

DOI 10.19656/j.cnki.1002-2406.20240314

火麻仁中水溶性活性蛋白质与糖类成分的研究进展

关枫^{1,2},任欠欠¹,付起凤¹,刘磊¹,崔明宇¹,王艳宏^{1,2}✉

(1. 黑龙江中医药大学,黑龙江 哈尔滨 150040;

2. 教育部北药基础与应用研究重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150040)

【摘要】火麻仁为药食同源中药,应用历史久远,含有丰富的火麻油、大麻素类、木脂素酰胺类、火麻蛋白、多糖等成分,具有润肠通便的功效,在食品和医药领域都表现出较好的开发前景。笔者通过查阅近10年火麻仁的相关文献报道,对其主要水溶性活性蛋白质与糖类的最新研究进行了分析整理,发现火麻仁蛋白是一种优质的植物蛋白,主要由天冬氨酸、精氨酸、赖氨酸等氨基酸构成,具有通便、抗疲劳、抗衰老、抗氧化等药理作用,可通过碱提(酸沉)法、盐析法、酶解法等方法提取纯化,毒理学研究证实其应用较为安全;火麻仁中水溶性总糖含量约为3%~6%,主要具有免疫调节及抗氧化作用,可通过微波辅助提取进行制备,但相关单糖组成、糖链连接等结构研究还未深入开展。

【关键词】火麻仁;活性蛋白质;水溶性总糖;制备工艺;药理作用

【引用格式】

关枫,任欠欠,付起凤,等.火麻仁中水溶性活性蛋白质与糖类成分的研究进展[J].中医药信息,2024,41(3):85-89.

GUAN F,REN Q Q,FU Q F,et al. Research progress on water-soluble active proteins and saccharides from cannabis fructus[J]. Information on TCM, 2024, 41(3):85-89.

火麻仁为桑科植物大麻(*Cannabis sativa* L.)的干燥成熟果实^[1],性味甘、平,归脾、胃、大肠经,具有润肠通便的功效,可用于血虚津亏、肠燥便秘,是治疗功能性便秘的要药,其原植物大麻用作食物和纺织纤维来源的历史可以追溯到约一万年以前^[2]。火麻仁在中国的使用也已有3 000多年的历史,现代研究表明,其具有润肠通便、抗氧化、抗衰老、降压、利尿、镇痛、抗炎、抗血栓形成、抗阿尔茨海默病等活性^[3],其中含有丰富的火麻油、大麻素类、木脂素酰胺类、火麻蛋白、多糖以及生物碱类、黄酮类、脂肪酸类、维生素、矿物质等成分,在食品、医药和化妆品行业领域都表现出巨大的开发潜力。

目前,对火麻仁的研究主要集中在火麻仁油脂、木

脂素等脂溶性成分,而对火麻仁蛋白质、火麻多糖等高含量水溶性成分的研究缺乏系统的、全面的整理。笔者整理近10年CNKI、维普、Web of Science等平台的文献,对火麻仁中的主要水溶性活性成分(蛋白质与多糖)的制备方法、质量评价及药理作用等方面研究进行综述,以期对火麻仁中含量丰富的水溶性活性成分的深入研究与开发应用提供参考。

1 火麻仁中活性蛋白质的研究

1.1 活性蛋白质组成

火麻仁蛋白是一种优质的植物蛋白(主要为麻仁球蛋白和麻仁白蛋白),分子量大于45 kDa,主要由天冬氨酸(ASP)、精氨酸(ARG)、赖氨酸(LYS)、苏氨酸(THR)、丝氨酸(SER)、谷氨酸(GLU)、脯氨

基金项目:黑龙江省中医药科研项目中医药经典普及化研究专项课题(ZYW2022-067);黑龙江省“头雁”团队项目([2019]No. 5)

第一作者简介:关枫(1971-),女,教授,主要从事中药药效物质基础研究工作。

✉通信作者简介:王艳宏(1972-),女,教授,主要从事中药透皮吸收及中药药性研究工作。

酸(PRO)、甘氨酸(GLY)、缬氨酸(VAL)、亮氨酸(LEU)、组氨酸(HIS)及色氨酸(TRY)等氨基酸组成,其ARG/LYS的比值优于大豆蛋白、芸豆蛋白及水稻蛋白等^[4-6]。

1.2 制备工艺

火麻仁蛋白的制备工艺主要为碱提(酸沉)法、盐析法、酶解法、高速剪切提取法、亚临界萃取法及喷射蒸煮提取法等^[7-17],具体工艺条件、提取率及蛋白纯度见表1。

表1 火麻仁蛋白的制备方法

方法	工艺条件	收率(%)	纯度(%)	文献
碱提法	两次浸提,第1次pH值9.5,料液比1:25,温度60℃,提取120min;第2次pH值11.0,料液比1:20,温度60℃,提取100min	85.97	—	[7]
超声辅助碱提法	pH值8.5,料液比1:10,浸提30min	83.60	—	[8]
氮气辅助碱提法	氮气1.6L/min,pH值12,料液比1:50,温度52℃,提取50min	76.03	—	[9]
盐析法	5%NaCl溶液,料液比1:15,温度50℃,搅拌90min,4℃沉淀24h	59.06	94.80	[10]
碱提酸沉法	碱提pH值9.5,酸沉pH值5.0,料液比1:20,温度50℃	83.43	85.90	[10-12]
	碱提pH值11.0,酸沉pH值5.0,料液比1:50,提取90min	34.51	—	
	碱提pH值11.0,酸沉pH值5.0,料液比1:20,温度50℃,提取30min	31.54	91.14	
高速剪切法	料液比1:25,剪切速度15000r/min,剪切12min	76.33	82.31	[13]
酶解法	加酶1.3%,pH值7.5,料液比1:15,反应90min	74.12	—	[14-15]
	加酶0.5%,底物浓度20.5%,反应6.7h	—	—	
亚临界萃取法	料液比1:10,每次萃取35min,萃取3次,温度32℃	—	75.31	[16]
喷射蒸煮结合超滤法	料液比1:1,pH值9.0,搅拌30min,胶体磨6000r/min研磨10min,调pH值9.0,再搅拌20min,喷射蒸煮系统处理,冷却,离心,上清液超滤,冻干	45.37	83.21	[17]

碱提或碱提酸沉法为制备蛋白质最经典的方法,在火麻仁蛋白的制备中应用较多,其与酶解法的提取率相对较高,但酸、碱处理易造成蛋白质变性,所得蛋白纯度、收率较低;酶法选择性强、条件温和,但更换底物即需要更换酶,成本相对较高;超声辅助提取可提高蛋白质的提取率、缩短提取时间,但也存在提取受超声波衰减限制等弊端。

1.3 质量评价

董海胜等^[18]采用SDS·PAGE电泳结合分子成像系统对火麻蛋白进行了分析,发现其有10条亚基,以分子量17000~40000Da的亚基为主,其中以分子量为33659.60Da的亚基含量最多,占火麻仁蛋白亚基总量的33.55%,并测得火麻仁蛋白等电点为5.25~8.50。

吴发明等^[19-20]研究表明,21个不同产地火麻仁样品中蛋白含量为17.90%~27.48%,其中四川凉山会理产的蛋白含量最高。谢集照等^[21]测定显示,广西壮族自洽区11个不同产地火麻仁蛋白质的含量为20.73%~24.29%。加拿大学者测定了魁北克产的10种工业大麻种子中蛋白质含量,结果显示各样品中蛋白含量为23.8%~28.0%^[22]。

1.4 药理作用

李永进等^[23]通过小鼠抗疲劳能力实验(游泳时间、血乳酸和血清尿素氮测定)以及相关免疫学指标(免疫器官相对重量、细胞和体液免疫功能测定、脾脏T淋巴细胞亚群分类)测定,证实火麻仁蛋白可显著增强小鼠抗疲劳能力,并具有免疫调节功能。蔡需等^[24]研究发现,广西巴马产火麻仁蛋白与火麻仁油、木脂素酰胺类成分均具有一定的抗衰老作用,并且能增加皮肤中羟脯氨酸的含量,皮肤病理切片中能观察到胶原蛋白含量明显增加。丛涛等^[25]研究结果显示,火麻仁蛋白质粉对生长期大鼠营养生理功能的影响,具有调节血糖、血脂和血小板水平及促进脑组织发育等作用,并可调节体内消脂素水平和肠道菌群平衡,从而发挥促进排便和减肥作用。陈成^[26]研究显示,火麻仁蛋白是一种潜在的具有抑制血管紧张素转化酶(ACE)和抗氧化活性的天然产物。ORIO等^[27]实验研究提示,火麻仁蛋白水解物是一种潜在的新的ACE抑制剂。朱艳等^[28]研究结果显示,高剂量摄入火麻仁蛋白或火麻仁肽对小鼠具有一定的肾保护功能。肖潇等^[29]研究表明,火麻仁蛋白水解液可显著提高发酵乳的抗氧化活性。上述药理作用及相关机制研究见表2。

表2 火麻仁蛋白的药理作用

药理作用	主要机制	文献来源
抗疲劳	延长小鼠游泳时间、降低血乳酸值、增加肝糖原含量	[23]
免疫调节	增强小鼠 Con A 诱导的脾淋巴细胞转化和迟发型变态反应,提高小鼠抗体生成数和半数溶血值,增强小鼠巨噬细胞的吞噬能力,提高小鼠外周血中 T 淋巴细胞百分比	[23]
抗衰老	降低血清中甘油三酯含量,显著提升老年小鼠脑组织中 SOD 活力,降低 MDA 含量,提高总抗氧化能力,提高大鼠脑指数	[24-25]
促进排便和减肥	显著提高大鼠粪便排出量和粪氮含量,有效抑制肠道有害菌群产气荚膜梭菌的生长,显著促进双歧杆菌和乳杆菌的生长	[25]
降压	抑制血管紧张素转化酶(ACE)活性	[26-27]
肾保护	可降低免疫力低下小鼠血清中 UN、CRE、BUN 含量,提高 IgG、IgM 含量,提高肾组织中 SOD、GSH-Px 活力和降低 MDA 含量	[28]
抗氧化	提高体外 DPPH 自由基清除能力、羟自由基清除能力和总还原能力	[26,29]

1.5 毒理作用

胡嘉想等^[30]研究了火麻仁蛋白毒理学安全性指标,结果急性毒性试验 LD₅₀ > 10 g/kg, Ames 试验、小鼠骨髓嗜多染红细胞微核和小鼠精子畸形试验结果阴性,90 d 喂养实验中体质量增加量、食物利用率、血液学指标以及生化指标均无异常,亦未见大鼠器官组织病理学改变,提示受试物无毒性作用。黄宗锈等^[31]研究提示,在 1.04 ~ 4.17 g/kg 剂量范围内,火麻仁蛋白给药各组孕鼠的生育力、胚胎发育、胎仔外观、内脏及骨骼发育情况等与阴性对照组比较无显著性差异,未见火麻仁蛋白有胚胎-胎仔发育毒性作用、致畸作用及母体毒性作用。

1.6 食品领域应用

火麻仁蛋白的产品开发主要有火麻仁蛋白乳饮料^[32]、火麻仁蛋白饮料^[33-35]和火麻仁与其他原料组成的配方复合蛋白饮料^[36]等类型产品,进一步的开发利用前景广阔。

2 火麻仁中水溶性总糖的研究

2.1 水溶性总糖含量

除火麻蛋白外,火麻仁中的水溶性活性成分主要为可溶性糖。大麻籽中总碳水化合物含量为 20% ~ 30%,其中大部分为膳食纤维且多集中于籽壳部分^[37],故火麻仁中可溶性糖含量大大降低。陈聪颖等^[6]发现,广西巴马产的火麻仁中总糖含量为 5.30%。王世连^[38]对我国 6 个主要产区(安徽六安、广西巴马、甘肃天水、河北保定、黑龙江绥化、云南大姚)的火麻仁的总糖含量进行了测定,结果显示其含量为 2.72% ~ 4.98%。ALONSO-ESTEBAN 等^[39]发现,来自西班牙的 8 种不

同火麻仁样品的总糖含量为 3.68% ~ 5.65%。BARSBY 等^[40]研究表明,火麻仁中总糖含量为 3.30%,而火麻籽中含量达到 67.10%,其中水溶性单糖的种类也有差异,二者共有的是葡萄糖、半乳糖和阿拉伯糖,而木糖和半乳糖醛酸只存在于火麻籽中。

2.2 火麻仁多糖制备工艺

陈晓辉等^[41]对火麻仁多糖进行微波辅助提取并优化了提取工艺,结果表明,微波提取的最佳条件为微波功率 250 W,液料比 1:60,提取时间 6 min,微波提取火麻仁多糖的效果明显优于单纯的热水提取法,其中微波冻融提取效果最好,提取率为 11.11%,而热水提取的收率仅为 4.35%。

2.3 火麻仁多糖药理作用

有研究通过检测与观察环磷酰胺所致的肠道黏膜损伤小鼠的空肠组织形态和超显微结构、杯状细胞的分布与数量、肠道通透性、小肠灌洗液 sIgA 含量以及血清、肝脏和回肠组织匀浆液中抗氧化因子和细胞因子水平等指标发现,火麻仁多糖对环磷酰胺致小鼠肠道黏膜氧化损伤及免疫抑制具有一定的保护和调节作用,其作用机制可能分别与 Nrf2/Keap1 信号通路、NF-κB 通路的激活有关;同时还建立了 H₂O₂ 所致的肠上皮细胞 IPEC-1 体外氧化应激损伤模型,发现火麻仁多糖对该损伤具有预防保护作用,其作用机制可能与 Keap1/Nrf2 信号传导途径的激活有关^[42-44]。

3 结语

火麻仁的原植物大麻在中国的分布范围非常广泛,资源丰富,甘肃、广西、黑龙江等省份均有野生或引

种栽培,黑龙江省还将火麻仁作为道地药材列为“龙九味”之一^[45]。目前,火麻仁的研究多集中于火麻油等脂溶性有效成分,而对于其中含量丰富的水溶性成分的研究还未有效开展。火麻仁提取火麻油后获得的火麻仁粕利用率较低,大多作为饲料使用,造成了水溶性活性成分优质蛋白质和多糖类成分资源的浪费。目前,国内对火麻仁活性多糖的单糖组成、结构研究以及更广泛的药理作用还未深入开展,作为优质植物蛋白基料的火麻蛋白还缺乏高附加值产品,这些研究领域均可在火麻仁药味的相关后续研究中予以重点关注,预期市场应用前景广阔。

【参考文献】

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:81.
- [2] CHARITOS I A, ROBERTO G C, SANTACROCE L, et al. The cannabis spread throughout the continents and its therapeutic use in history [J]. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders – Drug Targets*, 2021, 21(3):407–417.
- [3] 谭冰. 药食同源火麻仁作用机制研究进展与产品开发[J]. *黑龙江中医药*, 2022, 51(2):361–363.
- [4] MALOMO S A, HE R, ALUKO R E. Structural and functional properties of hemp seed protein Products [J]. *Journal of Food Science*, 2014, 79(8):1512–1521.
- [5] WANG Q L, JIN Y, XIONG Y L, et al. Heating – aided pH shifting modifies hemp seed protein structure, cross – linking, and emulsifying properties[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2018, 66(41):10827–10834.
- [6] 陈聪颖,唐年初,崔森,等. 巴马火麻仁的组分测定及营养评价[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(12):435–437, 440.
- [7] 李乐,吴晖,赖富饶. 不同pH值对火麻仁蛋白质提取的影响研究及工艺优化[J]. *食品科技*, 2014, 39(3):207–210.
- [8] 林金莺,曾庆孝,安琪,等. 超声波辅助碱法提取火麻仁蛋白的研究[J]. *粮油加工*, 2009, 39(2):62–65.
- [9] 汤佳雷. 氮气辅助正压空化技术在火麻仁蛋白提取中的应用探究[D]. 常州:常州大学,2021:72.
- [10] 徐鹏伟,刘家宁,常森林,等. 火麻仁蛋白的提取分离及理化性质研究[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(3):97–104.
- [11] 杨松,杨俊杰,张婉迎,等. 响应面法优化火麻仁水溶性总蛋白提取工艺[J]. *食品工业*, 2019, 40(1):117–122.
- [12] 汤茜. 碱溶酸沉法制备火麻仁蛋白工艺研究[J]. *中国酿造*, 2011, 30(3):108–110.
- [13] 王广莉,周鸿翔,黄小焕,等. 火麻仁浓缩蛋白制备工艺研究及蛋白组成测定[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(20):83–87.
- [14] 程艳波,周鸿翔,胡德珍,等. 火麻仁蛋白水酶法制备工艺研究[J]. *中国酿造*, 2011, 30(10):97–100.
- [15] 吴逸民,李雅丽,刘义凤,等. 火麻仁粗蛋白酶解工艺的优化及应用[J]. *食品科技*, 2022, 47(11):159–166.
- [16] 黎科亮,万楚筠,葛亚中,等. 火麻籽脱脂制取火麻粗蛋白的研究[J]. *粮食与油脂*, 2015, 28(8):38–41.
- [17] 吴俊锋,杨晓泉,朱元庄. 喷射蒸煮结合超滤制备火麻蛋白及其功能特性表征[J]. *中国粮油学报*, 2017, 32(4):58–63.
- [18] 董海胜,陈斌. 火麻仁蛋白分子量及其等电点的测定[J]. *食品科技*, 2009, 34(6):185–187, 190.
- [19] 吴发明,李敏,俸世洪,等. 不同产地火麻仁的蛋白电泳分析[J]. *中国现代中药*, 2010, 12(7):28–30.
- [20] 吴发明,李敏,王道清. 火麻仁中脂肪油和蛋白质成分含量比较研究[J]. *现代中药研究与实践*, 2011, 25(3):68–70.
- [21] 谢集照,林丰,邱莉,等. 广西不同产地火麻仁中脂肪和蛋白质成分含量比较研究[J]. *农业机械*, 2013, 43(29):49–51.
- [22] VONAPARTIS E, AUBIN M P, SEGUIN P, et al. Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2015, 39:8–12.
- [23] 李永进,杨睿悦,扈学俸,等. 火麻仁蛋白对小鼠抗疲劳和免疫调节功能的初步研究[J]. *卫生研究*, 2008, 37(2):175–178.
- [24] 蔡霏,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.
- [25] 丛涛,江雪媛,赵霖,等. 火麻仁蛋白质粉对生长期大鼠营养生理功能的影响研究[J]. *中国食品学报*, 2011, 11(2):60–69.
- [26] 陈成. 火麻仁抑制血管紧张素转化酶和抗氧化活性的研究[D]. 重庆:重庆大学,2015:25–41.
- [27] ORIO L P, BOSCHIN G, RECCA T, et al. New ACE inhibitory peptides from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, 65(48):10482–10488.
- [28] 朱艳,毕园,王雨辰,等. 高剂量摄入火麻仁肽和火麻仁蛋白对小鼠肾功能的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(16):46–51.
- [29] 肖潇,王鹏,邵童,等. 火麻仁粕蛋白水解液对发酵乳品质及抗氧化活性的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(8):43–47.
- [30] 胡嘉想,秦光和,刘敏,等. 火麻仁蛋白毒理学安全性研究[J]. *中国卫生检验杂志*, 2007, 17(12):2185–2190.
- [31] 黄宗锈,陈冠敏,林健. 火麻仁蛋白对大鼠胚胎 – 胎仔发育的毒性效应研究[J]. *海峡预防医学杂志*, 2016, 22(6):45–47.
- [32] 李乐,吴晖,赖富饶. 火麻仁蛋白乳饮料的研制工艺探究[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2014, 35(2):63–66.
- [33] 陈聪颖. 巴马火麻蛋白饮料的研制及其稳定性研究[D]. 无锡:江南大学,2012:43.
- [34] 王满生,杨晶,龚友才,等. 高钙型火麻仁植物蛋白饮料的研制[J]. *食品工业*, 2020, 41(7):123–126.
- [35] 张泽宇. 火麻仁蛋白饮料的研发及其功能研究[D]. 天津:天津科技大学,2021:47.
- [36] 杨洋,高航. 火麻仁复合蛋白饮料的研制[J]. *中国食物与营养*, 2015, 21(11):34–37.
- [37] 闫博巍. 工业大麻(*Cannabis sativa* L.)种子的营养品质及潜在功能[J]. *中国麻业科学*, 2022, 44(5):304–312.
- [38] 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,2020:23–24.
- [39] ALONSO – ESTEBAN J I, PINEL J, ĆIRIĆ A, et al. Chemical com-

- position and biological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds[J]. *Food Chemistry*, 2022, 374: e131754.
- [40] BARSBY J P, COWLEY J M, LEEMAQZ S Y, et al. Nutritional properties of selected superfood extracts and their potential health benefits[J]. *Peer J*, 2021, 9: e12525.
- [41] 陈晓辉, 陈雨婕, 闻正顺, 等. 正交试验优选微波辅助提取火麻仁多糖的工艺[J]. *安徽农业科学*, 2021, 49(6): 166 - 169.
- [42] 薛然. 火麻仁多糖对环磷酰胺致小鼠肠道黏膜损伤的保护作用研究[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2019: 59 - 60.
- [43] WEN Z S, XUE R, DU M, et al. Hemp seed polysaccharides protect intestinal epithelial cells from hydrogen peroxide - induced oxidative stress[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 135: 203 - 211.
- [44] XUE R, DU M, ZHOU T Y, et al. Polysaccharides from hemp seed protect against cyclophosphamide - induced intestinal oxidative damage via Nrf2 - Keap1 signaling pathway in mice[J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020, 25: 1813798.
- [45] 张喜武, 李梦聪, 窦金金, 等. 黑龙江省“龙九味”产地考证、种植现状和发展策略[J]. *中医药学报*, 2021, 49(10): 1 - 5.
- (收稿日期: 2024 - 01 - 23)

Research Progress on Water - Soluble Active Proteins and Saccharides from Cannabis Fructus

GUAN Feng^{1,2}, REN Qianqian¹, FU Qifeng¹, LIU Lei¹, CUI Mingyu¹, WANG Yanhong^{1,2✉}

(1. Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China; 2. Key Laboratory of Basic and Applied Research of Northern Medicine of Ministry of Education, Harbin 150040, China)

【Abstract】 Cannabis fructus (CF) has been a traditional Chinese medicine for a long time, and can be used both as food and medicine. It contains rich hemp oil, cannabinoids, lignan amides, hemp protein, polysaccharide and other components, and has the effect of moistening and relaxing bowel, showing a good development prospect in food and medicine fields. The authors of this paper have analyzed and sorted out the research in the past 10 years on the main water - soluble active proteins and saccharides of Cannabis fructus by reviewing relevant literatures. It is found that Cannabis fructus protein is a kind of high quality plant protein, mainly composed of aspartate, arginine, lysine and other amino acids, which has pharmacological effects such as laxative, anti - fatigue, anti - aging, anti - oxidation, etc. It can be extracted and purified by alkali extraction (acid precipitation), salt precipitation, enzymatic hydrolysis, and other methods, and toxicological studies have confirmed that its application is relatively safe. The total water - soluble sugar content in CF is about 3% ~ 6%, which mainly has immune regulation and antioxidant effects, and can be prepared by microwave assisted extraction. However, the related monosaccharide components and sugar chain linkage structure have not been deeply studied.

【Key words】 Cannabis Fructus; Active proteins; Water - soluble total sugars; Preparation process; Pharmacological action