

# 火麻仁蛋白的研究及开发现状

王 振,许光映,殷龙龙,高忠东,李 群,毛 恺,车星星,胡晓军

(山西农业大学 山西功能食品研究院,特色农产品加工山西省重点实验室,太原 030031)

**摘要:**火麻仁蛋白是一种优质的功能活性蛋白。对火麻仁蛋白降血糖、减肥、抗肿瘤、调节免疫、抗疲劳、改善贫血的营养功效,火麻仁蛋白制备技术、加工特性及相关产品开发利用现状等进行综述,同时对火麻仁蛋白一些未探明的功效机理、提取工艺的优化、产品研发等方面进行了展望,以期之火麻仁蛋白的研究与应用提供理论依据和技术支持。

**关键词:**火麻仁蛋白;营养功效;提取技术;加工特性;产品开发

中图分类号:TQ93;TS229

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2021)11-0083-05

## Research and development status of hemp seed protein

WANG Zhen, XU Guangying, YIN Longlong, GAO Zhongdong,

LI Qun, MAO Kai, CHE Xingxing, HU Xiaojun

(Shanxi Key Laboratory of Characteristic Agro-Products Processing, Institute of Functional Food of Shanxi, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, China)

**Abstract:** Hemp seed protein is a kind of high-quality functional and active vegetable protein. The nutritional efficacy, including lowering blood sugar, weight loss, anti-tumor, regulating immunity, anti-fatigue and improving anaemia, extraction technology, processing characteristics and related products development status of hemp seed protein were reviewed. At the same time, some unexplored mechanism of efficacy of hemp seed protein, optimization of extraction process, product development, etc. were prospected. It was expected to provide theoretical basis and technical support for the research and application of hemp seed protein.

**Key words:** hemp seed protein; nutritional efficacy; extraction technology; processing characteristics; product development

火麻又称汉麻、大麻,是一年生桑科草本植物<sup>[1]</sup>。火麻籽去皮后为火麻仁,火麻仁营养丰富,富含油脂、蛋白质和膳食纤维等<sup>[2-4]</sup>。火麻仁蛋白是一种优质的植物蛋白,其氨基酸组成合理且与人

体接近,可参与人体细胞(DNA)修复<sup>[5-6]</sup>,有优于大豆蛋白的某些特性<sup>[7]</sup>,含有人体必需的铁、锌等微量元素<sup>[8]</sup>,同时还含有活性成分大麻二酚<sup>[9]</sup>。

工业上火麻仁蛋白主要是从火麻籽榨油后的副产物火麻粕中获取,但火麻粕常被作为动物饲料,造成了优质蛋白质资源的浪费。目前国内对火麻仁蛋白的研究仍然存在一些问题,如:对火麻仁蛋白的某些功能特性机理还不是很明确,火麻仁蛋白提取方法还有一定的局限性,火麻仁蛋白作为蛋白基料缺乏高附加值产品。

因此,本文对火麻仁蛋白的营养功效、提取技术、加工特性及产品开发利用现状等进行综述,同时对火麻仁蛋白一些未探明的功效机理、提取工艺的优化、产品研发等方面进行了展望,以期之火麻仁蛋

收稿日期:2020-11-20;修回日期:2021-07-28

基金项目:山西省农科院应用基础研究计划优秀青年基金项目(YCX2020YQ42);山西省农科院山西“农谷”研发专项(YCX2018214);山西省农科院农业产业发展科技引领工程项目(2020CYYL-05);山西省重点研发计划(重点)项目(201603D211104)

作者简介:王 振(1985),男,助理研究员,硕士,主要从事特色油脂加工与应用研究工作(E-mail) wangoo947@163.com。

通信作者:高忠东,副研究员(E-mail)1837247036@qq.com。

白的研究与应用提供理论依据和技术支持。

## 1 火麻仁蛋白的营养功效

火麻仁蛋白丰富的营养成分决定了其有广泛的生理活性。火麻仁蛋白在降低血液黏稠度,调节血糖,调节肠道菌群平衡,促进排便,控制体重,耐缺氧抗疲劳、改善贫血,抗肿瘤,调节免疫等方面都具有显著的积极作用,是有益健康的优质植物蛋白质资源,可作为蛋白质营养补充剂进行开发和应用。

### 1.1 降血糖、减肥功效

丛涛等<sup>[10]</sup>以大鼠为对象研究了火麻仁蛋白的体内生理作用,结果发现,饲喂火麻仁蛋白粉组的大鼠血糖水平最低,比对照组降低 32.6%,表明火麻仁蛋白有较强的降血糖效果。另外发现火麻仁蛋白能抑制肠道内有害产气荚膜梭菌生长并显著促进双歧杆菌和乳杆菌的生长,通过调节体内消脂素水平和肠道菌群平衡促进排便和减肥,表明火麻仁蛋白有减肥的效果。这可能与火麻仁蛋白富含精氨酸有关。火麻仁蛋白中精氨酸含量占氨基酸总量的 10.5%<sup>[5]</sup>。精氨酸作为人体代谢生物因子的载体,可刺激诱导生成肾上腺素,从而降低血糖并减少脂肪的生成,精氨酸还可以降低血清胰岛素的水平,减少肝脏胆固醇合成<sup>[11]</sup>。

### 1.2 抗肿瘤、调节免疫功效

沈峰等<sup>[12]</sup>研究发现,火麻仁蛋白可以改善荷瘤小鼠免疫功能受抑制的状态,使免疫细胞 T 细胞增殖,发挥抗肿瘤的作用。李永进等<sup>[13]</sup>通过研究小鼠的相关免疫指标,发现火麻仁蛋白能明显增强小鼠刀豆蛋白(ConA)诱导的脾淋巴细胞的转化和迟发型变态反应,增加巨噬细胞的吞噬能力,进而增加小鼠免疫能力。火麻仁白蛋白含量占总蛋白的比例高达 35.0%。血清白蛋白具有维持血液渗透压、清除自由基、抗凝血以及提高免疫力等多种生理功能,是衡量蛋白质在机体营养状况的重要指标<sup>[14]</sup>。因此,高含量的白蛋白可能更有利于火麻仁蛋白发挥营养及免疫学等生理功能。

### 1.3 抗疲劳、改善贫血功效

叶志兵<sup>[15]</sup>通过在普食基础上添加火麻仁蛋白粉,研究火麻仁蛋白粉对运动员营养指标值的提高作用,结果表明,火麻仁蛋白粉可以增加运动员的血红蛋白、血清蛋白和血清前蛋白等营养指标,缓解疲劳,快速恢复体力。胡光等<sup>[16]</sup>研究指出,食用火麻仁蛋白两周后人体血红蛋白和红细胞水平明显增加,表明火麻仁蛋白对增加血液氧储备,提高缺氧耐

受力极为有利。另外,胡光等<sup>[17]</sup>将火麻仁球蛋白用于改善贫血的功能食品中,发现直接服用火麻仁球蛋白能够同时显著提高人体血红蛋白和红细胞的水平,从而改善或预防营养性贫血和运动性贫血等。这可能是因为火麻仁球蛋白中的血球素与人体血浆中的非常类似,容易满足人体需求。

## 2 火麻仁蛋白的制备技术

### 2.1 碱溶酸沉法

碱溶酸沉法是制备分离蛋白最经典的方法,目前使用最多。Gianfranco 等<sup>[18]</sup>研究碱法提取脱脂火麻仁饼中火麻仁蛋白,室温下在料液比 1:20 条件下,用硼酸盐缓冲液调节溶液 pH 10.0,搅拌提取 4 h,上清液用盐酸调节至 pH 5.0,8 000 r/min 离心 10 min,加去离子水等电悬浮沉淀物,匀浆,氢氧化钠调节悬浮液至 pH 6.8,最后冷冻干燥得火麻仁蛋白,蛋白富集将近 86.0%。刘淑霞等<sup>[19]</sup>研究运用碱溶酸沉法从火麻籽仁中提取蛋白质。结果表明,在提取时间 1.58 h、提取温度 49.54℃、液料比 20.17:1、pH 10.99 条件下,实际最大火麻仁蛋白提取率为 24.47%。卫萍等<sup>[20]</sup>以火麻籽仁为原料,在单因素试验基础上,采用响应面分析法对提取温度、提取时间、pH 和料液比进行优化,最终确定碱溶酸沉法最佳工艺参数为提取温度 60℃、提取时间 1 h、pH 10、料液比 1:9,此工艺参数下火麻仁蛋白提取率为 63.5%。李乐等<sup>[21]</sup>通过正交试验优化得到火麻仁蛋白碱溶酸沉最佳工艺条件为 pH 11、提取温度 60℃、料液比 1:20、搅拌提取时间 100 min,在此条件下经二次碱提后火麻仁蛋白提取率达到 85.97%,且火麻仁蛋白颜色纯白,品质良好。汤茜<sup>[22]</sup>利用碱溶酸沉法制备火麻仁分离蛋白,得到最佳工艺条件为碱提温度 50℃、提取时间 0.5 h、pH 11.0、料液比 1:20、酸沉 pH 5.0,此条件下火麻仁蛋白提取率为 29.54%。张涛等<sup>[23]</sup>研究采用碱溶酸沉法从汉麻籽粕中提取汉麻蛋白的最佳工艺条件,对料液比、pH、提取温度和提取时间等进行单因素试验和正交试验,得出最佳工艺条件为碱提 pH 8.0、料液比 1:20、提取温度 40℃、提取时间 70 min、酸沉 pH 4.5~5.0,在此条件下汉麻蛋白提取率高达 86.95%,蛋白质含量达 92.39%。

### 2.2 酶解法

李晓君等<sup>[24]</sup>以脱脂火麻粕为原料,在原料粒径、酶的种类、酶添加量、提取温度、提取时间、液料比和提取次数等单因素筛选基础上,采用正交试验对工艺条件进行优化,得出最佳提取工艺条件为原料粒径 180 μm、中性蛋白酶添加量 1.0%、提取温度

50℃、提取时间1.5 h、液料比6:1、提取次数2次,在此条件下蛋白提取率达(41.6±0.8)%,蛋白质含量为(75.9±0.8)%。程艳波等<sup>[25]</sup>利用酶解法研究6种酶制剂对火麻仁蛋白制备工艺的影响,结果发现,碱性蛋白酶对蛋白提取率影响较大,木瓜蛋白酶影响次之且反应条件温和,为理想的酶制剂,最佳提取工艺条件为pH 7.5、木瓜蛋白酶添加量1.5%、固液比1:15、提取时间90 min,此条件下蛋白提取率达74.12%。

### 2.3 其他方法

黎科亮等<sup>[26]</sup>研究将火麻籽脱脂制备火麻仁蛋白,将脱壳或带壳火麻籽进行低温压榨后,采用亚临界萃取工艺脱除压榨饼中油脂,得到的脱脂火麻粕,经粉碎制成火麻粗蛋白粉,结果显示:在料液比1:10、萃取时间35 min、萃取次数3次、萃取温度32℃条件下,制得的脱壳火麻粗蛋白粉的蛋白质含量高达75.31%,蛋白溶解度达到86.26%。

磨浆法是最原始的制取火麻仁粗蛋白方法。磨浆液里含蛋白质,呈淡黄色,呈现火麻特有的气味。陈聪颖等<sup>[27]</sup>以火麻仁为原料,通过烘烤、去皮后浸泡、水洗沥干、粗磨、细磨、过筛除渣等步骤,得到火麻乳浆,经检测乳浆中蛋白质提取率高达78.45%。陆建林等<sup>[28]</sup>将火麻仁进行湿磨法提取浆液,浆液过滤后干燥,经粉碎制得火麻粉。

王广莉等<sup>[29]</sup>利用高速匀浆机剪切处理脱脂火麻粕形成蛋白液,去掉不溶性成分后经喷雾干燥制备火麻浓缩蛋白粉,采用正交试验得到制备火麻浓缩蛋白粉的最佳工艺条件为:液料比25:1,匀浆机转速15 000 r/min,剪切时间12 min。在最佳工艺条件下,获得的蛋白粉纯度为82.31%。

喷射蒸煮技术是集高温高压、高剪切力于一体的水热处理技术,可以显著提高蛋白质的溶出率。吴俊峰等<sup>[30]</sup>利用喷射蒸煮结合超滤技术从变性火麻粕中制备火麻仁蛋白。试验探索了胶体磨等因素对火麻仁蛋白提取的影响,确定最佳工艺条件为:按料液比1:10加去离子水,调pH 9.0,室温搅拌30 min后,用胶体磨于6 000 r/min研磨10 min,回调pH至9.0,室温再搅拌20 min后,转至喷射蒸煮系统进行热处理,冷却后离心,弃沉淀收集上清液。上清液循环超滤,直至滤过液无色后,冻干得蛋白成品。在最佳工艺条件下,蛋白质提取率为45.37%,火麻仁蛋白蛋白质含量为83.21%。

### 3 火麻仁蛋白的加工特性

蛋白质加工特性是指溶解性、持水性、乳化性、乳化稳定性、起泡性、泡沫稳定性、凝胶性等,这些特

性是由蛋白质本身结构组成决定的。火麻仁蛋白的结构组成也决定着相关蛋白产品的开发。火麻仁蛋白的主要成分是11S蛋白,决定了其具有较高的凝胶性,易加工成为凝胶类食品;但是缺少7S蛋白,则影响其溶解性、持水性、乳化性和起泡性等。

目前对火麻仁蛋白产品加工过程中外界因子对其加工特性的影响有较多报道,调节优化这些影响因素可以改善火麻仁蛋白的加工特性,从而指导产品加工工艺。Tang等<sup>[31]</sup>研究pH对火麻仁蛋白加工特性的影响,发现pH低于8时,火麻仁蛋白溶解性低于大豆蛋白,而pH高于8时,两种蛋白的溶解性相似。林金莺<sup>[32]</sup>对火麻粕进行超声预处理,发现可以提高蛋白质的乳化稳定性、起泡性和泡沫稳定性。Yin等<sup>[33]</sup>发现对火麻仁蛋白进行适度的酶解,可提高其溶解度,但是会明显降低其持水性、乳化性、起泡性等。另外发现火麻仁蛋白形成的膜较大豆蛋白有低溶解性与高表面疏水性、高抗拉强度,pH接近等电点时火麻仁蛋白起泡性差,但是其泡沫稳定性反而表现较好。

总之,在研究火麻仁蛋白产品时,如何最大限度地发挥其加工特性,未来需要进一步研究。

### 4 火麻仁蛋白产品开发情况

近年来火麻仁蛋白产品销售与消费呈明显上升趋势,火麻仁蛋白不再局限于食品工业中大型蛋白基配料,有向功能性食品方面深入研究开发的趋势。

国内市场及学者研究开发的火麻仁蛋白产品主要有火麻蛋白粉<sup>[34-36]</sup>、火麻仁蛋白肽<sup>[37]</sup>、火麻蛋白米粉<sup>[38]</sup>、火麻蛋白饼干<sup>[39]</sup>、火麻蛋白饮料<sup>[40-42]</sup>、火麻奶制品<sup>[43-45]</sup>、火麻蛋白能力棒<sup>[46]</sup>、火麻蛋白人造肉<sup>[47]</sup>、火麻豆腐<sup>[48]</sup>等。

在国外市场上销售的有火麻饮料、火麻面包、火麻饼干、火麻啤酒、火麻咖啡等以火麻仁蛋白作配料制作而成的火麻食品,尤其是火麻饮料,已有如Swiss公司的火麻冰镇茶饮料,Living harvest公司的dream系列hemp dream火麻原味乳以及添加草莓、葡萄以及蓝莓的乳饮料,Dank公司的火麻能量饮等多种系列<sup>[49]</sup>。

与国外对火麻仁蛋白产品的研发制造相比,我国尚处于初步发展阶段,随着对火麻仁蛋白生理功能及营养功能研究的深入,火麻仁蛋白产品必将逐渐进入我们的生活。

### 5 展望

目前对火麻仁蛋白的某些功能特性机理,如缓解高血压等不是很明确,还有待于深入研究;蛋白提取方法还有一定的局限性,如何根据企业实际需要

选择环境友好、工艺简单、产品品质好的方法是重点;火麻仁蛋白系列产品的研发要改善相关产品的工艺技术,可根据火麻仁蛋白加工特性选择添加合适的乳化剂、稳定剂,在增加产品营养品质的同时兼顾产品的口感风味、货架期稳定性等。

#### 参考文献:

- [1] DE PADUA L S, BUNYAPRAFATSARA N, LEMMENS R. Plant resources of South - East Asia [M]. Leiden: Backhuys Publishers, 1999: 167 - 175.
- [2] CALLAWAY J C. Hemp seed as a nutritional resources: an overview[J]. Euphytica, 2004, 140: 65 - 72.
- [3] 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.
- [4] 张乔会, 殷红清, 问小龙, 等. 火麻仁研究概述[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(21): 10 - 14.
- [5] 杨永红, 白巍. 大麻果实中氨基酸和元素的分析[J]. 中国麻业, 2001, 23(4): 17 - 19.
- [6] WANG X S, TANG C H, YANG X Q, et al. Characterization, amino acid composition and in vitro digestibility of hemp (*Cannabis sativa* L.) proteins [J]. Food Chem, 2008, 107: 11 - 18.
- [7] 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.
- [8] 杜军强, 何锦凤, 蒲彪, 等. 汉麻籽营养成分及其在食品工业中的应用[J]. 食品科技, 2011, 32(11): 522 - 524.
- [9] 唐健民, 韦霄, 邹蓉, 等. 食药同源植物火麻的研究进展及开发策略[J]. 广西科学院学报, 2019, 35(1): 1 - 5, 83.
- [10] 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.
- [11] HUFF M W, CARROLL K K. Effects of dietary protein on turnover, oxidation, and absorption of cholesterol, and on steroid excretion in rabbits[J]. J Lipid Res, 1980, 21(5): 546 - 558.
- [12] 沈峰, 尤华智, 聂国荣. 火麻仁蛋白对荷瘤小鼠免疫调节功能的影响[J]. 广州医药, 2013, 44(6): 41 - 42.
- [13] 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.
- [14] 张英霞, 张云. 血清白蛋白的功能及应用[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2007(3): 315 - 320.
- [15] 叶志兵. 火麻仁蛋白粉提高运动员营养指标值的临床研究[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(12): 330 - 331.
- [16] 胡光, 陈文伟. 火麻仁蛋白在制备提高缺氧耐受力的保健食品中的应用: CN200610048837. 9 [P]. 2007 - 05 - 16.
- [17] 胡光, 陈文伟. 火麻仁球蛋白在制备改善贫血的功能食品中的应用: CN200610048836. 4 [P]. 2007 - 05 - 23.
- [18] GIANFRANCO M, GIANLUCA P, ALESSIA R, et al. Production, digestibility and allergenicity of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolates [J]. Food Res Int, 2019, 115: 562 - 571.
- [19] 刘淑霞, 郭永霞, 魏国江, 等. 响应面法优化火麻籽蛋白质的提取工艺[J]. 中国麻业科学, 2017, 39(1): 37 - 43.
- [20] 卫萍, 游向荣, 张雅媛, 等. 响应面法优化火麻蛋白提取工艺研究[J]. 中国油脂, 2016, 41(5): 24 - 29.
- [21] 李乐, 吴晖, 赖富饶. 不同 pH 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: 207 - 210.
- [22] 汤茜. 碱溶酸沉法制备火麻仁蛋白工艺研究[J]. 中国酿造, 2011(3): 108 - 110.
- [23] 张涛, 卢蓉蓉, 钱平, 等. 汉麻籽蛋白的提取及性质研究[J]. 食品与发酵工业, 2008(8): 173 - 179.
- [24] 李晓君, 韩飞燕, 寇君, 等. 酶辅助火麻蛋白提取工艺的研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(9): 17 - 21.
- [25] 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(10): 97 - 100.
- [26] 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.
- [27] 陈聪颖, 唐年初, 赵晨伟, 等. 火麻乳饮料制浆工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6): 345 - 349.
- [28] 陆建林, 农志荣, 黄卫萍, 等. 原味型火麻固体汤料的开发研制[J]. 广西轻工业, 2009(1): 13, 19.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] TANG C H, TEN Z, WANG X S, et al. Physicochemical and functional properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate [J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(23): 8945 - 8950.
- [32] 林金莺. 火麻仁蛋白水解及其抗氧化肽的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [33] YIN S W, TANG C H, CAO J S, et al. Effects of limited enzymatic hydrolysis with trypsin on the functional properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate [J]. Food Chem, 2008, 106(3): 1004 - 1013.
- [34] 齐宝坤, 江连洲, 朱建宇, 等. 一种低 THC 有机火麻蛋白粉的制备方法: CN110684073A [P]. 2020 - 01 - 14.
- [35] 刘胜贵, 王钰霖, 薛红芬, 等. 一种含水溶性大麻二酚的火麻仁蛋白粉的制备方法: CN110584130A [P]. 2019 - 12 - 20.

脂肪酸能够降低 HDL - C,这是因为  $\omega - 3$  多不饱和脂肪酸能够增加肝组织中 SR - B1 的表达,进而促进了 HDL - C 从外周组织向肝组织的逆向转运<sup>[13]</sup>。本文研究表明,高剂量藻油组大鼠的 HDL - C 水平与模型组相比略有降低,可能与肝组织中 SR - B1 的表达有关。肝组织和白色脂肪组织是机体能量代谢的重要器官,能量摄入过多会导致肝组织脂滴堆积、脂肪组织细胞体积增大,因此除了进行适度的干预外,合理的膳食也是维持正常血脂的关键。

### 3 结论

通过建立高脂血症大鼠模型进行了藻油及其与火麻仁油混合物的辅助调节血脂实验。结果表明,藻油及其混合物能够降低血清 TC、TG 和 LDL - C 水平,对高脂饮食导致的肝细胞脂肪变性、脂肪堆积均有一定的改善作用,且高纯度高剂量藻油的降血脂作用优于混合物。基于安全易吸收的特点,藻油在开发调节血脂的辅助食品方面具有较大前景。

### 参考文献:

- [1] 兰韬,汪志明,赵琳,等. DHA 藻油毒理学研究进展[J]. 食品工业科技,2021,42(2):358 - 363.
- [2] 王嵩. 海藻油中分离纯化多烯脂肪酸的研究[D]. 天津:天津大学,2008.
- [3] MAEHRE H, JENSEN I J, ELVEVOLL E, et al.  $\omega - 3$  Fatty acids and cardiovascular diseases: effects, mechanisms and dietary relevance [J]. Int J Mol Sci, 2015, 16:22636 - 22661.
- [4] 汪志明,余超,陆姝欢,等. DHA/EPA 在心血管疾病防治中的重要作用[J]. 中国食品添加剂,2014(9):164 - 170.
- [5] GUO X, GAO M M, WANG Y N, et al. LDL receptor gene - ablated hamsters: a rodent model of familial

hypercholesterolemia with dominant inheritance and diet - induced coronary atherosclerosis [J]. Ebiomedicine, 2018, 27:214 - 224.

- [6] 陈伟伟,高润霖,刘力生,等. 中国心血管病报告 2017 概要[J]. 中国循环杂志,2018,33(1):1 - 8.
- [7] 孙昌华,祝清芬,王娜,等. 南极磷虾油辅助降血脂预防作用与治疗作用的比较[J]. 中国实验动物学报,2018,26(4):480 - 488.
- [8] AGAH S, SHIDFAR F, KHANDOUZI N, et al. Comparison of the effects of eicosapentaenoic acid with docosahexaenoic acid on the level of serum lipoproteins in helicobacter pylori: a randomized clinical trial [J/OL]. Iran Red Crescent Med J, 2015, 17(1):e17652 [2021 - 01 - 16]. <http://doi.org/10.5812/ircmj.17652>.
- [9] 胡滨,陈一资,苏赵. 西瓜籽油辅助降血脂功能研究[J]. 中国油脂,2017,42(2):56 - 62.
- [10] ZIBAEENEZHAD M J, SHAHAMAT M, MOSAVAT S H, et al. Effect of *Amygdalus scoparia* kernel oil consumption on lipid profile of the patients with dyslipidemia: a randomized, openlabel controlled clinical trial[J]. Oncotarget, 2017, 8(45):79636 - 79641.
- [11] TERAN - GARCIA M, ADAMSON A, YU G, et al. Polyunsaturated fatty acid suppression of fatty acid synthase (FASN): evidence for dietary modulation of NF -  $\kappa$  B binding to the Fasn promoter by SREBP - 1c[J]. Biochem J, 2007, 402(3):591 - 600.
- [12] 晁红娟,雷占兰,刘爱琴,等.  $\Omega - 3$  多不饱和脂肪酸性质、功能及主要应用[J]. 中国食品添加剂,2019,30(10):122 - 130.
- [13] MORVAN V L, DUMON M F, PALOS - PINTO A, et al.  $n - 3$  FA increase liver uptake of HDL - cholesterol in mice[J]. Lipids, 2002, 37(8):767 - 772.

(上接第 86 页)

- [36] 刘胜贵,王钰霖,付彬彬. 一种含火麻仁蛋白的速溶咖啡及其制备方法:CN110447747A[P]. 2019 - 11 - 15.
- [37] 卫萍,游向荣,张雅媛,等. 火麻蛋白肽复合饮料研制[J]. 中国油脂,2019,44(9):138 - 142.
- [38] 郭春景,赵金海,常存,等. 一种具有保健功能的火麻蛋白米粉的制备方法:CN109043323A[P]. 2018 - 12 - 21.
- [39] 游向荣,张雅媛,卫萍,等. 一种火麻蛋白饼干及其制备方法:CN104472641A[P]. 2015 - 04 - 01.
- [40] 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.
- [41] 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.
- [42] 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.

- [43] 李绍波,李秀良,卢文学. 火麻奶的研制[J]. 中国乳业,2009(6):50 - 51.
- [44] 刘胜贵,王钰霖,付彬彬,等. 一种火麻仁蛋白粉奶茶及其制备方法:CN110419606A[P]. 2019 - 11 - 08.
- [45] 蒲海燕. 凝固型火麻酸奶的研制[J]. 食品与发酵科技,2014,50(6):91 - 93,103.
- [46] 王钰霖,刘胜贵,马海悦,等. 一种含火麻仁蛋白的能量棒及其制备方法:CN110897169A[P]. 2020 - 03 - 24.
- [47] 王钰霖,刘胜贵,蒋永昌,等. 一种火麻仁蛋白人造肉的配方及制备方法:CN110506799A[P]. 2019 - 11 - 29.
- [48] 何庆祥. 脱壳火麻仁豆腐及其工艺方法:CN103518863B[P]. 2015 - 02 - 18.
- [49] MCMILLAN B, WENDY B. Wholesome hemp [J]. Delicious Living, 2009, 25(3):17.