

火麻仁油化学成分及药理作用的研究进展^Δ

武思楠^{1*},王雅倩¹,刘 洋¹,解瑾璐²,贾孟晓¹,祝侠丽^{1#}(1.河南中医药大学药学院,郑州 450046;2.河南中医药大学本草书院,郑州 450046)

中图分类号 R965;R284 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2026)17-2344-05
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2026.17.22



摘 要 火麻仁油是火麻仁的核心药效部位,包括脂肪酸及其酯类(如亚油酸、亚麻酸甲酯等)、生育酚类(如 α -生育酚、 β -生育酚等)、多酚类(如咖啡酸、槲皮素等)、大麻素类(如大麻二酚酸、大麻酚等)等多种活性成分。药理研究显示,火麻仁油具有抗氧化与抗衰老、降血脂与抗动脉粥样硬化、神经保护、抗炎、调节肠道微生态、改善肠黏膜屏障功能等作用,其作用机制涉及清除自由基、激活内源性抗氧化酶、改善中枢胆碱能系统功能、减轻神经炎症反应、调控炎症因子平衡、干预炎症信号通路、优化肠道菌群结构等。未来可针对火麻仁油的化学成分特点,构建“化学成分群-多靶点药效”关联网络,并拓展其在慢性疾病中的药效评价,从而推动其深度开发及临床转化。

关键词 火麻仁油;化学成分;药理作用;抗氧化;抗炎;肠道菌群

Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of hemp seed oil

WU Sinan¹, WANG Yaqian¹, LIU Yang¹, XIE Jincan², JIA Mengxiao¹, ZHU Xiali¹(1. School of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China; 2. Materia Medica College, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China)

ABSTRACT Hemp seed oil serves as the core pharmacodynamic part of hemp seed, containing various active constituents including fatty acids and their esters (such as linoleic acid, methyl linolenate, etc.), tocopherols (such as α -tocopherol, β -tocopherol, etc.), polyphenols (such as caffeic acid, quercetin, etc.), and cannabinoids (such as cannabidiolic acid, cannabitol, etc.). Pharmacological studies demonstrate that hemp seed oil exerts anti-oxidation and anti-aging, blood-lipid-lowering and anti-atherosclerotic, neuroprotective, anti-inflammatory effects, as well as functions in regulating intestinal microecology and improving intestinal mucosal barrier function. Its mechanisms are related to scavenging free radicals, activating endogenous antioxidant enzymes, improving the function of central cholinergic system, mitigating neuroinflammatory responses, regulating the balance of inflammatory factors, interfering with inflammatory signaling pathways, and optimizing the structure of intestinal microbiota. In future studies, a correlation network of “chemical component group-multi-target pharmacodynamic effect” can be constructed according to the chemical characteristics of hemp seed oil, and its pharmacodynamic evaluation for chronic diseases can be expanded, so as to promote its in-depth development and clinical transformation.

KEYWORDS hemp seed oil; chemical constituents; pharmacological effects; anti-oxidation; anti-inflammation; intestinal microbiota

火麻仁为桑科植物大麻 *Cannabis sativa* L. 的干燥成熟果实,收载于2025年版《中国药典》,其味甘,性平,归脾、胃、大肠经,具有润肠通便、滋养补虚之功效^[1-2]。火麻仁油(hemp seed oil, HSO)是火麻仁的核心药效部位,可通过物理冷榨、亚临界低温萃取或超临界CO₂萃取等工艺制备^[3],其主要含有脂肪酸及其酯类、生育酚类(以 γ -生育酚为主)、多酚类、大麻素类、植物甾醇类成分^[4-5]。

^Δ基金项目 河南省自然科学基金项目(No.252300423800);河南省科技攻关项目(No.262102311256)

* 第一作者 硕士研究生。研究方向:中药制剂新剂型、新技术与评价。E-mail:2025703103@hactcm.cn

通信作者 教授,博士生导师,博士。研究方向:中药制剂新技术、新剂型与评价。E-mail:zhuxiali1980@126.com

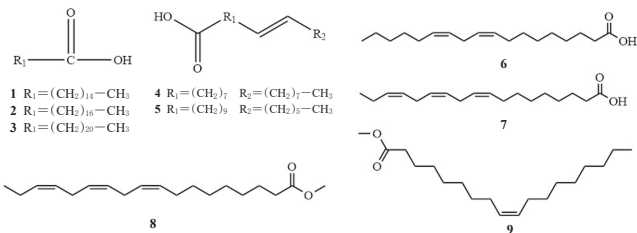
研究发现,HSO不仅具有预防心血管疾病、改善认知功能障碍、减轻氧化应激等多种药理活性^[6];还可作为药用辅料,用作纳米乳^[7]、脂质体^[8]等药物递送系统的油相基质,以辅助新药开发。由此可知,HSO具有广泛的应用前景。然而,HSO化学成分多样,其与药理效应之间的关系仍有待阐明。基于此,本文系统综述HSO的化学成分及药理作用研究进展,以为HSO的新药研发和临床应用提供理论支撑。

1 HSO的化学成分

1.1 脂肪酸及其酯类

HSO中脂肪酸主要分为饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)、单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)和多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty

acid, PUFA) 三大类, 其中不饱和脂肪酸占比达 89.83%^[9], 明显高于 SFA (7%~10%)^[10]。SFA 以 C16~C20 中长链脂肪酸为主, 主要包括棕榈酸、硬脂酸及山萘酸等^[11]。MUFA 以油酸为主, 占总脂肪酸的 10.93%; PUFA 占总脂肪酸的 80%, 其核心成分包括亚油酸、 α -亚麻酸及 γ -亚麻酸等, 其中亚油酸与 α -亚麻酸均为人体必需脂肪酸^[12-13]。此外, HSO 还富含亚麻酸甲酯、油酸甲酯等脂肪酸酯类衍生物^[14]。HSO 中部分脂肪酸及其酯类化合物的结构式见图 1。

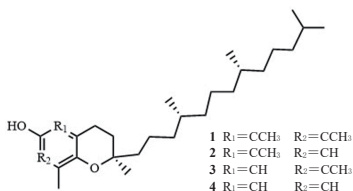


1: 棕榈酸; 2: 硬脂酸; 3: 山萘酸; 4: 油酸; 5: 棕榈油酸; 6: 亚油酸; 7: α -亚麻酸; 8: 亚麻酸甲酯; 9: 油酸甲酯。

图 1 HSO 中部分脂肪酸及其酯类化合物的结构式

1.2 生育酚类

生育酚是 HSO 中重要的脂溶性成分, 以苯并二氢吡喃环为母核, 根据苯环上甲基取代的数量和位置差异, 可分为 α -生育酚、 β -生育酚、 γ -生育酚和 δ -生育酚 4 种异构体^[15]。其中, γ -生育酚含量最高 (约 60%), 其次为 α -生育酚 (约 30%), β -生育酚与 δ -生育酚合计不足 10%^[16-17]。HSO 中生育酚类化合物的结构式见图 2。



1: α -生育酚; 2: β -生育酚; 3: γ -生育酚; 4: δ -生育酚。

图 2 HSO 中生育酚类化合物的结构式

1.3 多酚类

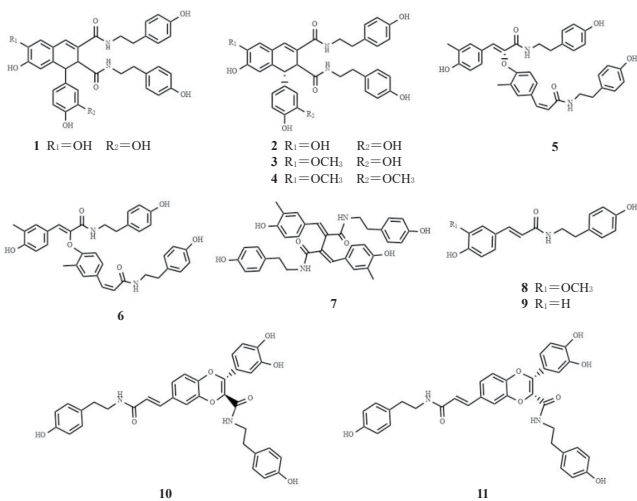
多酚类化合物是 HSO 中一类重要的次生代谢产物, 依据其化学结构可分为木脂素酰胺类、酚酸类及黄酮类三大类, 该类成分多以芳香环为骨架, 带有极性官能团, 兼具水溶性与脂溶性特征。

1.3.1 木脂素酰胺类

HSO 中木脂素酰胺类成分以苯丙素类单元为基本骨架, 通过酰胺键连接形成。目前已鉴定出大麻酰胺 A~G、*N*-反-阿魏酰酪胺、*N*-对-香豆酰酪胺及大麻酰胺 M 等代表性化合物^[18]以及 cannabisin M~Q、sativamides A~B、grossamide 等新化合物^[12, 19]。HSO 中部分木脂素酰胺类化合物的结构式见图 3。

1.3.2 酚酸类

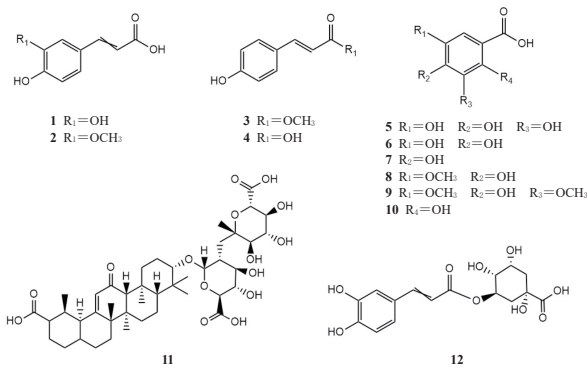
HSO 中酚酸类成分主要以游离态或酯化物形式存在, 可分为苯甲酸衍生物与羟基肉桂酸衍生物两大类。



1: 大麻酰胺A; 2: 大麻酰胺B; 3: 大麻酰胺C; 4: 大麻酰胺D; 5: 大麻酰胺E; 6: 大麻酰胺F; 7: 大麻酰胺G; 8: *N*-反-阿魏酰酪胺; 9: *N*-对-香豆酰酪胺; 10: 大麻酰胺M; 11: 大麻酰胺N。

图 3 HSO 中部分木脂素酰胺类化合物的结构式

目前, 已鉴定的苯甲酸衍生物包括对羟基苯甲酸、没食子酸、原儿茶酸、香草酸、丁香酸、水杨酸等, 羟基肉桂酸衍生物包括咖啡酸、阿魏酸、对香豆酸、甘草酸、绿原酸等^[20-22]。HSO 中部分酚酸类化合物的结构式见图 4。



1: 咖啡酸; 2: 阿魏酸; 3: 反式对羟基肉桂酸乙酯; 4: 对香豆酸; 5: 没食子酸; 6: 原儿茶酸; 7: 对羟基苯甲酸; 8: 香草酸; 9: 丁香酸; 10: 水杨酸; 11: 甘草酸; 12: 绿原酸。

图 4 HSO 中部分酚酸类化合物的结构式

1.3.3 黄酮类

HSO 中黄酮类化合物以 2-苯基色原酮为母核, 主要以游离苷元或糖苷形式存在。目前, HSO 中以游离苷元存在的黄酮类化合物包括槲皮素、木犀草素、芹菜素及大麻黄酮 A~B 等; 以糖苷形式存在的黄酮类化合物包括木犀草素-7-*O*- β -D-葡萄糖苷、芹菜素-7-*O*- β -D-葡萄糖苷及山柰酚-3-*O*-葡萄糖苷等^[23]; 此外, HSO 中黄酮类化合物还包括儿茶素、表儿茶素等黄烷醇类及柚皮素等黄酮醇类衍生物^[24]。HSO 中黄酮类化合物的结构式略。

1.4 大麻素类

HSO 中的大麻素类化合物是由聚酮与单萜形成的特征性微量次生代谢产物, 以苯并吡喃环为核心骨架, 分为酸性与中性两大类。目前, 在 HSO 中已鉴定的酸性

大麻素类化合物包括大麻二酚酸、四氢大麻酚酸-C1、大麻酚酸及次大麻二酚酸等;中性大麻素类化合物包括大麻二酚、 Δ^9 -四氢大麻酚、大麻酚等^[25-26]。HSO 中大麻素类化合物的结构式略。

1.5 其他类

除上述化合物外,HSO 中还含有萜烯类、植物甾醇类及甘油三酯类化合物等。目前,已鉴定的萜烯类化合物包括 β -榄香烯、樟脑、 α -法呢烯及植醇等^[27];植物甾醇类化合物包括豆甾醇、 β -谷甾醇、菜油甾醇等^[16];甘油三酯类化合物包括二亚麻酸油酸甘油酯、硬脂酸亚油酸亚麻酸甘油酯及山嵛酸亚油酸亚麻酸甘油酯等^[28]。HSO 中其他类化合物结构式略。

2 HSO 的药理作用

2.1 抗氧化与抗衰老作用

氧化应激是多种慢性疾病及机体衰老的重要病理基础。HSO 中富含的 γ -生育酚、木脂素酰胺类及多酚类成分,在体内外均表现出明确的抗氧化与抗衰老活性,其作用机制主要体现在直接清除自由基和激活内源性抗氧化酶两个方面^[29-33]。

Boussetta 等^[29]采用 DPPH 自由基清除实验对产自摩洛哥的 HSO 进行评估,结果显示,HSO 对 DPPH 自由基清除的半数抑制浓度低至 9.617 $\mu\text{g/mL}$,显著优于常用抗氧化剂抗坏血酸(61.34 $\mu\text{g/mL}$),表明 HSO 具有极强的清除自由基能力。还有研究发现,冷压的 HSO 在 3.433% 体积分数下即可清除 50% 的 DPPH 自由基,且对 ABTS⁺ 自由基的抑制率为 93.301%,具有较好的体外抗氧化活性^[30]。

另有研究发现,在老龄大鼠/小鼠中,HSO 可提高大鼠/小鼠血清及肝脏组织中谷胱甘肽、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)活性,降低丙二醛及蛋白质羰基含量,强化机体内源性抗氧化防御^[31-32]。在 D-半乳糖诱导的衰老大鼠中,HSO 可通过调节宿主代谢轮廓及肠道微生态结构,发挥抗衰老作用^[33]。

2.2 降血脂与抗动脉粥样硬化作用

高脂血症以甘油三酯、总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)升高及高密度脂蛋白胆固醇降低为核心特征,是动脉粥样硬化性心血管疾病的重要危险因素。HSO 因富含 PUFA 及 γ -生育酚等脂溶性活性成分,对血脂谱及动脉粥样硬化进程具有调节作用^[34-36]。

在降血脂方面,相关研究发现,HSO 可显著降低高脂血症大鼠 TC、LDL-C 水平和动脉粥样硬化指数以及血清天冬氨酸氨基转移酶、丙氨酸氨基转移酶活性,且其降血脂与保肝效果明显优于阳性对照药物辛伐他汀^[34]。还有研究发现,HSO 与藻油的混合物可剂量依赖性地降低高脂血症大鼠甘油三酯、TC、LDL-C 水平,升

高密度脂蛋白胆固醇水平,表现出一定调脂作用^[35]。在抗动脉粥样硬化方面,相关研究发现,HSO 可减少载脂蛋白 E 缺失小鼠的主动脉粥样硬化斑块面积,降低 TC、LDL-C 水平和动脉粥样硬化指数,这表明 HSO 对动脉粥样硬化具有一定改善作用^[36]。

2.3 神经保护作用

记忆功能的维持主要依赖于脑组织氧化稳态、神经信号传递及神经营养供给的协同作用。HSO 富含 γ -生育酚、大麻二酚等活性成分,对神经退行性疾病相关的认知功能障碍具有改善作用^[4,37-38]。

中枢胆碱能系统的完整性与学习记忆功能密切相关。在 D-半乳糖诱导的衰老小鼠中,HSO 可增加衰老小鼠在 Morris 水迷宫实验中的穿台次数,升高大脑皮层和海马区乙酰胆碱含量,增强胆碱乙酰转移酶活性,抑制乙酰胆碱酯酶活性,这表明 HSO 可有效改善衰老所致空间学习记忆障碍^[4]。

神经炎症与氧化应激是认知功能障碍的重要驱动因素。研究发现,HSO 及其活性成分大麻二酚可通过降低海马区促炎因子白细胞介素 1 β (interleukin-1 β , IL-1 β)水平,减轻神经炎症反应,从而改善抑郁小鼠的焦虑样行为和认知功能障碍^[37]。还有研究发现,HSO 可增强阿尔茨海默病小鼠脑组织中 SOD、过氧化氢酶活性,降低丙二醛水平,提示其可通过减轻脑内脂质过氧化损伤,发挥神经保护作用^[38]。

2.4 抗炎作用

炎症反应是机体应对损伤或刺激的防御性机制,但慢性炎症或过度激活的炎症级联反应会导致组织损伤。HSO 可通过调控炎症因子平衡、干预炎症信号通路及调节免疫细胞功能等发挥抗炎作用^[39-43]。

在调控炎症因子平衡方面,相关研究发现,HSO 可降低衰老小鼠血清中肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)、C 反应蛋白及 Toll 样受体 4 表达水平,提高 SOD 与 GSH-Px 活性,从而发挥抗炎与抗氧化协同作用^[39]。还有研究发现,HSO 可抑制代谢综合征大鼠肝组织中核因子 κB (nuclear factor- κB , NF- κB)的核转位,降低 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 水平,下调单核细胞趋化蛋白 1、趋化因子受体 2 水平,减少巨噬细胞在肝脏中的浸润,从而发挥抑制炎症级联反应的作用^[40]。

在干预炎症信号通路方面,相关研究发现,HSO 和藻油的混合物可通过激活腺苷酸活化蛋白激酶/沉默信息调节因子 1 通路活性,下调 NF- κB 、IL-6、TNF- α mRNA 和蛋白的表达水平以及抑制 NF- κB 蛋白的磷酸化水平,从而减轻炎症反应,进而改善氧化性低密度脂蛋白诱导的内皮细胞损伤^[41]。还有研究发现,HSO 可通过抑制 Toll 样受体信号通路,下调 Toll 样受体 4、髓样分化因子 88、TNF- α 、IL-6 水平,从而改善便秘大鼠的肠道炎症损伤^[42]。

在调节免疫细胞功能方面,以人单核巨噬细胞为炎症模型的体外研究发现,来源于HSO的二萜类化合物植醇可诱导巨噬细胞向抗炎表型极化:一方面可促进M2型抗炎表型的形成,上调M2型标志物CD200受体与甘露糖受体C型1的表达;另一方面可下调M1型促炎表型标志物分化簇80、分化簇64及促炎因子IL-1 β 、IL-6、TNF- α 的表达,从而发挥抗炎作用^[43]。

2.5 调节肠道微生态与改善肠黏膜屏障功能

在调节肠道微生态方面,相关研究发现,HSO可降低溃疡性结肠炎大鼠疾病活动指数,升高肠道菌群的Chao1指数,逆转菌群多样性的下降趋势,并通过调节罗氏菌属等关键菌群的相对丰度参与肠道微生态重建^[44]。还有研究发现,HSO可提高便秘大鼠肠道短链脂肪酸水平,从而改善排便功能^[42]。另有研究发现,3.0~12.0 mL/kg的HSO可显著提高衰老小鼠肠道短链脂肪酸水平,促进乳酸菌等益生菌增殖,抑制有害菌繁殖^[45]。

在改善肠黏膜屏障功能方面,相关研究发现,HSO可提高便秘小鼠血清中5-羟色胺、P物质水平,降低血管活性肠肽含量,从而促进胃肠推进功能^[46]。还有研究发现,含HSO的纳米囊泡可上调紧密连接蛋白ZO-1、claudin-4、occludin等的表达,抑制NF- κ B信号通路的激活,从而改善肠黏膜屏障功能^[47]。

3 结语

本文系统梳理了HSO的化学成分(包括脂肪酸及其酯类、生育酚类、多酚类、大麻素类)及其药理作用,明确了其在清除自由基、激活内源性抗氧化酶、调控炎症信号通路、改善中枢胆碱能功能及调节肠道微生态等方面的作用机制,提示HSO具有多靶点药物开发潜力。

然而,当前HSO的相关研究仍面临一些局限。在药效物质基础方面,HSO中多酚类(尤其是木脂素酰胺类)与大麻素类等微量高活性成分与其抗氧化、抗炎等药效之间的量效关系尚不明确,缺乏“成分-靶点”对应关系的系统解析;在质量控制标准方面,HSO中 γ -生育酚、大麻二酚及木脂素酰胺类等特征性成分缺乏统一的质量控制指标,加之其富含不饱和脂肪酸,氧化稳定性差,进一步增加了质量控制难度与制剂开发的复杂性。未来应针对HSO的化学成分特点,依托网络药理学与多组学联用技术构建“化学成分群-多靶点药效”关联网络,开发纳米乳、脂质体等稳态化靶向递送系统,并拓展HSO在神经退行性疾病、代谢性疾病及炎症性肠病等慢性疾病中的药效评价,以期对HSO的深度开发及临床转化提供科学依据。

利益冲突 本文所有作者声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 2025年版. 北京:中国医药科技出版社,2025:81.
[2] 权起元,李硕,杨秀娟,等. 火麻仁化学成分及治疗便秘

机制研究进展[J]. 中成药,2023,45(9):2986-2996.

[3] Jacobson K J, Kinman L A, Smith W B, et al. PSXIV-12 sources of variation in the nutritive value of hemp seed meal[J]. J Anim Sci, 2021, 99(Suppl.3):479.
[4] 赵庄. 火麻仁油的药理功能及安全性研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(21):319-323.
[5] Es-Sai B, Wahnou H, Benayad S, et al. Gamma-tocopherol: a comprehensive review of its antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer properties[J]. Molecules, 2025, 30(3):653.
[6] 魏承厚,牛德宝,任二芳,等. 火麻仁的产品开发与综合利用进展研究[J]. 食品工业, 2019, 40(2):267-270.
[7] Amiri-Rigi A, Kesavan Pillai S, Naushad Emmambux M. Development of hemp seed oil nanoemulsions loaded with ascorbyl palmitate: effect of operational parameters, emulsifiers, and wall materials[J]. Food Chem, 2023, 400:134052.
[8] Shi Y G, Wang W, Zhu X Q, et al. Preparation and physicochemical stability of hemp seed oil liposomes[J]. Ind Crops Prod, 2021, 162:113283.
[9] 方晓璞,田淑梅,任春明,等. 火麻仁油组分含量及理化性质的研究[J]. 粮食与食品工业, 2014, 21(3):24-26.
[10] 王世连. 火麻仁的营养特性及加工对其品质影响的研究[D]. 广州:华南理工大学, 2020:25.
[11] Crescente G, Piccolella S, Esposito A, et al. Chemical composition and nutraceutical properties of hempseed: an ancient food with actual functional value[J]. Phytochem Rev, 2018, 17(4):733-749.
[12] 周悦芳. 火麻仁化学成分定性定量及其抗AD活性研究[D]. 济南:山东大学, 2018:52.
[13] 汪海滔,薄华本,陈业诚,等. GC法同时测定火麻仁油中油酸、亚油酸和 α -亚麻酸的含量[J]. 广东化工, 2016, 43(7):177-179.
[14] Manis C, Casula M, Scano E, et al. Nutritional profiling of cold-pressed hemp seed oils: comprehensive analysis of fatty acids, FAHFAs, and cannabinoids[J]. Eur Food Res Technol, 2025, 251(9):2669-2680.
[15] Montserrat-de la Paz S, Marín-Aguilar F, García-Giménez M D, et al. Hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil: analytical and phytochemical characterization of the unsaponifiable fraction[J]. J Agric Food Chem, 2014, 62(5):1105-1110.
[16] 从仁怀,许春芳,郑明明,等. 不同产地火麻籽油脂溶性活性成分研究[J]. 中国油料作物学报, 2017, 39(6):861-868.
[17] 徐亦驰,方梦雪,汪雪芳,等. 小麦胚芽油化学组成与功能特性研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 15(8):268-274.
[18] Boucher R, Germain H, Desgagné-Penix I. Exploring the lesser-known bioactive natural products of plant species of the genus *Cannabis* L.: alkaloids, phenolic compounds,

and their therapeutic potential[J]. *Plants (Basel)*, 2025, 14 (9):1372.

- [19] Yan X L, Tang J J, dos Santos Passos C, et al. Characterization of lignanamides from hemp (*Cannabis sativa* L.) seed and their antioxidant and acetylcholinesterase inhibitory activities[J]. *J Agric Food Chem*, 2015, 63(49): 10611-10619.
- [20] 谭晓舒, 吴建文, 梨贵卿, 等. 火麻仁油总酚含量福林酚测定法的优化[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(2):166-173.
- [21] Menga V, Garofalo C, Suriano S, et al. Phenolic acid composition and antioxidant activity of whole and defatted seeds of Italian hemp cultivars: a two-year case study[J]. *Agriculture*, 2022, 12(6):759.
- [22] Rea Martinez J, Montserrat-de la Paz S, De la Puerta R, et al. Characterization of bioactive compounds in defatted hempseed (*Cannabis sativa* L.) by UHPLC-HRMS/MS and anti-inflammatory activity in primary human monocytes[J]. *Food Funct*, 2020, 11(5):4057-4066.
- [23] 贺海波, 石孟琼. 火麻仁的化学成分和药理活性研究进展[J]. *中国民族民间医药*, 2010, 19(15):56-57.
- [24] 许春芳, 肖俊勇, 郑明明, 等. 火麻籽油中酚类化合物的检测及抗氧化活性研究[J]. *中国油料作物学报*, 2018, 40(4):585-591.
- [25] 张瑞婷, 蔡尤西, 张浩, 等. 基于气相色谱-质谱和超高效液相色谱的火麻油中萜烯类、大麻素类成分分析[J]. *食品科学*, 2024, 45(1):150-157.
- [26] Citti C, Linciano P, Panseri S, et al. Cannabinoid profiling of hemp seed oil by liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry[J]. *Front Plant Sci*, 2019, 10:120.
- [27] 刘江静, 庄岩, 刘华石, 等. 火麻仁生品与炮制品挥发油成分的GC-MS分析[J]. *天津中医药大学学报*, 2023, 42(3):355-359.
- [28] 李秀娟, 薛雅琳, 朱琳, 等. 火麻仁油甘油三酯高效液相色谱-质谱分析研究[J]. *中国油脂*, 2017, 42(8):145-148.
- [29] Boussetta O, Elrherabi A, Nasr F A, et al. Investigating the influence of drying methods on the quality and bioactive properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil[J]. *Food Sci Nutr*, 2025, 13(9):e70894.
- [30] Kalinowska M, Płońska A, Trusiak M, et al. Comparing the extraction methods, chemical composition, phenolic contents and antioxidant activity of edible oils from *Cannabis sativa* and *Silybum marianum* seeds[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1):20609.
- [31] 段雨劼, 肖丽佳, 李理, 等. 火麻油、山茶油和维生素E混合物对大小鼠抗氧化作用的研究[J]. *实用预防医学*, 2021, 28(1):70-73.
- [32] 蔡需, 付珣, 邓安刚, 等. 巴马火麻仁油、蛋白粉和木脂素酰胺类提取物对老年小鼠的抗衰老作用研究[J]. *中南药学*, 2010, 8(3):165-170.
- [33] Lu H L, Li L X, Zou Z J, et al. The therapeutic potential of hemp seed oil in D-galactose-induced aging rat model was determined through the combined assessment of ¹H NMR metabolomics and 16S rRNA gene sequencing[J]. *Metabolites*, 2024, 14(6):304.
- [34] Lee J A, Roh S S, Lee W R, et al. Effect of hemp seed oil on lipid metabolism in rats fed a high-cholesterol diet[J]. *J Nutr Health*, 2023, 56(4):361.
- [35] 赵国玺, 孟露曦, 臧茜茜, 等. 火麻仁油藻油对高脂血症大鼠血脂及脂质过氧化的影响[J]. *中国中医药科技*, 2016, 23(6):671-673.
- [36] Seo J H, Jeong E S, Lee K S, et al. Hempseed water extract ameliorates atherosclerosis in apolipoprotein E knockout mice[J]. *Food Sci Biotechnol*, 2012, 21(4):927-932.
- [37] 王语聪, 谢智鑫, 李春雨, 等. 火麻仁油及大麻二酚对抑郁模型小鼠行为及炎症反应的影响[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(9):327-333.
- [38] 林珍梅, 陈林妹, 梁敏敏, 等. 火麻仁不同提取物对实验性 Alzheimer's 症小鼠的治疗作用[J]. *中药药理与临床*, 2016, 32(6):130-134.
- [39] 李根林, 曹亚蕊, 吴宿慧, 等. 火麻仁油对衰老模型小鼠血脂水平及炎症、抗氧化相关指标的影响[J]. *中药药理与临床*, 2015, 31(1):109-111.
- [40] 张继红, 丁永红, 石孟琼, 等. 火麻仁油对代谢综合征大鼠 NF- κ B/MCP-1/CCR2 信号通路及促炎因子表达影响[J]. *中药药理与临床*, 2018, 34(4):117-122.
- [41] 胡慧芸, 陈则华, 陈鹰, 等. 火麻仁油与海藻油混合物对氧化性低密度脂蛋白诱导的内皮细胞损伤的分子保护机制研究[J]. *中国医院药学杂志*, 2019, 39(15):1555-1560.
- [42] 李寒冰, 吴宿慧, 李根林, 等. 火麻仁油对便秘大鼠肠道炎性反应的改善作用[J]. *中华中医药杂志*, 2018, 33(8):3599-3602.
- [43] Claro-Cala C M, Grao-Cruces E, Toscano R, et al. Acyclic diterpene phytol from hemp seed oil (*Cannabis sativa* L.) exerts anti-inflammatory activity on primary human monocytes-macrophages[J]. *Foods*, 2022, 11(15):2366.
- [44] 龚梦鹃, 高心悦, 简晓敏, 等. 火麻仁油改善 UC 模型大鼠的症状及对肠道菌群的影响[J]. *中国药房*, 2023, 34(6):693-698.
- [45] 李根林, 郭晨阳, 吴宿慧, 等. 火麻仁油对 D-半乳糖致衰老小鼠肠道功能调节作用研究[J]. *中草药*, 2020, 51(13):3509-3517.
- [46] 王梦瑶, 张建军, 汤如莹, 等. 芦荟粉配伍火麻仁油对便秘小鼠胃肠动力和水液代谢的实验研究[J]. *世界中医药*, 2022, 17(20):2842-2846.
- [47] Eom J Y, Choi S H, Kim H J, et al. Hemp-derived nanovesicles protect leaky gut and liver injury in dextran sodium sulfate-induced colitis[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(17):9955.

(收稿日期:2026-04-02 修回日期:2026-08-10)

(本文责编:唐晓莲)