

## 汉麻仁提取物对小鼠润肠通便及抗氧化能力的影响

胡博<sup>1,2</sup>, 唐晓姝<sup>1,2</sup>, 陈雪梅<sup>1,2</sup>, 陆文伟<sup>1,2\*</sup>

(<sup>1</sup>江南大学国家功能食品工程技术研究中心 江苏无锡 214122

<sup>2</sup>江南大学食品学院 江苏无锡 214122)

**摘要** 汉麻仁中含有丰富的蛋白质、脂肪酸及其酯、黄酮类、木质素酰胺类、生物碱类、甾体和萜类等功效性物质。本文采用水提和醇提方式,对水提物和醇提物组分进行分析,研究水溶性物质和醇溶性物质对小鼠润肠通便及抗氧化的影响。组分分析结果显示,水提物富含蛋白质和总糖,醇提物则以高含量脂肪、大麻素及总酚为显著特征。不同提取方式的汉麻仁提取物成分差异显著。进一步做体内动物实验验证,将小鼠分为溶剂对照组(BL)、模型对照组(M)、汉麻仁水提物低剂量组(MS-L)、汉麻仁水提物高剂量组(MS-H)、汉麻仁醇提物低剂量组(MC-L)、汉麻仁醇提物高剂量组(MC-H),润肠通便实验干预 7 d,抗氧化实验干预 30 d。润肠通便实验中开展小鼠的小肠运动实验和排便实验,抗氧化实验中检测血清中抗氧化酶超氧化歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)、还原性谷胱甘肽(GSH)和蛋白质羰基(PCO)的含量。结果表明,与溶剂对照组相比,便秘模型和乙醇氧化应激模型成立。醇提物和水提物均能够改善便秘小鼠的小肠运动和排便情况。与模型对照组相比,通便实验中汉麻仁醇提物的高剂量组在各项指标中均呈现显著差异。抗氧化实验中,汉麻仁醇提物和水提物的 PCO、MDA 含量均显著降低,SOD、GSH 含量均显著升高。这说明汉麻仁提取物抵抗了过量乙醇引起的氧化应激,具有良好的抗氧化表现,可有效改善小鼠便秘,并具有较强的抗氧化能力。

**关键词** 汉麻仁; 水提; 醇提; 润肠通便; 抗氧化

**文章编号** 1009-7848(2025)12-0090-08 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2025.12.009

近年来,随着社会节奏的加快和人们饮食结构的改变,便秘的发病率呈现逐年上升的趋势,并且有可能引发一系列心理问题,如焦虑、抑郁等,严重时甚至会影响正常的生活和工作<sup>[1]</sup>。便秘的发生与肠道功能异常密切相关。肠道为人体关键的消化器官,更容易接触各类外来物质和微生物病原体,是活性氧自由基(Reactive oxygen species, ROS)的重要来源<sup>[2]</sup>。肠道内 ROS 的产生是一种自然现象。然而,长期暴露于 ROS 过度产生的状态,会导致肠道功能紊乱,进而引发各种肠道疾病。

研究发现,某些天然产物提取物可通过抗氧化作用改善肠道功能,而且具有毒副作用小,安全性高的优点,是开发预防和改善便秘健康食品的理想原料。汉麻仁,是桑科植物大麻(*Cannabis sativa* L.)干燥成熟的种子,又名火麻仁、麻子仁、大麻子、白麻子、冬麻子等<sup>[3]</sup>,广泛分布于中国东

北、华北、华南等地。汉麻在我国种植历史悠久,根据我国现存最早的农事历书《夏小正》记载,公元前 16 世纪,汉麻就是中国主要种植的农作物之一<sup>[4]</sup>。研究表明,汉麻仁含有丰富的蛋白质、不饱和脂肪酸、维生素、膳食纤维、矿物质等生物活性成分<sup>[5-7]</sup>,具有良好的抗氧化、抗炎、改善记忆等作用<sup>[8-9]</sup>。1987 年,卫生部、国家中医管理局联合发布了“关于颁发《禁止食品加药卫生管理办法》的通知(卫防字[87]第 57 号)”,并在附表中公布了第一批《既是食品又是药品的品种名单》,汉麻仁被列入其中。2002 年,国家卫生部在《卫生部关于进一步规范保健食品原料管理的通知》(卫法监发〔2002〕51 号)文件中,将汉麻仁列入“既是食品又是药品”的物品名单。2014 年 10 月,原国家卫计委办公厅在发布的《按照传统既是食品又是中药材物质目录》中,也将汉麻仁列为食药同源品种。在欧、美、日、韩等发达地区和国家,汉麻仁作为食品和保健品原料,越来越受消费者的欢迎,说明汉麻仁具有非常大的潜在开发价值与应用前景<sup>[10]</sup>。

本研究以汉麻仁为原料,采用不同的提取方式获得水提物和醇提物,分析提取物中的主要组

收稿日期: 2025-04-30

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32172216)

第一作者: 胡博,女,硕士,实验师

通信作者: 陆文伟 E-mail: luwenwei@jiangnan.edu.cn

分,探究水溶性物质和醇溶性物质对小鼠抗氧化能力和润肠通便能力的影响,以期为汉麻仁的功能性开发提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

本研究材料的汉麻品种为乌克兰引进的“格列西亚(V1)”和“金刀15(V2)”,由黑龙江省科学院大庆分院赠予。

试剂及仪器:乙醇、阿拉伯树胶、活性炭粉,国药集团化学试剂有限公司;大麻素(Cannabidiol, CBD)标准品,上海源叶生物科技有限公司;脂质氧化产物丙二醛(Malondialdehyde, MDA)试剂盒、蛋白质羰基(Protein carbonyl, PCO)试剂盒、抗氧化物质还原性谷胱甘肽(Glutathione, GSH)试剂盒、抗氧化酶超氧化歧化酶(Super oxide dismutase, SOD)试剂盒,南京森贝伽生物科技有限公司;植物总酚测定试剂盒,南京建成生物科技有限公司;Waters 2695 高效液相色谱仪,美国 Waters 仪器有限公司;1510 全波长酶标仪,美国赛默飞世尔科技公司。

### 1.2 提取物的制备

称取去皮后的汉麻仁 150 g,于 60 °C 烘箱中干燥 48 h,粉碎,100 目过筛<sup>[1]</sup>。水提法:称取汉麻仁粉末 50 g,加 1 L 水(料液比 1:20),50 °C 超声提取 2 h,浸提 48 h,旋蒸浓缩至 100 mL,过滤得汉麻仁水提物高浓度(MS-H),取浓缩液 40 mL 用水稀释至 80 mL,得汉麻仁水提物低浓度(MS-L),冻存,用于动物实验灌胃;醇提法:称取汉麻仁粉末 50 g,加 1 L 90%乙醇(体积分数),料液比 1:20,50 °C 超声提取 2 h,浸提 48 h,旋蒸浓缩至 100 mL,过滤得汉麻仁醇提物高浓度(MC-H),取浓缩液 40 mL 用 0.5%羧甲基纤维素钠溶液稀释至 80 mL,得汉麻仁醇提物低浓度(MC-L),冻存,用于动物实验灌胃。

### 1.3 提取物浓缩液成分分析

1.3.1 基本成分分析 蛋白质:参考《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5—2016)测定。

脂肪:参考《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》(GB 5009.6—2016)测定。

总糖:参考《食用菌中总糖含量的测定》(GB/T 15672—2009)测定。

总酚:按照“植物总酚试剂盒说明书”中操作方法,采用酶标仪于 760 nm 下测定吸光度。

1.3.2 脂肪酸组成分析 提取物的皂化和甲酯化:参考《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》(GB 5009.168—2016)制备。

色谱条件:DB-WAX 毛细管柱(30 m×0.32 mm×0.25 μm),高纯氮气为载气,流速 2 mL/min;采用分流方式进样 1 μL,分流比为 15:1,进样口温度为 240 °C;升温程序如下:100 °C 保持 3 min,以 5 °C/min 升温速度升至 190 °C,再以 1 °C/min 升温速度至温度达到 210 °C,保持 9 min。

1.3.3 大麻素 CBD 的测定 标准品溶液的制备:精密称取 CBD 对照品 0.0010 g 于 10 mL 容量瓶中,加甲醇定容至刻度,配置成质量浓度为 1 000 μg/mL 的溶液,再用甲醇稀释至质量浓度分别为 0, 10, 20, 50, 100, 500 μg/mL 的标准工作液。

供试品溶液的制备:取汉麻仁提取物浓缩液 0.5 mL,置于 10 mL 具塞试管中,氮吹至干,加入甲醇 5 mL,具塞称重,盖塞超声 30 min,用甲醇补足重量,10 000 r/min 离心 10 min,取 1 mL 上清液定容至 25 mL 的容量瓶中,过 0.22 μm 微孔滤膜,待测。

HPLC 条件:C18 色谱柱,柱温 30 °C,进样量 20 μL,流速 1 mL/min,流动相为乙腈:0.05%磷酸溶液=80:20,等度洗脱。

### 1.4 动物实验方法

1.4.1 动物及分组 实验选用 SPF 级健康雄性 BALB/c 小鼠(18~22 g)120 只,由斯贝福(苏州)生物技术有限公司提供(许可证号为 SCXK(苏)2022-0006)。试验动物在温度为 20~26 °C、相对湿度为 40%~70%的江南大学实验动物中心屏障设施(SYXK(苏)2021-0056)饲养。辐照灭菌饲料和垫料均由江苏省协同医药生物工程有限责任公司提供(苏饲证(2024)01008)。

在屏障设施内预饲养 5 日后,将 120 只动物随机分成小肠运动组和排便实验组,每个大组分成分成 6 个组,即溶剂对照组(BL)、模型对照组(M)、汉麻仁水提物低剂量组(MS-L)、汉麻仁水提物高剂量组(MS-H)、汉麻仁醇提物低剂量组(MC-L)、

汉麻仁醇提取物高剂量组(MC-H),每组10只动物。

1.4.2 小鼠润肠通便实验 参照保健食品功能检验与评价方法(2023年版)十七 有助于润肠通便功能评价方法(动物实验),适应期5 d结束后,溶剂对照组及模型对照组给予蒸馏水,剂量组给予对应受试物,灌胃量10 mL/kg bw。给受试样品7 d后,各组小鼠禁食不禁水20 h。模型对照组和剂量组灌胃给予盐酸洛哌丁胺5 mg/kg bw,溶剂对照组给蒸馏水。给盐酸洛哌丁胺0.5 h后进行润肠通便作用评价,小肠运动组解剖取小肠组织,计算墨汁推进率,排便实验组记录小鼠排首粒黑便的时间,5 h内小鼠黑便粒数及质量。

1.4.3 小鼠抗氧化实验 参照国家市场监督管理总局发布的《保健食品功能检验与评价方法(2023年版)》中“附录2 有助于抗氧化功能的评价方法(动物实验)”,排便实验组继续饲养30 d后进行抗氧化作用评价,一次性灌胃给予50%乙醇12 mL/kg bw 构建乙醇氧化损伤模型,6 h后眼眶取血,静置2 h,3 500 r/min,4 ℃离心15 min 得血清,检测血清中MDA、GSH、SOD、PCO含量。

## 1.5 数据统计与分析

数据采用平均值±标准差表示,实验数据结果用SPSS25.0软件进行单因素方法分析, $P<0.05$ 表示为各组与模型对照组具有显著性差异,数据用GraphPad Prism 8.0.1软件进行作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 汉麻仁提取物浓缩液的成分分析

对汉麻仁提取物浓缩液进行了基本成分测定。结果如表1所示,汉麻仁水提取物中总糖含量可达18.3 g/100 mL,而醇提取物中未检出总糖,表明总糖在水中溶解性良好,乙醇难以将其有效萃取。蛋白质方面,水提取物含量为35.1 g/100 mL,远高于醇提取物的1.15 g/100 mL,说明水更适宜蛋白质的提取。脂肪则呈现相反态势,水提取物中未检出,醇提取物却含有45.8 g/100 mL,体现出脂肪的脂溶性特征,乙醇对其萃取效果显著。在大麻素CBD检测上,水提取物无检出,醇提取物中为0.28 g/100 mL,进一步证实CBD的亲脂性。总酚含量上,醇提取物为0.221 g/100 mL,高于水提取物的0.065 g/100 mL,说明醇在萃取总酚方面更具优势。

进一步分析汉麻仁醇提取物的脂肪酸组成,如表2所示,不饱和脂肪酸含量丰富,其相对含量高达90.63%。其中,亚油酸含量最为突出,占总脂肪酸的56.87%,是维持人体生理功能、调节血脂代谢的关键脂肪酸;其次为 $\alpha$ -亚麻酸和油酸,相对含量分别为20.18%和10.22%,作为 $\omega$ -3系列不饱和脂肪酸的重要成分,对心血管健康、神经系统发育等具有积极作用。这一组成特征表明汉麻仁醇提取物具有较高的营养价值和潜在的生理活性。

表1 汉麻仁水提取物及醇提取物浓缩液基本组分

Table 1 Basic components of concentrated water and alcohol extracts of Hemp seed

成分类别	汉麻仁水提取物/ (g/100 mL)	汉麻仁醇提取物/ (g/100 mL)
总糖	18.3 ± 1.2	—
蛋白质	35.1 ± 1.8	1.15 ± 0.28
脂肪	—	45.8 ± 2.2
大麻素(CBD)	—	0.28 ± 0.03
总酚	0.065 ± 0.008	0.221 ± 0.016

注:“—”表示未检出。

表2 汉麻仁醇提取物浓缩液的脂肪酸组成

Table 2 Fatty acid composition of concentrated ethanol extract of Hemp seed

脂肪酸名称	百分比/%
不饱和脂肪酸	90.63 ± 4.05
(C18:1n9)油酸	10.22 ± 1.02
(C18:2n6)亚油酸	56.87 ± 3.89
(C18:3n3) $\alpha$ -亚麻酸	20.18 ± 1.09
(C18:3n6) $\gamma$ -亚麻酸	2.88 ± 0.38
(C20:1)二十碳酸	0.48 ± 0.06
饱和脂肪酸	9.37 ± 0.44
(C16:0)棕榈酸	6.58 ± 0.37
(C18:0)硬脂酸	2.04 ± 0.21
(C20:0)花生酸	0.75 ± 0.02

### 2.2 汉麻仁提取物对小鼠体质量的影响

实验期间,各组小鼠无死亡,生长情况良好,无腹泻等各种不良现象。由表3可知,与溶剂对照组相比,各组小鼠体质量无显著差异。

表 3 汉麻仁提取物对小鼠体质量的影响

Table 3 Effect of hempseed extract on the body weight in mice

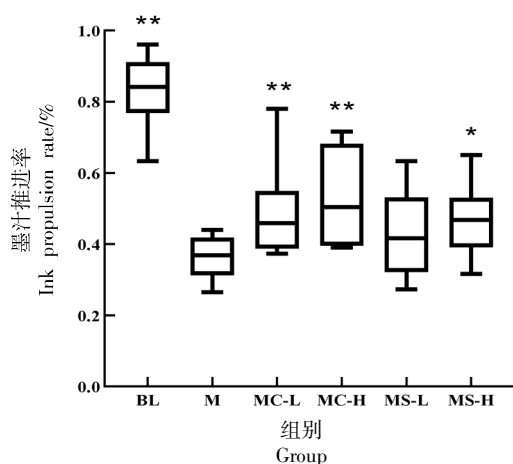
组别	初始体质量/g	1 周体质量/g	2 周体质量/g	3 周体质量/g	4 周体质量/g	5 周体质量/g
BL	18.87 ± 0.85	29.75 ± 1.29	34.53 ± 1.48	39.43 ± 1.67	44.46 ± 1.86	50.28 ± 1.19
M	18.97 ± 0.91	29.88 ± 1.29	35.02 ± 1.27	40.17 ± 1.18	45.08 ± 1.36	48.75 ± 1.95
MC-L	18.86 ± 0.68	28.90 ± 0.95	33.53 ± 1.22	38.45 ± 1.50	43.53 ± 1.49	48.25 ± 1.38
MC-H	19.12 ± 0.65	29.38 ± 1.11	34.37 ± 1.57	39.10 ± 1.63	44.17 ± 2.01	48.53 ± 1.33
MS-L	19.18 ± 0.50	29.75 ± 0.99	35.18 ± 1.11	40.10 ± 1.16	44.98 ± 1.51	49.01 ± 1.13
MS-H	19.03 ± 0.70	28.93 ± 0.93	33.62 ± 1.22	38.89 ± 1.45	44.06 ± 1.60	49.25 ± 1.87

## 2.3 汉麻仁提取物对小鼠润肠通便的影响

2.3.1 小肠墨汁推进率 由图 1 可知,在  $P < 0.05$  的显著水平下进行组与组间显著性分析可得:模型对照组与空白组相比,墨汁推进率显著降低,说明造模成功。汉麻仁醇提物的低、高剂量组与模型对照组比较均有显著性差异 ( $P < 0.01$ ),汉麻仁水提物的高剂量组与模型对照组相比有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。汉麻仁含有丰富的不饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸能将人体内多余的甘油三酯与胆汁酸结合在一起,排入肠道,并随粪便排出体外。由于体内多余脂肪排入肠道后,容易产生润肠通便的作

用<sup>[12]</sup>。以上结果说明在醇提过程中,汉麻仁中的醇溶性物质如不饱和脂肪酸等有效促进了小肠运动。

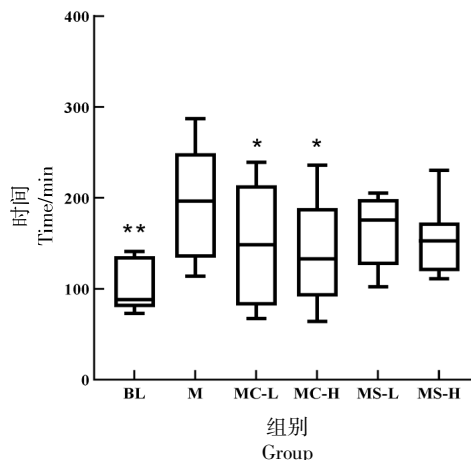
2.3.2 首粒黑便排便时间 由图 2 可知,模型对照组的首粒排黑便时间显著高于空白组 ( $P < 0.01$ ),说明便秘模型成立。汉麻仁醇提物低、高剂量组与模型对照组相比均显著降低,说明汉麻仁醇提物在改善小鼠排便时间方面有明显效果。而汉麻仁水提物与模型对照组相比无明显变化,改善排便时间方面效果不明显。



注: \*: 显著性水平  $P < 0.05$ ; \*\*: 显著性水平  $P < 0.01$ 。

图 1 汉麻仁提取物对小鼠小肠墨汁推进率的影响

Fig.1 Effect of hemp seed extract on small intestinal propulsion rate of mice



注: \*: 显著性水平  $P < 0.05$ ; \*\*: 显著性水平  $P < 0.01$ 。

图 2 汉麻仁提取物对小鼠首粒黑便排便时间的影响

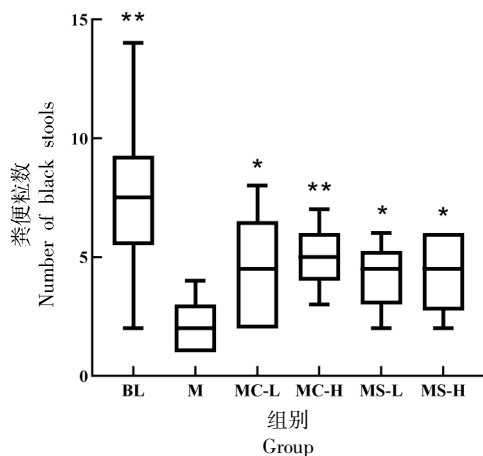
Fig.2 Effect of hempseed extract on the defecation time of the first black stool in mice

2.3.3 5 h 内排黑便粒数 由图 3 可知,模型对照组的 5 h 内排黑便粒数显著低于空白组 ( $P < 0.01$ ),说明便秘模型成立。各受试物组与模型对照组相比均显著增加,排便频率明显提高。说明水提物和

醇提物在低、高剂量浓度下均可增加 5 h 内排黑便的粒数。汉麻仁中脂肪成分占比最大,约占 30%~35%<sup>[13]</sup>。Huang 等<sup>[14]</sup>研究表明,汉麻仁油有减少大肠腹泻次数的作用,对便秘和腹泻有双向治疗作

用。醇提过程中,汉麻仁中含有的油类物质会被浸提出。这些物质可能会刺激肠黏膜,使分泌增多,蠕动加快,减少大肠吸收水分,故排黑便粒数增加。汉麻仁多糖是汉麻仁的重要组成成分,水提过程中汉麻仁中的多糖等水溶性成分会被浸提出<sup>[15]</sup>。可溶性纤维具有膨胀力大,吸水力强等特点可能会有效改善粪便蓬松度,刺激肠道蠕动,从而改善便秘促进排便<sup>[16]</sup>。

2.3.4 5 h 内排黑便质量 由图 4 可知,便秘模型



注:\*,显著性水平  $P < 0.05$ ; \*\*,显著性水平  $P < 0.01$ 。

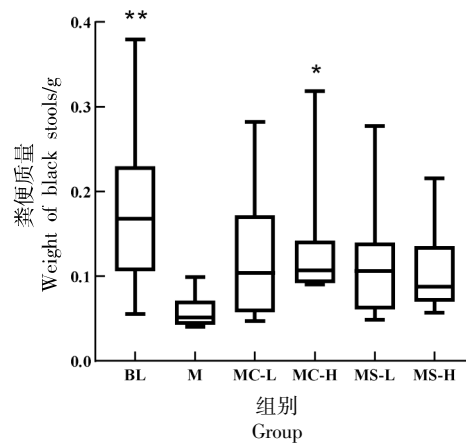
图 3 汉麻仁提取物对 5 h 内排黑便粒数的影响

Fig.3 Effect of hempseed extract on the number of black stools excreted in mice within a 5-hour period

## 2.4 汉麻仁提取物对小鼠抗氧化能力的影响

MDA、SOD、GSH 和 PCO 是反映机体抗氧化能力的重要参数。由表 4 结果可知,与溶剂对照组相比,模型对照组血清中的 MDA 和 PCO 含量显著升高( $P < 0.01$ ),GSH 和 SOD 含量显著降低( $P < 0.01$ ),说明抗氧化模型成立。各受试物组与模型组比较,MDA 含量显著降低。MDA 是脂质过氧化反应中产生的过氧化物,在体内新陈代谢中起到重要作用,其含量的变化反映了机体组织细胞受自由基攻击的严重程度<sup>[17-18]</sup>。表 4 所列结果说明汉麻仁水提物和醇提物均能有效降低血清中 MDA 的含量,说明二者均具有一定的抗氧化能力。机体内氧化剂含量升高会加速蛋白质羰基化,使细胞遭受自由基的破坏,因此,体内 PCO 含量越高,表明机体抗氧化能力越弱<sup>[19-21]</sup>。从 PCO 含量的变化结果来看,汉麻仁水提物比醇提物下降的略低,细

胞遭受自由基的破坏程度均显著低于模型组。抗氧化酶的活性水平对于维持超氧自由基和  $H_2O_2$  的稳定状态具有重要作用,机体清除自由基的抗氧化酶主要有 SOD、GSH 等,能够清除自由基,催化过氧化物与其反应,从而起到保护作用<sup>[22-23]</sup>。由表可知,汉麻仁提取物干预后,小鼠血清中 GSH 和 SOD 含量均显著升高,说明汉麻仁水提物及醇提物具有抗氧化能力。Ning 等<sup>[24]</sup>研究了汉麻仁的代谢物与其抗氧化活性之间的关系,对 7 个品种的汉麻仁代谢物的抗氧化活性进行了检测,发现黄酮类和酚类物质在汉麻仁抗氧化活性中发挥重要作用。汉麻仁中蛋白质高达 25%,其酶解产物已被证实具有显著的抗氧化活性<sup>[25]</sup>。Tang 等<sup>[26]</sup>的研究报告中发现,汉麻仁蛋白水解产物的肽含量与表面疏水性、DPPH 自由基清除能力、铁螯合能力呈正相关。结合汉麻仁水提取中丰富的蛋白质、糖



注:\*,显著性水平  $P < 0.05$ ; \*\*,显著性水平  $P < 0.01$ 。

图 4 汉麻仁提取物对小鼠 5 h 内排黑便质量的影响

Fig.4 Effect of hempseed extract on weight of black stools excreted in mice within a 5-hour period

类物质及醇提取物中丰富的不饱和脂肪酸,推测可能是由于汉麻仁中含有丰富多样功效成分在抗氧化能力方面均表现突出。

表 4 小鼠血清中 MDA、PCO、GSH 和 SOD 的浓度

Table 4 Concentrations of MDA, PCO, GSH, and SOD in mouse serum

组别	MDA 含量/(nmol/L)	PCO 含量/(ng/L)	SOD 含量/(ng/L)	GSH 含量/(ng/L)
BL	4.46 ± 0.04**	58.09 ± 0.63**	64.93 ± 0.46**	847.49 ± 16.42**
M	6.09 ± 0.04	82.72 ± 0.55	45.39 ± 0.76	583.18 ± 31.11
MC-L	5.09 ± 0.18**	65.54 ± 2.05**	54.90 ± 1.38**	666.36 ± 24.23**
MC-H	5.11 ± 0.14**	65.61 ± 2.01**	54.60 ± 1.86**	670.27 ± 25.16**
MS-L	5.11 ± 0.14**	64.28 ± 1.63**	55.52 ± 1.34**	669.21 ± 17.78**
MS-H	5.02 ± 0.21**	63.65 ± 0.88**	56.70 ± 1.55**	689.16 ± 11.14**

注: \*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.01$ 。

### 3 结论

对汉麻仁采用水提和醇提,研究发现,对小鼠便秘造模后,汉麻仁水提物和汉麻仁醇提取物均能明显促进小鼠的小肠运动,且能够明显增加 5 h 内排便粒数。在排首粒黑便时间和 5 h 内排便质量方面,汉麻仁醇提取物表现更为突出。此外,本研究发现,汉麻仁醇提取物和水提取物均呈现显著的抗氧化作用。这一结果将为汉麻仁的开发和利用提供了理论依据与实践基础。

汉麻仁中含有丰富的不饱和脂肪酸、蛋白质、纤维素及多酚类物质,在醇提和水提过程中被充分浸出。一方面,这些功效成分本身可以通过刺激肠道蠕动,促进排便,改善便秘,发挥抗氧化活性。另一方面,这些功效成分被小鼠摄入,经过胃肠道消化及肠道菌群发酵后,可能会产生如抗氧化肽等可显著改善小鼠氧化应激反应的物质。未来研究应深入开展汉麻仁不同提取物对小鼠肠道菌群的结构和功能的影响,结合代谢组学等组学技术进一步揭示汉麻仁改善便秘和提高宿主抗氧化能力的作用机制,以期提高汉麻仁的精深加工水平。

### 参 考 文 献

- [1] FIORINI D, SCORTICINI S, BONACUCINA G, et al. Cannabidiol enriched hemp essential oil obtained by an optimized microwave-assisted extraction using a central composite design[J]. *Industrial Crops and Products*, 2020, 154: 112688.
- [2] 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.
- [3] ZHU Y, BI Y, WANG Y C, et al. Effect of high dose ingestion of hemp seed peptide and protein on renal function of mice[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(16): 46–51.
- [4] MARIA I, ELENI T, APOSTOLOS K, et al. Effect of genotype and growing year on the nutritional, phytochemical, and antioxidant properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds[J]. *Antioxidants*, 2019, 8(10): 491–499.
- [5] ZAHRA H, MARJAN N. Enrichment of camel yogurt using hemp seeds as a rich source of omega 3 and physicochemical evaluation[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2023, 58(6): 3439–3447.
- [6] LANZONI D, SKRIVANOVA E, PINOTTI L, et al. Review: Nutritional aspects of hemp-based products and their effects on health and performance of monogastric animals[J]. *Animal*, 2024, 18(2): 101058–101066.
- [7] POJIC M, MISAN A, SAKAC M, et al. Characterization of byproducts originating from hemp oil processing[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, 62(51): 12436–12442.
- [8] 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): C1512–C1521.
- [9] REN, Y, LIANG, K, JIN, Y Q, et al. Identification and characterization of two novel  $\alpha$ -glucosidase inhibitory oligopeptides from hemp (*Cannabis sativa*

- L.) seed protein[J]. *Journal of Functional Foods*, 2016, 26(1): 439–450.
- [9] SHYAM S, BALWINDER S, AMRITPAL K. Microwave roasting effects on phenolic, tocopherol, fatty acid and phytosterol profiles, physiochemical, oxidative and antioxidant properties of hemp seed oil [J]. *Food Chemistry Advances*, 2024, 4(5): 100596.
- [10] 郭丽, 王明泽, 王殿奎, 等. 工业大麻综合利用研究进展与前景展望[J]. *黑龙江农业科学*, 2014(8): 132–134.
- GUO L, WANG M Z, WANG D K, et al. Research progress and prospect of comprehensive utilization of industrial hemp[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2014(8): 132–134.
- [11] 王宇凡, 张文斌, 徐琳娜. 酸浸超声预处理辅助水酶法提取大麻籽油[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(23): 169–175.
- WANG Y F, ZHANG W B, XU L N. Technology for aqueous extraction of hempseed oil by ultrasound-assisted acid immersion pretreatment[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(23): 169–175.
- [12] CAO L S, LIU T Y, CAI C H, et al. Ameliorating effect and potential mechanism of camellia oil on constipated mice [J]. *Journal of Beijing Institute of Technology*, 2018, 27(2): 312–318.
- [13] LEONARD W, ZHANG P Z, YING D Y, et al. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2020, 19(1): 1–27.
- [14] HUANG H, WANG Y T, DING X F, et al. Hemp seeds attenuate loperamide-induced constipation in mice [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2024, 15(3): 1353015.
- [15] 温林凤, 刘果, 宋明月, 等. 汉麻籽生物活性成分及其应用研究进展[J]. *中国果菜*, 2021, 41(2): 21–27.
- WEN L F, LIU G, SONG M Y, et al. Research advance on bioactive components and application of hempseed[J]. *China Fruit & Vegetable*, 2021, 41(2): 21–27.
- [16] ELLEUCH M, BEDIGIAN D, ROISEUX O, et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review[J]. *Food Chemistry*, 2011, 124(2): 411–421.
- [17] TSIKAS D. Assessment of lipid peroxidation by measuring malondialdehyde (MDA) and relatives in biological samples: Analytical and biological challenges [J]. *Analytical Biochemistry*, 2017, 524(3): 13–30.
- [18] LIU X R, WANG Y Y, FAN H R, et al. Preventive effects of  $\beta$ -cryptoxanthin against cadmium-induced oxidative stress in the rat testis [J]. *Asian Journal of Andrology*, 2016, 18(6): 920–924.
- [19] SAITO K, JIN D H, OGAWA T, et al. Antioxidative properties of tripeptide libraries prepared by the combinatorial chemistry[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2003, 51(12): 3668–3674.
- [20] DAVALOS A, MIGUEL M, BARTOLOME B, et al. Antioxidant activity of peptides derived from egg white proteins by enzymatic hydrolysis[J]. *Food Protection*, 2004, 67(9): 1939–1944.
- [21] WEBER D, DAVIES M J, GRUNE T. Determination of protein carbonyls in plasma, cell extracts, tissue homogenates, isolated proteins: Focus on sample preparation and derivatization conditions [J]. *Redox Biology*, 2015, 5(6): 367–380.
- [22] 魏好程, 邵杰, 何传波, 等. 鲍内脏多糖体内抗氧化及增强小鼠免疫活性[J]. *食品科学*, 2018, 39(9): 140–144.
- WEI H C, SHAO J, HE C B, et al. *In vivo* antioxidant capacity and immunoenhancing activity in mice of polysaccharides from abalone viscera [J]. *Food Science*, 2018, 39(9): 140–144.
- [23] BOTTINO F, LUCIGNANI M, NAPOLITANO A, et al. *In vivo* brain GSH: MRS methods and clinical applications[J]. *Antioxidants*, 2021, 10(9): 1407.
- [24] NING K, HOU C, WEI X Y, et al. Metabolomics analysis revealed the characteristic metabolites of hemp seeds varieties and metabolites responsible for antioxidant properties[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2022, 13(1): 904163–904171.
- [25] 潘宇涛, 常存, 赵金海, 等. 汉麻应用产品及优势研究[J]. *黑龙江科学*, 2020, 11(24): 52–55.
- PAN Y T, CHANG C, ZHAO J H, et al. Research of China-hemp application products and advantages [J]. *Heilongjiang Science*, 2020, 11(24): 52–55.
- [26] TANG C H, WANG X S, YANG X Q, et al. Enzymatic hydrolysis of hemp (*Cannabis sativa* L.)

protein isolate by various proteases and antioxidant properties of the resulting hydrolysates[J]. Food Chemistry, 2009, 4(114): 1484-1490.

### Effect of Hemp Seed Extract on the Defecation and Antioxidant Capacity in Mice

HU Bo<sup>1,2</sup>, TANG Xiaoshu<sup>1,2</sup>, CHEN Xuemei<sup>1,2</sup>, LU Wenwei<sup>1,2\*</sup>

(<sup>1</sup>National Engineering Research Center for Functional Food, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu

<sup>2</sup>School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu)

**Abstract** Hemp seeds are rich in functional substances such as proteins, fatty acids and their esters, flavonoids, lignanamides, alkaloids, steroids, and terpenoids. Through the extraction methods of water extraction and alcohol extraction, the components of water and alcohol extracts were analyzed to study the effects of water-soluble and alcohol soluble substances on mice intestinal lubrication, defecation, and antioxidant properties, providing a basis for the functional development and application of hemp seed. The component analysis results showed that the water extract was rich in protein and total sugar, while the alcohol extract was significantly characterized by high levels of fat, cannabinoid (CBD), and total phenols. Different extraction methods resulted in significant differences in the composition of hemp seed extract, which were further validated through *in vivo* animal experiments, the mice were divided into a solvent control group (BL), a model control group (M), a low-dose group of hemp seed water extract (MS-L), a high-dose group of hemp seed water extract (MS-H), a low-dose group of Hemp seed alcohol extract (MC-L), and a high-dose group of hemp seed alcohol extract (MC-H). The defecation test lasted for 7 days, and the antioxidant test lasted for 30 days. The defecation test was conducted to test the small intestine movement and defecation of mice, while the antioxidant test was conducted to measure the levels of antioxidant enzymes such as SOD, MDA, GSH, PCO in the serum. The results indicated that, compared with the solvent control group, the constipation model and ethanol-induced oxidative stress model were successfully established. Compared with the M group, MC-H group showed significant differences in various indicators in the defecation experiment. Overall, both the alcohol extract and water extract were able to improve small intestine movement and defecation in constipated mice, and alcohol extract of hemp seed had a better effect on the defecation in mice. In the antioxidant experiment, the PCO and MDA contents of the ethanol and water extract were significantly reduced, while the SOD and GSH contents were significantly increased, indicated strong antioxidant capacity. Therefore, hemp seed can effectively improve constipation in mice and has strong antioxidant capacity.

**Keywords** hemp seed; water extract; alcohol extract; defecation; antioxidant