

沙棘不同部位药理活性与药用价值探究



刘秋月¹, 张振东¹, 刘树民², 卢芳²

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

【摘要】沙棘原为藏、蒙医常用药,是当今世界上拥有最丰富天然维生素的树种之一。沙棘果实的维生素C含量比其他水果都高,被称为“VC之王”;沙棘籽油被誉为“液体黄金”。沙棘不仅具有强大的抗氧化能力,早在1300多年前,中国藏医药经典《四部医典》中有30多篇关于沙棘“化痰止咳,利肺,化湿,壮阴,升阳”的记载,有60余处记载了沙棘的健脾养胃与破病治血等功效。近几十年来,沙棘的新功能、新效益不断得到发掘,在药用价值与营养保健方面的研究得到不断深入。沙棘的果、叶、籽均含有多种生物活性成分,在临床医学上应用逐渐扩大,有很大的开发利用潜力。但对其不同部位的药效物质基础尚无系统梳理。因此,本文综述了沙棘不同部位的药理作用及作用机制,并探讨沙棘作为药食同源植物在食品、药品及保健品方面的研发进展,以期对沙棘的开发利用提供参考,创造更多的社会效益。

【关键词】沙棘果;沙棘叶;沙棘籽;药理作用;开发利用

【中图分类号】 R285

【文献标识码】 A

Exploration of the pharmacological activities and medicinal values of different parts of Sea buckthorn

LIU Qiuyue¹, ZHANG Zhendong¹, LIU Shumin², LU Fang²

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

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

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

【Abstract】 Sea buckthorn is a commonly used medicine in Tibetan and Mongolian medicine, and is one of the tree species with the largest number of natural vitamins in the world. The vitamin C content of Sea buckthorn fruit is much higher than that of other fruits, and it is known as the "king of VC"; Sea buckthorn seed oil is known as "liquid gold". Sea buckthorn not only has strong antioxidant ability, as early as 1300 years ago, there are more than 30 records in the Chinese Tibetan medicine classic "Four Medical Classics" about sea buckthorn "transforming phlegm to stop cough, benefiting the lungs, transforming dampness, strengthening the yin, and raising the yang", and there are more than 60 records about sea buckthorn's effects of strengthening the spleen, nourishing the stomach, and breaking the disease to cure the blood and so on. In recent decades, the new functions and benefits of Sea buckthorn have been continuously explored, and the research on medicinal value and nutritional health care

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202504009

基金项目: 黑龙江省省属本科高校中央支持地方高效改革发展资金人才培养项目(2021ZYQGLG001); 黑龙江中医药大学优秀创新人才支持计划项目(2018RCL13)

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

has been deepened. The fruits, leaves and seeds of Sea buckthorn contain a variety of bioactive components, their application in clinical medicine is gradually expanding, and there is great potential for development and utilization. But there is no systematic analysis on the pharmacodynamic substance basis of different parts. Therefore, the pharmacological effects and mechanisms of action of different parts of Sea buckthorn are summarized in this paper, and the progress of research and development of Sea buckthorn as a medicinal plant in food, medicine and health care products is discussed, with a view to providing reference for the development and utilization of Sea buckthorn and creating more social and economic benefits.

【Keywords】 Sea buckthorn fruit; Sea buckthorn leaves; Sea buckthorn seeds; Pharmacological effects; Development and utilization

沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 为蒙古族和藏族的传统药用植物, 气味微苦、味酸, 归脾、胃、肺、心肺, 具有健胃消食、止咳化痰、活血化瘀等功效^[1]。沙棘素有“神果奇树”之称, 药用价值颇高。近年来, 国内外针对沙棘开展了大量研究, 然而对其不同部位药理效应进行综合梳理的研究却相对较少^[2]。因此, 本文从沙棘果、叶、籽不同部位的药理作用及不同部位相同药理作用的不同机制进行分析阐述, 以及沙棘作为药食同源植物在食品、药品及保健品方面的研发进展, 以期为沙棘的开发利用提供参考, 最大化地利用沙棘资源, 创造更多的社会经济效益。

1 沙棘果

1.1 沙棘果的活性成分

沙棘果藏药名为达尔布, 气微, 味酸、涩^[1]。沙棘是一种药食同源的植物, 其根、茎、叶、花以及果实都含有大量的活性物质。沙棘果实中的营养物质和活性成分已多达 190 多种^[3]。沙棘广泛应用于饮品、医疗领域。我国历代医学专著都有对沙棘果实具有补脾健胃、活血化瘀、清热止泻等药理作用的记载。目前发现棘果含有黄酮、碳水化合物、维生素、油脂、脂肪酸、酚类、有机酸、氨基酸、蛋白质等以及微量元素等成分, 具体见表 1。

1.2 沙棘果的药理作用

1.2.1 抗癌

沙棘多酚作为沙棘中重要的生物活性成分, 在抗癌、调节血脂和肠道微生态等方面展现出独特且显著的功效, 成为当前生命科学与健康领域的研究热点。从抗癌作用机制来看, 多酚类化合物作为具有抗氧化功能的抗肿瘤物质, 在肿瘤防治中占据重要地位^[19-20]。研究发现, 多酚成分对

肝癌细胞、人腺癌细胞及人大肠癌细胞均表现出明显的抑制作用, 抑制浓度分别达到 1.66、2.05、4.12、9.22 mg/mL, 这一结果直观体现了沙棘多酚良好的抗肿瘤活性^[21-23]。深入探究其机制, 一方面, 多酚类化合物能够调节 M2 型丙酮酸激酶的表达, 通过干扰肿瘤细胞的糖代谢过程, 减少肿瘤细胞对葡萄糖的摄取, 进而降低乳酸和三磷酸腺苷的产生, 切断肿瘤细胞异常增殖的能量供应, 从代谢层面遏制肿瘤发展^[24]; 另一方面, 多酚还能通过调控 *c-Myc* 等关键基因的表达, 影响肿瘤细胞的增殖、分化与凋亡过程, 多维度发挥抗肿瘤作用^[25]。这些作用机制相互协同, 共同构成了沙棘多酚抗癌的分子基础。

表1 沙棘果、叶及籽的主要成分
Table 1. The main components of Sea buckthorn fruits, leaves and seeds

部位	成分	含量 (%)	参考文献
果	黄酮类	1.22	[4]
	维生素C	0.40	[5]
	类胡萝卜素	0.09	[6]
	其他	3.70	[7]
	蛋白质和氨基酸	4.50	[8]
	脂肪	33.10	[8]
	碳水化合物	16.30	[9]
	羧酸	5.80	[10]
	叶		
	黄酮类	2.59	[11]
叶	多糖	8.68	[12]
	氨基酸	21.99	[13]
	维生素C	5.36	[14]
	蛋白质	26.62	[15-16]
	粗脂肪	11.58	[15-16]
	粗纤维	23.15	[15-16]
	籽		
	蛋白质	21.53	[17]
	原花青素	3.29	[17]
	甾醇	0.80	[17]
籽	不饱和脂肪酸	55.20	[17]
	油酸	16.10	[17]
	总黄酮	3.69	[18]

1.2.2 抗炎

沙棘黄酮凭借多靶点作用机制展现出卓越的抗炎活性。研究证实，其能显著抑制肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)、白细胞介素 (interleukin, IL) -6、IL-18 等关键炎症因子的表达，同时阻断 p38 应激蛋白、核因子 κ B (nuclear factor kappa-B, NF- κ B) α 抑制蛋白的磷酸化与降解过程，从信号传导层面遏制炎症反应的级联放大^[26-27]。其中，沙棘所含的异鼠李素通过靶向 NF- κ B 通路，不仅下调炎症因子水平，还能减少肺组织炎性细胞浸润，有效缓解肺部炎症^[28]。动物实验也表明，500 mg/kg 剂量的沙棘总黄酮可显著降低哮喘小鼠支气管肺泡液中中性粒细胞和巨噬细胞数量，减轻炎症细胞浸润程度^[29]。

1.2.3 减少氧化应激

沙棘中的活性成分在抗氧化与细胞保护领域展现出重要价值。异鼠李素衍生物 1 和 2 在 H₂O₂/ 铁诱导的氧化应激体系中，分别对血脂过氧化值呈现 30% 和 40% 的显著抑制效果，且在 5、10 μ g/mL 浓度下，抑制率分别达 25% 和 30%^[30]，体现其强大的抗氧化性能。此外，沙棘总黄酮与硒复合后，协同作用进一步增强，不仅显著提升抑制细胞凋亡的能力，还强化了抗氧化活性，有效减轻大鼠子宫缺血再灌注损伤^[31]。研究结果显示，沙棘活性成分及其复合体系在调节氧化应激、维护细胞稳态方面发挥积极作用。

1.2.4 改善肠道菌群

沙棘果实中的多酚类物质在维持肠道健康方面发挥着关键作用。其通过激活特定菌群，调节肠道微生态平衡，减少活性氧 (reactive oxygen

species, ROS) 产生，降低炎症反应，并抑制有害菌的活动，从而减轻肠道组织损伤^[32]。Attri^[33]和 Yuan 等^[34]的研究证实，沙棘汁中的多酚能够显著增加乳杆菌、普雷沃杆菌、双歧杆菌等有益菌群的数量和种类，这些有益菌在促进营养物质吸收、增强肠道屏障功能和抵御病原体入侵等方面发挥重要作用。

1.2.5 调节免疫

沙棘果中的不饱和脂肪酸与多糖是免疫调节的重要活性成分。研究表明，沙棘果残渣中的 n-3 多不饱和脂肪酸可通过调节炎症因子蛋白表达及相关基因，展现显著抗炎效应，为增强机体免疫力提供支持；Dannenberger 等^[35]在长白猪实验中证实其抗炎潜能，Mohtashami 等^[36]也发现 n-3 多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acids, PUFA) 能提升犊牛免疫力，且合理配比 n-6 与 n-3 PUFA 可优化生长与免疫功能。此外，王蓉等^[37]研究显示，0.04% 的沙棘多糖能增强小鼠免疫细胞活力与巨噬细胞吞噬能力 ($P<0.05$)。这些研究共同揭示，沙棘果中两类成分从抗炎、细胞活性提升等多维度协同发挥免疫调节作用。沙棘不同部位代表性黄酮类化合物相关信息见表 2。

2 沙棘叶

2.1 沙棘叶的活性成分

沙棘是一种多用途的沙棘属植物，极具生态效益和经济效益^[45]。中国的沙棘种植面积居世界第一，种植面积超过全球 90%^[46]，具有十分丰富的叶片资源。自 2013 年起，国家将沙棘叶列入普通食品管理，极大地拓展了沙棘叶的应用市场。

表2 沙棘不同部位代表性黄酮类化合物

Table 2. Representative flavonoids from different parts of Sea buckthorn

成分名称	化学结构	来源	含量(%)	生物活性	参考文献
异鼠李素		沙棘果肉、果皮中；沙棘叶的叶绿体及细胞质中；沙棘籽的细胞质和细胞器中	果：0.030 45~0.047 53 叶：0.054~0.258 籽：0.116	具有抗氧化、抗炎、调节血脂、抑制肿瘤细胞增殖等活性	[38-41]
槲皮素		沙棘果肉、果皮及种子中；沙棘叶的叶肉细胞和表皮细胞中；沙棘籽的种皮和胚乳细胞中	果：0.007 65~0.012 08 叶：0.058~0.269 籽：0.018~0.019	具有抗氧化、抗炎、抗病毒、抗过敏等活性，还可调节细胞信号通路，对心血管系统具有保护作用	[38-40, 42]
山奈酚		沙棘果肉、果皮中；沙棘叶的叶肉细胞和表皮细胞中；沙棘籽中	果：0.014 81~0.036 27 叶：0.012~0.332 籽：0.064~0.065	具有增强细胞的抗氧化、抗炎以及免疫调节和神经保护的作用	[39, 43-45]

沙棘叶中含有丰富的营养物质,风味独特,有着自然的果香。黄酮类物质是植物叶片及果实中的重要有效成分,其药理作用十分广泛^[47]。沙棘叶中还含有大量的天然成分,如黄多酚、萜烯类、甾醇、多糖、维生素和微量元素等^[48]。

2.2 沙棘叶的药理作用

2.2.1 抗菌抗炎

沙棘叶中的多种活性成分在抗菌抗炎领域展现出独特优势。其中,总黄酮能够通过抑制蛋白质与酶的生长、破坏细胞膜结构等方式,对金黄色葡萄球菌等产生抑制作用,且抗菌效果呈现时间与剂量依赖性^[49-50]。Tanwar 等^[51]研究发现,沙棘叶抗炎效应具有显著的浓度依赖性,进一步证实其在炎症调节方面的潜力。此外,沙棘叶多酚具备广谱抑菌活性,其提取物对革兰氏阳性菌的抑制效果显著优于沙棘果提取物^[52],且相较于沙棘浆果,沙棘叶提取物在抑制革兰氏阳性菌方面活性更强^[53]。

2.2.2 抗肿瘤

在癌症威胁日益严峻的背景下,沙棘叶中的黄酮和多酚类化合物成为抗癌研究的热点。多项研究证实,其提取物可通过多种机制抑制肿瘤细胞生长。Kim 等^[54]研究发现,沙棘叶提取物能下调 ROS 水平,上调 B 细胞淋巴瘤-2 基因(B-cell lymphoma-2, Bcl-2)相关 X 蛋白(Bcl-2-associated X protein, Bax)诱导 C6 神经胶质细胞瘤凋亡;张欣^[55]和 Masoodi 等^[56]则表明其浸提液可干扰雄激素受体转位及相关基因表达,抑制癌细胞增殖迁移。针对多种癌细胞,沙棘叶能调节天冬氨酸特异性的半胱氨酸蛋白水解酶家族蛋白与 Bcl-2 表达,促进细胞凋亡^[57]。这些研究表明,沙棘叶的抗癌作用呈现多靶点、多途径的特性,其黄酮成分槲皮素等^[58],以及多酚类物质,也分别通过调控关键因子或代谢通路发挥抗癌功效^[59-60]。

2.2.3 治疗胃肠道疾病

沙棘叶在维护胃肠健康方面展现出双重功效,对肠道免疫调节与消化系统功能改善具有重要意义。通过检测肠系黏膜细胞因子发现,沙棘叶黄酮能够调节小鼠肠道免疫,影响分泌型免疫球蛋白 A、IL-2、IL-4、 γ -干扰素等关键免疫因子的含量变化,增强肠道免疫屏障功能,为机体健康提供保障^[61]。邹元生等^[62]的动物实验进一步证实,沙棘叶水灌胃可显著加速小鼠胃排空,

增强肠管收缩张力,有效改善排便状况。这些研究表明,沙棘叶不仅能调节肠道免疫,还具备润肠通便的功效^[63],这意味着沙棘叶通过免疫调节与促进消化的双重机制,对胃肠健康产生积极影响,在改善肠道微生态、缓解胃肠功能紊乱等方面展现出多维度的作用潜力。

3 沙棘籽

3.1 沙棘籽的活性成分

除果、叶之外,沙棘的种子也具有很高的应用价值。沙棘籽是沙棘生产加工过程中产生的副产品,其蛋白含量超过 20%,含有多多种氨基酸,沙棘籽是富含不饱和脂肪酸的优质蛋白质源,也是一种优质的油料资源,具有极高的应用前景^[2]。

从沙棘籽中提取出的沙棘籽油,可以作为一种良好的健康食品。其中,亚油酸、亚麻酸、油酸等不饱和脂肪酸占 90%,不饱和脂肪酸及固醇的种类也较沙棘油丰富。研究表明,沙棘籽油能滋润皮肤、延缓衰老、具有良好的抗氧化、抗辐射、消炎杀菌、增强免疫力等多种作用。

此外,沙棘籽压榨成沙棘油后剩余的籽粕中还含有大量的活性物质,如多酚、黄酮、多糖、维生素等,具有良好的降血压、降血脂、保护心血管系统、保护肝脏等功效,还具有良好的抗菌、抗肿瘤、抑制 α -葡萄糖苷酶活性、抗衰老和缓解痉挛等作用^[64]。

3.2 沙棘籽的药理作用

3.2.1 妇科疾病

中医认为,女性外阴阴道真菌病属“阴痒”“带下病”之一类,在临床上多有报道。中医学对“带下”的分析有两个方面,一是广义上指一切妇科疾病,因为其病变部位在病人的带脉下面,所以统称“带下病”;狭义上来说,因受到了外界的刺激,或者是体内所受七情之困,会出现脉涩,分泌物不停,久久不散,所以被称为“带下之疾”^[65]。沙棘籽油富含多种维生素、脂肪酸和抗氧化剂,有助于促进细胞修复、抗炎和免疫增强。沙棘籽油能够帮助修复受损的宫颈上皮组织,减少炎症,从而改善病变状态。文献用复方沙棘子油栓与甲硝合,以治萎阴^[66]。沙棘籽油系子宫,阴道息肉有以治之,不复发矣。

3.2.2 胃肠道疾病

沙棘中的原花青素与籽油在胃肠疾病防治中展现出显著的药用价值。沙棘原花青素可通过降低大鼠溃疡指数、提升血浆表皮表皮细胞生长因子含量，并下调一氧化氮调控途径，有效抑制应激性胃溃疡，为溃疡修复提供支持。而沙棘籽油在胃溃疡及溃疡性结肠炎的治疗中同样表现出色，不仅能显著抑制幽门结扎所致胃溃疡大鼠的胃蛋白酶活性、胃液量及游离酸，还可针对溃疡性结肠炎，改善肠道结构，抑制结肠炎症，通过降低丙二醛含量、增加超氧化物歧化酶（superoxide dismutase, SOD）、谷胱甘肽含量，多维度调节氧化应激与炎症反应，展现出对胃肠疾病的综合干预效果^[67]。

3.2.3 免疫调节

沙棘籽的原花青素提取物在免疫调控领域展现出独特优势与显著价值。研究表明，该提取物可显著提升伴刀豆蛋白诱导的小鼠脾脏细胞增殖能力，通过增强吞噬细胞活性，强化对病原体的清除作用。同时，其能增强抗体对细胞的保护功能，并提升小鼠血液中溶血素水平，有效促进体液免疫应答^[68]。这些作用机制协同起效，使沙棘籽原花青素提取物从细胞免疫和体液免疫层面调节增强机体免疫功能，展现出系统性的免疫调节特性，且无明显不良反应。

3.2.4 其他

沙棘不同成分在健康维护与组织保护中展现出多元且重要的功能。沙棘籽油和多糖在神经与肝脏保护方面发挥积极作用，前者可抑制抑郁模型大鼠体重下降、行为异常，通过悬尾实验及强迫游泳实验指标提示抗抑郁潜力^[69]；后者能改善动物行为静止状态，缓解强迫游泳所致肝脏重量变化，且无神经兴奋副作用。沙棘籽中的抗冻蛋白则在组织保存领域独具优势，可减少冻融损伤，增强生物膜稳定性，有效保护细胞结构^[70]。此外，沙棘油作为天然制剂，兼具止痛、促进组织再生、修复上皮组织的功效，对多种皮肤创伤疗效显著，同时具备抗肿瘤、抗辐射特性，在人体组织损伤防护中展现出多效性与独特价值^[71]。

4 沙棘不同部位的共有药理效应

4.1 抗氧化与抗衰老

沙棘作为一种极具价值的植物，其果、叶、

籽等不同部位均富含多种具有抗氧化作用的生物活性物质，在维护健康和延缓衰老方面发挥着重要作用。沙棘果以丰富的维生素 C 含量闻名，被誉为“VC 之王”，远超其他水果^[72]。维生素 C 不仅能够直接参与电子传递，中和 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼（1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH）自由基，还与脂溶性及水溶性抗氧化过程紧密相关^[73]，可通过再生其他抗氧化剂增强整体抗氧化防御体系。沙棘果富含的多糖能提高肝糖原含量，减少血清尿素氮和血乳酸，减轻疲劳，提高运动能力^[74]。此外，沙棘果中的生育酚作为脂溶性抗氧化剂，与 DPPH 自由基的清除能力呈极强正相关，能深入细胞膜内部，有效阻止脂质过氧化链式反应，维护细胞结构稳定^[75]。同时，总黄酮与维生素 C 协同作用，形成强大的抗氧化网络，而维生素 C 与多酚类物质通过螯合金属离子、抑制氧化酶活性等机制，进一步提升了沙棘果汁的抗氧化效能，有助于预防慢性疾病、减轻机体氧化应激水平^[76-77]。

沙棘叶中富含的黄酮类物质是高效的活性氧清除剂与脂质抗氧化剂，其中沙棘叶总黄酮可显著抑制叔丁基双氧水诱导的氧化应激反应，通过调节细胞内抗氧化酶活性、维持氧化-还原平衡，对细胞起到保护作用，为抗衰老产品的开发提供了理论依据^[78]。沙棘叶多酚含有丰富的电子供体，能快速中和缺乏电子的游离基，高效清除 DPPH 和 2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸 [2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), ABTS] 自由基，不仅可以阻断自由基引发的链式反应，还能再生其他抗氧化剂，增强整体抗氧化防御能力^[79]。而且无论是粗多酚还是提纯后的沙棘叶多酚，均具有良好的抗氧化活性，为大规模开发利用提供了便利，其黄酮类物质与多酚类物质的协同作用，构筑起了强大的抗氧化防线^[80]。

沙棘籽蕴含的原花青素具有卓越的抗氧化性能，可清除自由基、抑制脂质过氧化，维护细胞内生物膜的稳定性。低聚原花青素在人体吸收效率上比原花青素更具优势，且在沙棘各部位中含量最高，对 DPPH 自由基的清除能力远超维生素 C，极具功能性食品和保健品开发价值^[81]。沙棘籽油的自由基抑制能力呈现明显的浓度依赖性，随着浓度升高，清除效率逐步增强^[82]。此外，沙

棘籽渣的水醇提取物含有的山奈酚及其衍生物, 能降低酪氨酸酶活性、抑制相关蛋白表达, 阻断黑色素合成过程, 具有美白功效^[83]; 柳叶沙棘籽油则可显著延缓运动后小鼠的组织老化进程, 不仅具备抗氧化功效, 还能调节机体衰老节奏^[84]。

沙棘果、叶、籽中的抗氧化成分虽各有特点, 但均通过清除自由基、抑制氧化反应等机制, 在抗氧化、抗衰等方面发挥着积极作用, 这使得沙棘在功能性食品、天然抗氧化剂、天然护肤品、医药原料等多个领域都具有广阔的应用前景和深度开发潜力。

4.2 调节血糖血脂

沙棘果、叶、籽虽形态与成分存在差异, 但在降血糖血脂方面均展现出较好效果, 为代谢性疾病防治提供了天然的解决方案。在降血脂层面, 沙棘果中的黄酮、多酚类化合物等活性成分, 可双向调节血脂指标, 下调血清中总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇以及载脂蛋白 B、载脂蛋白 A 的含量, 同时上调高密度脂蛋白胆固醇水平, 有效优化血液脂质分布, 降低心血管疾病风险, 且不良反应小, 适合长期血脂管理^[85]。沙棘叶中的总黄酮能精准调控高脂血症血管性痴呆大鼠的血脂代谢, 通过优化脂蛋白平衡、增强胆固醇逆向转运功能, 从根本上改善高脂血症^[86]; 其醇提物则通过上调过氧化物酶体增殖物激活受体 (peroxisome proliferator-activated receptor, PPAR)- α 、PPAR- γ 氧化降解水平, 激活脂肪分解通路, 同时降低乙酰辅酶 A 羧化酶水平抑制脂肪酸合成, 多维度调节脂代谢紊乱^[87]。沙棘籽中的总黄酮和沙棘籽油同样表现出色, 尤其是超临界 CO₂ 萃取的沙棘籽油, 富含功能性脂质成分, 能够靶向干预血脂代谢的重要步骤, 降低胆固醇和甘油三酯水平, 减缓动脉粥样硬化进程; 其中的棕榈油酸可上调 AMP 活化蛋白激酶和成纤维细胞生长因子 21 蛋白表达, 增强肝脏胰岛素抵抗能力, 优化机体脂质代谢^[88]。

在降血糖方面, 沙棘果油可显著提升胰岛素抵抗 HepG2 细胞对葡萄糖的摄取量, 增强细胞对血糖的利用效率。沙棘叶具有调控血糖作用, 其提取物能抑制糖尿病大鼠血浆高胆固醇水平, 降低心血管并发症风险; 叶中多酚可特异性结合 α -淀粉酶, 延缓碳水化合物水解, 抑制葡萄糖跨膜弥散, 有效控制餐后血糖峰值^[80, 89]; 叶三萜则可

改善糖尿病大鼠空腹血糖, 缓解胰岛素抵抗, 减轻糖尿病症状^[90]。沙棘籽中的棕榈油酸等成分, 通过调节糖脂代谢信号通路, 在提升胰岛素敏感性、控制血糖水平上发挥积极作用。

总体而言, 沙棘果、叶、籽通过各自含有的黄酮、多酚、功能性脂质等活性成分, 从不同作用机制出发, 共同实现降血糖血脂的功效。

4.3 缓解心血管疾病

沙棘果、叶、籽中的黄酮类、多酚类等生物活性成分, 凭借多靶点协同作用机制, 在缓解心血管疾病方面展现出显著功效。

在心肌保护层面, 沙棘果中的多酚类物质可下调血清乳酸脱氢酶、肌酸磷酸酶一同工酶水平, 抑制心肌细胞过度自噬, 加速心肌梗死、心肌炎等病症下的细胞修复^[91]; 沙棘叶总黄酮通过调控 Ca²⁺、血管内皮生长因子等信号通路, 维持心肌细胞正常收缩舒张节律, 预防钙超载损伤, 同时促进血管新生, 改善缺血组织血供^[92]; 沙棘籽粕黄酮类成分则在抗心肌缺血中发挥多成分协同效应, 通过增强抗氧化酶活性、调节能量代谢, 提升心肌细胞对缺血缺氧环境的耐受性^[93]。

在血管功能调节方面, 三者均能有效干预血脂与炎症过程。沙棘果多酚通过降低血脂、提升抗氧化酶活性, 减少主动脉内皮氧化应激损伤, 抑制内皮型一氧化氮合酶、细胞间黏附分子-1 等炎症相关蛋白表达, 阻断血管病变进程^[94]; 沙棘叶黄酮不仅能调节脂代谢、减少动脉粥样硬化斑块形成, 还可调控血小板聚集, 延长凝血时间、抑制血栓形成^[89]; 沙棘籽粕黄酮则通过提高胰岛素敏感性, 阻断血管紧张素信号通路, 降低外周血管阻力, 同时改善血脂异常, 消除心血管疾病危险因素。

此外, 沙棘果与叶中的黄酮类化合物还能通过不同机制优化血管生理特性。沙棘果黄酮降低毛细血管壁通透性, 减少血浆渗出与炎症反应, 预防高血压引发的血管病变; 沙棘叶多酚通过维持血液还原状态、延长血浆凝血酶原时间, 与黄酮类成分协同增强抗血栓能力^[95-96]。整体而言, 沙棘果、叶、籽虽活性成分与作用路径各有侧重, 均通过调节酶活性、炎症反应、信号通路及代谢过程等多元机制, 实现对心肌与血管的系统性保护。

4.4 保肝

沙棘作为一种极具药用价值的植物, 其果、叶、籽均在肝脏保护方面展现出卓越功效。沙

棘果中的多糖成分是保肝的核心力量，其不仅能通过提高 SOD 活性、上调 SOD-2 表达、提升 Bcl2/Bax 比值，有效减轻乙酰氨基酚引发的肝细胞损伤与炎症反应，还能针对脂代谢异常引发的肝肿胀发挥抑制作用，同时通过调控 NF-κB、p38 丝裂原活化蛋白激酶等信号通路，降低炎症因子水平，增强肝脏抗氧化能力 [73, 97]。

沙棘叶的保肝作用得益于黄酮、多酚、多糖等多种成分的协同发力。黄酮类化合物可降低血清中丙氨酸氨基转移酶（alanine aminotransferase, ALT）、天门冬氨酸氨基转移酶（aspartate aminotransferase, AST）等肝损伤标志物水平，提升肝脏内源性抗氧化物质含量，显著缓解四氯化碳所致的肝损伤 [98-101]；多酚成分则通过抑制蛋白质羰基化、减少过氧化氢蓄积，减轻肝组织病理改变 [102]；多糖成分亦能调节代谢、抑制炎症，全方位守护肝脏健康 [56]。

沙棘籽中的黄酮类物质同样在肝脏保护中扮演关键角色。其不仅能显著降低肝纤维化大鼠血清中的 ALT、AST 水平，减轻肝细胞损伤，还可促进甘油三酯及胆固醇外排，改善肝脏脂质代谢紊乱。此外，通过抑制基质金属蛋白酶抑制剂-1 的表达，沙棘籽黄酮能够调节细胞外基质代谢，

有效延缓肝纤维化进程 [103-104]。沙棘不同部位相同分子机制总结见表 3，沙棘不同部位药理作用示意图见图 1。

5 沙棘产品开发现状

沙棘是一种既能食又能入药的植物，在其药用价值受到广泛重视的同时，还因其营养成分丰富而倍受青睐，其具有丰富的蛋白质、碳水化合物、油脂、无机盐、维生素等 6 种营养元素，是其开发利用的重要原料，我国丰富的沙棘资源为其多元化开发利用奠定了坚实基础。在食品领域，沙棘果被广泛用于制作沙棘汁、酸奶等各类食品，沙棘叶则衍生出颗粒、茶等产品 [80]，同时沙棘还作为原料或添加剂应用于多种食品，其较强的抑菌特性，契合了人们对天然食品防腐剂的需求。

在医药保健方面，沙棘作为蒙、藏等民族传统药用植物，已开发出多种中成药与保健品。非处方的沙棘片、沙棘丸，处方类的沙棘颗粒等 [1]，以及备案的沙棘果油、籽油保健食品，还有降脂效果显著的复合软胶囊，均展现出沙棘在医药保健领域的应用潜力 [116]。凭借对心血管疾病等多种病症的防治作用，沙棘在健康产业中具备广阔的发展前景 [117]。

表3 沙棘不同部位相同分子机制研究概述

Table 3. Overview of the study of the same molecular mechanism in different parts of Sea buckthorn				
信号通路相关分子	生物学功能	与沙棘不同部位的关联	研究结论	参考文献
NF-κB	NF-κB是关键转录因子，在炎症、免疫、细胞增殖与凋亡中发挥重要作用，与NF-κB抑制蛋白结合呈非活性状态	沙棘果、叶、籽中的黄酮类、酚酸类等活性成分，可抑制NF-κB激活，减少NF-κB抑制蛋白磷酸化与降解，阻止NF-κB核转位，降低TNF-α、IL-6、IL-1β等炎症因子表达	沙棘果通过抑制NF-κB通路发挥抗炎作用，可用于炎症相关疾病的干预	[105-106]
Nrf2	Nrf2是细胞内抗氧化防御关键转录因子，激活后与ARE结合，上调HO-1、NQO1等抗氧化酶表达	沙棘果中的多酚、维生素C，沙棘叶中的黄酮、酚酸（如芦丁、绿原酸），以及沙棘籽中的黄酮、酚酸（如槲皮素、绿原酸），均可激活Nrf2通路。具体表现为促进Nrf2核转位，使其与ARE结合，上调HO-1、NQO1等抗氧化基因及酶的表达，增强细胞抗氧化能力	沙棘果、叶、籽激活Nrf2通路，提升抗氧化酶活性以清除自由基，对心血管、神经退行性等氧化应激相关疾病有潜在防治价值	[107-111]
PI3K-Akt	PI3K-Akt信号通路参与细胞生长、增殖、存活和代谢调节	沙棘果、叶、籽成分均可激活PI3K-Akt通路，使Akt磷酸化水平升高。其中，沙棘果提取物可促进细胞存活和修复，在心肌缺血再灌注损伤中效果显著；沙棘叶与沙棘籽成分除促进细胞存活修复外，还能通过调节下游靶蛋白（糖原合成酶激酶-3β、哺乳动物雷帕霉素靶蛋白）活性，调控葡萄糖代谢	沙棘果、叶、籽均可通过激活PI3K-Akt通路发挥细胞保护作用；其中，沙棘果在心血管疾病防治中具潜在应用，沙棘叶、籽在糖尿病及其并发症、心肌缺血再灌注损伤等疾病防治方面存在潜在应用价值	[112-115]

注：Nrf2：NF-E2相关因子-2（NF-E2-related factor-2）；ARE：抗氧化反应元件（anti-oxidant response element）；HO-1：血红素加氧酶-1（heme oxygenase-1）；NQO1：NAD(P)H 羧基氧化酶1[NAD(P)H oxidoreductase 1]；PI3K：磷脂酰肌醇-3-激酶（phosphatidylinositol 3-kinase）；Akt：蛋白激酶 B。

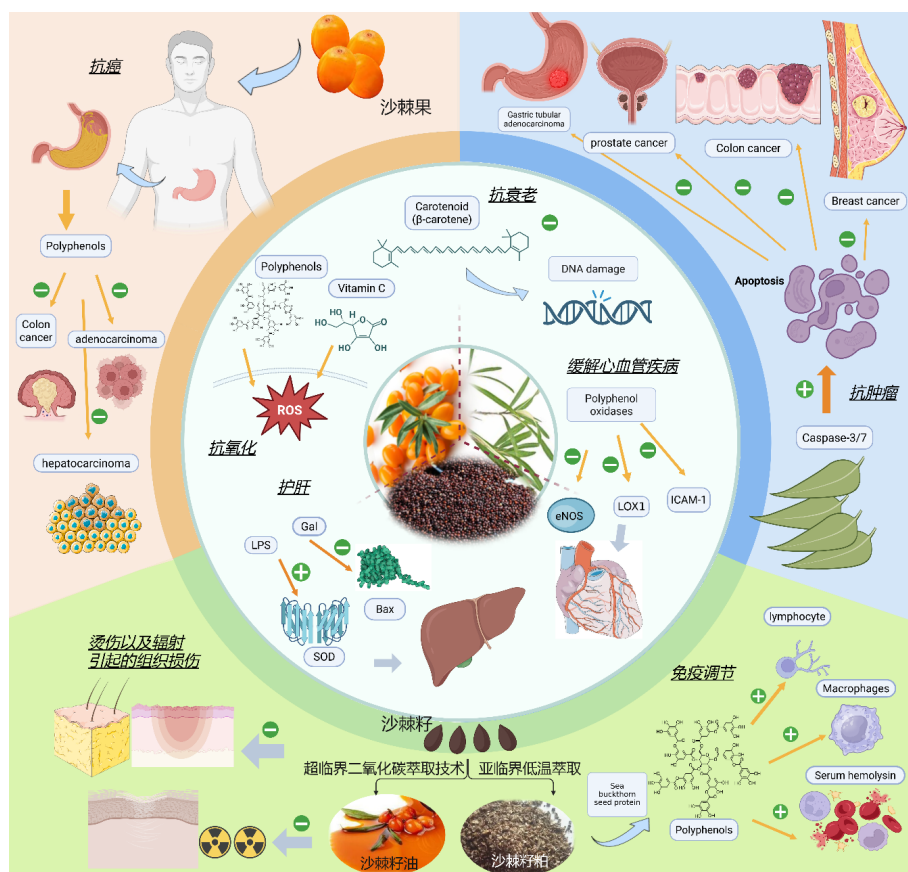


图1 沙棘不同部位代表药理作用图

Figure 1. Pharmacological effects of different parts of Sea buckthorn

6 结语

沙棘在《中国药典（2020年版）》一部中的记载，充分肯定了沙棘的医用价值。沙棘中含有丰富的黄酮类、碳水化合物、维生素、油脂及脂肪酸、酚类及有机酸、氨基酸、蛋白质等，具有良好的抗氧化、护肝、降血糖血脂、抗肿瘤、抗炎等药理作用，是一种极具应用前景的药用植物。然而沙棘黄酮类、油脂类、脂肪酸类活性物质是目前研究和应用最广泛的一类。随着现代萃取技术与生命科学的发展，应进一步开展对沙棘药效物质的提取与药效作用的研究，为推动沙棘各部分资源的合理利用提供理论依据。

在产品方面,沙棘作为一种药食同源植物,具有很好的营养保健作用和药用价值。目前人们对沙棘的果实和叶开发了诸多产品。然而,对其药效物质基础认识不足,用药部位盲目,资源浪费严重,产业发展粗放,产品附加值低。因此,通过对沙棘资源的多元化利用,开发出一系列功能性产品,在食品、医药、化妆品、

饲料等领域得到更多的应用,从而达到对沙棘资源的有效利用,以减少浪费,创造沙棘更多的社会效益。

参考文献

- 1 中国药典 2020 年版·一部[S]. 2020: 191.
- 2 王颖, 张智锋, 任婧楠, 等. 沙棘活性成分及功能特性的研究进展[J]. 现代食品科技, 2025, 41(4): 373–381. [Wang Y, Zhang ZF, Ren JN, et al. Research progress on active ingredients and functional characteristics of Sea buckthorn[J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(4): 373–381.] DOI: [10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.4.0348](https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.4.0348).
- 3 高娟娟, 李栋, 苏丹, 等. 沙棘果油的提取工艺及其营养因子应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(13): 400–407. [Gao JJ, Li D, Su D, et al. Research progress on extraction process of Sea buckthorn fruit oil and application of its nutritional factors[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(13): 400–407.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2021060224](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021060224).
- 4 Ma X, Moilanen J, Laaksonen O, et al. Phenolic compounds and antioxidant activities of tea-type infusions processed from Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) leaves[J]. Food Chem, 2019, 272: 1–11. DOI: [10.1016/j.foodchem.2018.08.006](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.006).
- 5 Gutzeit D, Băleanu G, Winterhalter P, et al. Vitamin C content in

- Sea buckthorn berries (*Hippophaë rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) and related products: a kinetic study on storage stability and the determination of processing effects[J]. J Food Sci, 2008, 73(9): C615–620. DOI: [10.1111/j.1750-3841.2008.00957.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00957.x).
- 6 Ivanišová E, Blašková M, Terentjeva M, et al. Biological properties of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) derived products[J]. Acta Sci Pol Technol Aliment, 2020, 19(2): 195–205. DOI: [10.17306/J.AFS.0809](https://doi.org/10.17306/J.AFS.0809).
 - 7 谭亮, 赵静, 马家麟, 等. 青海玉树沙棘不同部位营养成分分析与营养价值评价[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(5): 807–816, 899. [Tan L, Zhao J, Ma JL, et al. Analysis of nutritional components and evaluation of nutritional value in different parts of Sea buckthorn from Yushu, Qinghai[J]. Natural Product Research and Development, 2018, 30(5): 807–816, 899.] DOI: [10.16333/j.1001-6880.2018.5.014](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.2018.5.014).
 - 8 林玉友, 王洪江, 张海旺, 等. 沙棘果实成分及影响因素研究进展[J]. 辽宁林业科技, 2022, (6): 52–56. [Lin YY, Wang HJ, Zhang HW, et al. Research progress on the components of Sea buckthorn fruits and their influencing factors[J]. LiaoNing Forestry Science and Technology, 2022, (6): 52–56.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1714.2022.06.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1714.2022.06.011).
 - 9 胡高爽, 高山, 王若桦, 等. 沙棘活性物质研究及开发利用现状[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(3): 218–224. [Hu GS, Gao S, Wang RH, et al. Research on active substances of Sea buckthorn and current situation of their development and utilization[J]. Food Research and Development, 2021, 42(3): 218–224.] DOI: [10.12161/j.issn.1005-6521.2021.03.036](https://doi.org/10.12161/j.issn.1005-6521.2021.03.036).
 - 10 李娜, 王佳乐, 刘建国, 等. 沙棘营养成分及药理活性研究现状[J]. 中国果菜, 2020, 40(5): 20–25, 31. [Li N, Wang JL, Liu JG, et al. Research status of nutritional components and pharmacological activities of Sea buckthorn[J]. China Fruit & Vegetable, 2020, 40(5): 20–25, 31.] DOI: [10.19590/j.cnki.1008-1038.2020.05.004](https://doi.org/10.19590/j.cnki.1008-1038.2020.05.004).
 - 11 陈雪涛, 赵三虎, 张先廷, 等. 不同提取方法对沙棘叶茶活性成分含量、抗氧化能力及 α -糖苷酶抑制活性的影响[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(14): 35–42. [Chen XT, Zhao SH, Zhang XT, et al. Effects of different extraction methods on the content of active ingredients, antioxidant capacity and α -glycosidase inhibitory activity of Sea buckthorn leaf tea[J]. Food Research and Development, 2024, 45(14): 35–42.] DOI: [10.12161/j.issn.1005-6521.2024.14.006](https://doi.org/10.12161/j.issn.1005-6521.2024.14.006).
 - 12 田建华. 产地及采集时间对沙棘叶多酚和总黄酮含量的影响[J]. 山西林业科技, 2023, 52(2): 18–21. [Tian JH. Effects of production areas and collection times on the contents of polyphenols and total flavonoids in Sea buckthorn leaves[J]. Shanxi Forestry Science and Technology, 2023, 52(2): 18–21.] DOI: [10.19989/j.cnki.1007-726X.20230206](https://doi.org/10.19989/j.cnki.1007-726X.20230206).
 - 13 Suryakumar G, Gupta A. Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)[J]. J Ethnopharmacol, 2011, 138(2): 268–278. DOI: [10.1016/j.jep.2011.09.024](https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.024).
 - 14 Sytařová I, Orsavová J, Snopek L, et al. Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times[J]. Food Chem, 2020, 310: 125784. DOI: [10.1016/j.foodchem.2019.125784](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125784).
 - 15 丁肇俊, 叶健文, 马佳琪, 等. 沙棘叶化学成分及药理作用研究进展[J]. 世界中医药, 2023, 18(5): 714–720. [Ding ZJ, Ye JW, Ma JQ, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of Sea buckthorn leaves[J]. World Chinese Medicine, 2023, 18(5): 714–720.] DOI: [10.3969/j.issn.1673-7202.2023.05.023](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-7202.2023.05.023).
 - 16 陈雪涛, 蒋秀梅, 赵三虎, 等. 不同品种沙棘叶茶成分及活性比较[J]. 中国果菜, 2022, 42(5): 26–33, 37. [Chen XT, Jiang XM, Zhao SH, et al. Study on the components and activity properties of different varieties of sea buckthorn leaf tea[J]. China Fruit & Vegetable, 2022, 42(5): 26–33, 37.] DOI: [10.19590/j.cnki.1008-1038.2022.05.005](https://doi.org/10.19590/j.cnki.1008-1038.2022.05.005).
 - 17 唐克. 沙棘果实不同部位果油及黄酮含量比较[J]. 黑龙江农业科学, 2023, (6): 55–60. [Tang K. Comparison of fruit oil and flavonoid contents in different parts of Sea buckthorn fruits[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2023, (6): 55–60.] DOI: [10.11942/j.issn1002-2767.2023.06.0055](https://doi.org/10.11942/j.issn1002-2767.2023.06.0055).
 - 18 魏璐, 田建华, 史鹏. 沙棘籽不同部位原花青素含量及抗氧化性研究[J]. 山西林业科技, 2022, 51(4): 4–6, 41. [Wei L, Tian JH, Shi P. Study on proanthocyanidin content and antioxidant activity in different parts of Sea buckthorn seeds[J]. Shanxi Forestry Science and Technology, 2022, 51(4): 4–6, 41.] DOI: [10.19989/j.cnki.1007-726X.20220402](https://doi.org/10.19989/j.cnki.1007-726X.20220402).
 - 19 王伟铨, 张宇, 王宇亮, 等. 沙棘果多酚提取工艺优化及其抗阿尔茨海默症活性[J]. 食品工业科技, 2020, 41(6): 135–141. [Wang WH, Zhang Y, Wang YL, et al. Optimization of extraction process of Sea buckthorn fruit polyphenols and its anti-Alzheimer's disease activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(6): 135–141.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2020.06.023](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020.06.023).
 - 20 Aliyev AT, Panieri E, Stepanić V, et al. Involvement of NRF2 in breast cancer and possible therapeutical role of polyphenols and melatonin[J]. Molecules, 2021, 26(7): 1853. DOI: [10.3390/molecules26071853](https://doi.org/10.3390/molecules26071853).
 - 21 Guo R, Guo X, Li T, et al. Comparative assessment of phytochemical profiles, antioxidant and antiproliferative activities of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries[J]. Food Chem, 2017, 221: 997–1003. DOI: [10.1016/j.foodchem.2016.11.063](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.063).
 - 22 Visan S, Soritau O, Tatomir C, et al. The bioactive properties of carotenoids from Lipophilic sea buckthorn extract (*Hippophae rhamnoides* L.) in Breast Cancer Cell Lines[J]. Molecules, 2023, 28(11): 4486. DOI: [10.3390/molecules28114486](https://doi.org/10.3390/molecules28114486).
 - 23 Guo R, Chang X, Guo X, et al. Phenolic compounds, antioxidant activity, antiproliferative activity and bioaccessibility of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries as affected by *in vitro* digestion[J]. Food Funct, 2017, 8(11): 4229–4240. DOI: [10.1039/c7fo00917h](https://doi.org/10.1039/c7fo00917h).
 - 24 崔米米. 沙棘果结合态多酚抗结肠癌效应的活性成分及分子机制[D]. 太原: 山西大学, 2021. DOI: [10.27284/d.cnki](https://doi.org/10.27284/d.cnki).

- gsxiu.2020.000528.
- 25 Chimento A, De Luca A, D'Amico M, et al. The involvement of natural polyphenols in molecular mechanisms inducing apoptosis in tumor cells: a promising adjuvant in cancer therapy[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(2): 1680. DOI: 10.3390/ijms24021680.
- 26 Jiang F, Guan H, Liu D, et al. Flavonoids from sea buckthorn inhibit the lipopolysaccharide-induced inflammatory response in RAW264.7 macrophages through the MAPK and NF- κ B pathways[J]. Food Funct, 2017, 8(3): 1313–1322. DOI: 10.1039/c6fo01873d.
- 27 Li Y, Chi G, Shen B, et al. Isorhamnetin ameliorates LPS-induced inflammatory response through downregulation of NF- κ B signaling[J]. Inflammation, 2016, 39(4): 1291–301. DOI: 10.1007/s10753-016-0361-z.
- 28 闫姗, 王晓坤, 杨林燕, 等. 异鼠李素的抗炎作用研究进展 [J]. 甘肃科技, 2020, 36(13): 115–118. [Yan S, Wang XK, Yang LY, et al. Research progress on anti-inflammatory effect of isorhamnetin[J]. Gansu Science and Technology, 2020, 36(13): 115–118.] DOI: 10.3969/j.issn.1000-0952.2020.13.037.
- 29 Ren QC, Li XH, Li QY, et al. Total flavonoids from sea buckthorn ameliorates lipopolysaccharide/cigarette smoke-induced airway inflammation[J]. Phytother Res, 2019, 33(8): 2102–2117. DOI: 10.1002/ptr.6404.
- 30 崔米米, 武海丽, 李汉卿, 等. 沙棘源多酚的提取及其抗肿瘤活性测定 [J]. 山西大学学报 (自然科学版), 2020, 43(3): 621–627. [Cui MM, Wu HL, Li HQ, et al. Extraction and anti-tumor activity determination of polyphenols from Hippophae rhamnoides[J]. Journal of Shanxi University (Natural Science Edition), 2020, 43(3): 621–627.] DOI: 10.13451/j.sxu.ns.2019080.
- 31 Suchal K, Bhatia J, Malik S, et al. Corrigendum: Seabuckthorn pulp oil protects against myocardial ischemia-reperfusion injury in rats through activation of Akt/eNOS[J]. Front Pharmacol, 2019, 9: 1557. DOI: 10.3389/fphar.2018.01557.
- 32 李浩, 彭喜洋, 吴泮萱, 等. 植物多酚对肠道微生态影响的研究进展 [J]. 食品与机械, 2019, 35(6): 222–226, 236. [Li H, Peng XY, Wu PX, et al. Research progress on the influence of plant polyphenols on intestinal microecology[J]. Food & Machinery, 2019, 35(6): 222–226, 236.] DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.06.040.
- 33 Attri S, Goel G. Influence of polyphenol rich seabuckthorn berries juice on release of polyphenols and colonic microbiota on exposure to simulated human digestion model[J]. Food Res Int, 2018, 111: 314–323. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.05.045.
- 34 Yuan L, Zhang W, Fang W, et al. Sea buckthorn polyphenols alleviate high-fat-diet-induced metabolic disorders in mice via reprogramming hepatic lipid homeostasis owing to directly targeting fatty acid synthase[J]. J Agric Food Chem, 2024, 72(15): 8632–8649. DOI: 10.1021/acs.jafc.4c01351.
- 35 Dannenberg D, Tuchscherer M, Nürnberg G, et al. Sea buckthorn pomace supplementation in the diet of growing pigs—effects on fatty acid metabolism, HPA activity and immune status[J]. Int J Mol, 2018, 19(2): 596. DOI: 10.3390/ijms19020596.
- 36 Mohtashami B, Khalilvandi-Behroozyar H, Pirmohammadi R, et al. The effect of supplemental bioactive fatty acids on growth performance and immune function of milk-fed Holstein dairy calves during heat stress[J]. Br J Nutr, 2022, 127(2): 188–201. DOI: 10.1017/S0007114521000908.
- 37 王蓉, 李胜男, 陈春, 等. 沙棘多糖对巨噬细胞和免疫抑制小鼠的免疫调节作用研究 [J]. 中南药学, 2020, 18(3): 384–388. [Wang R, Li SN, Chen C, et al. Study on the immunomodulatory effects of Sea buckthorn polysaccharides on macrophages and immunosuppressed mice[J]. Central South Pharmacy, 2020, 18(3): 384–388.] DOI: 10.7539/j.issn.1672-2981.2020.03.009.
- 38 刘峰, 马久太, 王浩仁, 等. 一测多评法测定沙棘鲜果中槲皮素、山柰素和异鼠李素含量 [J]. 中国药业, 2017, 26(13): 24–27. [Liu F, Ma JT, Wang HR, et al. Determination of quercetin, kaempferide and isorhamnetin in fresh Hippophae rhamnoides L. fruits by quantitative analysis of multi-components by single marker method[J]. China Pharmaceuticals, 2017, 26(13): 24–27.] DOI: 10.3969/j.issn.1006-4931.2017.13.007.
- 39 杜蕾蕾, 陈维. 不同沙棘叶中槲皮素、山柰酚和异鼠李素的含量比较 [J]. 成都医学院学报, 2015, 10(1): 28–30, 34. [Du LL, Chen C. Comparison of the contents of quercetin, kaempferol and isorhamnetin in different Sea buckthorn leaves[J]. Journal of Chengdu Medical College, 2015, 10(1): 28–30, 34.] DOI: 10.3969/j.issn.1674-2257.2015.01.007.
- 40 任梅娟, 卢永昌, 辛青霞, 等. HPLC 法测定沙棘籽粕中槲皮素山柰酚和异鼠李素的含量 [J]. 西北民族大学学报 (自然科学版), 2018, 39(1): 1–4. [Ren MJ, Lu YC, Xin QX, et al. Determination of quercetin, kaempferol and isorhamnetin in Sea buckthorn seed meal by HPLC[J]. Journal of Northwest University for Nationalities (Natural Science), 2018, 39(1): 1–4.] DOI: 10.14084/j.cnki.cn62-1188/n.2018.01.001.
- 41 赵磊. 沙棘质量综合评价及其活性成分异鼠李素修饰研究 [D]. 长春: 长春中医药大学, 2024. DOI: 10.26980/d.cnki.gcczc.2024.000086.
- 42 王静芳, 李珂, 刘金海, 等. 天然抗氧化剂—槲皮素 [J]. 化学与粘合, 2024, 46(6): 611–615, 630. [Wang JF, Li K, Liu JH, et al. Natural antioxidant-quercetin[J]. Chemistry and Adhesion, 2024, 46(6): 611–615, 630.] DOI: 10.3969/j.issn.1001-0017.2024.06.018.
- 43 樊鑫梅, 申雪丽, 闫丽丽, 等. 高效液相色谱法同时测定沙棘果中槲皮素、山柰酚和异鼠李素的含量 [J]. 中国医院药学杂志, 2012, 32(17): 1343–1346. [Fan XM, Shen XL, Yan LL, et al. Simultaneous determination of quercetin, kaempferol and isorhamnetin in Hippophae rhamnoides L. fruit by high performance liquid chromatography[J]. Chinese Journal of Hospital Pharmacy, 2012, 32(17): 1343–1346.] DOI: 10.13286/j.cnki.chinhosp pharmacy.2012.17.005.
- 44 董明慧, 陈雨晴, 汪磊, 等. 山柰酚在神经退行性疾病中的机制研究进展 [J]. 承德医学院学报, 2025, 42(2): 149–153. [Dong MH, Chen YQ, Wang L, et al. Research progress on the mechanism of kaempferol in neurodegenerative diseases[J]. Journal of Chengde Medical College, 2025, 42(2): 149–153.] DOI: 10.15921/j.cnki.cyx.2025.02.006.

- 45 焦亚辉. 基于无人机影像的沙棘表型信息提取及叶面积指数估测[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021. DOI: [10.27431/d.cnki.gxnyu.2021.000629](https://doi.org/10.27431/d.cnki.gxnyu.2021.000629).
- 46 钟心, 尤飞, 周振亚, 等. 我国沙棘产业发展现状与对策建议[J]. 世界林业研究, 2021, 34(3): 102–106. [Zhong X, You F, Zhou ZY, et al. Current situation and countermeasures of Seabuckthorn industry development in China[J]. World Forestry Research, 2021, 34(3): 102–106.] DOI: [10.13348/j.cnki.sjlyyj.2021.0014.y](https://doi.org/10.13348/j.cnki.sjlyyj.2021.0014.y).
- 47 黄媛媛, 张志斌. 沙棘的高效综合利用[J]. 食品安全导刊, 2020, (15): 147–148. [Huang YY, Zhang ZB. High-efficiency comprehensive utilization of Sea buckthorn[J]. China Food Safety Magazine, 2020, (15): 147–148.] DOI: [10.16043/j.cnki.cfs.2020.15.119](https://doi.org/10.16043/j.cnki.cfs.2020.15.119).
- 48 Pundir S, Garg P, Dwiwedi A, et al. Ethnomedicinal uses, phytochemistry and dermatological effects of *Hippophae rhamnoides* L.: A review[J]. J Ethnopharmacol, 2021, 266: 113434. DOI: [10.1016/j.jep.2020.113434](https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113434).
- 49 Tian Y, Puganani A, Alakomi HL, et al. Antioxidative and antibacterial activities of aqueous ethanol extracts of berries, leaves, and branches of berry plants[J]. Food Res Int, 2018, 106: 291–303. DOI: [10.1016/j.foodres.2017.12.071](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.071).
- 50 唐敏. 沙棘叶多酚在苹果汁保鲜中的应用[J]. 现代食品, 2022, 28(1): 93–95. [Tang M. Application of Sea buckthorn leaf polyphenols in apple juice preservation[J]. Modern Food, 2022, 28(1): 93–95.] DOI: [10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2022.01.026](https://doi.org/10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2022.01.026).
- 51 Tanwar H, Shweta, Singh D, et al. Anti-inflammatory activity of the functional groups present in *Hippophae rhamnoides* (Seabuckthorn) leaf extract[J]. Inflammopharmacology, 2018, 26(1): 291–301. DOI: [10.1007/s10787-017-0353-0](https://doi.org/10.1007/s10787-017-0353-0).
- 52 焦翔, 殷丽君, 程永强. 沙棘叶黄酮的提取及抑菌作用研究[J]. 食品科学, 2007, 28(8): 124–129. [Jiao X, Yin LJ, Cheng YQ. Study on extraction and antibacterial activity of flavonoids from Sea buckthorn leaves[J]. Food Science, 2007, 28(8): 124–129.] DOI: [10.3321/j.issn:1002-6630.2007.08.026](https://doi.org/10.3321/j.issn:1002-6630.2007.08.026).
- 53 Pichiah PB, Moon HJ, Park JE, et al. Ethanolic extract of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L) prevents high-fat diet-induced obesity in mice through down-regulation of adipogenic and lipogenic gene expression[J]. Nutr Res, 2012, 32(11): 856–864. DOI: [10.1016/j.nutres.2012.09.015](https://doi.org/10.1016/j.nutres.2012.09.015).
- 54 Kim SJ, Hwang E, Yi SS, et al. Sea buckthorn leaf extract inhibits glioma cell growth by reducing reactive oxygen species and promoting apoptosis[J]. Appl Biochem Biotechnol, 2017, 182(4): 1663–1674. DOI: [10.1007/s12010-017-2425-4](https://doi.org/10.1007/s12010-017-2425-4).
- 55 张欣. 沙棘叶提取物对结直肠癌细胞 HCT116 的抑制作用[D]. 太原: 山西大学, 2020. DOI: [10.27284/d.cnki.gsxiu.2020.000988](https://doi.org/10.27284/d.cnki.gsxiu.2020.000988).
- 56 Marciniak B, Kontek R, Żuchowski J, et al. Novel bioactive properties of low-polarity fractions from sea-buckthorn extracts (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson)–(in vitro)[J]. Biomed Pharmacother, 2021, 135: 111141. DOI: [10.1016/j.biopha.2020.111141](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.111141).
- 57 贾丛, 杜亚蓉, 孙坤. 沙棘总黄酮抑制肺癌 A549 增殖和迁移作用及机理[J]. 天然产物研究与开发, 2020, 32(6): 937–945, 952. [Jia C, Du YR, Sun K. Inhibitory effects and mechanisms of total flavonoids of Sea buckthorn on the proliferation and migration of lung cancer A549 cells[J]. Natural Product Research and Development, 2020, 32(6): 937–945, 952.] DOI: [10.16333/j.1001-6880.2020.6.005](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.2020.6.005).
- 58 武海丽, 杜锦娥, 路洋洋, 等. 沙棘叶多酚的分离纯化及其活性分析[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2023, 46(1): 236–243. [Wu HL, Du JE, Lu YY, et al. Isolation, purification and activity analysis of polyphenols from Sea buckthorn leaves[J]. Journal of Shanxi University (Natural Science Edition), 2023, 46(1): 236–243.] DOI: [10.13451/j.sxu.ns.2021090](https://doi.org/10.13451/j.sxu.ns.2021090).
- 59 路洋洋. 沙棘叶结合态多酚中抗肿瘤活性成分的分离纯化及成分分析[D]. 太原: 山西大学, 2020. DOI: [10.27284/d.cnki.gsxiu.2020.001745](https://doi.org/10.27284/d.cnki.gsxiu.2020.001745).
- 60 孔宇, 张倚菲, 韩鹏云, 等. 沙棘籽粕多酚提取工艺优化、组分分析及抗氧化性能研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 109–114. [Kong Y, Zhang YF, Han PY, et al. Optimization of extraction process, component analysis and antioxidant properties of polyphenols from Sea buckthorn seed meal[J]. China Oils and Fats, 2020, 45(4): 109–114.] DOI: [10.12166/j.zgyz.1003-7969/2020.04.022](https://doi.org/10.12166/j.zgyz.1003-7969/2020.04.022).
- 61 康天济, 王一, 戴临凤, 等. 沙棘叶对小鼠胃排空和家兔离体肠管运动影响的实验研究[J]. 中医药信息, 2012, 29(3): 111–112. [Kang TJ, Wang Y, Dai LF, et al. Experimental study on the effect of Sea buckthorn leaves on gastric emptying in mice and the movement of isolated intestinal tract in rabbits[J]. Information on Traditional Chinese Medicine, 2012, 29(3): 111–112.] DOI: [10.3969/j.issn.1002-2406.2012.03.047](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-2406.2012.03.047).
- 62 邹元生, 徐瑞, 温中平, 等. 沙棘籽原花青素提取物对小鼠免疫调节实验研究[J]. 国际沙棘研究与开发, 2012, 10(1): 5–11. [Zou YS, Xu R, Wen ZP, et al. Experimental study on immunomodulatory effects of proanthocyanidin extracts from Sea buckthorn seeds on mice[J]. The Global Seabuckthorn Research and Development, 2012, 10(1): 5–11.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-4836.2012.01.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4836.2012.01.003).
- 63 刘宇, 林童, 苏姗姗, 等. 沙棘籽油脂脂肪酸指纹图谱构建及掺假识别[J]. 中国口岸科学技术, 2023, 5(1): 53–60. [Liu Y, Lin T, Su SS, et al. Construction of fatty acid fingerprint and adulteration identification of Sea buckthorn seed oil[J]. China Port Science and Technology, 2023, 5(1): 53–60.] DOI: [10.3969/j.issn.1002-4689.2023.01.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-4689.2023.01.008).
- 64 张佳婵, 王昌涛, 赵丹, 等. 沙棘粕醇提物的定性定量分析及其对衰老小鼠肝脏抗氧化指标的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(2): 229–238. [Zhang JC, Wang CT, Zhao D, et al. Qualitative and quantitative analysis of ethanol extracts from Sea buckthorn meal and its effects on antioxidant indexes in the liver of aging mice[J]. Food Science, 2019, 40(2): 229–238.] DOI: [10.7506/spkx1002-6630-20180614-285](https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20180614-285).
- 65 韩月, 沈甦, 傅捷, 等. 基于宏基因组学与代谢组学探索完带汤治疗脾虚湿盛型外阴阴道假丝酵母菌病作用机制[J]. 四

- 川大学学报(医学版), 2025, 56(1): 68–73. [Han Y, Shen S, Fu J, et al. Mechanisms of Wandai decoction in improving vaginal flora of vulvovaginal candidiasis of the spleen deficiency and excessive dampness type: a study based on metagenomics and metabolomics[J]. Journal of Sichuan University (Medical Sciences), 2025, 56(1): 68–73.] DOI: [10.12182/20250160110](https://doi.org/10.12182/20250160110).
- 66 蔡良良, 何苗, 金友存, 等. 阴道内重组人干扰素 α -2b 阴道泡腾胶囊联合复方沙棘籽油栓对行宫颈锥切术后人乳头瘤病毒阳性宫颈癌前病变的治疗效果[J]. 陕西医学杂志, 2024, 53(10): 1391–1393, 1397. [Cai LL, He M, Jin YC, et al. Therapeutic effect of recombinant human interferon α -2b vaginal effervescent capsules combined with compound sea buckthorn seed oil suppository on human papillomavirus positive precancerous lesions of cervix after cervical conization[J]. Shaanxi Medical Journal, 2024, 53(10): 1391–1393, 1397.] DOI: [10.3969/j.issn.1000-7377.2024.10.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-7377.2024.10.020).
- 67 Yuan H, Shi F, Meng L, et al. Effect of Sea buckthorn protein on the intestinal microbial community in streptozotocin-induced diabetic mice[J]. Int J Biol Macromol, 2018, 107(Pt A): 1168–1174. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2017.09.090](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.090).
- 68 田俊生, 郑晓芬, 张丽增, 等. 沙棘籽油抗抑郁作用[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 279–282. [Tian JS, Zheng XF, Zhang LZ, et al. Antidepressant effect of Sea buckthorn seed oil[J]. Food Science, 2013, 34(19): 279–282.] DOI: [10.7506/spkx1002-6630-201319057](https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-201319057).
- 69 Tian JS, Liu CC, Xiang H, et al. Investigation on the antidepressant effect of Sea buckthorn seed oil through the GC–MS–based metabolomics approach coupled with multivariate analysis[J]. Food Funct, 2015, 6(11): 3585–3592. DOI: [10.1039/c5fo00695c](https://doi.org/10.1039/c5fo00695c).
- 70 Kashyap P, Kumar S, Singh D. Performance of antifreeze protein HrCHI4 from *Hippophae rhamnoides* in improving the structure and freshness of green beans upon cryopreservation[J]. Food Chem, 2020, 320: 126599. DOI: [10.1016/j.foodchem.2020.126599](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126599).
- 71 张晓凤, 薛延团, 张育浩, 等. 沙棘甾醇对酒精性胃黏膜损伤的保护作用[J]. 华西药学杂志, 2020, 35(1): 37–42. [Zhang XF, Xue YT, Zhang YH, et al. Protective effect of Sea buckthorn sterols on alcoholic gastric mucosal injury[J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2020, 35(1): 37–42.] DOI: [10.13375/j.cnki.wcjps.2020.01.008](https://doi.org/10.13375/j.cnki.wcjps.2020.01.008).
- 72 Wang Z, Zhao F, Wei P, et al. Phytochemistry, health benefits, and food applications of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): a comprehensive review[J]. Front Nutr, 2022, 9: 1036295. DOI: [10.3389/fnut.2022.1036295](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1036295).
- 73 Yuan H, Zhu X, Wang W, et al. Hypoglycemic and anti-inflammatory effects of seabuckthorn seed protein in diabetic ICR mice[J]. Food Funct, 2016, 7(3): 1610–1615. DOI: [10.1039/c5fo01600b](https://doi.org/10.1039/c5fo01600b).
- 74 刘雅娜, 包晓玮, 王娟, 等. 沙棘多糖抗运动性疲劳及抗氧化作用的研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(10): 321–326. [Liu YN, Bao XW, Wang J, et al. Study on the anti-sports fatigue and antioxidant effects of Sea buckthorn polysaccharides[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(10): 321–326.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2020080192](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020080192).
- 75 Angeli L, Morozova K, Scampicchio M. A kinetic-based stopped-flow DPPH method[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 7621. DOI: [10.1038/s41598-023-34382-7](https://doi.org/10.1038/s41598-023-34382-7).
- 76 汪成, 王怀友, 汪蔓青, 等. 不同产地沙棘果化学成分含量及抗氧化活性的研究[J]. 华西药学杂志, 2020, 35(5): 513–517. [Wang C, Wang HY, Wang MQ, et al. Study on the chemical composition content and antioxidant activity of Sea buckthorn fruits from different origins[J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2020, 35(5): 513–517.] DOI: [10.13375/j.cnki.wcjps.2020.05.010](https://doi.org/10.13375/j.cnki.wcjps.2020.05.010).
- 77 Nowak D, Gośliński M, Wojtowicz E, et al. Antioxidant properties and phenolic compounds of vitamin C-rich juices[J]. J Food Sci, 2018, 83(8): 2237–2246. DOI: [10.1111/1750-3841.14284](https://doi.org/10.1111/1750-3841.14284).
- 78 Kumar MS, Dutta R, Prasad D, et al. Subcritical water extraction of antioxidant compounds from Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaves for the comparative evaluation of antioxidant activity[J]. Food Chem, 2011, 127(3): 1309–1316. DOI: [10.1016/j.foodchem.2011.01.088](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.088).
- 79 Upadhyay NK, Kumar MS, Gupta A. Antioxidant, cytoprotective and antibacterial effects of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves[J]. Food Chem Toxicol, 2010, 48(12): 3443–3448. DOI: [10.1016/j.fct.2010.09.019](https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.09.019).
- 80 He Q, Yang K, Wu X, et al. Phenolic compounds, antioxidant activity and sensory evaluation of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaf tea[J]. Food Sci Nutr, 2022, 11(3): 1212–1222. DOI: [10.1002/fsn3.3155](https://doi.org/10.1002/fsn3.3155).
- 81 郑满荣, 吕晓玲, 王建新, 等. 3 种沙棘油的主要成分及抗氧化能力比较[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(8): 24–29. [Zheng MR, Lü XL, Wang JX, et al. Comparison of main components and antioxidant capabilities of three kinds of Sea buckthorn oils[J]. Food Research and Development, 2018, 39(8): 24–29.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-6521.2018.08.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-6521.2018.08.005).
- 82 Zhang G, Liu Y, Liu P. Active Components from Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) regulate hepatic stellate cell activation and liver fibrogenesis[J]. J Agric Food Chem, 2018, 66(46): 12257–12264. DOI: [10.1021/acs.jafc.8b05306](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05306).
- 83 葛晓燕, 房磊. 柳叶沙棘籽油对竭力运动后小鼠抗衰老能力的影响[J]. 动物医学进展, 2017, 38(12): 64–67. [Ge XY, Fang L. Effect of Hippophae salicifolia seed oil on anti-aging ability of mice after exhaustive exercise[J]. Progress in Veterinary Medicine, 2017, 38(12): 64–67.] DOI: [10.16437/j.cnki.1007-5038.2017.12.014](https://doi.org/10.16437/j.cnki.1007-5038.2017.12.014).
- 84 Vashishtha V, Barhwal K, Kumar A, et al. Effect of seabuckthorn seed oil in reducing cardiovascular risk factors: a longitudinal controlled trial on hypertensive subjects[J]. Clin Nutr, 2017, 36(5): 1231–1238. DOI: [10.1016/j.clnu.2016.07.013](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.07.013).
- 85 Chen Y, He W, Cao H, et al. Research progress of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) in prevention and treatment of cardiovascular disease[J]. Front Cardiovasc Med, 2024, 11: 1477636. DOI: [10.3389/fcvm.2024.1477636](https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1477636).
- 86 周浩楠, 胡娜, 董琦, 等. 沙棘化学成分及药理作用的研究进展[J]. 华西药学杂志, 2020, 35(2): 211–217. [Zhou HN, Hu N,

- Dong Q, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Hippophae rhamnoides*[J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2020, 35(2): 211–217.] DOI: [10.13375/j.cnki.wcjps.2020.02.023](https://doi.org/10.13375/j.cnki.wcjps.2020.02.023).
- 87 赵二芳, 赵三虎, 范建凤, 等. 天然产物中活性成分对 α -淀粉酶抑制作用研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2020, 41(19): 199–203. [Zhao EL, Zhao SH, Fan JF, et al. Research progress on the inhibitory effect of active ingredients in natural products on α -amylase[J]. Food Research and Development, 2020, 41(19): 199–203.] DOI: [10.12161/j.issn.1005-6521.2020.19.035](https://doi.org/10.12161/j.issn.1005-6521.2020.19.035).
 - 88 Ding X, Giannenas I, Skoufos I, et al. The effects of plant extracts on lipid metabolism of chickens—a review[J]. Anim Biosci, 2023, 36(5): 679–691. DOI: [10.5713/ab.22.0272](https://doi.org/10.5713/ab.22.0272).
 - 89 屈长青, 丁计银, 王新鲁, 等. 沙棘叶水提取物对小鼠非特异免疫功能的影响及抗凝血作用 [J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(11): 2562–2563. [Qu CQ, Ding JY, Wang XL, et al. Effects of water-extract of Seabuckthorn leaves on non-specific immune function and anticoagulant activity in mice[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2013, 33(11): 2562–2563.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-9202.2013.11.038](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2013.11.038).
 - 90 刘兵, 苑博, 宁天一, 等. 沙棘总黄酮对过氧化氢损伤人血管内皮细胞的保护作用 [J]. 中华中医药学刊, 2017, 35(8): 2158–2160. [Liu B, Yuan B, Ning TY, et al. Protective effect of total flavonoids of Sea buckthorn on hydrogen peroxide-induced injury of human vascular endothelial cells[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2017, 35(8): 2158–2160.] DOI: [10.13193/j.issn.1673-7717.2017.08.065](https://doi.org/10.13193/j.issn.1673-7717.2017.08.065).
 - 91 Yang F, Suo Y, Chen D, et al. Protection against vascular endothelial dysfunction by polyphenols in Sea buckthorn berries in rats with hyperlipidemia[J]. Biosci Trends, 2016, 10(3): 188–196. DOI: [10.5582/bst.2016.01056](https://doi.org/10.5582/bst.2016.01056).
 - 92 Skalski B, Kontek B, Olas B, et al. Phenolic fraction and nonpolar fraction from Sea buckthorn leaves and twigs: chemical profile and biological activity[J]. Future Med Chem, 2018, 10(20): 2381–2394. DOI: [10.4155/fmc-2018-0144](https://doi.org/10.4155/fmc-2018-0144).
 - 93 Wilson SMG, Peach JT, Fausset H, et al. Metabolic impact of polyphenol-rich aronia fruit juice mediated by inflammation status of gut microbiome donors in humanized mouse model[J]. Front Nutr, 2023, 10: 1244692. DOI: [10.3389/fnut.2023.1244692](https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1244692).
 - 94 Wang Z, Zhou S, Jiang Y. Sea buckthorn pulp and seed oils ameliorate lipid metabolism disorders and modulate gut microbiota in C57BL/6J mice on high-fat diet[J]. Front Nutr, 2022, 9: 1067813. DOI: [10.3389/fnut.2022.1067813](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1067813).
 - 95 Purushothaman J, Suryakumar G, Shukla D, et al. Modulation of hypoxia-induced pulmonary vascular leakage in rats by Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2011, 2011: 574524. DOI: [10.1093/ecam/nep199](https://doi.org/10.1093/ecam/nep199).
 - 96 李淑珍, 武飞, 杨宁, 等. 沙棘叶黄酮对小鼠急性肝损伤的保护作用 [J]. 四川师范大学学报 (自然科学版), 2016, 39(5): 765–769. [Li SZ, Wu F, Yang N, et al. Protective effect of flavonoids from Sea buckthorn leaves on acute liver injury in mice[J]. Journal of Sichuan Normal University (Natural Science), 2016, 39(5): 765–769.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-8395.2016.05.026](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-8395.2016.05.026).
 - 97 Zhang W, Zhang X, Zou K, et al. Seabuckthorn berry polysaccharide protects against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in mice via anti-oxidative and anti-inflammatory activities[J]. Food Funct, 2017, 8(9): 3130–3138. DOI: [10.1039/c7fo00399d](https://doi.org/10.1039/c7fo00399d).
 - 98 王昕旭, 王雪, 张晓慧, 等. 沙棘多糖对扑热息痛诱导的小鼠肝损伤保护作用的研究 [J]. 中国免疫学杂志, 2018, 34(7): 972–975. [Wang XX, Wang X, Zhang XH, et al. Protective effect of Sea buckthorn polysaccharides on paracetamol-induced liver injury in mice[J]. Chinese Journal of Immunology, 2018, 34(7): 972–975.] DOI: [10.3969/j.issn.1000-484X.2018.07.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-484X.2018.07.003).
 - 99 Zargar R, Raghuwanshi P, Koul AL, et al. Hepatoprotective effect of Seabuckthorn leaf-extract in lead acetate-intoxicated Wistar rats[J]. Drug Chem Toxicol, 2022, 45(1): 476–480. DOI: [10.1080/01480545.2020.1775630](https://doi.org/10.1080/01480545.2020.1775630).
 - 100 Chen Y, Cai Y, Wang K, et al. Bioactive compounds in Sea buckthorn and their efficacy in preventing and treating metabolic syndrome[J]. Foods, 2023, 12(10): 1985. DOI: [10.3390/foods12101985](https://doi.org/10.3390/foods12101985).
 - 101 刘芳, 赵世敏, 张威, 等. 沙棘多糖对急性肝损伤小鼠氧化应激的抑制作用及其对 BCL-2/Bax 和 PPAR- γ 的调控[J]. 中国免疫学杂志, 2016, 32(3): 358–361. [Liu F, Zhao SM, Zhang W, et al. Inhibitory effect of Sea buckthorn polysaccharides on oxidative stress in mice with acute liver injury and its regulation on BCL-2/Bax and PPAR- γ [J]. Chinese Journal of Immunology, 2016, 32(3): 358–361.] DOI: [10.3969/j.issn.1000-484X.2016.03.014](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-484X.2016.03.014).
 - 102 张晓慧, 宋亮, 赵世敏, 等. 沙棘多糖对脂多糖诱导的小鼠急性肝损伤的保护作用 [J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学版), 2017, 38(3): 1–7. [Zhang XH, Song L, Zhao SM, et al. Protective effect of Sea buckthorn polysaccharides on lipopolysaccharide-induced acute liver injury in mice[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University (Natural Science Edition), 2017, 38(3): 1–7.] DOI: [10.16853/j.cnki.1009-3575.2017.03.001](https://doi.org/10.16853/j.cnki.1009-3575.2017.03.001).
 - 103 Yang X, Wang Q, Pang ZR, et al. Flavonoid-enriched extract from *Hippophae rhamnoides* seed reduces high fat diet induced obesity, hypertriglyceridemia, and hepatic triglyceride accumulation in C57BL/6 mice[J]. Pharm Biol, 2017, 55(1): 1207–1214. DOI: [10.1080/13880209.2016.1278454](https://doi.org/10.1080/13880209.2016.1278454).
 - 104 朱凌凌, 段逸山, 高晞, 等. 带下病名源流考 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2018, 24(11): 1499–1501, 1543. [Zhu LL, Duan YS, Gao X, et al. Origin and development of the disease name of leukorrheal diseases[J]. Chinese Journal of Basic Medicine in Traditional Chinese Medicine, 2018, 24(11): 1499–1501, 1543.] DOI: [10.19945/j.cnki.issn.1006-3250.2018.11.002](https://doi.org/10.19945/j.cnki.issn.1006-3250.2018.11.002).
 - 105 宁志雪, 牛广财, 朱立斌, 等. 沙棘活性成分、生理功能及开发利用研究进展 [J]. 食品与机械, 2021, 37(11): 221–227, 240. [Ning ZX, Niu GC, Zhu LB, et al. Research progress on active components, physiological functions, development and utilization of *Hippophae rhamnoides*[J]. Food & Machinery, 2021, 37(11): 221–227, 240.] DOI: [10.13652/j.issn.1003-5788.2021.11.038](https://doi.org/10.13652/j.issn.1003-5788.2021.11.038).
 - 106 Cai D, Li X, Chen J, et al. A comprehensive review on innovative

- and advanced stabilization approaches of anthocyanin by modifying structure and controlling environmental factors[J]. Food Chem, 2022, 366: 130611. DOI: [10.1016/j.foodchem.2021.130611](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130611).
- 107 Paramasivan P, Kankia IH, Langdon SP, et al. Emerging role of nuclear factor erythroid 2-related factor 2 in the mechanism of action and resistance to anticancer therapies[J]. Cancer Drug Resist, 2019, 2(3): 490–515. DOI: [10.20517/cdr.2019.57](https://doi.org/10.20517/cdr.2019.57).
- 108 Mizuno K, Kume T, Muto C, et al. Glutathione biosynthesis via activation of the nuclear factor E2-related factor 2 (Nrf2)--antioxidant-response element (ARE) pathway is essential for neuroprotective effects of sulforaphane and 6-(methylsulfinyl) hexyl isothiocyanate[J]. J Pharmacol Sci, 2011, 115(3): 320–328. DOI: [10.1254/jphs.10257fp](https://doi.org/10.1254/jphs.10257fp).
- 109 Ji M, Gong X, Li X, et al. Advanced research on the antioxidant activity and mechanism of polyphenols from Hippophae species—a review[J]. Molecules, 2020, 25(4): 917. DOI: [10.3390/molecules25040917](https://doi.org/10.3390/molecules25040917).
- 110 Sajeeda A, Bhat AM, Gorke S, et al. Naringenin, a flavanone constituent from Sea buckthorn pulp extract, prevents ultraviolet (UV)-B radiation-induced skin damage via alleviation of impaired mitochondrial dynamics mediated inflammation in human dermal fibroblasts and Balb/c mice models[J]. J Photochem Photobiol B, 2024, 256: 112944. DOI: [10.1016/j.jphotobiol.2024.112944](https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2024.112944).
- 111 Wei J, Zhao J, Su T, et al. Flavonoid extract from seed residues of Hippophae rhamnoides ssp. sinensis protects against alcohol-induced intestinal barrier dysfunction by regulating the Nrf2 pathway[J]. Antioxidants (Basel), 2023, 12(3): 562. DOI: [10.3390/antiox12030562](https://doi.org/10.3390/antiox12030562).
- 112 Gao S, Guo Q, Qin C, et al. Sea buckthorn fruit oil extract alleviates insulin resistance through the PI3K/Akt signaling pathway in type 2 diabetes mellitus cells and rats[J]. J Agric Food Chem, 2017, 65(7): 1328–1336. DOI: [10.1021/acs.jafc.6b04682](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04682).
- 113 何倩, 杨凯琳, 吴欣艳, 等. 基于网络药理学、含量测定及活性评价探讨沙棘叶质量标志物及其潜在药用价值[J]. 中国中药杂志, 2023, 48(20): 5487–5497. [He Q, Yang KL, Wu XY, et al. Prediction of quality markers and medicinal value of Sea buckthorn leaves based on network pharmacology, content determination, and activity evaluation[J]. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi, 2023, 48(20): 5487–5497.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20230616.201](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20230616.201).
- 114 Xia CX, Gao AX, Dong TT, et al. Flavonoids from Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) mimic neurotrophic functions in inducing neurite outgrowth in cultured neurons: signaling via PI3K/Akt and ERK pathways[J]. Phytomedicine, 2023, 115: 154832. DOI: [10.1016/j.phymed.2023.154832](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2023.154832).
- 115 Xia CX, Gao AX, Zhu Y, et al. Flavonoids from Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) restore CUMS-induced depressive disorder and regulate the gut microbiota in mice[J]. Food Funct, 2023, 14(16): 7426–7438. DOI: [10.1039/d3fo01332d](https://doi.org/10.1039/d3fo01332d).
- 116 侯兴琳, 张同军, 兰莹. 沙棘亚麻籽油软胶囊降血脂功能及其安全性评价[J]. 中国油脂, 2022, 47(11): 30–37, 79. [Hou XL, Zhang TJ, Lan Y. Evaluation of the lipid-lowering function and safety of Sea buckthorn and linseed oil soft capsules[J]. China Oils and Fats, 2022, 47(11): 30–37, 79.] DOI: [10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.210451](https://doi.org/10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.210451).
- 117 Olas B. Sea buckthorn as a source of important bioactive compounds in cardiovascular diseases[J]. Food Chem Toxicol, 2016, 97: 199–204. DOI: [10.1016/j.fct.2016.09.008](https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.09.008).
- 收稿日期: 2025 年 04 月 03 日 修回日期: 2025 年 05 月 09 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳