质膜囊泡相关蛋白 1（plasma membrane vesicle-associated protein 1, PV1）表达，对急性酒精性肝损伤具有保护作用，其作用机制可能与调控 Nrf2/Keap1 信号通路有关。

3.7 其他药理活性

肉苁蓉多糖种类丰富，是天然的抗氧化剂，可以清除超氧自由基、羟自由基等自由基，从而保护机体免受氧化损伤，王国卫等^[71]研究发现，新疆肉苁蓉多糖对羟自由基、单线态氧自由基、超氧阴离子自由基、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼（2,2-diphenyl-

1-picrylhydrazyl, DPPH）均有清除作用，且清除能力与多糖浓度呈正相关性。放射性肺损伤是癌症放疗最常见的并发症，包括早期的放射性肺炎和晚期的放射性肺纤维化，许东风等^[72]以 C57BL/6 放射性肺炎小鼠为研究对象，结果发现肉苁蓉苷 A 能抑制放射性肺损伤小鼠肺部的氧化应激和炎症反应，其机制与转化生长因子-β1（transforming growth factor β1, TGF-β1）/血管内皮生长因子（vascular endothelial growth factor, VEGF）通路有关。研究发现，肉苁蓉还具有改善抑郁症和脊髓型颈椎病、抗衰老等神经保护作用。岳凌峰等^[73]以慢性不可预知应激抑郁症模型（chronic unpredictable mild stress, CUMS）大鼠为研究对象，结果显示松果菊苷可减轻 CUMS 大鼠线粒体损伤，机制与抑制丙二醛和乳酸脱氢酶，增加 SOD 和磷酸化线粒体动力相关蛋白（p-dynamin related protein 1, p-DRP1）有关。另一项研究表明^[74]，松果菊苷能够通过调控 DRP1 蛋白水平、逆转线粒体异常断裂、改善氧化应激反应，来缓解慢性颈椎压迫诱导的大鼠模型神经炎症反应。肉苁蓉苯乙醇苷可显著提高 D-半乳糖致衰老模型小鼠脑组织 SOD 活性，增强机体免疫力及抗氧化能力，提高学习记忆能力^[75]。肉苁蓉的主要药理机制见图 1。

4 肉苁蓉的药食两用研究

肉苁蓉的药理活性为其药食同源大健康产品的开发利用提供了方向。其被纳入药食同源物质目

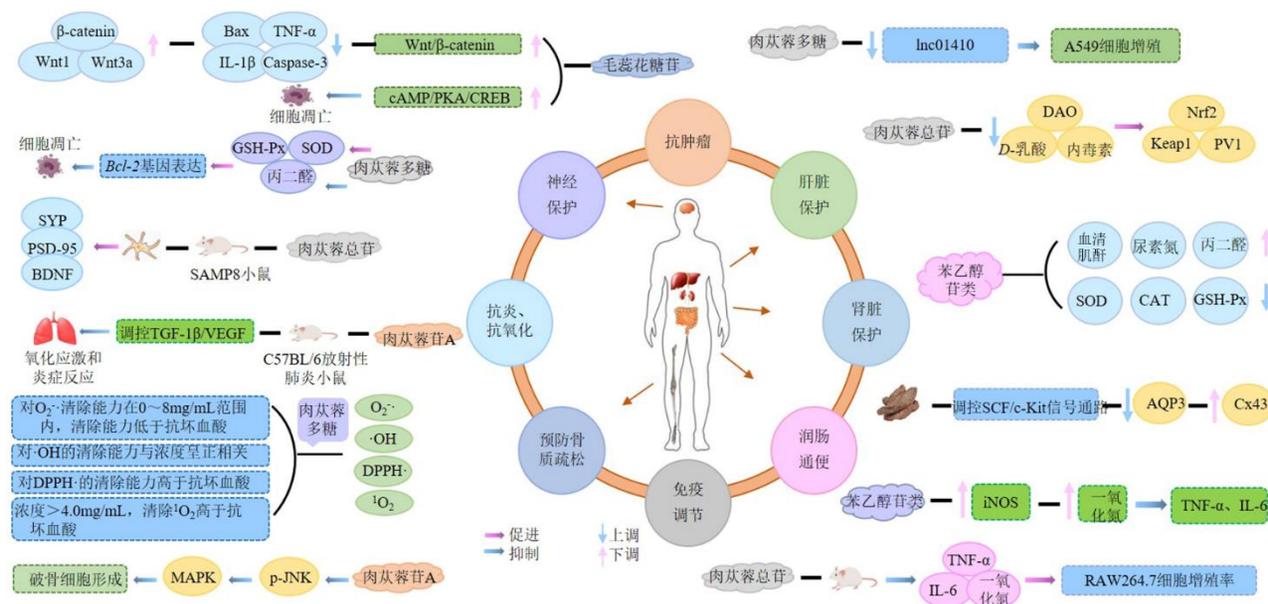


图 1 肉苁蓉的主要药理机制

Fig. 1 Main pharmacological mechanisms of *Cistanches Herba*

录,足以说明其在临床应用过程中具有极高的安全性。肉苁蓉中丰富的初生与次生代谢成分为其药食同源开发提供了坚实的物质基础,目前已广泛用于医药、保健食品和化妆品等领域,涉及润肠通便、改善睡眠、辅助降血糖、辅助调血脂、辅助改善记忆、缓解视疲劳和增加骨密度等保健功能。

4.1 在成方制剂中的应用

肉苁蓉作为我国传统大宗药材,广泛用于神经保护、润肠通便、抗骨质疏松、补肾、保肝、抗肿瘤、抗炎、抗氧化、免疫调节等。肉苁蓉常以组方的形式广泛用于临床诸症的治疗,如在孙思邈《千金要方》中,肉苁蓉多见于治疗肾脏和膀胱的方剂,此外其他脏腑方剂(肝、心、脾、肺、胆、大肠、小肠)及治诸风方、妇人方、备急方、痔漏方、伤寒方、消渴方、丁肿方、风毒脚气方中也可见肉苁蓉。《中国药典》2020年版中收录的肉苁蓉成方制剂有男康片、健脑胶囊、肾宝糖浆、便通胶囊、苁蓉益肾颗粒等,具有健脾益肾、补肾健脑、养血安神、润肠通便之功效。中医临床上常用于治疗认知功能障碍、心悸、失眠、脾肾两虚等。通过国家药品食品监督管理局网站查询,目前具有批准文号的肉苁蓉药品及其复方制剂共有64种,其剂型主要有胶囊剂、颗粒剂、丸剂、口服液、酒剂、合剂6类。其中胶囊剂占比35.9%、颗粒剂占比20.3%、丸剂占比9.4%、口服液占比15.6%、酒剂占比14.1%、合剂占比4.7%。

4.2 在保健食品中的应用

研究发现,历代本草中便有关于肉苁蓉药食同源的记载,如《本草经集注》曰:“生时似肉,以作羊肉羹,补虚乏极佳,亦可生啖。”《药性论》云“用苁蓉四两,水煮令烂,薄切细研,精羊肉分为四度,五味,以米煮粥,空心服之。”《本草品汇精要》亦云:“合山芋、羊肉作羹益人。”清雍正年间沈青崖《陕西通志》第43卷记载“肉苁蓉,陕西州郡多有之,西人多用作食品。”药膳也是药食同源的一种存在形式,民间多用肉苁蓉与羊肉炖食、煮粥以解乏增力,其营养丰富,具有补脾益肾、增强免疫力等功效。通过国家市场监督管理总局“特殊食品信息查询网站”查询,发现具有批准文号的肉苁蓉保健食品共计47种,其中片剂占25.5%(共计12种)、酒类占21.3%(共计10种)、胶囊剂占19.1%(共计9种)、茶类占14.9%(共计7种)、口服液占8.5%(共计4种)、颗粒剂占6.4%(共计3种)、冲剂占

4.3%(共计2种);主要涉及缓解疲劳、免疫调节、改善记忆功能、润肠通便、预防骨质疏松、保肝、降血脂、抗氧化等保健功能,经统计分析发现保健功能主要以缓解疲劳(占比43.5%)和免疫调节(占比33.9%)为主。从剂型上来看,片剂、酒剂、胶囊剂剂型的产品居多,片剂方便服用及携带,胶囊剂可掩盖内容物的不良气味,其次生物利用度高,易于人体吸收,外观整洁美观、易于吞服。肉苁蓉主要保健功能为缓解疲劳及免疫调节,结合市场定位的食用人群以男性为主,因此在剂型上多偏好于酒剂。各类剂型用于满足不同需求的人群,但目前肉苁蓉保健食品多为传统剂型,有待进一步创新。

4.3 在化妆品中的应用

肉苁蓉中含有苯乙醇苷类、多糖、氨基酸、有机酸等,具有抗炎、抑菌、抗氧化等药理活性。现代药理学研究发现^[76],肉苁蓉在化妆品中的功效主要包括美白、防晒、抑菌、保湿、抗衰老、防辐射等。Yang等^[77]发现苯乙醇苷昔400 μg/mL可通过抑制酪氨酸酶活性来抑制黑色素的生成,抑制率高达31.43%。郭俏俏等^[78]通过肉苁蓉多糖抗氧化活性研究发现,中性多糖2.0 mg/mL对DPPH自由基清除能力高达91.73%,半数抑制浓度为0.383 mg/mL,且同一浓度下总抗氧化能力高于肉苁蓉粗多糖和酸性多糖。肉苁蓉中甘露醇、甜菜碱、尿囊素成分均为常见的保湿成分。研究发现^[79],肉苁蓉鳞茎提取物可通过增加角质细胞中AQP3和透明质酸受体CD44蛋白表达水平,提高表皮层自身锁水力,从而达到长久保湿的效果。王晓琴等^[80]研究发现肉苁蓉多糖对橘青霉、四叠球菌、啤酒酵母、大肠杆菌和枯草杆菌均有抑制作用,且最小抑菌浓度分别为0.874、0.109、0.437、0.437、0.218 mg/mL。由肉苁蓉在化妆品中的应用现状可以看出,肉苁蓉凭借其天然中药优势,将在化妆品中有广泛的应用价值。

综上,肉苁蓉相关药食同源产品的种类及剂型和保健功能覆盖面相对较广,但是药品、保健食品、及化妆品的组成结构不均衡,需要进一步加强对肉苁蓉类药食同源大健康产品的深度开发和综合利用。虽然肉苁蓉在化妆品中有一定的应用,但研究数据多以体外实验为主,缺少临床数据,且针对美白、防晒等功效的应用较少,亟待进一步研究与补充,为其在化妆品中的应用开拓更加广阔的天地。随着我国社会人口老龄化和“健康中国2030”规划纲要的实施,后期可针对于肉苁蓉药理活性开发相

应药食同源产品,用于辅助药物来预防、治疗疾病,尤其在神经保护方面具有确切作用和特色的肉苁蓉必将迎来辉煌的发展前景。

5 肉苁蓉产业现状分析

随着现代生活水平的不断提高,肉苁蓉用于各种药品、保健食品^[81]的开发,临床上以肉苁蓉为主的复方制剂也日益增多。我国新疆地区自古以来有食用肉苁蓉的传统,如民间常以肉苁蓉切片泡酒、炖煮羊肉、添加肉苁蓉粉制作面食及煮粥等。肉苁蓉属植物为根寄生植物,其寄生于梭梭、怪柳等植物根部,由于长期乱采滥挖,其野生资源已濒临枯竭,荒漠肉苁蓉已被列入《野生动植物种国际贸易公约》,屠鹏飞教授团队通过近30年的不懈努力,对肉苁蓉栽培技术与推广、药效物质及其作用机制研究、质量控制与标准建立、新产品开发与产业发展等方面进行深入研究,最终创建了濒危中药全产业链创新发展新模式^[82]。近年来,甘肃、新疆和内蒙古为肉苁蓉的3大主产区,肉苁蓉从昔日的濒危中药,发展到如今的种植面积达13.33万hm²、年产量达7000t的中药材品种。目前肉苁蓉资源市场需求量大,野生资源严重失衡,市场上所流通的药材多为人工种植品,但人工种植的肉苁蓉存在品种混杂、药材质量参差不齐等问题,所以有必要进行规范化种植,建立系统的质量标准体系。根据肉苁蓉首席专家屠鹏飞教授提出“打造肉苁蓉大健康产业,培育五百亿中药材大品种”产业发展思路,结合肉苁蓉产业具有不占地、不争水、不争人的“三不优势”及耐旱、耐寒、耐盐碱的“三耐特点”。利用“沙区生态”属性与“药食同源”机遇,优化肉苁蓉精深加工产品供给结构,大力发展肉苁蓉产业。

6 结语与展望

药食同源概念最早可追溯到《黄帝内经》,寓医于食、药膳文化是传统中医药重要的组成部分,更是中医药的精髓,在饱腹的同时可提高人体免疫功能,以达到防治疾病的效果。药食同源植物以中药的补虚药居多,如肉苁蓉、人参、黄芪、当归、党参、补骨脂、黄精、地黄、杜仲、枸杞子、麦冬、山药、淫羊藿、桑叶、桑椹等均属于补虚药范畴,大部分药食同源植物类中药归属肾、肝、肺、脾经,因此具有补益肝肾、补气健脾等功效,大多含有多糖类、黄酮类、苯丙素类、萜类等化学成分。肉苁蓉作为中国传统补益类中药之一,在2023年通过食用安全性评价正式被国家卫生健康委员会列入

药食同源物质目录,其化学成分多样,生物活性广泛,具有极高的药用及食用价值。肉苁蓉属植物富含糖类化合物、有机酸、蛋白质、膳食纤维、矿物质元素、氨基酸、维生素等初生代谢成分,及苯乙醇苷类、环烯醚萜苷类、木脂素类等次生代谢成分,神经保护、益肾保肝、润肠通便、增强免疫调节、预防骨质疏松、抗肿瘤、抗炎、抗氧化等药理活性已在基础药理研究中得以证实^[83],为后期临床应用提供了坚实的基础。

目前,肉苁蓉产业是内蒙古、新疆、甘肃和宁夏发展的重要生态经济型产业之一,肉苁蓉所寄生的梭梭树是一种极其重要的防风固沙植物,大面积肉苁蓉的种植不仅可以起到防风固沙的作用,而且还可以带动贫困地区的人民经济收入。我国肉苁蓉药用资源丰富,对肉苁蓉有效成分及药理活性的深入探索研究,不断挖掘肉苁蓉综合利用新途径及药食同源大健康产品开发潜力,为肉苁蓉药食同源产品开发提供理论支撑;并促进肉苁蓉资源的综合利用,提高肉苁蓉利用效率及延伸肉苁蓉产业链,加强“一带一路”药食同源资源共享及科技合作交流,提升肉苁蓉资源社会效益、经济效益及生态效益,推动中医药文化发展现代化进程。近些年来,肉苁蓉的化学成分和生物活性的研究取得较大进展,但目前存在以下问题:(1)肉苁蓉活性成分的药理作用及其机制多以基础药理学研究为主,缺少临床疗效研究数据,部分药理作用的具体机制未得到完全阐明的问题,其有效成分及药理活性还需全方位研究,为肉苁蓉在临床研究中扩大领域。(2)肉苁蓉在保健食品开发方面还是较为局限,因此需要开发更多满足消费者健康需求的保健食品,虽然在化妆品中有一定的应用,但研究数据多以体外实验为主,缺少临床数据,亟待进一步研究与补充。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 140-142.
- [2] 屠鹏飞,姜勇. 中药肉苁蓉的本草再考证 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(20): 5670-5679.
- [3] 张湘苑,于同月,赵林华. 肉苁蓉的临床应用及其用量探究 [J]. 吉林中医药, 2022, 42(8): 966-969.
- [4] 许玮仪,姜振邦,范晶,等. 离子色谱-积分脉冲安培法测定肉苁蓉多糖的单糖组成及游离单糖含量 [J]. 药学报, 2023, 58(8): 2476-2482.
- [5] 曹丽波,龚兴成,贾金茹,等. 直接注射-多级质谱全扫描法快速定性分析盐生肉苁蓉化学成分 [J]. 中国

- 中药杂志, 2021, 46(16): 4150-4156.
- [6] 王贵宁. 肉苁蓉多糖的分离纯化及结构分析 [D]. 长春: 东北师范大学, 2024.
- [7] 雷丽, 宋志宏, 屠鹏飞, 等. 盐生肉苁蓉化学成分的研究 [J]. 中草药, 2003, 34(4): 293-294.
- [8] 宋青青. 中药肉苁蓉的化学成分组及抗血管性痴呆的体内药效物质研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2019.
- [9] 吴金凤, 尹权微, 潘有智, 等. UPLC-Q-TOF-MS/MS 快速分析苁蓉总苷胶囊化学成分 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(17): 3244-3251.
- [10] 刘文静, 刘瑶, 宋青青, 等. 利用 ¹H-NMR 比较管花肉苁蓉野生品和栽培品的化学成分组 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(17): 3506-3512.
- [11] 邓楠, 申雅娟, 丁辉, 等. 肉苁蓉多糖类成分药理作用研究进展 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2020, 22(6): 67-71.
- [12] 刘欣元, 盛德乔. 金银花有效成分的抗菌作用机制研究进展 [J]. 抗感染药学, 2023, 20(8): 783-789.
- [13] 项思琦. 肉苁蓉的营养成分分析及抗氧化活性研究 [J]. 食品安全导刊, 2024(12): 96-98.
- [14] 李予霞, 茹阳. 肉苁蓉的氨基酸含量测定及营养评价 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(17): 5054.
- [15] 艾尼·库尔班, 穆赫塔尔·伊米尔艾山, 库尔班·吾斯曼, 等. 维吾尔传统保健药材肉苁蓉中营养成分、微量元素含量的测定 [J]. 食品工业科技, 2009, 30(9): 289-291.
- [16] 董慧, 张会婷, 杨艳玲, 等. 膳食纤维: 改善胃肠道功能的关键性营养素 [J]. 中国实用儿科杂志, 2023, 38(10): 751-754.
- [17] 王丽卫, 孙健, 赵兵, 等. 肉苁蓉膳食纤维润肠通便功能研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(9): 3740-3744.
- [18] 刘峻麟. 八种石斛初生代谢产物比较研究及霍山石斛多糖抗衰老作用机制初探 [D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2021.
- [19] 胡杨, 朱教胜, 杨强, 等. 基于热图和聚类分析新疆 7 个产地荒漠肉苁蓉中氨基酸含量及其营养价值评价 [J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(11): 310-318.
- [20] 高建萍, 马青枝, 吴宁远. 中草药肉苁蓉中氨基酸含量的测定 [J]. 内蒙古中医药, 2000, 19(2): 44.
- [21] 李兆云, 王志远, 王昭, 等. 不同产地翅萼石斛氨基酸营养成分分析及评价 [J]. 中国食品工业, 2021(14): 43-45.
- [22] 薛瑾, 戚繁, 张文达, 等. 不同产地桃胶中蛋白质和氨基酸的含量测定与营养价值评价 [J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(18): 128-136.
- [23] 贾彩惠, 王宗梅, 滕维锋, 等. 肉苁蓉中多元素含量测定研究 [J]. 食品工业, 2022, 43(5): 302-305.
- [24] 刘炎, 樊玉, 刘江, 等. 云南地质高背景区苹果矿质元素富集特征和营养及健康风险评价 [J]. 环境科学, 2024, 45(9): 5538-5547.
- [25] 王玉霞, 李拥军, 黄珊. 电感耦合等离子体质谱法测定甘肃省肉苁蓉中无机元素含量及其相关性分析 [J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(6): 645-650.
- [26] 支雅婧, 甄亚钦, 田伟, 等. 肉苁蓉化学成分和药理作用研究进展及质量标志物 (Q-Marker) 的预测分析 [J]. 中草药, 2021, 52(9): 2758-2767.
- [27] 张慧文. 盐生肉苁蓉的化学成分及指纹图谱研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古医学院, 2008.
- [28] 潘英妮. 管花肉苁蓉鲜品化学成分及生物活性的研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2011.
- [29] 王力伟. 肉苁蓉成分的分离鉴定、定量分析及生物活性研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2016.
- [30] 屠鹏飞, 雷丽, 赵明波. 一组盐生肉苁蓉苯甲萜苷类化合物: 中国, CN 1156486 C [P]. 2004-07-07.
- [31] 郭源, 辛国雄, 邵亚, 等. 肉苁蓉属植物化学成分及其神经保护机制研究进展 [J]. 中药材, 2024, 47(11): 2904-2912.
- [32] 蔡克瑞, 刘志新, 孙晓冬, 等. 肉苁蓉多糖对 D-半乳糖致衰小鼠脑神经细胞的保护作用及机制 [J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(19): 4732-4734.
- [33] 张明洋, 杨新玲. 毛蕊花糖苷抑制 Erastin 诱导的多巴胺能神经细胞系 MN9D 细胞铁死亡 [J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(7): 1408-1413.
- [34] 苗鑫, 张弘, 武燕, 等. 肉苁蓉毛蕊花糖苷对 D-半乳糖诱导 PC12 神经细胞损伤的保护作用 [J]. 中国药理学杂志, 2017, 52(23): 2071-2078.
- [35] 樊燕燕, 张石在. 肉苁蓉总苷通过调控 lncRNA GAS5 保护神经细胞缺血再灌注损伤 [J]. 中成药, 2022, 44(7): 2320-2324.
- [36] Wei W, Lan X B, Liu N, *et al*. Echinacoside alleviates hypoxic-ischemic brain injury in neonatal rat by enhancing antioxidant capacity and inhibiting apoptosis [J]. *Neurochem Res*, 2019, 44(7): 1582-1592.
- [37] 徐霞, 张艺森, 雷瑞瑞. 毛蕊花糖苷通过 Wnt/ β -catenin 信号通路对新生大鼠缺血缺氧性脑损伤的改善作用 [J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(10): 4897-4901.
- [38] Deiana S, Platt B, Riedel G. The cholinergic system and spatial learning [J]. *Behav Brain Res*, 2011, 221(2): 389-411.
- [39] 尹若熙, 李刚, 俞腾飞, 等. 肉苁蓉多糖对东莨菪碱所致学习记忆障碍模型小鼠在突触可塑性方面的保护作用 [J]. 中国药理学通报, 2014, 30(6): 801-807.
- [40] 邢海燕, 赵璐璐, 王胜男, 等. 肉苁蓉多糖对衰老过程中学习记忆影响的体内外作用 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2019, 33(6): 453.
- [41] 刘心朗, 周丽丽, 杨占君, 等. 肉苁蓉总苷对 SAMP8

- 小鼠学习记忆能力及突触可塑性的影响 [J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(1): 110-115.
- [42] Thapa S, Lv M, Xu H. Acetylcholinesterase: A primary target for drugs and insecticides [J]. *Mini Rev Med Chem*, 2017, 17(17): 1665-1676.
- [43] Yang H F, Zhao L, Li Q. Echinacoside alleviates sevoflurane-induced cognitive dysfunction by activating FoxO1-mediated autophagy [J]. *Int J Dev Neurosci*, 2022, 82(4): 339-348.
- [44] 罗兰, 王晓雯, 时扣荣, 等. 肉苁蓉总苷对 β -淀粉样蛋白致实验性 AD 大鼠海马 CA1 区病理形态学的影响初步研究 [J]. 川北医学院学报, 2020, 35(6): 947-951.
- [45] 刘恩宠, 田原, 韦瑶, 等. 肉苁蓉毛蕊花苷改善脑低灌注致小鼠认知功能障碍 [J]. 烟台大学学报: 自然科学与工 程版, 2022, 35(2): 170-175.
- [46] Klingelhofer L, Reichmann H. Parkinson's disease as a multisystem disorder [J]. *J Neural Transm: Vienna*, 2017, 124(6): 709-713.
- [47] Zhang J S, Zhang Z N, Xiang J, et al. Neuroprotective effects of echinacoside on regulating the stress-active p38 MAPK and NF- κ B p52 signals in the mice model of Parkinson's disease [J]. *Neurochem Res*, 2017, 42(4): 975-985.
- [48] Gao M R, Wang M, Jia Y Y, et al. Echinacoside protects dopaminergic neurons by inhibiting NLRP3/Caspase-1/IL-1 β signaling pathway in MPTP-induced Parkinson's disease model [J]. *Brain Res Bull*, 2020, 164: 55-64.
- [49] Dong X Y, Qu S T. *Erigeron breviscapus* (vant.) hand-mazz.: A promising natural neuroprotective agent for Alzheimer's disease [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 877872.
- [50] Howard R, Zubko O, Bradley R, et al. Minocycline at 2 different dosages vs placebo for patients with mild Alzheimer disease: A randomized clinical trial [J]. *JAMA Neurol*, 2020, 77(2): 164-174.
- [51] Qiu H, Liu X M. Echinacoside improves cognitive impairment by inhibiting A β deposition through the PI3K/Akt/Nrf2/PPAR γ signaling pathways in APP/PS1 mice [J]. *Mol Neurobiol*, 2022, 59(8): 4987-4999.
- [52] 尹刚, 龚道恺, 刘帮会, 等. 肉苁蓉多糖对阿尔茨海默病模型大鼠的学习记忆能力及海马神经元 Bcl-2 和 Caspase-3 表达的影响 [J]. 时珍国医国药, 2013, 24(5): 1091-1092.
- [53] 胡航. 毛蕊花糖苷对阿尔茨海默病小鼠神经治疗作用研究 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(12): 21-24.
- [54] 杨倩, 孙蓉. 松果菊苷对血管性痴呆大鼠学习记忆及海马组织 BDNF、TrkB 表达的影响 [J]. 中药新药与临床药理, 2017, 28(3): 304-309.
- [55] 马婧怡, 张万鑫, 陈虹, 等. 松果菊苷对血管性痴呆大鼠氧化应激损伤的保护作用 [J]. 中国药理学通报, 2014, 30(5): 638-642.
- [56] 杨波, 刘曙艳. 肉苁蓉总苷治疗血管性痴呆的疗效分析 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2010, 13(23): 68-69.
- [57] 段晓宇, 范飒, 祝康杰, 等. 松果菊苷对便秘小鼠的通便作用及其机制 [J]. 中成药, 2024, 46(4): 1162-1167.
- [58] 高云佳, 姜勇, 戴昉, 等. 肉苁蓉润肠通便的药效物质研究 [J]. 中国现代中药, 2015, 17(4): 307-310.
- [59] Zhang X, Zheng F J, Zhang Z. Therapeutic effect of *Cistanche deserticola* on defecation in senile constipation rat model through stem cell factor/c-Kit signaling pathway [J]. *World J Gastroenterol*, 2021, 27(32): 5392-5403.
- [60] 骆紫燕, 卿德刚, 孙宇, 等. 管花肉苁蓉苯乙醇苷的巨噬细胞激活作用及其与当归、黄芪在调节免疫方面的协同作用 [J]. 食品工业科技, 2020, 41(21): 311-316.
- [61] 艾拉旦·麦提艾力, 李洋, 姚军, 等. 管花肉苁蓉多糖水提物的分离及免疫活性研究 [J]. 中国药房, 2021, 32(12): 1479-1484.
- [62] Veis D J, O'Brien C A. Osteoclasts, master sculptors of bone [J]. *Annu Rev Pathol*, 2023, 18: 257-281.
- [63] Kim J M, Lin C J, Stavre Z, et al. Osteoblast-osteoclast communication and bone homeostasis [J]. *Cells*, 2020, 9(9): 2073.
- [64] 李岳尧, 张民, 杨家驹. 肉苁蓉苷 A 通过 JNK/MAPK 通路抑制破骨细胞活性 [J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(06): 1144-1151.
- [65] 唐颖, 武建强. 肉苁蓉苯乙醇苷的抗肿瘤作用 [J]. 生物技术进展, 2023, 13(3): 399-405.
- [66] 樊黎丽, 孟泳, 赵润杨, 等. 肉苁蓉多糖对肺癌细胞 A549 生物学行为的影响 [J]. 中成药, 2022, 44(9): 3022-3027.
- [67] 马晓晴, 王捷, 胡君萍, 等. 肉苁蓉苯乙醇总苷对庆大霉素诱导急性肾损伤大鼠的药效学研究 [J]. 新疆医科大学学报, 2020, 43(7): 942-946.
- [68] 吴振. 肉苁蓉苷-A 对小鼠缺血再灌注肾损伤防治作用的研究 [D]. 蚌埠: 蚌埠医学院, 2022.
- [69] 王旭星, 文佳, 张英, 等. 肉苁蓉酒炖前后成分及药效比较研究 [J]. 中草药, 2024, 55(17): 5905-5914.
- [70] 王富江, 屠鹏飞, 曾克武, 等. 荒漠肉苁蓉总苷对酒精性肝损伤小鼠的保护作用研究 [J]. 药学学报, 2021, 56(9): 2528-2535.
- [71] 王国卫, 赵芳. 新疆肉苁蓉多糖清除活性氧自由基 [J]. 光谱实验室, 2011, 28(3): 1545-1548.
- [72] 许东风, 杨东明, 冯云枝, 等. 肉苁蓉苷 A 通过 TGF- β 1/VEGF 通路对放射性肺炎小鼠肺部氧化应激和炎症指标影响的研究 [J]. 中国免疫学杂志, 2019, 35(4): 429-434.

- [73] 岳凌峰, 马敬, 王宁. 松果菊苷对大鼠抑郁模型线粒体损伤的修复作用 [J]. 中国比较医学杂志, 2021, 31(4): 63-69.
- [74] Katoh M, Wu B, Nguyen H B, et al. Polymorphic regulation of mitochondrial fission and fusion modifies phenotypes of microglia in neuroinflammation [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 4942.
- [75] 玄国东, 刘春泉. 肉苁蓉苯乙醇苷对 D-半乳糖致衰老模型小鼠的抗衰老作用研究 [J]. 中药材, 2008, 31(9): 1385-1388.
- [76] 郝姗姗, 陈素梅, 闫东海, 等. 肉苁蓉在化妆品中的应用研究进展 [J]. 日用化学品科学, 2021, 44(9): 36-41.
- [77] Yang J, Wu S, Xu H, et al. Inhibitory effects of phenylethanoid glycosides on melanin synthesis in cultured human epidermal melanocytes [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2016, 9(9): 18019-18025.
- [78] 郭俏俪, 武志博, 周玉碧, 等. 兰州肉苁蓉多糖的组成分析及抗氧化活性 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(15): 96-103.
- [79] 范倩文, 吴越, 王滢. 一种肉苁蓉鳞茎提取物的制备方法及其保湿作用: 中国, CN 105496841 B [P]. 2018-10-30.
- [80] 王晓琴, 曹礼, 朱艳萍. 肉苁蓉多糖提取工艺及抑菌作用研究 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32): 15855-15856.
- [81] 李芸, 苗小楼, 胡芳弟, 等. 一种用于防治虚证便秘的中药复方制剂及其制备工艺: 中国, CN 112999282 A [P]. 2021-06-22.
- [82] 屠鹏飞, 姜勇, 郭玉海, 等. 肉苁蓉全产业链发展新模式的创建与应用 [J]. 中国现代中药, 2021, 23(3): 395-400.
- [83] 毕萃萃, 刘银路, 魏芬芬, 等. 肉苁蓉的主要化学成分及生物活性研究进展 [J]. 药物评价研究, 2019, 42(9): 1896-1900.

[责任编辑 赵慧亮]