沙棘叶的活性成分、生物功能及应用研究进展

任梦梦*，徐旭彤，晋程妮，郭建平，武晋海*

（山西师范大学食品科学学院，山西太原 030000）

摘要：沙棘叶资源储量丰富，开发前景广阔，近年来其生物活性成分及生理功能研究取得显著进展。沙棘叶富含黄酮、多酚、多糖、萜类等活性成分，具有抗炎、抗氧化、调节血糖血脂、保护肝脏等生物功能活性。本文概述了沙棘叶中所含的生物活性成分及其生理功能，同时总结了沙棘叶目前的应用发展现状，对沙棘叶未来的发展进行展望，为沙棘叶资源深加工和高效利用提供参考依据。

关键词：沙棘叶；活性成分；生理功能；应用领域；研究进展

文章编号：1673-9078(2026)10-386-393 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2026.10.0918

Advances in the Active Components, Biological Functions, and Applications of Sea Buckthorn Leaves

REN Mengmeng*, XU Xutong, JIN Chengni, GUO Jianping, WU Jinhai*

(College of Food Science, Shanxi Normal University, Taiyuan 030000, China)

Abstract: Sea buckthorn leaves are an abundant natural resource with considerable application potential. In recent years, significant progress has been made in the study of the bioactive components and physiological effects of sea buckthorn leaves. Sea buckthorn leaves are rich in flavonoids, polysaccharides, polyphenols, terpenoids, and other active components, exhibiting biological functions such as anti-inflammatory, antioxidant, blood glucose/lipid regulation, and hepatoprotective effects. This review comprehensively outlines the bioactive components of sea buckthorn leaves and their physiological functions, summarizes current applications and development status, and prospects future research directions. It provides a theoretical reference for the deep processing and efficient utilization of sea buckthorn leaf resources.

Key words: sea buckthorn leaf; active components; physiological function; application field; research advances

引文格式：

任梦梦,徐旭彤,晋程妮,等.沙棘叶的活性成分、生物功能及应用研究进展[J].现代食品科技,2026,42(10):386-393.

REN Mengmeng, XU Xutong, JIN Chengni, et al. Advances in the active components, biological functions, and applications of sea buckthorn leaves [J]. Modern Food Science and Technology, 2026, 42(10): 386-393.

沙棘（*Hippophae rhamnoides* L.）是胡颓子科沙棘属灌木果实，是集生态效应、药用价值和经济效益于一体的树种。据考证，沙棘在地球上已生存约两亿年[1]，其分布范围很广，主要分布在中温带大陆性气候的亚欧大陆，中国作为世界上沙棘资源最丰富的国家，沙棘资源约占世界沙棘资源的 90% 以上[2]，分布面积占据世界第一[3]。沙棘具有极强的环境适应性，在沙地、岩石及灌木丛中均可生长，能够涵养水源、净化空气，是保护和修复环境的理想树种。其枝条上多含有尖刺，新发的嫩枝呈褐绿色，老枝呈灰黑色；果实为橘红色或橙黄色的圆球状；其根系发达，并且长有根瘤[4]。长期以来沙棘的研究利用主要侧重于沙棘果，对沙棘的枝干、根、茎、叶等研究开发较少，导致沙棘其他副产品资源的价值被极大忽视。

沙棘叶是沙棘植株中产量最高的部分，据统计，沙棘叶的年产量（按每公顷计算）为 5 t，具有较高的

收稿日期：2025-07-01；修回日期：2025-08-25；接受日期：2025-08-27

基金项目：山西省基础研究计划资助项目（202203021222235；202203021222222；202203021222231）

作者简介：任梦梦（1992-），女，博士，讲师，研究方向：农产品深加工及副产物的综合利用，E-mail：renmengmeng58@163.com；

共同通讯作者：武晋海（1975-），男，博士，副教授，研究方向：功能食品及果蔬贮藏与加工，E-mail：wujh@sxnu.edu.cn

开发利用价值。沙棘叶外形为狭窄披针形或者圆状披针形[5]，通常为单叶互生。叶片背面为银白色，表面呈深灰绿色，覆盖有白色鳞毛，能够阻挡部分阳光，避免阳光直射，保护幼嫩枝叶免受灼伤萎蔫；沙棘枝叶茂密，能够缓冲雨水降落的冲击力，产生的枯枝烂叶也为土壤提供了养分[6]。

近年来沙棘叶因其丰富的生物活性成分和多样的生理功能逐渐成为研究热点。沙棘叶不仅含有比果实更高含量的黄酮类、多酚类和多糖等活性物质，还具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤等多种生理活性，在功能性食品、药物开发和保健品领域展现出广阔的应用前景。随着现代分析技术和分子生物学的发展，对沙棘叶活性成分及其作用机制的研究不断深入，为其质量控制和产品开发提供了科学依据。目前有关沙棘叶活性成分和生理功能的研究缺乏系统的梳理，本文旨在系统综述沙棘叶的主要活性成分、生理功能及其应用研究进展，为沙棘叶资源的深入研究和高值化利用提供参考。

1 沙棘叶的活性成分

1.1 黄酮类化合物

黄酮类化合物是具有 C6-C3-C6 基本结构的植物次生代谢产物，广泛存在于高等植物中并参与多种生物功能。在沙棘植株中，其根、茎、叶、花、果实均含有黄酮类化合物，但含量因部位而异。其中，沙棘叶的黄酮含量最高，达 2.24%（干基）[7]。且其含量呈现季节性变化：5~7 月间较高且稳定，9 月则显著下降[8]。作为沙棘叶的特征成分，黄酮类化合物赋予其抗氧化、抗炎及抗肿瘤等多种生物活性[9-11]。

表 1 沙棘叶黄酮不同提取法对比

Table 1 Comparison of different extraction methods for flavonoids from sea buckthorn leaves

提取方法	得率/%	优点	缺点	参考文献
微波辅助提取法	4.21	节省时间，安全节能	设备成本高	[18]
超声波辅助提取	1.05	提取率高，操作简单	能耗高	[19]
乙醇回流提取	6.06	杂质较少，得率增加	溶剂消耗量大，耗时长	[20]
酶辅助提取	7.2	条件温和，有机溶剂消耗少	对温度、pH 值等要求较高，提取时需要严格控制条件	[21]
亚临界水提法	6.87	安全环保，生产成本低，提取效率较高	对设备要求高，操作条件较为严格	[22]

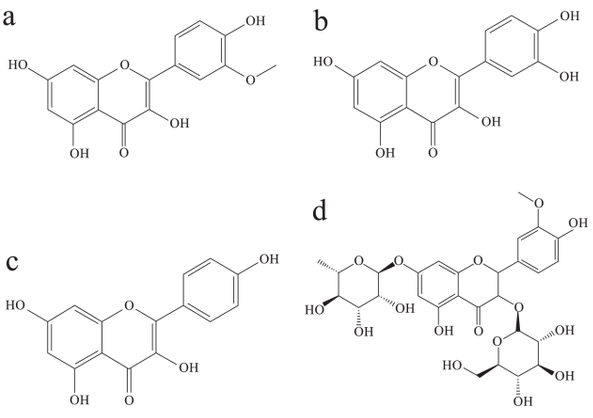


图 1 黄酮类化合物结构图

Fig.1 Flavonoid structure diagram

注：（a）异鼠李素；(b) 槲皮素；(c）山柰酚；(d）异鼠李素-3-O-葡萄糖苷-7-O-鼠李糖苷。

沙棘叶黄酮的提取方式主要有有机溶剂提取、超声临界流体萃取法、微波辅助提取法、超声波辅助提取法、酶提取法等[12]，表 1 对比了沙棘叶黄酮的各类提取方法，阐述了每种方法的优势与局限性，并呈现对应的得率。目前已经从沙棘叶中鉴定出 50 多种黄酮类化合物，主要以黄酮醇类为主，包括槲皮素、山柰酚、异鼠李素等黄酮醇苷元。这些苷元与葡萄糖、鼠李糖、芸香糖、半乳糖等结合可形成黄酮醇苷类化合物，也是沙棘叶中黄酮的主要存在形式，如异鼠李素-3-O-葡萄糖苷-7-O-鼠李糖苷、山柰酚-3-O-葡萄糖苷、槲皮素-3-O-葡萄糖苷等，部分黄酮类化合物分子结构示意图如图 1 所示[9,13,14]。沙棘叶中的主要黄酮类化合物（如异鼠李素、槲皮素及其苷类）依赖酚羟基结构清除多种自由基，保护细胞免受氧化损伤，酚羟基数量增加可增强其抗氧化能力[15]。黄酮醇的生物利用度较高，苷元形式的黄酮（如槲皮素）通常比其糖苷形式（如芦丁）具有更强的体外自由基清除能力，原因可能在于糖基化降低了酚羟基的反应活性[16,17]。

1.2 多酚类化合物

沙棘叶中还富含大量（黄酮类以外）的多酚类化合物，其结构中包含多个酚羟基，以自由态多酚（Free Polyphenols, FP）和结合态多酚（Bound Polyphenols, BP）两种形式存在。沙棘叶中总酚含量显著高于沙棘浆果，约为沙棘浆果的四倍，其中雌株叶片的含量可达 165.76 $mg \cdot g^{-1}$，雄株叶片中的含量为 123.78 $mg \cdot g^{-1}$（以干基计），且含量受季节的影响，在 5 月达到峰值，主要成分包括槲皮苷、绿原酸、原儿茶酸、儿茶素等[23,24]，分子结构示意图如图 2 所示。沙棘叶多酚类化合物已被证实具有多种生物活性，包括抗氧化、降

脂和抗炎等功效[25,26]。其抗氧化作用机制主要通过酚羟基提供氢原子来捕获自由基，其活性与酚羟基数量、共轭体系等相关。

沙棘叶多酚的提取方法主要有溶剂浸提法、超声波辅助提取法、微波提取法、闪式提取法、超临界流体萃取技术等[27]，可通过柱层析法、膜分离技术、沉淀法、高速逆流色谱法（HSCCC）等方法对多酚进行纯化。Karolina 等[28]的研究表明沙棘叶中的酚类化合物类型较多，包括黄酮醇、酚酸、黄烷 -3- 醇、聚合物原花青素等。其中，黄酮醇又包含槲皮素衍生物、异鼠李素衍生物、山奈酚衍生物等，多数叶片富含槲皮素-3-O- 葡萄糖苷和槲皮素-3-O- 芸香糖苷[24]。Ma 等[29]通过 HPLC-DAD-ESI-MS/MS 对沙棘叶中酚类化合物进行鉴定，检测出黄酮醇苷和鞣花单宁，黄酮醇苷中活性物质主要包括鼠李糖苷、芸香糖苷、葡萄糖苷等，其中鼠李糖苷占比最大；鞣花单宁包括河马素 B、河马素 C、木麻黄素等，其中木麻黄素含量最高。

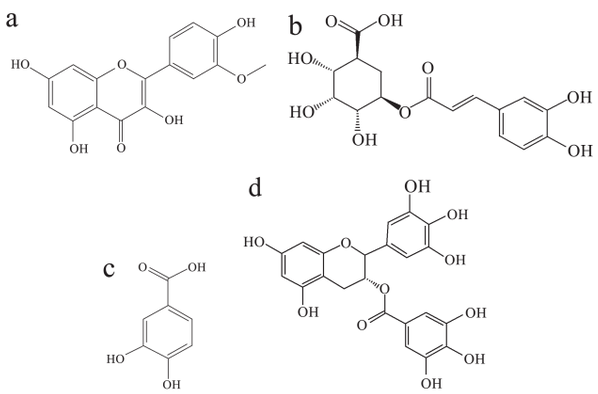


图 2 多酚类化合物结构图

Fig.2 Polyphenol structure diagram

注：a 为槲皮糖苷；b 为绿原酸；c 为原儿茶酸；d 为儿茶素。

1.3 多糖

多糖是由 10 个以上单糖分子通过不同类型的糖苷键连接形成的链状结构，是大分子聚合物，也是沙棘叶中主要活性成分之一，其含量少于沙棘果中多糖含量，可达 236.07 mg·g^{-1}（以干基计）[30]。沙棘叶多糖已被证实具有多种生物活性，包括免疫调节、抗氧化和抗炎等功效。

沙棘叶多糖的提取方法主要有溶剂浸提法、微波辅助提取、超声波辅助提取、超临界萃取法、闪式提取法等，可以采用膜分离法、柱层析法、沉淀法等对沙棘叶多糖进行纯化，在结构研究方面，Liu 等[31]采用热水提取结合乙醇沉淀获得沙棘叶水溶性粗多糖，分析表明其由木糖、阿拉伯糖、甘露糖、葡萄糖及半乳糖组成。Wang 等[32]在研究沙棘多糖的化妆品应用时，也指出其单糖组成包含葡萄糖、鼠李糖、果糖、甘露糖、半乳糖和阿拉伯糖等。 宋年年等[33]进一步对沙棘叶多糖进行结构鉴定，发现其主链可能主要由半乳糖及阿拉伯糖组成，末端或支链主要由鼠李糖、阿拉伯糖及葡萄糖组成，并具有三螺旋结构。重要的是，其研究还阐明了该多糖发挥抗氧化活性的潜在机制：沙棘叶多糖通过上调超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）及过氧化氢酶（CAT）的活性，同时增强肠道菌群短链脂肪酸（SCFA）的合成，从而有效改善 D-半乳糖诱导的氧化应激。

1.4 萜类化合物

萜类化合物是异戊二烯的聚合物及其含氧衍生物的总称，广泛存在于植物中。根据所含异戊二烯单元数量的不同，萜类化合物可分为单萜、倍半萜、二萜、三萜和多萜等。目前共从沙棘中鉴别出 20 多种萜类化合物，其中三萜类化合物是沙棘叶中含量最丰富、最具研究价值的成分[34]。沙棘叶三萜酸粗提物已被证实具有调节糖脂代谢的作用，能够改善糖尿病大鼠的胰岛素抵抗及高糖环境下的慢性炎症状态，这为沙棘叶三萜类化合物的药用开发提供了重要依据[35]。

三萜类化合物的提取方法有酶辅助提取法[36]、超声提取法、有机溶剂提取[37]等。超声－乙醇回流提取法显示出较优的提取效果，刘伟等[37]通过该法从沙棘叶中提取三萜类物质，获得 2.332 mg·g^{-1} 的较高得率。沙棘中三萜类化合物的含量受到多种因素的影响，包括产地、部位、生长期和树龄等，其中沙棘叶的三萜含量显著高于沙棘果和沙棘籽。不同树龄的沙棘及沙棘的不同部位（根、茎和叶）的总三萜含量差异显著，其中沙棘幼苗叶中总三萜含量最高[38]。

三萜类化合物是由 6 个异戊二烯单位聚合而成的萜类物质，根据成环数目的不同可分为五环三萜类与四环三萜类。其中，五环三萜酸类化合物因具有显著的降糖活性而备受关注，代表性成分包括科罗索酸、齐墩果酸和熊果酸[39]。沙棘叶中这三种活性成分的含量分别为 0.332、0.875、1.125 mg·g^{-1}（以干基计）。这些化合物具有相似的五环三萜骨架，但在官能团的位置和构型上有所不同，高度环化的萜烯骨架以及带有的羧基、羟基等官能团，使其具有一定的亲脂性和生物活性。

2 沙棘叶的生理功能

沙棘叶作为药食同源植物，丰富的黄酮类、多糖类、多酚等成分赋予了其多种生物功能，使其具有抗炎、抗氧化、抗疲劳、调节血糖血脂、保护肝脏、保护肾脏、抗癌等功能[40,41]。

2.1 抗炎

沙棘叶提取物具有明显的抗炎作用，可应用于治疗消化系统炎症（如胃炎、肠炎）、皮肤炎症（如湿疹、皮炎），对关节炎也有潜在的作用，如减轻关节的红肿和疼痛。体外研究表明，沙棘叶提取物通过抑制脂多糖诱导的 NO、促炎细胞因子的产生及 iNOS 和 COX-2 的表达，从而显示出显著的抗炎作用[42]。其中鞣质类化合物已被证明具有抗肥胖及调控炎症反应的作用，并且随着没食子酰基和六羟基联苯二甲酰基数目的增多，鞣质的抗炎活性可能增强[43]。

2.2 抗氧化

沙棘叶、茎和果实均具有一定的抗氧化活性，其中沙棘叶的抗氧化能力最强。沙棘叶中芸香苷、槲皮素等化合物均表现出显著的抗氧化活性[44]。Liu 等[31]从沙棘叶中提取、分离、纯化出 6 种多糖，粗多糖对 DPPH 自由基、$ABTS^+$ 自由基和羟基自由基具有较强的清除活性，对 RAW264.7 巨噬细胞均有免疫刺激作用，表明沙棘叶多糖可能是有效的抗氧化免疫增强剂和生产剂。沙棘叶中丰富的生物活性成分赋予其较强的抗氧化活性，使得沙棘叶成为新型抗氧化剂。沙棘叶提取物已被证明具有较强的自由基清除能力和抑制脂质氧化的能力，已有研究证明沙棘叶提取物能有效地抑制猪肉火腿及腌制鸡腿片的脂质氧化，是猪肉火腿及腌制鸡腿片的天然抗氧化剂[45]。基于沙棘叶的抗氧化活性，沙棘叶提取物已被作为抗氧化剂加入食品，或是作为食品保鲜剂；也可以将沙棘叶加入保健食品中，通过摄入保健食品来增加抗氧化物质的摄入，促进体内自由基的清除。

2.3 调节血糖血脂作用

随着人们生活水平的提高和饮食结构的改变，高血糖、高血脂等代谢性疾病的发病率逐年攀升，严重威胁着人类健康。寻找安全有效的预防和治疗策略成为全球关注的焦点。沙棘叶提取物富含多酚、黄酮、多糖等有效组分，已被证明具有调节糖脂代谢的作用。沙棘叶提取物能够提升动物体内的总蛋白水平，增强营养物质吸收效率，促进动物生长发育；还可以促进胆固醇的转运和代谢，降低动物的脂质含量[46]。张瑞刚等[47]的研究表明沙棘叶茶多糖具有一定的降脂作用，其对脂肪酶的抑制率可达 60%~70%。沙棘叶黄酮胶囊也被证明具有降脂作用，经沙棘叶黄酮胶囊饲喂的高血脂大鼠，其血清中的高密度脂蛋白明显升高。此外，沙棘叶还能够清除肝脏中多余的胆固醇，调节脂质代谢，维持肝脏脂质代谢平衡。

除了对血脂的显著调节作用外，沙棘叶中的活性成分（如黄酮、科罗索酸、三萜酸等）在血糖代谢方面也发挥着重要的作用。沙棘叶可以通过控制 α-葡萄糖苷酶和 α-淀粉酶的活性，增加肌肉、肝脏中糖原合成，增加血糖的储存，从而起到降血糖的作用[48]。沙棘叶中的三萜酸成分可以降低大鼠空腹血糖水平、改善大鼠糖耐受量及胰岛素抵抗[39]。其中科罗索酸是一种具有类胰岛素功能的活性成分，已被证明具有良好的降血糖功效。沙棘叶科罗索酸提取物对四氧嘧啶诱导的糖尿病大鼠具有明显的降血糖功效，一方面可以提升机体的抗氧化能力，清除过多的自由基，减少胰腺、肝脏等器官的损伤，另一方面，通过调节糖代谢关键酶的活性，加快血糖的代谢和利用，并抑制肝糖原的分解和非糖物质的转化[49]。

2.4 保护肝脏

沙棘叶对肝脏的保护作用已得到多项研究的支持，其作用机制涉及抗氧化、抗炎、调节血脂等多个方面。Maheshwari 等[50]研究表明，沙棘叶提取物表现出明显的抗氧化活性，可以提高抗氧化酶（如 SOD、CAT）的表达，防止 CCl_4 引起的组织病理变化，如肝细胞坏死、脂肪变化、空泡化等，改善肝脏因氧化受到的损伤。Rizwana 等[51]研究表明，以 100 $mg \cdot kg^{-1}$ 体质量给药的沙棘叶提取物可以降低肝功能酶如天门冬氨酸氨基转移酶（AST）、丙氨酸转氨酶（ALT）、酸性磷酸酶（ACP）和碱性磷酸酶（ALP）等的活性，减轻醋酸铅对肝脏氧化状态的毒性作用，保护 Wistar 大鼠肝脏免受肝损伤。此外，有研究表明添加沙棘叶（SL）提取物和沙棘叶黄酮类苷提取物（SLG）可以通过抑制脂肪生成和增加脂肪酸氧化来限制肝脏脂质可利用性，包括抑制肝脏脂肪生成酶活性和 *SREBP1c* 基因表达，提高肝脏 β-氧化酶活性和 *CPT1a* 基因表达，从而降低肝脏脂肪毒性[52]。沙棘叶提取物保护肝脏作用机制如图 3 所示。

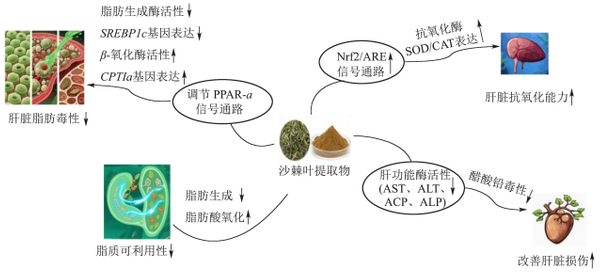


图 3 沙棘叶提取物保护肝脏作用机制

Fig.3 Mechanism of liver protection by sea buckthorn leaf extract

2.5 保护肾脏

沙棘叶在保护肾脏方面有显著的效果，其含有的

黄酮、多酚类化合物具有抗氧化功能，是保护肾脏的第一道防线，可以保证肾脏正常代谢养分、供应氧气，还能帮助肾脏维持电解质和水的平衡。沙棘叶的乙酸乙酯萃取物对 2 型糖尿病小鼠的肾脏有保护作用，显著降低空腹血糖水平和肌酐含量[53]。沙棘叶粗多糖可以通过提升小鼠血清中 SOD、GSH-Px 及 CAT 的活力，同时降低 MDA 含量，在一定剂量范围内有效缓解 D-半乳糖诱导的衰老模型小鼠的肾脏组织病变现象[33]。研究还发现，含 2.14% 科罗索酸的沙棘叶粗提物能够减轻高糖状态下肾脏和肝脏的病理损伤，对糖尿病大鼠的肾脏和肝脏具有显著保护作用[49]。此外，沙棘叶中的蛋白肽成分也被证实对小鼠肾脏具有保护作用[52]。这些研究结果共同证实了沙棘叶在肾脏保护方面的多重功效和潜在应用价值。

2.6 抗癌潜力

沙棘叶在抗癌方面有显著的潜力，其作用机制与抗氧化、抗炎及肾脏保护等功能密切相关，沙棘叶的抗氧化功能可以清除肾脏代谢产生的自由基，抗炎功能能够抑制炎症反应，这些作用共同为抗癌奠定了基础。沙棘不同器官（沙棘叶、沙棘果、沙棘籽）中含有的结合态多酚对多种癌细胞有显著的抑制作用，其中对结肠癌细胞 HCT116 效果尤为突出[53]。沙棘叶提取物通过内质网凋亡途径和改变线粒体外膜通透性共同作用，抑制结肠癌细胞生长[54]。此外，路洋洋[55]的研究进一步确定了沙棘叶结合态多酚发挥抗肿瘤效应的活性成分范围，并证实沙棘叶结合态多酚通过调控 PKM 选择性剪接逆转 Warburg 效应发挥抗肿瘤作用。除多酚类成分外，沙棘叶多糖在抗结肠癌方面也表现出一定功效，能显著提高促凋亡蛋白（caspase-3 和 Bax）的表达，促进结肠癌 CT-26 细胞的凋亡[56]。尽管目前沙棘叶提取物在一些体外实验和动物实验中表现出良好的抗癌潜力，其临床应用仍需进一步研究验证。

2.7 其他功能

此外，沙棘叶在抗冻、调节肠道菌群、抗假性过敏及抗凝血等方面有积极的影响。从沙棘叶中提取出的抗冻蛋白能够与冰晶结合，抑制冰晶进一步生长与扩散，有效维持植物细胞膜的稳定性，保护植物在低温下不受伤害[52]，保持正常的生理功能。沙棘叶多糖与多酚的联合处理能为肠道有益菌（如双歧杆菌）提供适宜的环境，促进其大量增殖；同时抑制有害菌（如产气荚膜梭菌）的生长繁殖，调节肠道微生态平衡[57]，促进肠道健康。最新研究发现沙棘叶具有抗假性过敏的作用，沙棘叶提取物及活性成分没食子酸可通过抑制 IP3 和 PLCγ1 的磷酸化，有效缓解 C48/80 引起的假性过敏反应，有望成为治疗假性过敏反应的新型药物[58]。研究表明，沙棘叶所含的多酚和三萜酸组分能有效抑制血小板活化，值得注意的是，该抑制作用并未伴随血小板蛋白质组的变化，也未影响血管扩张刺激磷蛋白（VASP）的磷酸化，表明其作用机制可能不依赖于血小板特异性 ADP 受体（P2Y12），表明其在抗凝血方面也有一定的作用，并可能对心血管疾病的预防和治疗产生重大影响[59]。沙棘叶的各种生理功能之间具有复杂的联系，相辅相成，共同构成一个有机的功能网络，对维持人体及动物生理平衡和身体健康起关键作用。

3 沙棘叶的加工利用现状

如今，沙棘叶在各个领域被广泛利用，在食品领域、畜牧养殖领域、医药领域等，均展现出巨大潜力。

3.1 食品领域

沙棘叶因其富含多种生物活性成分（如黄酮类化合物、多糖、多酚）及独特的保健功能，近年来在食品开发领域展现出广阔的应用前景。其加工与应用形式日趋多元化，主要涵盖茶饮制品、功能食品添加以及天然保鲜剂等方向。

沙棘叶茶是沙棘叶最常见的加工应用形式，因其咖啡碱含量低的特点，在功能性茶饮市场具有广阔的应用前景。目前沙棘叶茶的生产加工主要借鉴传统茶叶工艺：经杀青、揉捻、分筛、干燥等加工工序可制成绿茶型沙棘叶茶；经萎凋、揉捻、发酵、干燥等工艺可制成红茶型沙棘叶茶；加入茉莉花可窨制成沙棘叶茉莉茶[60]。冉丽梅等[61]对沙棘叶及其红茶制品的化学成分及抗氧化活性进行研究，结果表明与沙棘叶相比，沙棘叶红茶含有更高含量的多糖、茶多酚等活性物质，具有良好的抗氧化活性。还可将传统发酵茶中的有益菌引入沙棘叶，制备沙棘叶发酵茶。将金花菌接种于揉捻后的沙棘叶，参照茯茶“发花”工艺可制成沙棘叶茯茶，沙棘叶经过发酵可大大去除原有的青涩味，提升茶叶品质，同时增加总酚、总黄酮含量，并将黄酮糖苷转化为活性更高的苷元形式（如槲皮素、山柰酚、异鼠李素），从而显著提升其生理活性与生物利用度[62]。Chen 等[63]研究表明，沙棘叶发酵茶具有良好的降低血脂的特性，可显著抑制高脂血症大鼠的体重增加，降低脂质含量和血清氧化应激水平，改善肝脏形态和功能异常，并调节与肝脏脂质代谢相关的基因表达。此外，还可以沙棘叶为主料配以其他辅料，配制成复合茶，蔡苏云等[47]以沙棘茶叶、桑叶、决明子、

菊花、山楂和甘草为原料，研制出滋味醇厚，冲泡便捷的沙棘叶复配茶，并对其体外降血糖活性进行评价，结果表明，该复配茶对 α-葡萄糖苷酶及对 α-淀粉酶抑制率分别为 46.51% 和 16.02%，具有优良的体外降血糖活性。

现代食品加工技术拓展了沙棘叶在非茶类食品中的应用，将沙棘叶或沙棘叶提取物加入食品中，可制成具有特定保健功能的食品：段皓文等[64]从沙棘叶中提取出沙棘叶多糖，并将其作为原料添加至酸奶中，赋予产品独特的沙棘叶清香，并增强其保健价值。在面制品方面，将沙棘叶打浆后添加到面粉中，经过优化工艺配方，可制得表皮光滑、色泽淡绿、具有独特清香的饺子皮，丰富了面制品的营养与风味特性[65]。

沙棘叶中丰富的活性成分赋予沙棘叶良好的抗氧化和抗菌性能，因此在食品保鲜领域也得到了广泛应用，沙棘叶提取物作为一种天然的食品保鲜剂，可应用于果蔬、肉类等易腐食品的保鲜处理中。封可欣[66]利用壳聚糖包裹沙棘叶黄酮纯化物（1.0 mg·mL^{-1}）制成一种新型的复合保鲜剂剂（FCCP），采用 FCCP 作为活性包装材料对鲜切莴笋涂层，可有效防止鲜切莴笋氧化和变质，延长其保质期。范少丽等[67]以玉米醇溶蛋白为成膜剂，将玉米须黄酮与沙棘叶多酚复配制成复合涂膜保鲜剂，可使鲜羊肉在 4 ℃保鲜 25 d。

3.2 畜牧养殖领域

随着畜牧业的迅猛发展，饲料资源匮乏，沙棘叶凭借富含粗蛋白、氨基酸、钙、磷等营养成分的优势，已成为一种具有开发潜力的新型饲料原料。通过微生物、酶解等生物处理后，饲料的营养价值可被提高。将沙棘叶加入饲料中，沙棘叶黄酮不仅能改善畜禽肌肉脂肪代谢，提高免疫力，还能提升生产性能，带来可观的经济效益[68]。研究表明，在饲料中加入沙棘叶黄酮饲喂肉鸡，饲料中的钙磷利用率增加，促进肉鸡骨骼生长，骨骼强度增加，有利于改善体质[69]。沙棘叶在畜牧养殖中的应用不仅拓展了饲料资源，还通过其功能性成分提升了动物健康水平和生产性能。

3.3 医药领域

沙棘叶在医药领域的应用近年来备受关注，其富含的黄酮类、多糖类等生物活性成分具有多靶点药理活性，已成为天然药物研发的重要资源。沙棘叶可被开发成中药饮片和胶囊制剂，由沙棘叶、蒲公英、桑叶、菊苣提取物等按比例组合成的复合制剂，已被研究证实能有效调节脂质代谢，具有防治高脂血症的功效[70]。此外，通过微囊化技术包埋沙棘叶活性提取物（如黄酮），不仅能提升成分稳定性与溶解性，还可实现体内精准靶向递送与可控释放，从而大幅提高生物利用度[71]。

4 结论与展望

沙棘叶富含多种活性成分，包括黄酮、多酚、多糖、萜类等，这些成分赋予沙棘叶抗炎、抗氧化、保护肝脏、保护肾脏、调节血糖血脂等生理功能，使其在提高免疫力、改善机体健康状况、促进生长等方面展现出广阔的应用潜力。凭借独特风味和保健功效，沙棘叶产品日益契合消费者对天然健康食品的需求，目前已广泛应用于茶饮品、酸奶、面制品、动物饲料及胶囊等产品的开发。

尽管沙棘叶研究取得显著进展，但其深入研究和应用仍面临一些挑战和局限：（1）在食品加工过程中，沙棘叶活性成分（如黄酮、多酚）在高温、高压等条件下的稳定性及其结构、功能变化尚缺乏系统研究；（2）不同品种、不同产地沙棘叶的成分差异及其影响因素尚需系统研究。（3）目前关于沙棘叶的生理活性研究多停留于体外细胞实验或体内动物实验阶段，缺乏高质量的临床研究证据。（4）沙棘叶制品长期食用的安全性研究有待进一步完善。（5）食用适配性与质量管控存在空白，尚未明确特定人群食用禁忌及关键质控指标。

基于以上问题，未来研究可聚焦以下方向：（1）系统研究沙棘叶活性成分在加工中的降解动力学，阐明其构效关系变化规律。（2）系统研究不同产地及品种沙棘叶中活性成分的分布特征，揭示其差异性规律，以支撑沙棘叶资源的高效利用与品质标准化体系建设。（3）在沙棘叶的生物活性研究上，可深入研究各类活性成分的构效关系和分子作用机制，尤其是多组分在复杂生物体系中的作用靶点、信号通路及其协同效应。（4）开展系统的临床研究（包括人体耐受性试验、剂量探索试验等），全面评估沙棘叶及其提取物的安全性特征（如急性 / 亚慢性毒性、不良反应及药物相互作用），同时验证其潜在健康功效，为产品开发和市场推广提供更有力的科学支撑。（5）补充食用禁忌与质量管控体系研究，明确胃黏膜损伤人群、沙棘属过敏人群等禁忌范围及食用注意事项，建立生产环节菌落控制标准，制定原料活性成分含量阈值与成品安全食用指南。

参考文献

[1] CHEN A, FENG X W, BYAMBASUREN D, et al. Traditional food,

modern food and nutritional value of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): a review [J]. Journal of Future Foods, 2023, 3(3): 191-205.

[2] 赵二劳,杨洁,赵三虎,等.沙棘叶黄酮提取工艺及功能活性研究进展[J].分子植物育种,2019,17(12):4096-4101.

[3] 乌仁斯庆,姚玉军,张宇,等.不同产地和品种沙棘果品质研究[J].食品安全导刊,2022,23:80-85,125.

[4] 陈晓娜,赵纳祺,刘湘杰,等.蒙中杂交沙棘选育及其果实品质综合评价[J].中国野生植物资源,2024,43(11):37-43.

[5] 秦莉,程文杰,潘永斌,等.沙棘枝叶饲料的研究进展[J].家畜生态学报,2013,34(1):82-85.

[6] 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.

[7] 邢金香.沙棘不同部位总黄酮含量的比较研究[J].山西林业科技,2018,47(3):4-5.

[8] 姜依含.基于代谢组学和转录组学的沙棘叶功效物质动态分析[D].兰州:兰州大学,2024.

[9] ZHAO J, JIANG Y, BI Y, et al. Antioxidant and stress resistance properties of flavonoids from Chinese sea buckthorn Leaves from the Qinghai–Tibet Plateau [J]. Antioxidants, 2024, 13(7): 763.

[10] 林奕然,冯哲轩,胡思,等.沙棘叶黄酮类化合物提取方法、纯化技术及其药理作用研究进展[J].中南农业科技,2024,45(5):252-258.

[11] 李月,刘青,王悦,等.沙棘叶的应用及现代研究进展[J].中国中药杂志,2021,46(6):1326-1332.

[12] 卢俊.沙棘叶黄酮的提取方法及其在动物生产中应用的研究进展[J].饲料研究,2022,45(18):153-155.

[13] 秦振娴.中国沙棘和西藏沙棘叶中成分比较研究及其活性初步筛选[D].北京:北京中医药大学,2017.

[14] 冉贝贝,李卫东.沙棘果与沙棘叶化学成分及其差异的研究进展[J].中国中药杂志,2019,44(9):1767-1773.

[15] ZIELIŃSKA D, STAROWICZ M, WRONKOWSKA M, et al. Multifaceted biological activity of rutin, quercetin, and quercetin's glucosides [J]. Molecules, 2025, 30(12): 2555.

[16] XIAO J. Dietary flavonoid aglycones and their glycosides: Which show better biological significance? [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(9): 1874-1905.

[17] LI C, DAI T, CHEN J, et al. Modification of flavonoids: Methods and influences on biological activities [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2023, 63(31): 10637-10658.

[18] 刘馨雨,张海生,许铭芯,等.超声波微波协同提取沙棘叶黄酮及其组成和活性研究[J].核农学报,2022,36(7):1381-1390.

[19] 孙天宇,杨宏志.超声波法提取沙棘叶总黄酮最佳工艺的研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2012,24(3):45-50.

[20] 刘若琪,刘瑞,马福林,等.中国沙棘叶黄酮的提取及纯化研究[J].北方园艺,2024,23:88-96.

[21] 李丽丹,梁丹丹,郑帅印,等.复合酶协同微波提取沙棘叶黄酮工艺优化[J].广东蚕业,2024,58(4):38-43.

[22] 敖羽,张健,韩蓉,等.响应面优化沙棘叶总黄酮的亚临界水提取工艺[J].保鲜与加工,2025,25(4):60-66.

[23] ELGA S, DALIJA S, RUTA G, et al. Content of phenolic compounds in various sea buckthorn parts [J]. De Gruyter Poland, 2013, 67(4-5): 411-415.

[24] ADRIANA C, ADRIANA C U, ANDREA B, et al. Phytochemical composition and biological activity of berries and leaves from four Romanian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties [J]. Molecules, 2020, 25(5): 1170.

[25] 肖付才,邢晓轲,李颖奎,等.响应面法优化超声辅助提取沙棘叶多酚工艺及其抗氧化和降脂活性研究[J].天然产物研究与开发,2025,37(7):1331-1340.

[26] MASHWARI D T , KUMAR M S Y, SAROJ K V, et al. Antioxidant and hepatoprotective activities of phenolic rich fraction of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves [J]. Food and Chemical Toxicology, 2011, 49(9): 2422-2428.

[27] 黎祥研,唐金凤,郭敏敏,等.沙棘叶多酚研究进展[J].山东化工,2023,52(1):65-67.

[28] KAROLINA T, ANETA W, IGOR P T, et al. Triterpenoids, phenolic compounds, macro-and microelements in anatomical parts of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries, branches and leaves [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2021, 103: 104107.

[29] MA X Y, JOHANNA M, OSKAR L, et al. Phenolic compounds and antioxidant activities of tea-type infusions processed from sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) leaves [J]. Food Chemistry, 2019, 272: 1-11.

[30] 张燕.沙棘叶多糖的酶解工艺优化、体外生物活性及理化性质研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2024.

[31] LIU Y, RAN L M, WANG Y H, et al. Basic characterization, antioxidant and immunomodulatory activities of polysaccharides from sea buckthorn leaves [J]. Fitoterapia, 2023, 169: 105592.

[32] WANG H, CHENG N, WU Q Y, et al. Antioxidant activities of sea buckthorn polysaccharides and their potential application in cosmetic industry [J]. Journal of Dermatologic Science and Cosmetic Technology, 2024, 1(3): 100023.

[33] 宋年年,易宇欣,张小平,等.沙棘叶多糖结构表征及体内抗氧化活性分析[J].食品工业科技,2025,46(4):59-68.

[34] 王文娟.青海沙棘总三萜含量与树龄和部位的关系[J].草业科学,2014,31(2):342-345.

[35] 张璐.沙棘叶三萜酸粗提物降血糖活性实验研究[D].太原:山西大学,2016.

[36] 贾雯,林瑶,徐惠龙,等.酶辅助提取盐肤木总三萜工艺研究[J].北方药学,2024,21(2):4-7.

[37] 刘伟,周龙飞,李会,等.沙棘中三萜酸物质的提取及含量测定[J].生物加工过程,2023,21(1):50-56.

[38] 王文娟.青海沙棘总三萜含量与树龄和部位的关系[J].草业科学,2014,31(2):342-345.

[39] TENG H, HE Z G, HONG C Z, et al. Extraction, purification, structural characterization and pharmacological activities of polysaccharides from sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): a review [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2024, 324: 117809.

[40] SILVIA G, GIULIA C, GABRIELE R, et al. UHPLC-ESI-QTOF-MS screening of lignans and other phenolics in dry seeds for human consumption [J]. Journal of Functional Foods, 2017, 34: 229-236.

[41] HIMANSHI T, SHWETA, DIVYA S, et al. Anti-inflammatory activity of the functional groups present in *Hippophae rhamnoides* (seabuckthorn) leaf extract [J]. Inflammopharmacology, 2018, 26:

291- 301.
[42] 杨志刚,郑文惠,张凯雪,等.沙棘叶中鞣质类成分及其抗炎和抗肥胖活性研究[J].中草药,2019,50(12):2809-2816.
[43] PAULINA B, WIOLETTA B, IRYNA S, et al. Sea buckthorn leaves as a potential source of antioxidant substances [J]. Applied Sciences, 2024, 14(12): 5038.
[44] SARI M, JARKKO H, MAARIT M, et al. Bilberry and sea buckthorn leaves and their subcritical water extracts prevent lipid oxidation in meat products [J]. Foods, 2020, 9(3): 265.
[45] 刘艳丰.沙棘叶及其黄酮对阿勒泰羊生产性能、血液指标和脂代谢影响的研究[D].石河子:石河子大学,2019.
[46] 魏志成,左芳,童东,等.沙棘叶总黄酮胶囊对实验性高脂血症大鼠的影响[J].中药与临床,2016,7(4):33-34,41.
[47] 张瑞刚,王超越.沙棘叶茶多糖提取工艺优化及体外降脂活性研究[J].北方园艺,2024,1:93-99.
[48] 田晓东.沙棘叶科罗索酸的浓缩及其降血糖机制的研究[D].太原:山西大学,2016.
[49] 蔡苏云,张俊,韩毅丽,等.沙棘叶复配茶的研制及其体外降血糖活性[J].食品科技,2022,47(12):87-96
[50] MAHESHWARI D, KUMAR M Y, VERMA S K, et al. Antioxidant and hepatoprotective activities of phenolic rich fraction of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves [J]. Food and Chemical Toxicology, 2011, 49(9): 2422-2428.
[51] RIZWANA Z, PRATIKSHA R, ADITI L K, et al. Hepatoprotective effect of seabuckthorn leaf-extract in lead acetate-intoxicated wistar rats [J]. Drug and Chemical Toxicology, 2020, 45(1): 476-480.
[52] 杨阳,韩智良,王润梅,等.沙棘叶乙酸乙酯萃取物对链脲佐菌素诱导的2型糖尿病小鼠肾脏的保护作用[J].山西大同大学学报(自然科学版),2022,38(1):69-72.
[53] 王迪,李文霞,姚瑜,等.沙棘蛋白和多肽的提取及功能活性研究进展[J].食品工业科技,2022,43(3):447-455.
[54] 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.
[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.
[56] 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.
[57] 胡盼盼.沙棘叶多糖的提取优化及对CT-26细胞增殖的影响[J].食品工业科技,2021,42(24):159-164.
[58] DU W M, WANG F H, ZHANG H Y, et al. Polysaccharides and polyphenols in sea buckthorn leaf tea have synergistic impact on studied colonic strains *in vitro* and bacteria *in vivo* [J]. Acta Alimentaria, 2018, 47(4): 410-416.
[59] ZHANG X, WANG Z Y, LI Y, et al. Sea buckthorn leaves and gallic acid inhibit C48/80-induced pseudo-allergic reaction via the PLC/IP3 signaling pathway both *in vitro* and *in vivo* [J]. International Immunopharmacology, 2025, 154: 114563.
[60] BARTOSZ S, JOANNA R, ALEKSANDRA S, et al. Anti-Platelet properties of phenolic and nonpolar fractions isolated from various organs of *Elaeagnus rhamnoides* (L.) a.nelson in whole blood [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(6): 3282.
[61] 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.
[62] 冉丽梅,周鸿立,刘宇琦,等.吉林地区沙棘红茶活性成分及抗氧化活性的研究[J].吉林化工学院学报,2021,38(9):5-8,52.
[63] 顾秋亚,李姝瑶,杨文华,等.富含黄酮苷元沙棘叶发酵茶的制备及其生物活性[J].食品研究与开发,2022,43(24):118-124.
[64] CHEN S K, WEI W X, HUANG F Y, et al. Research on the mechanism of sea buckthorn leaf fu tea in the treatment of hyperlipidemia [J]. Heliyon, 2024, 10(12): 32343.
[65] 段皓文,李慧,杨阳.沙棘叶中多糖的提取及沙棘叶多糖酸奶的制作[J].食品界,2020,11:102-103,105.
[66] 崔薇,刘晓伟.基于响应面法优化沙棘叶饺子皮工艺研究[J].粮食与油脂,2021,34(7):78-81.
[67] 封可欣.超声波辅助提取沙棘叶黄酮及其生物活性的研究[D].长春:吉林大学,2023.
[68] 范少丽,魏富强,申小丽,等.羊肉涂膜保鲜工艺优化[J].食品与发酵工业,2012,38(8):221-225.
[69] 刘艳丰,王晶,王文奇,等.沙棘叶黄酮对绵羊瘤胃代谢和血清指标的影响[J].中国畜牧杂志,2016,52(7):66-70.
[70] 陈鑫,李垚,赵伟,等.沙棘叶总黄酮对AA肉鸡饲粮中钙磷利用率和胫骨发育的影响[J].中国饲料,2010,8:30-33.
[71] 邹元生,王辉斌,谭志超,等.一种防治高脂血症及抗血栓的沙棘叶组合物及制备方法:CN104491339A[P].20150408.
[72] 黄瑜.沙棘叶醇提物及其微胶囊对AchE的抑制和AD样SH-SY5Y细胞的抗氧化作用[D].哈尔滨:东北林业大学,2024.