

盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠的降血脂作用

阴龙飞¹, 常子晨¹, 范颖颖², 翁志超¹, 邹安宁¹, 潘健坚¹, 刘春艳¹

(1. 华北理工大学药学院, 河北唐山 063200) (2. 郑州大学第一附属医院, 河南郑州 450000)

摘要: 探究盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠的降血脂作用, 56 只雄性 SD 大鼠随机平分为 7 组: 正常组、盐地碱蓬膳食纤维预防组、高脂模型组, 阳性对照组, 盐地碱蓬膳食纤维高、中、低浓度 3 个干预组。干预 6 周后, 分别测定各组大鼠的体重、摄食量、脏器重量、附睾周脂重量、肝脏系数、动脉硬化指数及血清血脂水平。结果: 与高脂模型组相比, 干预组的体重、摄食量、心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏、附睾周脂重、肝脏系数、动脉硬化指数均有下降, 其最大降幅分别为: 26.21%、26.66%、27.01%、46.03%、35.71%、3.43%、22.69%、57.14%、39.92%、76.94%。血脂方面, 干预组较高脂模型组的 TC、TG、LDL-C 值均降低, 其最大降幅分别为: 19.12%、87.20%、60.50%。较阳性组, 高剂量组的 LDL-C 降低 38.16%, HDL-C 升高 27.01%, 存在显著性差异 ($p < 0.05$)。预防组与正常组比, 脏器重量均有不同程度减少, 血脂方面, 预防组较正常组的 TG、LDL-C 值均降低, 分别为: 68.85%、31.64%, HDL-C 升高 12.88%。表明盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠体重、摄食量、脏器重量、附睾周脂重、肝脏系数及动脉硬化指数具有预防及控制作用, 并且对高血脂有降脂作用。

关键词: 盐地碱蓬; 膳食纤维; 肝脏系数; 动脉硬化指数; 降血脂

文章编号: 1673-9078(2020)12-7-12

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.12.0320

Hypolipidemic Effects of Dietary Fiber from *Suaeda salsa* in Hyperlipidemic Rats

YIN Long-fei¹, CHANG Zi-chen¹, FAN Ying-ying², WENG Zhi-chao¹, ZOU An-ning¹, PAN Jian-jian¹, LIU Chun-yan¹

(1. North China University of Technology School of Pharmacy, Tangshan 063200, China)

(2. The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: To explore the hypolipidemic effects of the dietary fiber from *Suaeda salsa* on rats with hyperlipidemia, 56 male SD rats were randomly divided into 7 groups: normal group, *Suaeda salsa* dietary fiber prevention group, high-fat model group, positive control group, and three intervention groups with high, medium and low concentrations of dietary fiber in *Suaeda salsa*. After 6 weeks of intervention, the body weight, food intake, organ weight, periepididymal fat weight, liver coefficient, arteriosclerosis index and serum lipid levels of the rats in each group were measured. Results: Compared with the high-fat model group, the body weight, food intake, heart, liver, spleen, lung, kidney, periepididymal fat weight, liver coefficient, and arteriosclerosis index of the intervention group all decreased, with the largest decreases being 26.21%, 26.66%, 27.01%, 46.03%, 35.71%, 3.43%, 22.69%, 57.14%, 39.92% and 76.94%, respectively. In terms of blood lipids, the TC, TG, and LDL-C values of the higher-fat model group in the intervention group all decreased, with the largest decreases being 19.12%, 87.20%, and 60.50%, respectively. Compared with the positive group, LDL-C decreased by 38.16% and HDL-C increased by 27.01% in the high-dose group ($p < 0.05$). Compared with the normal group, the organ weights of the prevention group were reduced to different extents. The TG and LDL-C values of the prevention group (68.85% and 31.64%, respectively) were lower, whilst the HDL-C increased by 12.88%, compared with those of

引文格式:

阴龙飞,常子晨,范颖颖,等.盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠的降血脂作用[J].现代食品科技,2020,36(12):7-12

YIN Long-fei, CHANG Zi-chen, FAN Ying-ying, et al. Hypolipidemic effects of dietary fiber from *Suaeda salsa* in hyperlipidemic rats [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(12): 7-12

收稿日期: 2020-04-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21302040)

作者简介: 阴龙飞 (1991-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 药理学

通讯作者: 刘春艳 (1974-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 药物化学

the normal group. These results indicated that the dietary fiber of *Suaeda salsa* had desirable effects on monitoring body weight, food intake, organ weight, perididymal fat weight, liver coefficient and arteriosclerosis index of hyperlipidemic rats, and exhibited a lipid-lowering effect on hyperlipidemia.

Key words: *Suaeda salsa*; dietary fiber; liver coefficient; arteriosclerosis index; hypolipidemic

高脂血症是冠心病、心肌梗死、心脏猝死、脑卒中、动脉粥样硬化等心脑血管疾病发病的潜在危险因素,严重威胁着人类健康^[1]。目前,在临床上常用的一线用药多为化学药,虽然疗效显著,但是其对肝脏和肾脏有一定的损害,限制其长期的临床应用,因此人们越来越倾向于寻找天然来源的降血脂物质。

膳食纤维是食物中不被人体胃肠消化酶所分解、吸收的多糖成分。大量研究表明^[2]:膳食纤维可减少食物中脂肪酸和胆固醇吸收、干扰胆汁酸代谢、改变肝脏脂质代谢等,在降低血脂方面发挥作用。

盐地碱蓬[*Suaeda salsa* (L.) Pal.]又名翅碱蓬,俗名黄须菜,为藜科(*Chenopodiaceae*)碱蓬属(*Suaeda* Forsk. ex Scop.)一年生草本真盐植物^[3]。黄须菜在食用、药用、饲用方面均具有很大的前景,并且对土壤具有生态保护和改善的作用,是一种很有开发价值的自然资源。《纲目拾遗》有记载盐地碱蓬“可清热,瘰疬、腹胀”的功效。富含不饱和脂肪酸、维生素和微量元素,具有降糖、降压、扩张血管、防治心脏病和增强人体免疫力等药用效能^[4]。

盐地碱蓬中蛋白质、膳食纤维、维生素、矿物质和黄酮类化合物含量丰富,其食用价值和药用保健价值极高^[5]。目前较多的研究是对其抗氧化活性的研究。而对其他成分研究甚少,曹妃甸周围存在着大量面积的盐地碱蓬,当地饮食高脂食物的人经常食用盐地碱蓬比不食用盐地碱蓬的血脂有较明显的降低,说明盐地碱蓬可能具有使血脂降低的作用,降脂作用的成分可能是膳食纤维。但至今未见关于盐地碱蓬膳食纤维在高血脂症大鼠血脂方面的研究。本实验观察盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠血脂的影响,通过测定相关数据研究了其在预防及治疗血脂方面的效果。

1 材料与方法

1.1 材料

原料:盐地碱蓬,采摘于华北理工大学校园及周边(曹妃甸湿地周边,经刘春艳教授鉴定)。茎叶 60 °C 鼓风条件下烘干,粉碎,过 140 目网筛,4 °C 避光保存备用。盐地碱蓬膳食纤维:通过酶解法、单因素试验及响应面优化等方法得到提取盐地碱蓬膳食纤维的最适条件,以最适条件来提取盐地碱蓬膳食纤维。

试剂与仪器:二氯甲烷、甲醇、95%乙醇、氢氧化钠、盐酸,天津市津东天正精细化学试剂厂;木瓜蛋白酶、真菌 α -淀粉酶,江苏锐阳生物科技有限公司;胆固醇(TC)、胆酸钠,北京索莱宝科技有限公司;胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)试剂盒,南京建成生物工程研究所;降脂灵胶囊,辽源誉隆亚东药业有限责任公司,产品批号:180401;磁力加热搅拌器,常州迈科诺仪器有限公司;循环水式真空泵,郑州长城科工贸有限公司;Bio-Rad iMark 酶标仪,美国伯乐公司;Sigma 3k30 型台式高速冷冻离心机,德国西格玛公司;BD 125D 型电子天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;DHG-924385-III型电热恒温鼓风干燥箱,上海新苗医疗器械制造有限公司;FW177 型中草药粉碎机,天津泰斯特仪器有限公司。

实验动物:SPF 级昆明种雄性 SD 大鼠 56 只,6~8 周龄,体重 180~240 g,购于华北理工大学实验动物中心,[生产许可证号:SCXK(京)2014-0004,使用许可证号:SYXK(冀)2015-0038]。实验动物在 SPF 级屏障实验室内饲养,温度 20~25 °C,相对湿度 40%~70%。普通饲料、高脂饲料由沈阳茂华生物科技有限公司压制,并且采用⁶⁰Co 对饲料进行辐照消毒。

1.2 实验方法

1.2.1 盐地碱蓬膳食纤维提取

脱脂盐地碱蓬粉的制备:原料洗净,干燥并粉碎,过 140 目网筛,得盐地碱蓬粉。盐地碱蓬粉与三氯甲烷、甲醇以 1:4:2 (m/V/V) (mg/mL/mL) 混合均匀^[6],在 4230 r/min 条件下离心 30 min,所得沉淀烘干,得到脱脂盐地碱蓬粉。

脱糖处理:据周浩^[7]等研究可知,盐地碱蓬中主要营养成分中总糖为 17.81%、还原糖为 3.64%。称取适量样品置于漏斗中,按照每克样品 10 mL 的比例用 85% 的乙醇溶液冲洗,连续抽滤三次,滤渣干燥,将干燥样品粉碎过筛(140 目),得到脱脂脱糖的盐地碱蓬粉。

膳食纤维的提取:采用酶解法从脱脂脱糖盐地碱蓬粉末中提取膳食纤维,在 α -淀粉酶(真菌)浓度为 0.5% 下,55 °C 中进行酶解,酶解时间 1.5 h。分别调整木瓜蛋白酶添加量为 8%、12%、16%、20%、24%,

料液比 (1:10、1:15、1:20、1:25、1:30) g:mL, 酶解时间 2、3、4、5、6 h, 酶解 pH 为 5、6、7、8、9, 酶解温度 30 °C、40 °C、50 °C、60 °C、70 °C。之后迅速升温至 95 °C, 保持 30 min 使酶失活。室温下离心, 沉淀水洗至中性, 将其放入 60 °C 烘箱中干燥过夜, 将其反复粉碎至完全过筛, 得到的粉末为盐地碱蓬膳食纤维粉末^[8]。以盐地碱蓬膳食纤维提取率 (Y) 为指标, 得到较为恰当的提取条件 (固液比: 1:25; 木瓜蛋白酶添加量 16%; 酶解时间: 3 h; pH: 6.68; 温度: 55 °C)。在单因素试验的基础上, 以盐地碱蓬膳食纤维提取率 (Y) 为响应值, 以料液比、木瓜蛋白酶添加量、酶解时间、酶解液 pH 及酶解温度范围为自变量, 通过响应面法对提取工艺进行优化, 通过使用 Design-Expert 11.0.0 分析软件, 建立五因素三水平的 Box-Behnken 模型。根据响应面模型试验的最终结果以及在实际试验的操作过程中, 最终确定盐地碱蓬膳食纤维的优化提取工艺参数为: 料液比 1:20 (g/mL), 蛋白酶添加量 20%, 酶解时间 4 h, pH=8, 酶解温度 52 °C。在此条件下制备盐地碱蓬膳食纤维用于动物实验。

1.2.2 高脂血症大鼠模型的建立

将 56 只雄性 SD 大鼠饲养在 SPF 级屏障实验室, 随机分为两组: 正常组 (喂养维持饲料) 16 只, 建模组 (喂养维持饲料) 40 只, 经过 1 w 的适应性喂养后, 禁食不禁水 12 h, 进行后眼眶静脉丛取血, 检测各组大鼠 TC 和 TG 水平。在给正常组大鼠喂养维持饲料, 建模组大鼠喂养高脂饲料 30 d 后, 在上述相同条件下取血离心得到上清液, 检测此时大鼠的 TC、TG 水平。比较造模前后大鼠胆固醇 (TC) 和甘油三酯 (TG) 数值, 若造模后胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG) 值显著上升, 然后在通过组间比较 $p < 0.05$, 则视为建模成功。

1.2.3 分组及干预

将正常组大鼠随机分为 2 组: 正常对照组和盐地碱蓬膳食纤维预防组; 将培养成功的高脂血症模型大鼠随机分为 5 组: 高脂模型组, 阳性对照组 (0.135 g/kg 3 次/d)、盐地碱蓬膳食纤维高剂量组 (5.4 g/kg)、中剂量组 (2.7 g/kg)、低剂量组 (1.35 g/kg)。对于盐地碱蓬膳食纤维预防组, 灌胃剂量为 5.4 g/kg, 每天均灌胃一次。正常对照组和高脂模型组每天灌胃等体积蒸馏水。在上述剂量经口灌胃的条件下, 每天以维持饲料喂养正常对照组大鼠, 高脂饲料喂养其他组, 在实验期间各组大鼠均自由摄食及饮水, 观察大鼠在这 6 w 的生长情况, 大鼠分组时称体重 1 次, 之后每 1 w 称重一次, 记录各组大鼠的体重变化; 每天每组喂食定量饲料 (300 g), 记录每组大鼠饲料每天的消耗情况。

1.2.4 样品采集与处理

实验的最后一天, 各组 SD 大鼠禁食不禁水 12 h 后进行取血, 在 4 °C, 10000 r/min 条件下离心 10 min, 取上清液检测。随后对各组大鼠进行解剖处理, 取出每组大鼠的心脏、肝脏、脾脏、肾脏、肺以及附睾周围脂肪, 洗净并称重, 计算肝脏系数 (肝脏重量/体重量 $\times 100\%$) 及附睾周脂重/体重 (附睾周脂重/体重 $\times 100\%$)。

1.2.5 检测指标

依据试剂盒上所规定的操作方法, 使用 Bio-Rad iMark 酶标仪测定所取得大鼠血清的胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 及低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 水平。并且计算动脉硬化指数 AI (TC-HDL-C) / HDL-C。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 17.0 统计软件对所得数据进行处理和分析, 实验数据采用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 来表示。SD 大鼠高脂血症模型的建立采用两个独立样本的 t 检验, 盐地碱蓬膳食纤维的降脂及预防效果的多组比较采用单因素方差分析, 组间比较采用 LSD。以 $p < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠体重的影响

结果如表 1 显示, 干预组与模型组相比, 高中低各剂量组体重减少分别为 7.96%、5.25%、3.46%, 高剂量组体重降低效果最为显著 ($p < 0.05$)。随着时间的延长, 各剂量组都有控制体重增长的趋势, 其中高剂量组的体重降低最为明显。预防组的体重低于正常组, 表明盐地碱蓬膳食纤维对于喂食高脂饲料而导致体重的增加具有明显的控制作用, 对高脂肥胖症有预防效果。

2.2 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠摄食量的影响

对大鼠喂养各组所需饲料并且每周对其所食饲料进行称重统计, 结果如表 2 所示, 除正常对照组外, 高脂模型组与其他各剂量组相比, 大鼠的饲料摄取量大。各试验组摄食量与正常对照组大鼠相比, 存在极显著差异 ($p < 0.01$)。

表 1 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠体重的影响

Table 1 Effect of dietary fiber of *Suaeda salsa* on body weight of hyperlipidemia rats (g, $\bar{x}\pm s$)

组别	n	Weight/g			
		0 week	2 week	4 week	6 week
正常对照组	8	285.93±23.48 ^A	401.20±18.99 ^{aA}	431.05±20.56 ^{aA}	448.10±20.45 ^{aA}
高脂模型组	8	478.62±33.48 ^B	501.22±32.11 ^{bb}	529.58±32.61 ^{bb}	548.60±29.43 ^{bb}
阳性对照组	8	471.58±28.08 ^B	483.63±26.13 ^B	504.72±26.31 ^B	518.98±27.18 ^B
高剂量组	8	456.83±38.47 ^B	453.18±26.64 ^c	484.55±26.46 ^{cb}	504.93±31.86 ^{cb}
中剂量组	8	462.60±38.90 ^B	466.40±45.59 ^B	498.38±35.70 ^B	519.82±31.76 ^B
低剂量组	8	465.40±33.84 ^B	485.40±30.95 ^B	510.05±32.09 ^B	529.60±32.03 ^B
预防组	8	290.08±20.35 ^C	378.25±25.72 ^C	390.77±33.66 ^C	414.97±41.49 ^C

注: 数据为均数±标准差, 同列数据, 右肩小写字母不同则表示在 0.05 水平差异显著 ($p<0.05$), 大写字母不同则表示在 0.01 水平差异显著 ($p<0.01$), 表 2~6 同。

表 2 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠摄食量的影响

Table 2 Effects of dietary fiber of *Suaeda salsa* on food intake in hyperlipidemia model rats (g, $\bar{x}\pm s$)

组别	n	Intake/g		
		0~2 week	2~4 week	4~6 week
正常对照组	8	191.72±22.53 ^A	155.01±5.52 ^{Aa}	177.53±8.52 ^A
高脂模型组	8	130.74±11.46 ^B	148.68±11.47 ^{Ab}	158.09±9.09 ^{Ba}
阳性对照组	8	120.81±6.09 ^C	134.15±10.03 ^B	150.26±9.90 ^{Bb}
高剂量组	8	95.89±19.78 ^D	129.25±8.05 ^{Bc}	139.11±10.93 ^C
中剂量组	8	109.71±15.91 ^E	139.94±10.14 ^B	156.53±6.36 ^{BD}
低剂量组	8	119.32±12.16 ^C	136.72±12.53 ^{Bd}	149.20±9.26 ^{Bb}
预防组	8	146.21±24.62 ^F	107.18±7.31 ^C	124.63±9.54 ^D

表 3 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠脏器的影响

Table 3 Effects of dietary fiber of *Suaeda salsa* on organs of hyperlipidemia rats (g, $\bar{x}\pm s$)

组别	n	Visceral/g				
		心	肝	脾	肺	肾
正常对照组	8	1.42±0.09 ^{Aa}	18.11±1.05 ^{Aa}	0.63±0.10 ^A	1.75±0.20 ^{Aa}	3.20±0.25 ^{Aa}
高脂模型组	8	1.74±0.11 ^B	25.94±3.06 ^B	0.84±0.11 ^B	2.04±0.13 ^b	3.79±0.31 ^B
阳性对照组	8	1.43±0.08 ^A	16.05±1.08 ^A	0.66±0.06 ^C	1.99±0.19 ^b	3.30±0.28 ^{Ca}
高剂量组	8	1.39±0.11 ^A	14.34±1.99 ^C	0.62±0.14 ^C	1.97±0.36 ^b	2.96±0.25 ^{Cb}
中剂量组	8	1.57±0.16 ^{Cb}	17.15±2.19 ^{Aa}	0.66±0.09 ^C	2.42±0.13 ^{Bc}	3.24±0.36 ^C
低剂量组	8	1.74±0.22 ^B	19.06±1.27 ^D	0.84±0.04 ^B	2.03±0.24 ^d	3.64±0.22 ^{cd}
预防组	8	1.27±0.11 ^D	14.00±1.21 ^C	0.54±0.13 ^D	2.19±0.38 ^c	2.93±0.15 ^D

膳食纤维在胃肠道中能形成高粘度物质, 可增加内容物粘度, 形成胶基层, 降低胃排空率, 延缓和减少对胆固醇、胆汁酸、葡萄糖等物质的吸收^[9]。焦俊等^[10]发现燕麦和全小麦中的膳食纤维能降低高脂高胆固醇膳食引起的小鼠体重增加。且比燕麦水溶性膳食纤维预防体重增加效果好^[11]。本研究结果得出盐地碱蓬膳食纤维能较明显地降低高脂血症大鼠的体重及摄食量, 有明显降血脂功效, 结果与其基本一致。

2.3 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠脏器的影响

的影响

从表 3 我们可以得知盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠脏器的影响。心脏重量, 高剂量组与模型组存在极显著差异($p<0.01$), 心脏重量降低 20.11%, 降低效果明显。干预组与阳性对照组相比较, 高剂量组重量降低效果明显, 降低 2.80%。预防组与高脂模型组存在极显著差异($p<0.01$), 心脏重量降低 27.01%。肝重而言, 高剂量组与高脂模型组相比, 肝重分别降低 44.72%、46.03%, 存在极显著性差异($p<0.01$)。干预

组与阳性对照组比较,高剂量组肝重降低 10.65%。相对脾脏来说,干预组与高脂模型组相比,高、中剂量组存在极显著性差异($p<0.01$),脾脏重量分别减少 26.19%、21.43%。对于肾脏来说,干预组与模型组比较,高剂量组存在极显著性差异($p<0.01$),肾脏重量减少 21.90%。干预组与阳性对照组相比,高剂量组存在显著性差异($p<0.05$),肾脏重量降低 10.30%。通过以

上的结果可得,盐地碱蓬膳食纤维具有降脂作用,可以降低高脂饲料喂养造成的脏器重量的增加,对高脂血症大鼠脏器重量的增加具有良好的预防控制效果。

2.4 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠肝脏及附睾周脂重的影响

表 4 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠肝脏及附睾周脂重的影响

Table 4 Effects of dietary fiber *Suaeda salsa* on liver and periepididymal lipid weight in hyperlipidemic rats ($\bar{x}\pm s$)

组别	n	肝重/g	附睾周脂重/g	肝脏系数/%	附睾周脂重/体重/%
正常对照组	8	18.11±1.05 ^{Aa}	5.84±0.92 ^{Aa}	4.04±0.14 ^{Aa}	1.30±0.15 ^{Aa}
高脂模型组	8	25.94±3.06 ^{Bb}	8.75±1.66 ^B	4.71±0.33 ^B	1.58±0.23 ^b
阳性对照组	8	16.05±1.08 ^C	4.77±1.50 ^C	3.09±0.11 ^C	0.91±0.25 ^B
高剂量组	8	14.34±1.99 ^C	4.26±1.10 ^C	2.83±0.27 ^C	0.84±0.18 ^B
中剂量组	8	17.15±2.19 ^{Cc}	5.04±1.33 ^C	3.29±0.24 ^{Db}	0.96±0.21 ^B
低剂量组	8	19.06±1.27 ^D	6.24±1.08 ^D	3.60±0.09 ^{Ec}	1.17±0.14 ^{Cc}
预防组	8	14.00±1.21 ^{Cd}	3.75±1.17 ^E	3.38±0.18 ^{Ed}	0.89±0.19 ^{Bd}

体内脂质代谢紊乱容易导致肝脏发生脂肪变性,从而使肝脏质量增加以及内脏脂肪沉积。如表 4,高脂模型组与正常对照组相比,肝重、附睾周脂重、肝脏系数及附睾周脂重/体重分别升高:30.19%、33.26%、14.23%、17.72%。干预组附睾周脂重与高脂模型组相比,存在极显著性差异($p<0.01$),且附睾周脂重分别减少 51.31%、42.40%、28.69%。干预组肝脏系数与高脂模型组相比,存在极显著性差异($p<0.01$),肝脏系数分别降低 39.92%、30.15%、23.57%。干预组与阳性对照组比较,高剂量组肝脏系数降低明显为 8.41%。干预组附睾周脂重/体重与高脂模型组相比,存在极显著差异($p<0.01$),分别减少 46.84%、39.24%、25.95%。预防组与正常对照组存在极显著差异($p<0.01$),且减少 31.54%。盐地碱蓬膳食纤维可以降低高脂饲料喂养造成的脂代谢紊乱大鼠肝脏质量及脂肪量,并且对肝脏及附睾周围脂肪的增加具有一定的预防控制作用。海藻膳食纤维可显著降低高脂小鼠的肝脏系数及脂体比,缓解肝脏脂肪变性,减少其体内脂肪含量。本试验所得到的试验结果与上述研究基本相同,且效果高于海藻膳食纤维^[12],之所以会有这样的效果可能是因为膳食纤维可能会使大鼠的能量消耗增加,从而使高脂血症大鼠的肝脏以及附睾周围的脂肪减少。

2.5 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠血脂的影响

从表 5 中可以明显看出,模型组与正常对照组相

比较而言,TC、TG 水平分别升高 43.38%、51.20% ($p<0.01$)。与高脂模型组 TC 含量值相比,高、中剂量组降低效果明显,分别降低 8.76%、4.91%。与阳性对照组相比,干预组存在极显著差异($p<0.01$)。干预组 TG 含量值与高脂模型组相比,均存在显著性差异($p<0.01$),分别降低 87.20%、71.60%、77.60%。干预组与阳性对照组相比,高剂量组存在差异 TG 含量值降低 46.67%,效果优于阳性对照组。以上说明盐地碱蓬膳食纤维具有降血脂作用,可以使血脂 TC、TG 含量降低。

表 5 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠血脂的影响

Table 5 Effect of dietary fiber of *Suaeda salsa* on blood lipid in hyperlipidemia rats (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)

组别	n	TC	TG
正常对照组	8	5.30±1.13 ^{Aa}	1.22±0.08 ^{Aa}
高脂模型组	8	9.36±1.23 ^B	2.50±0.61 ^B
阳性对照组	8	7.29±1.34 ^C	0.60±0.19 ^C
高剂量组	8	8.54±2.52 ^D	0.32±0.21 ^{Db}
中剂量组	8	8.90±0.14 ^D	0.71±0.23 ^E
低剂量组	8	9.14±1.20 ^E	0.56±0.23 ^C
预防组	8	7.57±0.66 ^C	0.38±0.13 ^F

由表 6 可知,干预组和预防组血清中 HDL-C 含量值均高于模型组,高剂量组升高 38.86%,具有极显著性差异($p<0.01$)。与阳性对照组比较,高、低剂量组及预防组 HDL-C 含量值高于阳性组,分别升高 27.01%、3.75%、5.52%,高剂量组具有显著性差异($p<0.05$)。干预组和预防组血清 LDL-C 含量值均低于模型组,分别降低 60.50%、30.81%、22.97%、50.98%,

均存在显著性差异 ($p<0.05$)。与阳性对照组比较,高剂量组存在显著性差异。

表6 盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠血脂的影响

Table 6 Effect of dietary fiber of *Suaeda salsa* on blood lipid in hyperlipidemia rats (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)

组别	n	HDL-C	LDL-C	AI
正常对照组	8	1.42±0.41 ^{Aa}	2.56±0.81 ^{Aa}	1.32±0.21 ^{Aa}
高脂模型组	8	1.29±0.24 ^b	3.57±0.58 ^{Bb}	7.20±2.34 ^B
阳性对照组	8	1.54±0.21 ^c	2.28±0.13 ^C	1.78±0.25 ^C
高剂量组	8	2.11±0.43 ^{Bd}	1.41±0.15 ^D	1.66±0.87 ^C
中剂量组	8	1.42±0.38 ^{Aa}	2.47±0.10 ^C	2.90±1.23 ^D
低剂量组	8	1.60±0.42 ^c	2.75±0.10 ^c	3.93±1.85 ^E
预防组	8	1.63±0.59 ^{ce}	1.75±0.12 ^{Ed}	2.62±1.65 ^F

预防组与高脂模型组相比,大鼠的 TC、TG、LDL-C 分别降低 19.12%、84.80%、50.98%, HDL-C 升高 20.86%,由此可见,盐地碱蓬膳食纤维具有预防控制血脂升高的作用。相较甘薯中提取膳食纤维对高脂大鼠的降血脂作用更好^[13]。研究指出,膳食纤维具有保肝护肾的功效^[14]。预防组服用膳食纤维有效保护肝肾功能,对血脂控制效果优于地中剂量组。动脉硬化指数 AI 可以用来表示动脉粥样硬化的程度,正常人的动脉硬化指数小于 4。在本试验中,高脂模型组大鼠的 AI 大于 4,则表明高脂模型组大鼠已有动脉粥样硬化。从上表中可以得知,盐地碱蓬膳食纤维高、中、低剂量组和预防组能够有效降低大鼠血清的 AI 值,说明盐地碱蓬膳食纤维降低胆固醇效果明显,可以将其用来预防动脉粥样硬化,从而减小患者患心脑血管疾病的风险。

3 结论

综上所述,盐地碱蓬膳食纤维可以使高脂血症大鼠的体重、摄食量、脏器重量和附睾周脂重减少,具有预防和控制体重、摄食量增加,减少内脏脂肪堆积的功效。高脂血症大鼠通过盐地碱蓬膳食纤维的干预可以降低血清 TC、TG、LDL-C 水平,提高 HDL-C 水平,表明盐地碱蓬膳食纤维对高脂血症大鼠血脂的异常具有调节作用。盐地碱蓬膳食纤维预防组在正常大鼠喂食高脂饲料的过程中,可以较为有效地预防血脂升高,具有一定的保健功效。

参考文献

- [1] Yang L, Li Z, Song Y, et al. Study on urine metabolic profiling and pathogenesis of hyperlipidemia [J]. Clin Chim Acta, 2019, 495(1): 365-373
- [2] 张瑞,吕梅霞,吾布力卡司木·艾克拜尔,等.鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠脂代谢的改善作用[J].现代食品科技,2018, 34(10):15-21
ZHANG Rui, LYU Mei-xia, WU Blcasmu, et al. The improvement of lipid metabolism in hyperlipidemia rats by chickpea dietary fiber [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(10): 15-21
- [3] 中国科学院中国植物志委员会,中国植物志[M]. 北京:科学出版社,第 23 卷.第 2 分册,1995
Chinese Flora Committee of the Chinese Academy of Sciences. Chinese Flora [M]. Beijing: Science Press (Volume 23, Volume 2), 1995
- [4] 邵秋玲,李玉娟.盐地碱蓬开发前景广阔[J].植物杂志,1998, 3(12):255-268
SHAO Qiu-ling, LI Yu-juan. *Suaeda salsa* has a bright future [J]. Plant Journal, 1998, 3 (12): 255-268
- [5] 郭琳琳,范小振,李煦,等.盐地碱蓬有效成分提取方法及工艺研究进展[J].食品工业科技,2018,39(4):324-328,336
GUO Lin-lin, FAN Xiao-zhen, LI Xu, et al. Research progress of extraction method and technology of effective components in *Suaeda salsa* [J]. Food Industry Technology, 2018, 39(4): 324-328, 336
- [6] 徐华,张茹,刘连亮,等.辣木籽油脂微波提取工艺优化及其脂质分析[J].核农学报,2018,32(7):1393-1399
XU Hua, ZHANG Ru, LIU Lian-liang, et al. Microwave extraction process optimization and lipid analysis of horseradish seed oil [J]. Journal of Nuclear Agriculture, 2018, 32(7): 1393-1399
- [7] 周浩.野生蔬菜盐地碱蓬的营养成分分析及评价[J].安徽农业科学,2009,29:133-134,149
ZHOU Hao. Analysis and evaluation on the nutritional components in wild vegetable *suaeda salsa* [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 29: 133-134, 149
- [8] Li X, Xu M, Wu YW, et al. Optimization of ultrasound-microwave assisted extraction of polysaccharides from *Suaeda salsa* and its antioxidation properties [J]. Food Res Dev, 2019, 40(15): 43-49

(下转第 212 页)