

鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠脂代谢的改善作用

张瑞, 吕梅霞, 吾布力卡司木·艾克拜尔, 彭冰鑫, 迪娜·木合亚提, 菲罗娜·帕尔哈提, 韩加
(新疆医科大学公共卫生学院营养与食品卫生教研室, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要: 本研究观察了鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠血脂及抗氧化水平的影响, 为鹰嘴豆保健功效研究提供参考依据。40 只雄性 SD 大鼠高脂饲料喂养建立高脂血症模型, 将造模成功的大鼠, 随机分为高脂模型组, 鹰嘴豆膳食纤维高 (30 g/kg 高脂饲料)、中 (15 g/kg 高脂饲料)、低 (5 g/kg 高脂饲料) 3 个干预组。高脂模型组继续喂以高脂饲料, 干预组分别喂以含不同含量鹰嘴豆膳食纤维的高脂饲料。干预 7 周后, 处理动物, 分别测定各组大鼠体重、肝重、附睾周脂重, 血清血脂水平及氧化应激水平。结果表明: 与高脂模型组相比, 鹰嘴豆膳食纤维组体重增量、肝重、附睾周脂重均有下降, 其中体重增量以干预第 5 周高剂量组下降最为明显, 降低: 29.34%, 高中低各剂量组附睾周脂重分别降低: 33.81%, 17.28%, 21.86%, 但肝重降低无统计学差异; 血脂方面, 甘油三酯 (TG)、低密度脂蛋白 (LDL-C) 值高剂量组降低: 51.52%, 40.45%, 总胆固醇 (TC) 值以中剂量组最优, 降低: 34.31%, 高密度脂蛋白 (HDL-C) 高剂量组升高 42%; 在抗氧化能力方面, 中剂量组丙二醛 (MDA) 含量降低 40%, 高剂量组总超氧化物歧化酶 (T-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 水平分别升高 54%, 55%, 且 T-SOD、GSH-Px 升高呈现剂量相关性。可见鹰嘴豆膳食纤维具有降低高脂血症大鼠体质量, 调节异常血脂作用, 而这种作用可能与其提高高脂血症大鼠抗氧化能力, 降低氧化应激损伤有关。

关键词: 鹰嘴豆; 膳食纤维; 降血脂; 抗氧化

文章编号: 1673-9078(2018)10-15-21

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.10.003

Improvement Effect of Dietary Fiber from Chickpea on Lipid Metabolism in Hyperlipidemic Rats

ZHANG Rui, LYU Mei-xia, WU bu li ka si mu AI KE BAI ER, PENG Bing-xin, Di na MU HE YA TI,
Fei luo na PA ER HA TI, HAN Jia

(Department of Nutrition and Food Hygiene, College of Public Health, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China)

Abstract: In this study, the effects of chickpea dietary fiber on blood lipid and antioxidant levels of hyperlipidemic rats were observed to provide a reference for the research of the health benefits of chickpeas. Forty male SD rats were fed with high-fat diet to establish hyperlipidemia model. Then the hyperlipidemia model of rats were randomly divided into hyperlipidemia model group, high chickpea fiber (30 g/kg high-fat diet), middle chickpea fiber (15 g/kg high-fat diet), and low chickpea fiber (5 g/kg high-fat diet) three intervention groups. The hyperlipidemia model group was fed with high-fat diet, and intervention groups were given high-fat diet containing different levels of chickpea dietary fiber. After 7 weeks of intervention, the animals were executed. The body weight, liver weight, epididymal fat weight, serum lipid levels and oxidative stress levels of rats were measured in each group. The results showed that: The weight gain, liver weight and epididymal lipid weight were decreased in chickpea dietary fiber group, compared with the hyperlipidemia model group. After five weeks the body weight was obviously decreased by 29.34%, the epididymal fat weight decreased 33.81%, 17.28% and 21.86% in the high, medium and low dose groups, respectively, but there was no significant difference in liver weight. In terms of blood lipids, triglyceride (TG) and low density lipoprotein (LDL-C) in high-dose group decreased by 51.52% and 40.45%, respectively. The total cholesterol (TC) value was optimal in the middle dose group, which was reduced by 34.31%. High density lipoprotein (HDL-C) in high-dose group increased by 42%. In terms of antioxidant capacity, the malondialdehyde (MDA) content in the middle-dose group was reduced by 40%, the total superoxide dismutase (T-SOD) and glutathione peroxidase (GSH-Px) levels in the high-dose group were increased by 54% and 55%, respectively, the increases of T-SOD and GSH-Px levels

收稿日期: 2018-06-01

基金项目: 国家自然科学基金项目 (81760585)

作者简介: 张瑞, 女, 硕士研究生, 研究方向: 营养与食品卫生学

通讯作者: 韩加, 女, 博士, 教授, 研究方向: 营养与慢性病

were dose-dependent. It can be seen that the dietary fiber of chickpea can reduce body weight and regulate abnormal blood-lipids in hyperlipidemic rats, and this effect may be related to the improvement of antioxidation ability and reduction of oxidative stress injury in hyperlipidemic rats.

Key words: chickpeas; dietary fiber; hypolipidemic; anti-oxidation

随着人们生活水平不断提高,动物性食物和精加工粮食摄入量明显增加,加之缺乏运动等不良生活方式,肥胖、糖尿病和高脂血症等疾病发生率逐年增加,其中高脂血症是动脉粥样硬化的高危因素^[1]。目前,临床上使用的降血脂药物大多为西药,虽疗效显著,但长期使用毒副作用明显。而食物或其功效成分,因食用安全、毒副作用少,被人们易于接受,也成为降血脂研究领域的热点。

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^[2-3]: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。

鹰嘴豆(*Cicer arietinum* L.)属豆科草本植物,俗称桃豆、鸡豆,维吾尔语称“诺胡提”,因其外形独特,类似鹰嘴而被称为鹰嘴豆。鹰嘴豆是新疆维吾尔族民间常用的药食兼用豆类。据《中华人民共和国卫生部药品标准维吾尔药注册》记载^[4],鹰嘴豆有很多药理功能,能补中益气,温肾壮阳,主消渴,解百毒,润肺止咳等。现代医学研究发现,鹰嘴豆具有降糖、降脂、减肥、抗氧化和抗肿瘤等多种功效^[5,6]。

鹰嘴豆富含人体必需的多种营养成分,尤其富含膳食纤维,可能是其主要功效成分^[7]。据报道,鹰嘴豆干豆总膳食纤维含量为18~22 g/100 g^[8],是谷类或豆类的两倍以上^[9],其中可溶性膳食纤维约占鹰嘴豆种子重量的4.8%,不溶性膳食纤维约占10.18%^[10]。以往对鹰嘴豆的研究有鹰嘴豆精粉对高脂大鼠血脂代谢的影响、鹰嘴豆中的植物甾醇,三萜皂苷类成分及异黄酮的降血脂作用机制的研究等^[11-13]。尚未见鹰嘴豆膳食纤维降血脂的报道。本实验观察了以新疆鹰嘴豆皮为原料开发的膳食纤维产品对高脂血症大鼠血脂的影响,并通过抗氧化实验初步探讨了其降血脂的作用机制,旨在为鹰嘴豆膳食纤维的深入研究和新疆特色食物资源的开发利用提供参考依据。

1 材料与仪器

1.1 样品

鹰嘴豆膳食纤维:新疆阿米娜生物科技有限公司产品。执行标准:Q/XASK0001S-2014,生产许可证:QS6501 0601 0332。

1.2 主要试剂与仪器

胆固醇、胆酸钠、蛋黄粉,北京索莱宝科技有限公司;TC、TG、HDL-C、LDL-C、MDA、T-SOD、GSH-Px 测试盒,南京建成生物工程研究所;迈瑞BS-120型全自动生化分析仪,深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司;-20℃冰柜,青岛海尔股份有限公司;普通血清真空采血管、EDTA抗凝真空采血管,北京君诺医药技术有限公司;SF-80-2C型台式低速离心机,上海菲恰尔分析仪器有限公司;Z0002型电子天平,杭州友恒称重设备有限公司;HWS12型电热恒温水浴锅,上海一恒科学仪器有限公司;722N可见分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司;XH-C型漩涡混合器,金坛市医疗仪器厂。

1.3 实验动物

雄性SD大鼠50只,6~8w龄,体重180~220g,购于新疆医科大学实验动物中心,[生产许可证号:SCXK(新)2016-0003,使用许可证号:SYXK(新)2016-0002]。实验动物在SPF级动物屏障实验室内饲养,环境温度20~25℃,相对湿度45%~80%。

1.4 实验方法

1.4.1 饲料

1.4.1.1 普通饲料

小麦25%、玉米22%、麸皮12%、油渣18%、豆粕12%、鱼粉8%、其他成分3%。由新疆医科大学实验动物中心压制并采用⁶⁰Co辐照消毒。

1.4.1.2 高脂饲料

普通饲料76.5%、猪油10%、白糖5%、蛋黄粉5%、胆固醇3%、胆酸钠0.5%。由新疆医科大学实验动物中心压制并采用⁶⁰Co辐照消毒。

1.4.2 高脂血症模型建立

50只SD大鼠以基础饲料适应性饲养1周,禁食不禁水12h,麻醉后内眦采血,将采集好的血液静置2h后于离心机中3500 r/min离心10 min,分离血清并检测TC、TG水平。随机抽取10只作为正常对照组,基础饲料喂养,余下作为高脂血症造模组,高脂饲料喂养,所有大鼠均自由饮水,每周测一次体重。第4周末内眦再次取血,检测TC、TG水平,比较造模前

后大鼠 TC 和 TG 值,以造模后 TC、TG 明显上升,组间比较统计检验 $p < 0.05$ 为建模成功。

1.4.3 分组及干预

将造模成功的 40 只大鼠随机分为 4 组为:高脂模型组,鹰嘴豆膳食纤维高 (30 g/kg 高脂饲料)、中 (15 g/kg 高脂饲料)、低 (5 g/kg 高脂饲料) 3 个剂量组,每组各 10 只。空白对照组以基础饲料饲养,高脂模型组以高脂饲料饲养,干预组分别以不同剂量的含有鹰嘴豆膳食纤维的高脂饲料饲养,即将不同剂量的鹰嘴豆膳食纤维分别加入高脂饲料配料中混合均匀,制作为实验饲料。各组均自由进食及饮水,每周称量体重一次,干预时间为 7 周,及时观察大鼠的行为活动变化,记录有无异常情况的发生。

1.4.4 样品采集与处理

末次给药,禁食不禁水 12 h 后,用 10% 水合氯醛以 0.35 mL/100 g BW 腹腔注射麻醉动物,腹主动脉采血 3 mL,静置 2 h 后于离心机中 3500 r/min 离心 10 min,取上清液, -20 °C 冰箱冻存待测。解剖大鼠取肝脏和附睾脂肪并称量,计算肝脏系数 (肝重/体重 $\times 100\%$) 及附睾周脂重/体重 (附睾周脂重/体重 $\times 100\%$)。

1.4.5 检测指标

按试剂盒说明书方法,血清 TC、TG、HDL-C、LDL-C 水平采用全自动生化分析仪测定,血清 MDA、T-SOD、GSH-Px 含量采用 722N 可见分光光度计测定。

1.4.6 统计学方法

采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据处理和分析,计量资料数据以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。服从正态分布的数据两组比较采用两独立样本的 t 检验,多组比较采用方差分析;不服从正态分布的用秩和检验,组间比较用 LSD。以 $p < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 高脂血症模型建立

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^[14]。有效控制血脂异常已成为慢性病防治工作的重点。据报道^[15],全世界每年约有 3000 万人死于高血脂引起的相关疾病。另据《中国心血管病报告 2016》称,我国心血管患病率及死亡率仍处于上升阶段,心血管病死亡率位居首位^[16]。本实验采用高脂饲料喂养造模方法,建立高脂血症大鼠模型通过检测造模前后 TC、TG 值衡量大鼠血脂变化情况。

由表 1 可知,造模前,正常对照组与高脂造模组血清 TC、TG 水平无差异 ($p > 0.05$);造模后,与正常对照组相比,高脂造模组 40 只大鼠血清 TC、TG 值分别升高: 10.53%、32.76%,且组间比较有统计学意义 ($p < 0.01$),表明高脂血症大鼠造模成功。

表 1 高脂饲料造模对大鼠血脂的影响

Table 1 The effect of high fat diet on the blood lipid in rats (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)

组别	n	TC		TG	
		造模前	造模后	造模前	造模后
正常对照组	10	1.54 \pm 0.11	1.70 \pm 0.09	0.48 \pm 0.06	0.58 \pm 0.06
高脂造模组	40	1.53 \pm 0.13	1.90 \pm 0.07 ^{###}	0.47 \pm 0.06	0.77 \pm 0.06 ^{###}

注:与正常对照组比较: [#] $p < 0.05$, ^{##} $p < 0.01$ 。

2.2 鹰嘴豆膳食纤维对大鼠体重的影响

由表 2 可知,干预前,高脂模型组与鹰嘴豆各剂量组大鼠体重无显著性差异,各组均衡可比 ($p > 0.05$)。干预期间各组大鼠体重平稳增长。干预 1 周各剂量组大鼠体重较正常对照组增量显著 ($p < 0.01$),与高脂模型组相比体重增长相近,无统计学差异,说明短期的干预并不能使高脂喂养的大鼠体重有所改善。干预 3 周后,较高脂模型组,高中低各剂量组体重增量均有减少,分别为: 14.54%、9.63%、11.22%,其中高剂量组下降最为明显,但仍无统计学差异 ($p > 0.05$)。干预 5 周后,各剂量组大鼠体重增长较正常对照组无明显变化 ($p > 0.05$);与高脂模型组相比,各剂量组大鼠体重增

量降低,分别为: 29.34%、21.74%、20.62%,仅高剂量组有统计学差异 ($p < 0.05$)。干预 7 周后,各剂量组体重增量较高脂模型组均有减少,但差异不明显 ($p > 0.05$)。

近年来随着人们对膳食纤维的不断认识,发现膳食纤维对于体重控制尤为重要。焦俊等^[17]发现燕麦和全小麦中的膳食纤维能够降低高脂高胆固醇膳食引起的小鼠体重增加。申瑞玲等^[18]研究得出燕麦水溶性膳食纤维可有效预防动物因饲喂高脂饲料而产生的体重增高及体脂累积。本研究结果表明鹰嘴豆膳食纤维高剂量组可明显降低高脂喂养造成的大鼠体重的增长,此与上述学者的研究结果一致。而膳食纤维对体重的影响可能与其独特的性质有关。可溶性膳食纤维具有

较强黏性, 进入胃肠道后, 可降低胃排空速率, 延缓小肠对营养物质的吸收, 降低进食次数。同时, 膳食纤维结构较疏松, 体积大, 吸水性强, 遇水膨胀, 可提高饱腹感, 从而达到降低进食的目的, 抑制过多的热量摄入, 并对其他营养物质的正常吸收产生干扰,

如葡萄糖等, 最终使多余脂肪得到有效消耗。此外本实验发现第 7 周时高脂模型组体重增长较前几周缓慢, 初步分析可能由于长时间的高脂饲料喂养导致大鼠厌食, 摄食量减少造成的, 具体原因仍有待进一步探究。

表 2 鹰嘴豆膳食纤维对大鼠体重的影响

Table 2 Effect of Dietary Fiber from Chickpea on Body Weight in Rats(g, $\bar{x} \pm s$)

组别	n	1 周体重增量	3 周体重增量	5 周体重增量	7 周体重增量
正常对照组	10	13.64±6.66	49.70±8.68	65.98±5.16	89.14±21.96
高脂模型组	10	28.16±8.02 ^{##}	70.30±16.60 ^{##}	110.85±20.91 ^{##}	119.45±26.49
鹰嘴豆膳食纤维高	10	28.51±2.19 ^{##}	60.08±11.80	78.33±14.68*	90.19±16.86
鹰嘴豆膳食纤维中	10	24.33±6.61 ^{##}	63.53±12.07 [#]	86.75±25.17	97.29±17.11
鹰嘴豆膳食纤维低	10	25.86±10.04 ^{##}	62.41±13.80 [#]	87.99±23.58	94.44±21.97

注: 与正常对照组比较: [#] $p < 0.05$, ^{##} $p < 0.01$; 与高脂模型组比较: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

2.3 鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠肝脏及附睾周脂重的影响

脂质代谢紊乱时易使肝脏发生脂肪变性, 导致肝脏质量增加以及内脏脂肪沉积。由表 3 数据可知, 高脂模型组肝重、附睾周脂重、肝脏系数及附睾周脂重/体重较正常对照组分别升高: 56.85%、60.74%、47.22%、52.45%, 差异显著 ($p < 0.01$), 说明高脂饲料喂养可增加大鼠内脏脂肪堆积。鹰嘴豆各剂量组肝重、附睾周脂重、肝脏系数及附睾周脂重/体重较高脂模型组均有下降, 各剂量组附睾周脂重降低明显 ($p < 0.05$), 其中高剂量组降低 33.81% 效果最优 ($p < 0.01$), 但肝重及肝脏系数降低无统计学差异, 这可能与干预的剂

量及时间有关。

研究发现^[18], 燕麦水溶性膳食纤维可减轻小鼠体重及降低小鼠肠系膜及睾丸脂肪重量, 对小鼠高脂性体脂增高有较强抑制作用。据报道^[19], 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。Wang 等^[20]用可溶性膳食纤维治疗高脂饮食诱导的肥胖小鼠 (DIO), 结果表明可溶性膳食纤维减少了 DIO 小鼠的体重增加和白色脂肪组织的过度积累。本实验研究得出鹰嘴豆膳食纤维可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。此与上述研究结果一致。提示鹰嘴豆膳食纤维可促进脂肪代谢。初步考虑可能是可溶性膳食纤维增加了高脂大鼠的能量消耗, 但具体的降脂机制, 仍有待进一步探究。

表 3 鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠肝脏及附睾周脂重的影响

Table 3 The effect of chickpea dietary fiber on liver and epididymal fat 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	10	13.54±1.18	9.43±0.86	2.38±0.26	1.65±0.12
高脂模型组	10	31.38±3.55 ^{##}	24.02±3.21 ^{##}	4.51±0.36 ^{##}	3.47±0.56 ^{##}
鹰嘴豆膳食纤维高	10	26.83±3.11 ^{##}	15.90±3.93 ^{##**}	4.24±0.60 ^{##}	2.52±0.69 ^{##**}
鹰嘴豆膳食纤维中	10	27.73±4.52 ^{##}	19.39±2.55 ^{##*}	4.17±0.79 ^{##}	2.89±0.31 ^{##}
鹰嘴豆膳食纤维低	10	28.06±5.96 ^{##}	18.77±1.84 ^{##**}	4.23±1.11 ^{##}	2.81±0.42 ^{##*}

注: 与正常对照组比较: [#] $p < 0.05$, ^{##} $p < 0.01$; 与高脂模型组比较: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

2.4 鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠血脂的影响

由表 4 可知, 与正常对照组相比, 高脂模型组 TC、TG、LDL-C 水平升高: 39.33%、41.41%、29.21%, 且 HDL-C 水平降低 39.76% ($p < 0.01$), 表明高脂喂养能使大鼠血脂明显升高, 进一步肯定本实验高脂饲料

配方。与高脂模型组比, 鹰嘴豆膳食纤维高、中、低各剂量组 TC、TG、LDL-C 值明显降低 ($p < 0.05$), HDL-C 值显著升高 ($p < 0.01$), 其中 TG、LDL-C 值降低呈现剂量依赖关系, 高剂量组 TG、LDL-C 降低效果最为显著, 较高脂组分别降低: 51.51%、40.45%。HDL-C 值升高也呈剂量依赖关系, 高、中、低各剂量组较高脂组升高: 42%、38%、32%。各组 TC 值虽显著降低, 以中剂量组效果最明显, TC 水平与正常对照组相当。

增加饮食中膳食纤维的摄入量（特别是可溶性膳食纤维），可有效地改善血液中脂质代谢异常，预防和减少心血管疾病发生的目的^[21]。来自前瞻性研究结果表明^[22]，饮食中每日摄入 3 g 以上燕麦 β-葡聚糖可溶性膳食纤维可降低血浆总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇水平约 5%~10%。meta 分析也表明^[23]，燕麦 β-葡聚糖尤其对低密度脂蛋白胆固醇具有较好降脂效果。

动物实验报道^[19]，以海藻膳食纤维为主、降脂中药为辅的功能食品，能显著降低高脂血症小鼠血清 TC、TG 及 LDL-C 水平，升高 HDL-C 水平。本研究

通过动物实验观察鹰嘴豆膳食纤维的降脂效果，结果表明：相比于高脂组，鹰嘴豆高、中剂量组均可降低高脂血症大鼠血清 TC、TG、LDL-C 水平，提高 HDL-C 水平，此与熊霜等^[19]实验结果一致，提示鹰嘴豆膳食纤维在降血脂方面有显著的效果。有研究对燕麦中水溶性膳食纤维和水不溶性膳食纤维进行评价，发现较水不溶性膳食纤维，水溶性膳食纤维能够更有效地降低大鼠 TC 和 TG 水平，有效调节肝脏脂代谢紊乱^[24]。因此本研究后期可对鹰嘴豆中两类膳食纤维分类提取，深入评价其降脂效果。

表 4 鹰嘴豆膳食纤维对大鼠血脂的影响

Table 4 The effect of chickpea fiber on blood lipid in rats (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)

组别	n	TC	TG	HDL-C	LDL-C
正常对照组	10	1.45±0.35	0.58±0.14	0.83±0.10	0.63±0.08
高脂模型组	10	2.39±0.21 ^{##}	0.99±0.11 ^{##}	0.50±0.04 ^{##}	0.89±0.03 ^{##}
鹰嘴豆膳食纤维高	10	1.62±0.26 ^{**}	0.48±0.95 ^{**}	0.71±0.06 ^{**}	0.53±0.13 ^{**}
鹰嘴豆膳食纤维中	10	1.57±0.26 ^{**}	0.58±0.25 ^{**}	0.69±0.10 ^{**}	0.59±0.06 ^{**}
鹰嘴豆膳食纤维低	10	1.73±0.26 ^{**}	0.69±0.17 [*]	0.66±0.78 ^{**}	0.68±0.09 ^{**}

注：与正常对照组比较：[#] $p < 0.05$ ，^{##} $p < 0.01$ ；与高脂模型组比较：^{*} $p < 0.05$ ，^{**} $p < 0.01$ 。

2.5 鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠血清抗氧化指标的影响

长期高脂饮食，能量、脂肪摄入增加，使得机体新陈代谢加快，产生大量自由基，破坏机体正常的氧化-抗氧化平衡，造成机体出现氧化应激。大量自由基可引起 DNA 损伤及蛋白质结构的变化，从而使细胞功能异常，过氧化脂质产生，引起机体脂代谢紊乱和体内抗氧化水平的降低^[25]。SOD 是机体内重要的抗氧化酶，可清除人体内过多有害的氧自由基，是反映机体清除氧自由基能力的重要物质，其水平的降低表明高脂血症模型动物自由基清除能力的下降^[26]。GSH-Px 是机体重要的过氧化物分解酶，能够抑制脂质过氧化

反应对细胞的损伤^[27]。MDA 是膜脂过氧化的降解产物，可损伤生物膜结构，其含量高低可反映高脂血症的严重程度^[28]。

由表 5 可知，与正常对照组相比，高脂模型组 MDA 含量升高 ($p < 0.05$)，GSH-PX、T-SOD 含量降低。与高脂模型组相比，鹰嘴豆膳食纤维各剂量组 MDA 含量均明显下降 ($p < 0.05$)，其中以中剂量组下降最为显著 ($p < 0.01$)，高、中、低各剂量组 MDA 含量降低为：31%、40%、33%；T-SOD 活力升高且呈现剂量依赖关系 ($p < 0.05$)，高、中、低各剂量组升高百分比为：54%、52%、47%；GSH-PX 活力均有升高且呈现剂量依赖关系，高中低各剂量组升高百分比为：55%、53%、14%，其中高、中剂量组升高显著 ($p < 0.01$)，低剂量组升高无统计学意义。

表 5 鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠血清抗氧化能力的影响

Table 5 The effect of chickpea dietary fiber on serum antioxidant capacity in hyperlipidemic rats ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	MDA/(nmol/mL)	T-SOD/(U/mL)	GSH-PX/(U/mL)
正常对照组	10	15.30±3.86	239.20±69.35	1047.92±357.18
高脂模型组	10	22.49±5.50 [#]	195.10±83.85	716.34±225.59 [#]
鹰嘴豆膳食纤维高	10	15.48±4.10 [*]	300.13±27.16 [*]	1113.34±129.01 ^{**}
鹰嘴豆膳食纤维中	10	13.51±4.29 ^{**}	296.77±57.13 [*]	1095.21±236.32 ^{**}
鹰嘴豆膳食纤维低	10	14.99±3.15 ^{**}	286.86±48.69 [*]	817.14±125.97

注：与正常对照组比较：[#] $p < 0.05$ ，^{##} $p < 0.01$ ；与高脂模型组比较：^{*} $p < 0.05$ ，^{**} $p < 0.01$ 。

研究表明^[29]，膳食纤维可通过清除自由基、提高机体还原能力、螯合 Fe³⁺离子、增强抗氧化酶的活性等达到抗脂质过氧化的目的。罗磊等^[30]研究发现，一

定量的绿豆皮水溶性膳食纤维能有效增强机体清除自由基的能力，具有良好的抗氧化和延缓衰老的作用。赵雪洁等^[31]对 D-半乳糖所致衰老模型的小鼠进行为

期8周的鹰嘴豆干预后,发现小鼠氧化损伤指标SOD活力,MDA含量等均有改善,提示鹰嘴豆可调节小鼠体内过氧化产物的水平,具有抗氧化的作用。本实验结果表明鹰嘴豆膳食纤维能提升高脂血症大鼠血清中SOD和GSH-Px活性,抑制MDA活力,表现出明显的抗氧化能力,且剂量越高SOD和GSH-Px升高越明显,而MDA中、低剂量组效果优于高剂量组。提示鹰嘴豆膳食纤维能通过降低机体脂质过氧化水平,从而恢复高脂血症大鼠脂质的正常代谢。

3 结论

综上所述,鹰嘴豆膳食纤维干预组可降低高脂血症大鼠血清TC、TG、LDL-C水平,提高HDL-C水平,表明鹰嘴豆膳食纤维对高脂血症大鼠血脂异常具有调节作用。同时干预组GSH-Px和T-SOD活力升高,MDA含量降低,提示鹰嘴豆膳食纤维的降血脂作用可能与其改善氧化应激水平有关,因此,本研究初步考虑鹰嘴豆膳食纤维的降血脂机制可能是通过提高机体的抗氧化能力,有效清除氧自由基,抵抗机体脂质过氧化物生成,进而达到降血脂的作用。但其确切的降脂机理还有待深入探讨。本实验为新疆特色资源鹰嘴豆膳食纤维的开发与应用,提供了理论依据和数据支持,也为后期的人群干预试验提供参考数据。

参考文献

- [1] 赵胜楠,何黎黎,李自强,等.高血压合并高脂血症大鼠模型的实验研究[J].中国比较医学杂志,2018,28(2):33-39
ZHAO Sheng-nan, HE Li-li, LI Zi-qiang, et al. Establishment and characterization of a rat model of hypertension with hyperlipidemia [J]. Chinese Journal of Comparative Medicine, 2018, 28(2): 33-39
- [2] 麦紫欣,关东华,林敏霞,等.膳食纤维降血脂作用及其机制的研究进展[J].广东微量元素科学,2011,18(1):11-16
MAI Zi-xin, GUAN Dong-hua, LIN Min-xia, et al. Progress in the role of dietary fiber on blood-fat reducing and its mechanism [J]. Guangdong Trace Elements Science, 2011, 18(1): 11-16
- [3] Ram íez-Jim énez A K, Reynoso-Camacho R, Tejero M E, et al. Potential role of bioactive compounds of *Phaseolus vulgaris*, L. on lipid-lowering mechanisms [J]. Food Research International, 2015, 76: 92-104
- [4] 中华人民共和国卫生部药品标准 维吾尔药分册[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1999
Ministry of Health of the People's Republic of China Drug Standards Uyghur Medicine Section [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Press, 1999
- [5] Yang Y, Zhou L, Gu Y, et al. Dietary chickpea reverse visceral adiposity, dyslipidaemia and insulin resistance in rats induced by a chronic high-fat diet [J]. Br J Nutr, 2007, 98(4): 720-726
- [6] Nestel P, Cehun M, Chronopoulos A. Effects of long-term consumption and single meals of chickpea on plasma glucose, insulin, and triacylglycerol concentrations [J]. Am J Clin Nutr, 2004, 79: 390-395
- [7] Chen Y, Mcgee R, Vandemark G, et al. Dietary fiber analysis of four pulses using AOAC 2011.25: Implications for human health [J]. Nutrients, 2016, 8(12): 829-838
- [8] Yolanda A, Mariaa M C, Vanesa B, et al. Changes in carbohydrate fraction during dehydration process of common legumes [J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2009, 22(7-8): 678-683
- [9] Thompson H J, Brick M A. Perspective: Closing the dietary fiber gap: an ancient solution for a 21st century problem [J]. Advances in Nutrition, 2016, 7(4): 623-626
- [10] Algetty D D, Balk B K. Isolation and characterization of cotyledon fibers from peas, lentils, and chickpeas [J]. Cereal Chemistry, 2003, 80(3): 310-315
- [11] 肖辉,张月明,于亚鹭.鹰嘴豆精粉对高脂大鼠的血脂代谢的影响[J].中国公共卫生,2005,21(7):843-844
XIAO Hui, ZAHNG Yue-ming, YU Ya-lu. Effects of chickpea extract on blood lipid metabolism in hyperlipidemic rats [J]. Chinese Journal of Public Health, 2005, 21(7): 843-844
- [12] Ram íez-Jim énez A K, Reynoso-Camacho R, Tejero ME, et al. Potential role of bioactive compounds of *Phaseolus vulgaris*, L. on lipid-lowering mechanisms [J]. Food Research International, 2015, 76: 92-104
- [13] 李朋收,刘洋洋,范冰冰,等.鹰嘴豆化学成分及药理作用研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(11):235-238
LI Peng-shou, LIU Yang-yang, FAN Bing-duo, et al. Research progress of chemical composition and pharmacological effectiveness of chickpeas [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2014, 20(11): 235-238
- [14] Navar-Boggan A M, Peterson E D, Sr D R, et al. Hyperlipidemia in early adulthood increases long-term risk of coronary heart disease [J]. Circulation, 2015, 131(1): 451-458
- [15] 杨耀光,韩刚.大黄水提物与醇提物对实验性高脂血症小鼠血脂的影响研究[J].重庆医学,2018,47(8):1023-1024
YANG Yao-guang, HAN Gang. Study on effect of rhubarb

- water extract and ethanol extract on blood fat in experimental hyperlipidemia mice [J]. *Chongqing Medicine*, 2018, 47(8): 1023-1024
- [16] 中国心血管病报告编写组.《中国心血管病报告 2016》概要[J].*中国循环杂志*,2017,32(6):521-530
China Cardiovascular Diseases Report Writing Team.《China Cardiovascular Disease Report 2016》summary [J]. *Chinese Circulation Journal*, 2017, 32(6): 521-530
- [17] 焦俊,韩淑芬,张薇,等.谷物膳食纤维促进高脂/胆固醇喂养小鼠脂肪分解机制的研究[J].*营养学报*,2015,37(5):456-460
JIAO Jun, HAN Shu-fen, ZHANG Wei, et al. Effects of cereal dietary fibers on lipolysis in mice fed a high-fat/cholesterol diet [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2015, 37(5): 456-460
- [18] 申瑞玲,陈明,董吉林.燕麦水溶性膳食纤维对高脂喂养小鼠肥胖预防研究[J].*粮食与油脂*,2012,25(2):10-12
SHEN Rui-ling, CHEN Ming, DONG Ji-lin. Study on preventive effects of oat soluble dietary fibre on obesity mice caused by high-fatty diet [J]. *Journal of Cereals & Oils*, 2012, 25(2): 10-12
- [19] 熊霜,肖美添,叶静.复合型海藻膳食纤维功能食品的降血脂作用[J].*食品科学*,2014,35(17):220-225
XIONG Shuang, XIAO Mei-tian, YE Jing. Hypolipidemic effect of functional foods containing dietary fiber from edible seaweeds [J]. *Food Science*, 2014, 35(17): 220-225
- [20] Haiyuan Wang, Tao Hong, Na Li, et al. Soluble dietary fiber improves energy homeostasis in obese mice by remodeling the gut microbiota [J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2018, 498(1): 146-151
- [21] Surampudi P, Enkhmaa B, Anuurad E, et al. Lipid lowering with soluble dietary fiber [J]. *Curr Atheroscler Rep*, 2016, 18(12): 75
- [22] Othman R A, Moghadasian M H, Jones P J. Cholesterol-lowering effects of oat β -glucan [J]. *Nutr Rev*, 2011, 69(6): 299-309
- [23] Ho H V, Sievenpiper J L, Zurbau A, et al. The effect of oat β -glucan on LDL-cholesterol non-HDL-cholesterol and apoB for CVD risk reduction: a systematic review and meta-analysis of randomised-controlled trials [J]. *Br J Nutr*, 2016, 116(8): 1369-1382
- [24] 董吉林,朱莹莹,李林,等.燕麦膳食纤维对食源性肥胖小鼠降脂减肥作用研究[J].*中国粮油学报*,2015,30(9):24-29
DONG Ji-lin, ZHU Ying-ying, LI Lin, et al. Anti-obesity effect of oat dietary fiber on high-fat diet-induced obese mice [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2015, 30(9): 24-29
- [25] 孔杰.有氧运动结合降脂中药对肥胖大鼠 HO-1/CO 系统的影响及机制研究[D].广州:华南师范大学,2012
KONG Jie. The effect of aerobic exercise combined with antihyper lipidemia chinese medicine on the HO-CO system to obese rats [D]. Guangzhou: South China Normal University, 2012
- [26] 蔡文涛,王世霞,李笑蕊,等.荞麦粉对高脂血症小鼠血脂和肝脏抗氧化功能的调节作用[J].*中国食品学报*,2018,18(2): 63-70
QI Wen-tao, WANG Shi-xia, LI Xiao-rui, et al. Regulation function of buckwheat on blood lipid and liver anti-oxidation of hyperlipemia mice [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2018, 18(2): 63-70
- [27] 王婧瑜,王涵,谷岩.紫苏水提取物对高脂血症小鼠的降血脂及抗氧化作用[J].*东北农业科学*,2017,42(1):56-60
WANG Jing-yu, WANG Han, GU Yan. Effect of water extract of *Perilla frutescens* (L.) Britt. on hypolipidemic and anti-oxidative of hyperlipidemic mice [J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2017, 42(1): 56-60
- [28] 韩子鹏,房磊.紫薯花青素结合耐力运动对高脂血症大鼠血脂和抗氧化功能的影响[J].*黑龙江畜牧兽医*,2017,6(11): 252-254
HAN Zi-peng, FANG Lei. Effects of combining Purple sweet potato anthocyanins and endurance exercise on blood lipids and antioxidation in hyperlipidemia rats [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2017, 6(11): 252-254
- [29] 张雅莉,蔡美琴.膳食纤维的抗氧化及调节血糖血脂作用综述[C].达能营养中心学术年会会议. 2014:4
ZHANG Ya-li, CAI Mei-qin. Dietary fiber anti-oxidation and regulation of blood glucose and lipids[C]. Danone Nutrition Center Academic Annual Meeting. 2014:4
- [30] 罗磊,王雅琪,马丽苹,等.绿豆皮可溶性膳食纤维的抗氧化作用[J].*食品科学*,2018,39(3):182-187
LUO Lei, WANG Ya-qi, MA Li-ping, et al. Antioxidant effect of soluble dietary fiber from mung bean (*Phaseolus radiates* L.) hull [J]. *Food Science*, 2018, 39(3): 182-187
- [31] 赵雪洁,梁楚燕,李杰,等.鹰嘴豆对小鼠的抗氧化作用研究[J].*动物医学进展*,2017,38(5):73-76
ZHAO Xue-jie, LIANG Chu-yan, LI Jie, et al. Study on antioxidation activity of chickpeas in aging mice induced by D-galactose [J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2017, 38(5): 73-76