

野坝子水提物对高脂饮食小鼠脂质代谢变化的干预作用

单林鲜¹, 徐紫芸¹, 罗延凯², 方崇业^{1*}

(1. 云南农业大学食品科学技术学院, 云南昆明 650201)

(2. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南昆明 650201)

摘要: 为探究野坝子水提物对高脂饮食小鼠脂质沉积的影响, 将 C57BL/6J 小鼠随机分为对照组 (CK 组), 高脂组 (HFD 组), 盐酸二甲双胍药物对照组 (POS 组), 野坝子水提物组 (HFD+Y 组), 每组 6 只。除对照组给予普通饲料, 其他组均以高脂饲料喂养 16 周。每周定期检测小鼠的体质量、空腹血糖、摄食量、饮水量, 14 周和 15 周进行腹腔葡萄糖耐受 (Intraperitoneal Glucose Tolerance Test, IPGTT) 和腹腔胰岛素耐受 (Intraperitoneal Insulin Tolerance Test, IPITT) 试验。饲养结束后, 测定脏器系数、血清生化指标, 并观察各组小鼠肝细胞与脂肪细胞形态变化。结果显示, 与 HFD 组相比, 野坝子水提物能够降低高脂饮食小鼠体质量, 减轻体内脂肪堆积 (腹股沟脂肪 34.59%, 附睾脂肪 45.21%), 改善小鼠葡萄糖耐受性和胰岛素敏感性, 降低小鼠血清甘油三酯 (15.54%)、总胆固醇 (24.69%)、谷丙转氨酶 (40.78%) 水平, 以及肝脏甘油三酯 (36.14%)、总胆固醇 (24.89%) 水平。综上, 野坝子水提物能够改善高脂饮食小鼠的体重、胰岛素敏感性及脂质沉积。该研究为开发干预脂代谢异常的天然物质提供理论基础。

关键词: 野坝子; 高脂饮食; 肝脏; 脂质沉积

文章编号: 1673-9078(2025)06-78-85

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.6.0540

Effects of Aqueous *Elsholtzia rugulosa* Hemsl. Extract on Lipid Metabolism in High-fat Diet-fed Mice

SHAN Linxian¹, XU Ziyun¹, LUO Yankai², FANG Chongye^{1*}

(1. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(2. College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: The effects of aqueous extract of *Elsholtzia rugulosa* Hemsl. on lipid deposition in high-fat diet-fed mice were studied. C57BL/6J mice were randomly divided into four groups ($n=6$ each): control (CK), high-fat diet (HFD), metformin hydrochloride (POS) intervention, and aqueous *Elsholtzia rugulosa* Hemsl. (HFD+Y) intervention. Except for the control group, which received a normal diet, all other groups were fed a high-fat diet for 16 weeks. The mice's body weight, fasting blood glucose, food intake, and water consumption were recorded weekly. Intraperitoneal glucose tolerance test (IPGTT) and intraperitoneal insulin tolerance test (IPITT) were conducted at weeks 14 and 15. At the end of

引文格式:

单林鲜,徐紫芸,罗延凯,等.野坝子水提物对高脂饮食小鼠脂质代谢变化的干预作用[J].现代食品科技,2025,41(6):78-85.

SHAN Linxian, XU Ziyun, LUO Yankai, et al. Effects of aqueous *Elsholtzia rugulosa* Hemsl. extract on lipid metabolism in high-fat diet-fed mice [J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(6): 78-85.

收稿日期: 2024-04-23

基金项目: 云南省绿色健康食品中泰双边国际联合实验室 (202203AP140011); 2022 年云南省国际科技特派员 (个人) 认定工作 (202203AK140017)

作者简介: 单林鲜 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学, E-mail: 2032431254@qq.com

通讯作者: 方崇业 (1978-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 生物资源开发与利用, E-mail: ffcyy2@163.com

the feeding period, organ indices and serum biochemical parameters were measured, and morphological changes in liver cells and adipocytes were observed. The results showed that aqueous *Elsholtzia rugulosa* Hemsl. extract could reduce body weight gain and fat accumulation in the body, leading to decreases in inguinal fat by 34.59% and epididymal fat by 45.21%. The aqueous extract improved glucose tolerance and insulin sensitivity while reducing serum triglyceride (15.54%), total cholesterol (24.69%), and alanine aminotransferase (40.78%) levels and hepatic triglyceride (36.14%) and total cholesterol (24.89%) contents. In conclusion, aqueous *Elsholtzia rugulosa* Hemsl. extract resulted in body weight gain, enhanced insulin sensitivity, and reduced lipid deposition in mice fed a high-fat diet. This study provides a theoretical basis for developing natural compounds to treat lipid metabolism disorders.

Key words: *Elsholtzia rugulosa* Hemsl.; high-fat diet; liver; lipid deposition

非酒精性脂肪性肝病 (Nonalcoholic Fatty Liver Disease, NAFLD) 是指除酒精外所导致的肝细胞内脂肪过度沉积为主要特征的一种慢性疾病, 常伴有肥胖、糖尿病、高脂血症、高血压等代谢异常^[1]。研究显示, 随着生活方式和饮食的改变, NAFLD 患病率逐年上升, 全球范围内, 32.4% 的人口患有 NAFLD, 其中亚洲成年人 NAFLD 的总患病率为 29.62%^[2,3]。NAFLD 的病理特征是肝细胞中脂滴的代谢失调, 导致细胞内脂质的异常积累, 最终导致脂肪变性、肝细胞炎症和肝组织纤维化^[4]。而肥胖则被定义为体内脂肪过度积累或异常分布, 是由高脂饮食为主要诱因引起的, 与 NAFLD 的发生密切相关^[5]。随着人们生活水平的提高, 营养过剩的问题日渐严重, 长期的高脂肪饮食摄入会导致肥胖, 进而引起机体脂质代谢紊乱和血脂异常, 其主要表现为葡萄糖不耐受、胰岛素抵抗、血脂 TC、低度炎症以及 TG、LDL-C 水平升高, HDL-C 水平降低^[6-8]。然而, 目前 NAFLD 发病率高、并发症多、无批准疗法, 对于 NAFLD 的药物治疗也十分有限, 临床上采用的吡格列酮以及降脂、降糖药物他汀类、磺胺类、二甲双胍等通常都具有一定的副作用, 危害身体健康^[9-12]。因此, 寻找天然的药食同源物质是缓解 NAFLD、改善肥胖更为安全有效的策略之一。

野坝子 (*Elsholtzia rugulosa* Hemsl) 为唇形科 (Labiatae) 香薷属植物, 别名为野坝蒿、野巴子、皱叶香薷, 其味辛、性凉, 可用于治疗蜂毒、烫伤、外伤出血等^[13]。其资源较丰富, 广泛分布于四川、贵州、云南、广西等地。彝族群众不仅将其入药, 还用于饮食调料^[14,15], 并且野坝子是冬季的主要野生蜜源植物, 是一种药食两用的天然植物。目前对野坝子的研究较少, 主要是分析其化学成分和某些成分的抑菌作用^[16-18]。据研究, 野坝子中含有黄酮类、

挥发油、多糖、果酸类、芹菜素、酚类醇类等化学成分和 Cu、Zn、Fe、Mn、Se 等微量元素^[19-21], 具有抗菌、抗病毒、抗氧化、抗阿尔茨海默病、降血糖等药理活性^[22-24]。

目前已报道的野坝子提取物表现出了良好的体外降血糖和护肝活性。随着生活水平的提高及健康意识的增强, 人们更倾向于从天然健康、药食同源的植物中寻找有效、副作用低和耐受性强的降血糖、护肝制剂^[25]。本研究基于野坝子的体外降血糖和护肝活性, 以楚雄武定县产野坝子茎叶为原料制成水提物加入高脂饮食小鼠日常饮水中, 探究该水提物对高脂饮食诱导小鼠的体质量、胰岛素抵抗和肝脏脂质沉积作用, 拓展野坝子资源的应用开发, 提升野坝子的附加值, 推动我省野坝子产业的发展, 同时可以为 NAFLD、肥胖等特殊人群的干预治疗提供新选择。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

野坝子 (茎、叶), 购自楚雄武定; 7 w 雄性 C57BL/6J 小鼠 [动物许可证号 SCXK (豫) 2020-0005], 河南斯克贝斯生物科技股份有限公司; 高脂饲料 (D12492, 脂肪供能比: 60%), 美国 Research Diets 公司; 普通饲料, 江苏美迪森生物医药有限公司 (脂肪供能比: 4%); 盐酸二甲双胍, 上海麦克林生化科技有限公司; 10% 中性福尔马林组织固定液, 浙江金华同和生物技术有限公司; 磷酸盐缓冲液, biosharp; TC、TG 试剂盒, 南京建成生物工程研究所; 葡萄糖注射液 (5%), 河北科星药业有限公司; 胰岛素注射液 (H10890001), 江苏万邦生化医药集团有限责任公司。动物实验伦理号: 202506005。

1.2 仪器与设备

F12029-09 解剖镊、S14014-11 手术剪, 昆明迪然科技有限公司; GA-3 型血糖仪、GA-3 型血糖试纸条, 三诺生物传感股份有限公司; FA1004N 分析天平, 上海精密科学仪器有限公司; TGL-16M 高速冷冻离心机, 上海卢湘仪离心机仪器有限公司; SynerGyH1 多功能酶标仪, BioTek 公司; OLYMPUS CKX41 显微镜, 北京莱博瑞杰科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 野坝子水提物制备

野坝子茎、叶→热水浸提→浓缩→冷冻干燥→野坝子水提物

称取干燥野坝子茎、叶 500 g, 纯水煎煮 15 min, 料液比 1:10, 重复煎煮 3 次, 收集三次浸提液并浓缩至总体积的 1/10, -80 °C 保存过夜, 真空冷冻干燥, 得冻干粉 114.65 g, 提取率约为 22.93%。野坝子水提物(冻干粉)中, 多糖含量为 26.23% (标准品: 葡萄糖, $y=0.1086x+0.0546$, $R^2=0.9971$), 总黄酮含量为 11.97% (标准品: 芦丁, $y=4.0905x+0.0924$, $R^2=0.9966$)。

1.3.2 动物模型及给药

小鼠饲养条件: 温度 (24±1) °C, 相对湿度 50%~60%, 12 h 光/黑周期循环; 自由饮食饮水。该动物实验符合云南农业大学动物实验伦理审查委员会批准协议, 经 7 d 适应性喂养后, 将小鼠随机分为 4 组 ($n=6$), 分别为: 普通饮食组 (CK)、高脂饮食组 (HFD)、HFD+ 盐酸二甲双胍组 (POS)、HFD+ 野坝子水提物组 (HFD+Y)。用无菌水将盐酸二甲双胍和野坝子水提物配置成 2 mg/mL 质量浓度的水溶液分别加入小鼠日常饮水中供小鼠自由饮用, 每 3 d 换药一次, 持续给药 16 周。每周定期测量小鼠体质量、空腹血糖、饮水量及食物摄入量。

1.3.3 空腹血糖测定、葡萄糖耐受和胰岛素耐受试验

1.3.3.1 空腹血糖 (Fasting Blood Glucose, FBG) 测定

小鼠禁食不禁水处理 12 h, 测定各组小鼠的空腹血糖值。

1.3.3.2 腹腔葡萄糖耐量试验

试验第 14 周进行腹腔葡萄糖耐量试验 (Intraperitoneal Glucose Tolerance Test, IPGTT), 小鼠

禁食不禁水处理 12 h, 记录注射前体质量及空腹血糖值, 在 30 min 内完成腹腔注射葡萄糖 (5%), 注射浓度为 1 g/kg, 用血糖仪测定各组小鼠 0、30、60、90、120 min 时段血糖值 y_0 、 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 , 并根据结果绘制折线图, 计算曲线下面积 (Area Under the Curve, AUC), 计算公式如下:

$$A=15 \times (y_0+y_1+y_2+y_3+y_4) \quad (1)$$

式中:

A ——曲线下面积, min·(mmol/L);

y_0 、 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 ——0、30、60、90、120 min 时的血糖值, mmol/L。

1.3.3.3 腹腔胰岛素耐受试验

试验第 15 周进行腹腔胰岛素耐受试验 (Intraperitoneal Insulin Tolerance Test, IPITT), 小鼠不禁食, 不禁水, 记录注射前体质量及空腹血糖值。在 30 min 内完成腹腔注射胰岛素 (40 U/mL), 注射浓度 0.75 U/kg, 用血糖仪测定各组小鼠 0、30、60、90、120 min 时段血糖值 y_0 、 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 , 并根据公式 (1) 结果绘制折线图, 计算曲线下面积 (Area Under the Curve, AUC)。

1.3.4 解剖和采血

试验 16 周后, 小鼠禁食不禁水处理 12 h, 摘除眼球收集血清至 EP 管中, 4 °C 静置 1 h, 5 000 r/min 离心收集上清液, 于 -80 °C 保存。然后脱臼处死小鼠并进行解剖, 取小鼠腹股沟脂肪、附睾脂肪、肝脏, 用磷酸盐缓冲盐冲洗后进行称重。在小鼠肝脏同一叶相同位置取两小块组织, 一块用 10% 中性福尔马林组织固定液固定, 另一块用 OCT 包埋于冰速冻后置于 -80 °C 低温保存。其余小鼠组织分装至离心管经液氮速冻后, -80 °C 低温保存。小鼠脏器系数计算公式如下:

$$I=\frac{G_0}{G} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

I ——小鼠脏器系数, %;

G_0 ——小鼠各组织质量, g;

G ——小鼠体质量, g。

1.3.5 小鼠血清生化指标检测

小鼠血清甘油三酯 (TG)、总胆固醇 (TC)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)、谷草转氨酶 (AST)、谷丙转氨酶 (ALT) 送于云南省昆明市第二人民医院进行检测。

1.3.6 小鼠肝脏组织中TC和TG的含量

取相同部位的小鼠肝组织,放入预冷的生理盐水中,剪碎后使用组织匀浆机进行匀浆,然后4℃ 10 000 g离心10 min,取上清置于冰上待测。根据试剂盒说明书的操作步骤,测定各组小鼠肝组织中TC和TG的含量。

1.3.7 肝脏病理形态学变化

H&E染色:将取材时固定好的肝脏组织进行修剪,首先进行梯度酒精脱水,二甲苯透明以替换组织内酒精,透明后经浸石蜡包埋后进行切片,待贴片烘干后,二甲苯脱去石蜡,经梯度酒精、蒸馏水后进行苏木精-伊红染液染色,最后中性树脂封片,显微镜观察^[26]。

油红O染色:将冰冻切片晾干,异丙醇浸泡后油红O染液染色10 min,异丙醇分色后用蒸馏水洗涤,苏木素复染后再次进行蒸馏水洗涤,甘油明胶封片后,显微镜观察^[27]。

1.4 数据统计分析

本试验采用GraphPad Prism 9.5.1软件对数据进行统计处理,组间比较采用One-way ANOVA分析, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 野坝子水提取物对小鼠饮水量、摄食量、体重及空腹血糖的影响

体质量变化是反映机体功能正常与否最为直观的指标,体质量增长过快会影响正常的生命活动。能量摄入和消耗的不平衡造成能量堆积,进而形成肥胖,而超重/肥胖(尤其是中心型肥胖)会引发2型糖尿病、胰岛素抵抗、高血脂症、非酒精性脂肪肝等代谢疾病^[28,29]。通过监测各组小鼠16周的体质量变化(图1),高脂饮食组(HFD组)的小鼠体质量始终高于空白对照组(CK组),从第3周开始体质量具有显著性差异,并且HFD组平均体质量高于对照组20%,说明高脂模型造模成功^[30]。由于摄入高脂饮食,第1~4周野坝子水提取物组(HFD+Y组)小鼠体质量增加较快,但是第4周以后,HFD+Y组的小鼠体质量明显低于HFD组,表明野坝子水提取物干预逐渐生效,抑制了小鼠体质量的增加。经饮水干预16周后,与初始体质量相比,CK组小鼠的体质量增加4.93 g,HFD组体质量增加7.98 g,这说明高脂饮食可以导致小鼠体质量显著增加

($P<0.05$),HFD+Y组的体质量增加5.23 g($P<0.05$)。结果表明,野坝子水提取物的饮水干预能减缓高脂饮食小鼠体质量增加。各组小鼠16周的空腹血糖变化如图2所示,与HFD组相比,野坝子水提取物、盐酸二甲双胍对小鼠的空腹血糖水平没有规律性抑制作用。

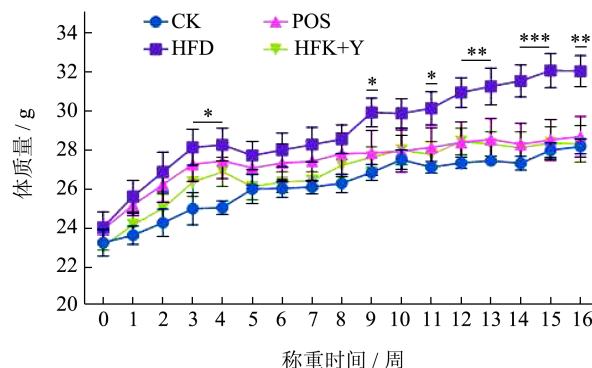


图1 野坝子水提取物对小鼠体质量的影响

Fig.1 Effects of *Elsholtzia rugulosa* Hemsl. water extract on body weight of mice

注:与CK组相比,* $P<0.05$; ** $P<0.01$; *** $P<0.001$ 。

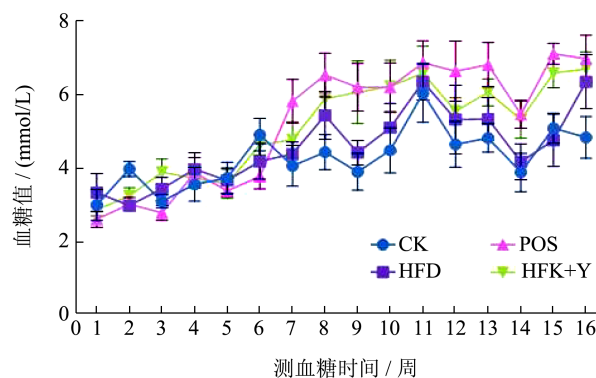


图2 野坝子水提取物对小鼠空腹血糖的影响

Fig.2 Effect of *Elsholtzia rugulosa* Hemsl. water extract on fasting blood glucose in mice

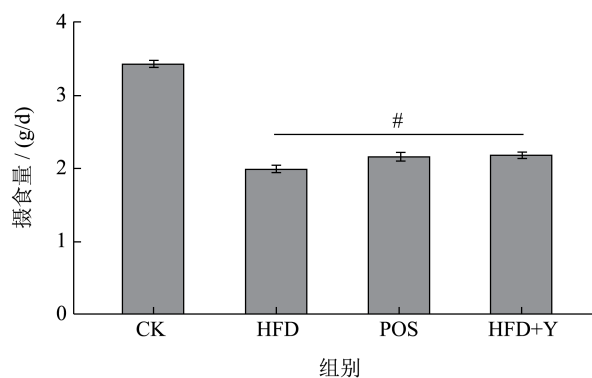


图3 小鼠16周内平均摄食量

Fig.3 Average feed intake of mice during 16 weeks

注:与HFD组相比,# $P<0.05$; ### $P<0.01$; #### $P<0.001$ 。

下同。

由各组小鼠的食物摄入量和饮水量(图3、图4)可看出:与HFD组相比,POS组小鼠摄食量没有明显差异,HFD+Y组的小鼠摄食量显著增加($P<0.05$),表明野坝子水提物不是通过抑制小鼠食欲来减轻体质量;与HFD组相比,HFD+Y组饮水量显著增加($P<0.01$),表明野坝子水提物可能会引起小鼠饥渴,从而使其饮水量增加。

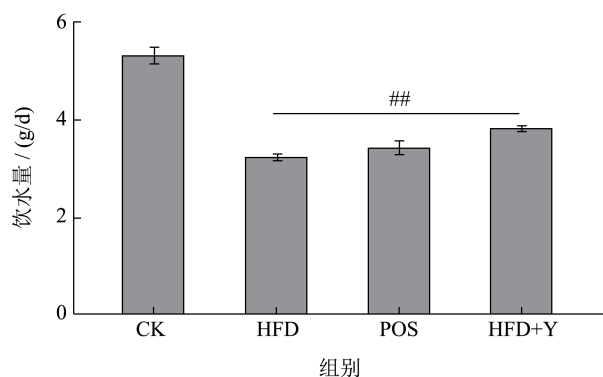


图4 小鼠16周内平均饮水量

Fig.4 Average water intake of mice during 16 weeks

2.2 野坝子水提物对小鼠葡萄糖耐受性和胰岛素敏感性的影响

胰岛素抵抗是二型糖尿病的主要特征,主要表现为靶器官对胰岛素的敏感性下降,导致机体为了保持自身平衡,促使胰腺分泌的胰岛素增多。临床研究数据显示,胰岛素抵抗会导致血糖升高,进而增加患心血管疾病、脂肪肝、肥胖等疾病的风险^[31]。已有研究证明野坝子具有降血糖作用,周杨晶等^[24]发现野坝子95%乙醇提取物对 α -葡萄糖苷酶有明显抑制作用,其 IC_{50} 为442.00 mg/L;Liu等^[22]发现乙酸乙酯组分和正丁醇组分对 α -葡萄糖苷酶的半抑制浓度值远低于阳性对照阿卡波糖,表明其具有较强的 α -葡萄糖苷酶抑制活性。本研究IPGTT和IPITT测定结果见图5、图6。

由图5a可知,各组小鼠的血糖浓度在30 min时最高,且HFD组血糖水平较高。30~90 min CK组、HFD+Y组血糖水平下降明显,90 min后趋于平缓;30 min时HFD组血糖水平下降平缓,60 min时血糖水平下降明显;POS组血糖水平30 min后下降趋势较为平缓。AUC能够反映机体对体内血糖浓度的调节能力,AUC值越高,说明其对血糖的调节能力越弱^[32]。由图5b可知,HFD+Y组的葡萄糖耐受AUC低于HFD组18.50%($P<0.01$);POS组的葡萄糖耐受AUC低于HFD组14.65%($P<0.05$)。结果表明野坝子水提物和盐酸二甲双胍在一定程度上可以

缓解高脂饮食诱导小鼠的葡萄糖耐受性。

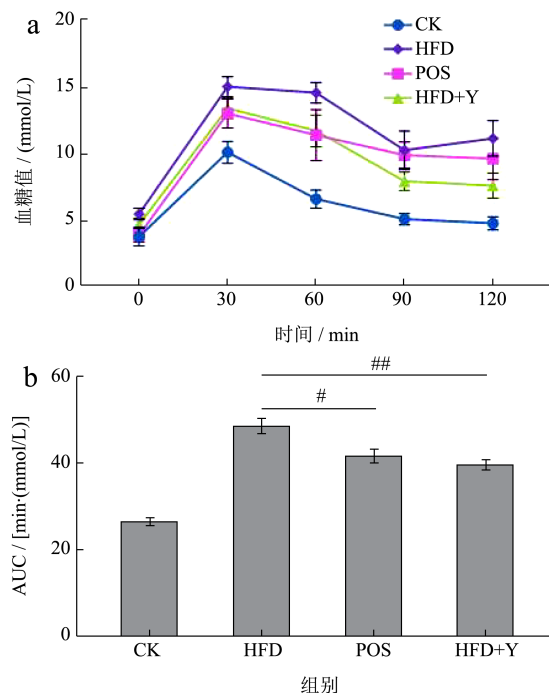


图5 野坝子水提物对小鼠葡萄糖耐受性的影响

Fig.5 Effect of *Elsholtzia rugulosa* Hems. water extract on glucose tolerance in mice

注:(a)腹腔葡萄糖耐量(IPGTT),(b)腹腔葡萄糖耐量曲线下面积(AUC)。

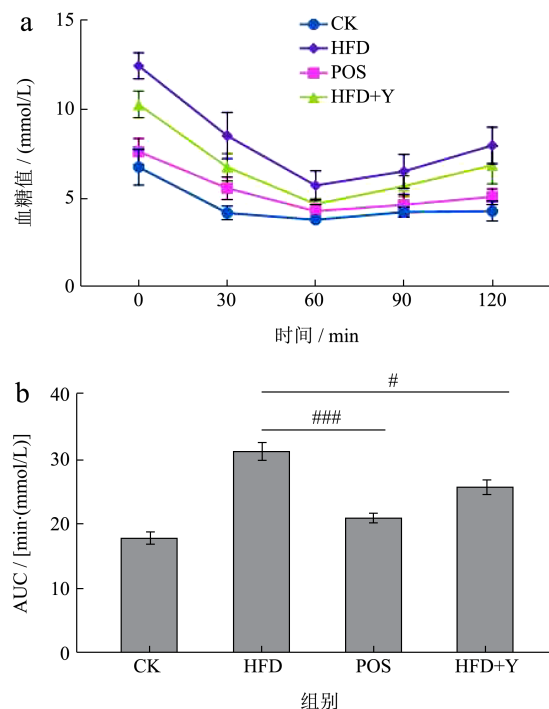


图6 野坝子水提物对小鼠胰岛素敏感性的影响

Fig.6 Effect of *Elsholtzia rugulosa* Hems. water extract on insulin sensitivity in mice

注:(a)腹腔胰岛素耐受(IPITT),(b)腹腔胰岛素耐受曲线下面积(AUC)。

由图 6a 可知, 在 30、60、90、120 min 时给药组 (POS 组、HFD+Y 组) 血糖水平均低于 HFD 组, 并且血糖走势符合 IPITT 试验原理^[33]。由图 6b 可知, POS 组胰岛素耐受 AUC 低于 HFD 组 32.81% ($P < 0.001$)、HFD+Y 组胰岛素耐受 AUC 低于 HFD 组 17.16% ($P < 0.05$)。结果表明, 注射胰岛素后盐酸二甲双胍给药组小鼠血糖水平下降更快, 对胰岛素敏感性的反应更为迅速, 可以有效缓解 HFD 诱导小鼠产生的胰岛素抵抗; 野坝子水提物也能够使小鼠血糖下降, 缓解 HFD 诱导小鼠产生的胰岛素抵抗, 但效果没有盐酸二甲双胍显著。

2.3 野坝子水提物对小鼠脏器指数的影响

体质量增长是由于脂肪细胞的大小和数量增加导致的, 表明脂肪组织是肥胖的主要原因^[34]。实验各组小鼠腹股沟脂肪系数、附睾脂肪系数、肝脏系数, 如图 7 所示。与 HFD 相比, HFD+Y 组小鼠的腹股沟脂肪系数和附睾脂肪系数分别显著降低 34.59%、45.21% ($P < 0.001$)。结果表明, 野坝子水提物可以降低小鼠腹股沟脂肪和附睾脂肪的堆积, 说明其降脂效果很好。与 HFD 组相比, HFD+Y 组降低了小鼠的肝脏系数, 但效果不显著。

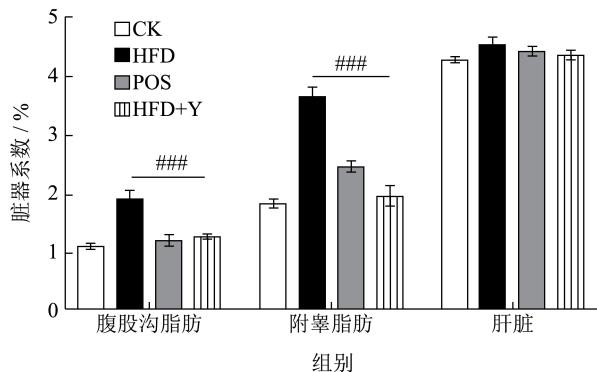


图 7 野坝子水提物对小鼠脏器系数的影响

Fig.7 Effect of *Elsholtzia rugulosa* Hems. water extract on organ indexes of mice

2.4 野坝子水提物对小鼠血脂指标及酶活力 ALT、AST 的影响

高脂血症是由于生活中饮食不合理, 摄入脂肪过高等引起的以血脂代谢异常为特征的代谢疾病, 总体表现为人体内血浆中的 TG、TC、LDL-C 水平过高, 而 HDL-C 水平降低^[35]。而酶活力指标 ALT、AST 在脂肪肝诊断中具有重要的应用价值, 肝损伤后会出现不同程度升高^[36]。本研究血脂指标、酶活力指标测定结果见图 8、图 9。

对各组小鼠的血脂指标进行检测, 结果如图 8 所示。与 HFD 组相比, HFD+Y 组小鼠血清 TG 浓度显著降低 15.54% ($P < 0.05$), TC 浓度显著降低 24.69% ($P < 0.001$), 对 HDL-C、LDL-C 浓度的影响没有显著性差异。结果表明, 野坝子水提物对 HFD 诱导小鼠的血脂代谢有影响。

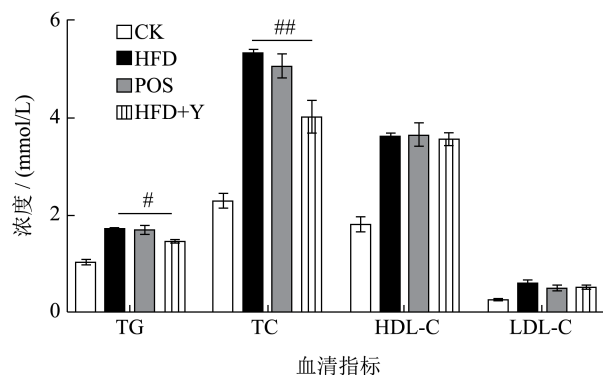


图 8 野坝子水提物对血脂指标的影响

Fig.8 Effect of *Elsholtzia rugulosa* Hems. water extract on blood lipid indicators in mice

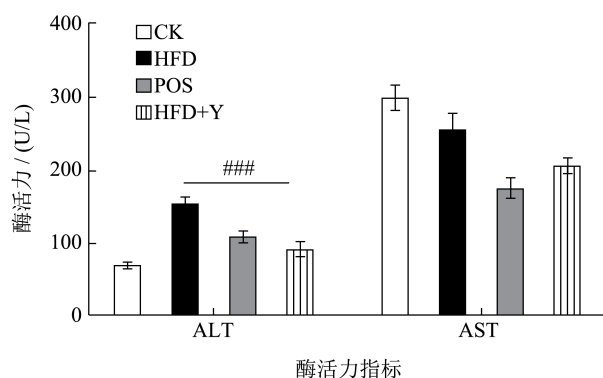


图 9 野坝子水提物对小鼠 ALT、AST 活力的影响

Fig.9 Effect of *Elsholtzia rugulosa* Hems. water extract on ALT and AST activity in mice

对各组小鼠的酶活力指标 ALT、AST 测定结果如图 9 所示。与 HFD 组相比, HFD+Y 组小鼠血清的 ALT 活力显著降低 40.78% ($P < 0.001$); AST 活力虽有降低但无显著性差异。结果表明, 野坝子水提物可以降低 HFD 饮食诱导小鼠的 ALT 活力, 但对 AST 活力无显著影响。

2.5 野坝子水提物对小鼠肝脏 TC、TG 的影响

肝脏在脂肪的存储与运输过程中起着重要作用, 当脂质代谢失衡时, 脂质会积累在肝脏中, 造成肝功能损伤。肝脏 TC、TG 是表征肝脏脂肪代谢的重要指标。小鼠肝脏 TC、TG 测定结果如图 10 所示。与 HFD 组相比, HFD+Y 组小鼠肝脏 TG 浓

度显著降低 36.14% ($P < 0.001$), TC 浓度显著降低 24.89% ($P < 0.001$)。有相关研究报道,野坝子提取物对肝脏有保护作用^[22]。本研究说明野坝子水提取物可改善肥胖小鼠肝功能。

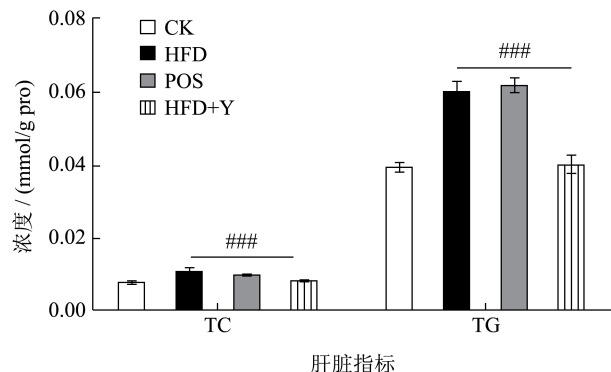


图 10 野坝子水提取物对小鼠肝脏中 TC、TG 的影响

Fig.10 Effects of *Elsholtzia rugulosa* Hems. water extract on TC and TG in liver of mice

2.6 野坝子水提取物对小鼠肝脏组织形态的影响

肝脏能调节脂质稳态,在脂质代谢中起着关键作用,是脂类新陈代谢、储存和分解的主要枢纽^[37]。研究发现,体质量增长与肝脏发生脂肪变性存在正相关性,在约 90% 的肥胖患者中,肝脏会出现脂肪空泡、炎症细胞浸润、组织纤维化等^[38,39]。小鼠肝脏组织病理学检查结果如图 11 所示。

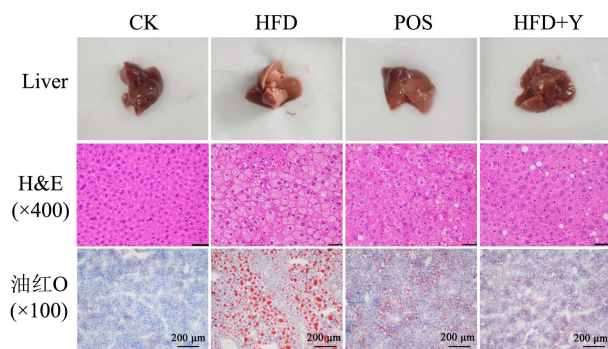


图 11 野坝子水提取物对小鼠肝脏组织形态的影响

Fig.11 The effect of *Elsholtzia rugulosa* Hems. water extract on the morphology of liver tissue in mice

通过 H&E 染色结果可知:CK 组小鼠的肝细胞排列整齐,肝细胞结构清晰完整,在细胞中未观察到脂肪变性;HFD 组小鼠的肝脏切片呈网状结构,肝细胞肿胀,大量大小不一的脂滴空泡存在。与 HFD 组相比,POS 组、HFD+Y 组肝脏病变有减轻,肝细胞中脂滴空泡明显减少。

通过油红 O 染色法可以直观地观察到小鼠肝脏中脂质蓄积的情况。CK 组的小鼠肝脏基本观察不

到红色脂滴。HFD 组小鼠由于摄入过多脂质,肝脏中充满红色脂滴,红色脂滴大面积弥漫,聚集堆积到一起。与 HFD 组相比,POS 组、HFD+Y 组小鼠肝脏中红色脂滴有不同程度的减少,且红色脂滴呈小颗粒状不规则分布,但并没有完全恢复到正常水平。与上述实验小鼠肝脏中 TC、TG 含量的变化趋势相同。

3 结论

试验结果表明,野坝子水提取物能抑制高脂饮食小鼠体质量的增加,缓解长期高脂饮食造成的脂肪堆积,使高脂饮食小鼠血清中 TC、TG 水平及 ALT 酶活性下降,防止血脂过高,并且能够减少高脂饮食小鼠的胰岛素抵抗,改善高脂饮食小鼠肝脏中脂质的蓄积。野坝子水提取物在脂质代谢紊乱中呈现良好的益生作用,为干预脂代谢异常天然物质的开发利用提供理论参考,但其在相关代谢紊乱中的分子机制仍有待进一步研究。

参考文献

- [1] RONG L, ZOU J Y, RAN W, et al. Advancements in the treatment of non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) [J]. Frontiers in Endocrinology, 2022, 13: 1087260.
- [2] LI J, ZOU B Y, YEO Y H, et al. Prevalence, incidence, and outcome of non-alcoholic fatty liver disease in Asia, 1999-2019: A systematic review and meta-analysis [J]. The Lancet Gastroenterology & Hepatology, 2019, 4(5): 389-398.
- [3] RIAZI K, AZHARI H, CHARETTE J H, et al. The prevalence and incidence of NAFLD worldwide: A systematic review and meta-analysis [J]. The Lancet Gastroenterology & Hepatology, 2022, 7(9): 851-861.
- [4] SCORLETTI E, CARR R M. A new perspective on NAFLD: Focusing on lipid droplets [J]. Journal of Hepatology, 2022, 76(4): 934-945.
- [5] 国家卫生健康委员会.中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)[J].营养学报,2020,42(6):521.
- [6] LEE H, LEE Y, KIM S U, et al. Metabolic dysfunction-associated fatty liver disease and incident cardiovascular disease risk: A nationwide cohort study [J]. Clinical Gastroenterology and Hepatology, 2021, 19(10): 2138-2147.
- [7] MARUSIC M, PAIC M, KNOBLOCH M, et al. NAFLD, insulin resistance, and diabetes mellitus type 2 [J]. Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology, 2021, 2021: 6613827.
- [8] STADLER J T, MARSCHE G. Obesity-related changes

- in high-density lipoprotein metabolism and function [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2020, 21(23): 8985.
- [9] ARSLANIAN S, BACHA F, GREY M, et al. Evaluation and management of youth-onset type 2 diabetes: A position statement by the american diabetes association [J]. *Diabetes Care*, 2018, 41(12): 2648-2668.
- [10] LEE S, PARK S, CHOI C S. Insulin resistance: From mechanisms to therapeutic strategies [J]. *Diabetes & Metabolism Journal*, 2022, 46(1): 15-37.
- [11] GUERRA J V S, DIAS M M, BRILHANTE A J V C, et al. Multifactorial basis and therapeutic strategies in metabolism-related diseases [J]. *Nutrients*, 2021, 13(8): 2830.
- [12] 张彦康,张婷,李雨,等.肥胖治疗的挑战与希望[J].*自然杂志*,2022,44(6):469-479.
- [13] 杨本雷.中国彝族药学[M].云南:云南民族出版社,2004.
- [14] 文美琼.一种野坝子酿制酒及其制备方法和其应用:中国,CN 108949455A[P].2018-12-07.
- [15] 张荷兰.野坝子的药用和食用价值[J].*饮食保健*,2018, 5(34):71.
- [16] 李丽,余丽,彭先陈,等.微波辅助提取野坝子中总黄酮及其抑菌性能研究[J].*云南化工*,2015,42(6):11-15.
- [17] 颜克亮,陈微,孙胜南,等.野拔子净油提取工艺优化及其在卷烟中的应用效果[J].*南方农业学报*,2018,49(3):549-555.
- [18] 王梦瑜,邵欣欣,李谨彤,等.中药抗菌活性分布规律及影响因素挖掘研究[J].*天然产物研究与开发*,2020, 32(12):2031-2039.
- [19] 黄莹,徐冠玲,谢梦,等.分光光度法测定野坝子中的总黄酮[J].*华西药学杂志*,2015,30(2):265-267.
- [20] 田金凤,尚远宏,王江平,等.微波消解-ICP-AES法测定彝药野巴子中元素质量比[J].*西南大学学报(自然科学版)*, 2016,38(1):143-146.
- [21] 张玉婷,文美琼.野坝子多糖含量的测定[J].*楚雄师范学院学报*,2017,32(6):153-156.
- [22] LIU L, GAO Q, ZHANG Z Y, et al. *Elsholtzia rugulosa*: Phytochemical profile and antioxidant, anti-alzheimer's disease, antidiabetic, antibacterial, cytotoxic and hepatoprotective activities [J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2022, 77(1): 62-67.
- [23] 王坤,曲匡正,霍萌萌,等.野巴子粗多糖的提取及生物活性测定[J].*药物资讯*,2019,8(3):125-133.
- [24] 周杨晶,罗伦才.彝药野坝子的 α -葡萄糖苷酶抑制作用研究[J].*中医药信息*,2014,31(4):7-9.
- [25] 陈卫.功能食品与膳食健康[J].*食品与生物技术学报*, 2024,43(4):1-7.
- [26] 曾钰鹏,卢晓丹,李国坤,等.槲皮素对高脂饮食诱导肥胖小鼠结肠炎症的改善作用[J].*现代食品科技*,2021,37(9): 25-30,24.
- [27] 李琰.白藜芦醇通过调节肠道菌群和下调PPAR信号通路治疗酒精性脂肪肝的机制研究[D].沈阳:中国医科大学,2022.
- [28] LIN H P, ZHANG X R, LI G L, et al. Epidemiology and clinical outcomes of metabolic (dysfunction)-associated fatty liver disease [J]. *Journal of Clinical and Translational Hepatology*, 2021, 9(6): 972-982.
- [29] ESLAM M, SARIN S K, WONG V W, et al. The Asian Pacific Association for the study of the liver clinical practice guidelines for the diagnosis and management of metabolic associated fatty liver disease [J]. *Hepatology International*, 2020, 14(6): 889-919.
- [30] 田方,金红星,成文玉.小鼠营养性肥胖模型的建立[J].*安徽农业科学*,2008,36(36):15963-15964, 15976.
- [31] GEPSTEIN V, WEISS R. Obesity as the main risk factor for metabolic syndrome in children [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2019, 10: 568.
- [32] 王彦美,黄莉,张韩杰,等.乌天麻代餐粉的制备及其对2-型糖尿病小鼠糖脂代谢紊乱的改善效果[J].*食品与发酵工业*,2024,50(23):36-44.
- [33] 张吕卓.荷叶提取物成分分析及其对2型糖尿病动物模型糖脂代谢的影响[D].荆州:长江大学,2023.
- [34] MALIK V S, WILLET W C, HU F B, et al. Nearly a decade on-trends, risk factors and policy implications in global obesity [J]. *Nature Reviews Endocrinology*, 2020, 16(11): 615-616.
- [35] 成人高脂血症饮食指南(2023年版)[J].*全科医学临床与教育*,2023,21(7):581-583.
- [36] ALI N, SUMON A H, FARIHA K A, et al. Assessment of the relationship of serum liver enzymes activity with general and abdominal obesity in an urban Bangladeshi population [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1): 6640.
- [37] SAMMS R J, COGLHAN M P, SLOOP K W. How may GIP enhance the therapeutic efficacy of GLP-1? [J]. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 2020, 31(6): 410-421.
- [38] RINELLA M E, NEUSCHWANDER-TETRI B A, SIDDIQUI M S, et al. AASLD practice guidance on the clinical assessment and management of nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Hepatology*, 2023, 77(5): 1797-1835.
- [39] 李晓芸,倪茜茜,华静.游离脂肪酸诱导的肝细胞脂肪变性对巨噬细胞极化的影响[J].*临床肝胆病杂志*,2021, 37(2):385-389.