

刺梨酵素化果醋对小鼠急性酒精性肝损伤的改善作用

文永岚^{1,2}, 王瑜^{2,3}, 万科^{2,3}, 赵敏^{2,3}, 李立郎^{2,3}, 国光梅^{2,3}, 杨小生^{2,3}, 杨娟^{2,3*}

(1. 贵州中医药大学药学院, 贵州贵阳 550025) (2. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵州贵阳 550014) (3. 贵州医科大学药用植物功效与利用国家重点实验室, 贵州贵阳 550025)

摘要: 探究刺梨酵素化果醋对小鼠急性酒精性肝损伤的影响。将 50 只小鼠随机分为空白组、模型组、醋低、中、高剂量组。除空白组外, 其余各组均先灌胃给予刺梨酵素化果醋 14 d, 在给药最后一天, 以体质量计, 灌胃 12 mL/kg 53% vol 的白酒。酒后 12 h 收集小鼠粪便分析肠道菌群, 取血并解剖取肝脏称重, 测定血清中生化指标。研究表明, 与模型组相比, 刺梨酵素化果醋高剂量组肝脏指数、TG (甘油三酯) 含量、MDA (丙二醛) 含量均显著降低 19.23%、58.68%、51.93%, SOD (超氧化物歧化酶)、GSH (谷胱甘肽) 含量显著提高 28.67%、21.88%; ALT (丙氨酸氨基转移酶)、AST (谷草转氨酶) 含量均显著降低 37.36%、22.66%。从肠道菌群结构组成分析, 刺梨酵素化果醋低、中、高剂量组相较于模型组厚壁菌门丰度分别增加了 19.60%、13.63%、11.02%, 乳酸杆菌属的相对丰度增加了 14.44%、5.99%、16.30%。综上所述, 刺梨酵素化果醋对酒精诱导的急性肝损伤小鼠的脂质代谢紊乱、肝脏氧化应激具有显著的改善效果, 可调节急性肝损伤小鼠肠道群落的丰度与种类, 增加益生菌含量。

关键词: 刺梨; 酵素化果醋; 急性酒精性肝损伤; 肠道菌群

文章编号: 1673-9078(2023)04-26-32

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.4.0592

Ameliorative Effect of Fermented Vinegar of *Rosa roxburghii* Tratt on Acute Alcoholic Liver Injury in Mice

WEN Yonglan^{1,2}, WANG Yu^{2,3}, WAN Ke^{2,3}, ZHAO Min^{2,3}, LI Lilang^{2,3}, GUO Guangmei^{2,3}, YANG Xiaosheng^{2,3}, YANG Juan^{2,3*}

(1. Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550025, China) (2. Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550014, China) (3. China State Key Laboratory of Efficacy and Utilization of Medicinal Plants, Guizhou Medical University, Guiyang 550025, China)

Abstract: To investigate the effects of fermented *Rosa roxburghii* vinegar on acute alcoholic liver injury in mice, 50 mice were randomly divided into the blank group, model group, and low-dose, medium-dose and high-dose fruit vinegar groups. Except for the blank group, all the other groups were administered intragastrically with fermented *Rosa roxburghii* vinegar for 14 days. On the last day of administration, 53% vol white liquor was administered intragastrically at a dose of 12 mL/kg (calculated by body weight). The feces of mice were collected for the analysis of intestinal microflora 12 h after drinking. The blood was taken, the liver was dissected and weighed, and the biochemical indicators of the serum were determined. The results showed that compared with the model group, the liver index, TG content and MDA content of the high-dose fermented *Rosa roxburghii* vinegar group significantly decreased (by 19.23%, 58.68% and 51.93%, respectively), whilst the SOD and GSH contents significantly increased (by 28.67% and 21.88%, respectively). The ALT and AST contents significantly decreased (by 37.36% and 22.66%, respectively). The analysis of the composition of the intestinal flora revealed that compared with the model group, the abundance of

引文格式:

文永岚,王瑜,万科,等.刺梨酵素化果醋对小鼠急性酒精性肝损伤的改善作用[J].现代食品科技,2023,39(4):26-32.

WEN Yonglan, WANG Yu, WAN Ke, et al. Ameliorative effect of fermented vinegar of *Rosa roxburghii* Tratt on acute alcoholic liver injury in mice [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(4): 26-32.

收稿日期: 2022-05-11

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合成果[2022]一般 025; 黔科合支撑[2020]1Y142 号); 贵州省农村产业革命刺梨专项(黔财农[2020]307 号); 贵州省科技创新能力建设专项(黔科合企企[2020]4013); 贵州省教育厅高等学校特色重点实验室建设项目(黔教合 KY 字[2020]018)

作者简介: 文永岚(1999-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 药食同源功效因子与肠道菌群互作及机制, E-mail: 691161023@qq.com

通讯作者: 杨娟(1971-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 天然药食用植物资源活性物质, E-mail: 2292365498@qq.com

Firmicutes increased by 19.60%, 13.63% and 11.02%, respectively, for the low-dose, medium-dose and high-dose fermented *Rosa roxburghii* vinegar groups, and the relative abundance of *Lactobacillus* increased by 14.44%, 5.99% and 16.30%, respectively. In summary, fermented *Rosa roxburghii* fruit vinegar can significantly ameliorate lipid metabolism disorder and liver oxidative stress, and can regulate the abundance and species of intestinal community and increase the content of probiotics in mice with alcohol-induced acute liver injury.

Key words: *Rosa roxburghii*; fermentation vinegar; acute alcoholism liver injury; intestinal flora

果醋是以水果为主要原料, 利用微生物发酵技术酿制而成的一种营养丰富、风味优良的酸味饮品或调味品。研究表明, 果醋不仅能调节机体酸碱平衡^[1], 还能缓解和消除疲劳^[2], 所含的酶可分解体内酒精来发挥保肝作用, 明显降低丙氨酸氨基转移酶、谷草转氨酶活性^[3]。Xiang 等^[4]研究发现, 与枳椇果梗果汁相比较, 枳椇果梗果醋对慢性酒精中毒肝损伤具有显著的改善效果。刺梨 (*Rosa roxburghii*) 为蔷薇科落叶灌木植物^[5]。作为药食两用资源, 是贵州重点发展的产业。其果实中富含抗坏血酸、超氧化物歧化酶、多酚、三萜化合物、多糖等活性成分^[6,7], 具有抗氧化^[8]、降血脂^[9]、降血糖等^[10]多种功效。Rensburg 等^[11]研究发现食用刺梨能增加机体内超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性和还原型谷胱甘肽的含量, 清除机体内由乙醇代谢产生的自由基, 起到解酒护肝的作用。但是目前对刺梨解酒护肝的报道多关注于刺梨原汁。酵素是以多种益生菌复合发酵蔬菜、水果形成具有保健和调理功效的营养食品, 发酵后, 产品中的有机酸、寡糖、维生素、多酚、氨基酸、抗氧化物等功能性物质大幅增加, 能够提高免疫力, 促进新陈代谢^[12]。刺梨酵素化果醋集合了酵素与果醋的特质, 不仅具有果醋的风味, 并且将刺梨的功能性成分得以充分释放出来并发生小分子化而变得容易为人体吸收, 是以刺梨为原料通过酵母菌、乳酸菌、醋酸菌、纤维素酶复合发酵而成, 含有多种有机酸、益生菌及酶等活性成分, 改善刺梨酸涩的不良风味, 也增加刺梨的功能保健作用。

因此, 本研究以刺梨酵素化果醋为研究对象, 通过动物体内实验与 16S rRNA 测序技术, 探究刺梨酵素化果醋对急性酒精性肝损伤小鼠是否具有改善作用, 为刺梨酵素化果醋解酒护肝的健康属性提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

刺梨, 采自贵州省黔南州, 贵州赛斯刺梨大健康产业有限公司提供 (成熟糖度为 7.5 Brix); 发酵剂, 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室自制 (其中酵母菌:乳酸菌:醋酸杆菌的比例为 1:1:1); 超氧化

物歧化酶 (Superoxide Dismutase, SOD)、谷胱甘肽 (Glutathione, GSH)、甘油三酯 (Triglycerides, TG)、丙二醛 (Malondialdehyde, MDA)、丙氨酸氨基转移酶 (Alanine Aminotransferase, ALT)、谷草转氨酶 (Aspartate Aminotransferase, AST) 试剂盒, 南京建成生物工程有限公司; DNA 提取试剂盒 (FastDNA@ Spin Kit for Soil), 美国 Axygen 公司; 红星二锅头 (酒精度为 53% vol), 北京红星股份有限公司。

1.2 仪器与设备

SKG-PB-936 打浆机, 中国上海达瑞宝食品机械有限公司; 5430r 高速离心机, Eppendorf; NanoDrop2000 紫外可见分光光度计, 美国威尔明顿科学公司; QuantiFluor™-ST, 美国 Promega 生物公司; DYY-6C 电泳仪, 北京市六一仪器厂; 9700 型 PCR 仪, 美国 ABI 公司; MISEQ 基因测序仪, 美国宜曼达 illumina MiSeq 测序系统; QL-901 旋涡混合器, 海门其林贝尔仪器制造有限公司。

1.3 刺梨酵素化果醋工艺流程及操作要点

工艺流程如下:

刺梨果实→清洗→破碎→接种→酵素化发酵→过滤→成品

清洗: 挑选品质优良的刺梨果实, 用清水清洗干净后晾干、称重。

破碎: 破碎后按照 1:3 (g:mL) 的比例加水备用。

接种: 将混合发酵剂 (其中酵母菌:乳酸菌:醋酸杆菌的比例为 1:1:1) 采用温水活化后, 按照 0.02% 的质量比添加, 搅拌均匀后移至发酵间。

发酵: 添加 10% (m/m) 的蔗糖, 在 25 °C 恒温下有氧发酵 20 d, 期间每隔 3 d 搅拌一次, 待固形物含量为 7%~8%, pH 值为 4 左右完成发酵, 取上清液用于试验研究。

1.4 动物实验方法

实验动物: 50 只 6 周龄的健康雄性小鼠 SPF 级, 质量为 18~22 g, 购于辽宁长生生物技术股份有限公司, 许可证号: SCXK (辽) 2015-0001。

实验分组与造模: 所有小鼠按每组 10 只随机分为空白组、模型组、刺梨酵素化果醋低、中、高剂量组,

给予正常饲料与饮用水适应性饲养 7 d, 实验在 (22±2) °C 且每 12 h 光照黑暗循环交替的实验动物房内进行。空白组与模型组小鼠每天灌胃 (0.01 mL/g) 生理盐水, 刺梨酵素化果醋分别按低剂量 (2 mL/kg)、中剂量 (5 mL/kg)、高剂量 (10 mL/kg) 灌胃处理, 持续灌胃 14 d, 在最后一次灌胃 6 h 后, 除空白组灌胃生理盐水外, 模型组与实验组皆按 12 mL/kg 灌胃 53% vol 白酒, 建立急性酒精性肝损伤模型。

粪便的收集: 禁食 12 h 后, 收集小鼠粪便, 分别放入 10 mL 无菌离心管内, 待后续实验使用。

血清指标测定: 禁食 12 h 后, 眼球取血, 所收集到的血液于 4 °C, 3 000 r/min, 离心 10 min, 得到上清液即血清, 并在 -80 °C 条件下储存, 按照试剂盒方法分别对血清进行检测。

肝脏指数测定: 眼球取血完成后, 采用颈椎脱臼法处死小鼠, 解剖并取肝脏, 并用预冷生理盐水漂洗并用滤纸吸干, 称重。根据下式计算出各组肝脏指数, 进行比较。

$$L = \frac{m}{m_0} \times 100\%$$

式中:

L ——肝脏指数, %;

m ——肝脏质量, g;

m_0 ——小鼠质量, g。

1.5 肠道菌群实验

将 1.4 动物实验期间中所收集到小鼠粪便于 DNA 提取和 PCR 扩增及微生物检测。

按照 DAN 提取试剂盒说明书提取小鼠粪便微生物的总 DNA。DNA 浓度和纯度通过 NanoDrop 2000 紫外可见分光光度计测定, 并通过 1% (质量分数) 琼脂糖凝胶电泳检查 DNA 质量。细菌群落结构研究采用 16S rRNA 基因的 V₃-V₄ 可变区序列为靶标, 以带有 barcode 序列的 338F (5'-ACTCCTACGGGAGGCAGAG-3') 和 806R (5'-GGACTACHVGGGTWTCTAAT-3') 为引物通过 PCR 系统 (GeneAmp 9700, ABI, USA) 扩增。利用 QuantiFluor™-ST 对纯化后 PCR 产物进行精准定量, 然后将带有不同标签序列的 24 个扩增子样本等量混合。混合后的 DNA 产物参照 Illumina 基因组测序文库构建流程构建 Illumina 双端测序的 PE 文库。该扩增子文库参照 (美国圣地亚哥 Illumina) 的标准操作采用 Illumina MiSeq 平台进行 PE300 模式测序, 最终获得每个 OTU 在各个分类学水平上的物种信息, 并由此统计各个分类水平上各样本的微生物群落构成。

1.6 统计分析

用 SPSS 26 软件进行单因素方差分析, 数据表示为 $\bar{X} \pm SD$ 。进行 t 检验和 P 值进行统计分析, $P < 0.05$ 具有统计学意义。利用 Qime 2.0 软件对片段进行 OTU 聚类, 获得分类单元 (包括门种) 和额外的丰度数据; 数据由 Designexpert 8.0.6、DPS 7.05、Origin 2018、Graphpad 6.01 进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 刺梨酵素化果醋对肝脏指数的影响

肝脏因代谢过量酒精负荷, 致使脂质代谢紊乱, 脂肪变性堆积, 肝脏肿大, 肝脏指数可反应出肝脏肿大的程度^[13]。由图 1 可见, 与空白组相比, 模型组肝脏指数显著升高 32.22%, 说明小鼠肝脏被酒精损伤而发炎肿大, 证明造模成功。与模型组相比较, 刺梨酵素化果醋低、中、高剂量组的肝脏指数均显著降低了 12.35%、17.90%、19.23%, 说明刺梨酵素化果醋低、中、高剂量组对急性酒精中毒所导致的肝损伤有一定的预防作用, 能显著改善肝脏损伤肿大的情况。

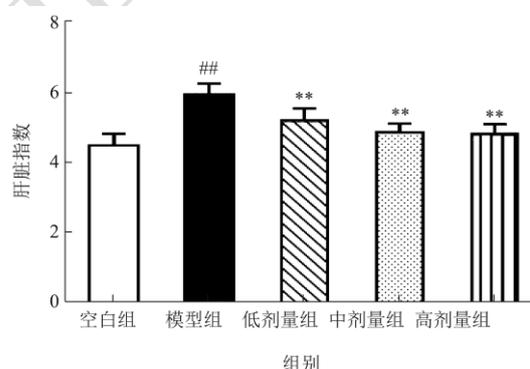


图 1 刺梨酵素化果醋对小鼠肝脏指数的影响

Fig.1 Effects of fermented vinegar of *Rosa roxburghii* on liver index in mice

注: ##表示与空白组相比 $P < 0.01$; **表示与模型组相比 $P < 0.01$ 。

2.2 刺梨酵素化果醋对小鼠脂代谢及抗氧化能力的影响

TG 是人体含量最多的脂类, 也是机体血脂的指标, 可在肝脏合成并转运。当乙醇长期存在机体内时, 肝内脂肪酸氧化分解减弱并释放大量的脂肪酶^[14-16], 促进了甘油三酯的合成, 脂肪在肝脏堆积容易引起脂肪变性, 致使肝脏损伤。故当血清内 TG 含量过高时, 说明机体因酒精中毒出现脂质代谢紊乱, 肝脏出现一

定程度的损伤。此外，肝脏在代谢乙醇时会生成大量的自由基及活性氧，肝细胞内的氧化水平升高，机体原本的氧化还原平衡被破坏，过剩的自由基会攻击肝细胞，肝细胞的膜脂质发生过氧化反应生成脂质过氧化物（MDA），对肝脏造成损害。SOD 是免除自由基损伤的主要防御酶，与 GSH 皆为机体重要的抗氧化剂和自由基清除剂，能够阻碍脂质和其他生物分子的氧化，抑制细胞内的氧化应激。因此，血清中 SOD、GSH 的活性与含量能反映肝细胞抗氧化水平^[17-19]。

如图 2 所示，与空白组比较，模型组小鼠 TG、MDA 含量均显著升高 166.86%、233.40%，SOD、GSH 含量均显著降低了 31.27%、21.88%；说明模型组小鼠

脂质代谢紊乱，并出现氧化应激，酒精性肝损伤模型的建立是成功的。与模型组相比，刺梨酵素化果醋中、高剂量组的 TG 含量显著降低了 51.30%、58.68%；MDA 含量降低了 31.51%、51.93%；中剂量组 SOD、GSH 含量提高了 20.20%、27.77%，高剂量组 SOD、GSH 含量提高了 28.67%、48.23%；低剂量组各生化指标与模型组差异性不明显，呈现出一定的量效关系。综上，说明刺梨酵素化果醋可通过降低体内 TG、MDA 含量，增加体内 GSH、SOD 含量与活性来改善脂质代谢，缓解乙醇代谢引起的肝细胞氧化应激，从而对小鼠酒精性肝损伤起到保护与预防作用。

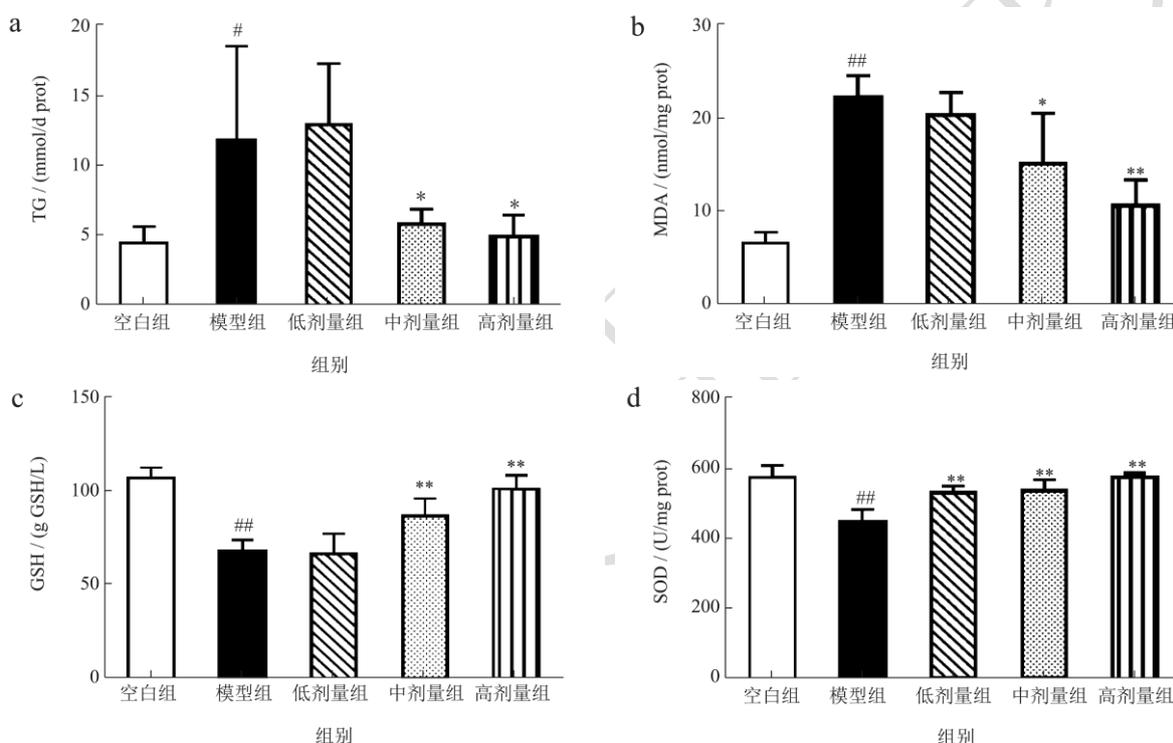


图 2 刺梨酵素化果醋对小鼠各项血清生化指标的影响

Fig.2 Effects of fermented vinegar of *Rosa roxburghii* on serum biochemical indexes of mice

注：#表示与空白组相比， $P < 0.05$ ；##表示与空白组相比， $P < 0.01$ ；*表示与模型组相比， $P < 0.05$ ；**表示与模型组相比， $P < 0.01$ 。

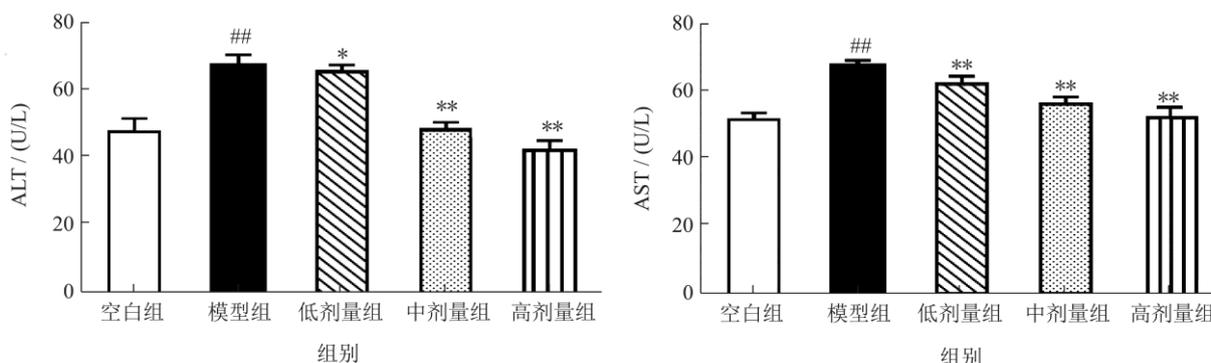


图 3 刺梨酵素化果醋对血清内 AST、ALT 含量的影响

Fig.3 Effects of fermented vinegar of *Rosa roxburghii* on serum AST and ALT contents

注：##表示与空白组相比， $P < 0.01$ ；*表示与模型组相比， $P < 0.05$ ；**表示与模型组相比， $P < 0.01$ 。

2.3 刺梨酵素化果醋对小鼠血清中 ALT 及 AST 含量的影响

当机体处于正常状态下,在肝细胞浆和线粒体中的两种重要的转氨酶,天门冬氨酸氨基转移酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)含量均维持在较低水平。而当肝细胞受损时,细胞膜通透性增加,大量 ALT、AST 释放进入血液中,在血清中的含量升高,是反映肝细胞损伤和坏死的敏感指标,其含量增高水平代表着肝细胞损伤和坏死的程度^[20-23]。如图 3 所示,与空白组比,模型组小鼠 ALT、AST 显著升高 41.37%、30.89%,证明造模成功。与模型组相比较,高剂量组小鼠 ALT、AST 显著降低 37.36%、22.66%;中剂量组小鼠 ALT、AST 显著降低 28.25%、16.65%;低剂量组小鼠 ALT、AST 显著降低 3.10%、7.79%。呈现显著的量效关系,说明高、中剂量组均能调节血清中 ALT、AST 含量。

2.4 从门、属水平分析刺梨酵素化果醋对小鼠肠道菌群的影响

肠道菌群正常情况下在肠道内按一定规律分布,与肠黏膜共同形成防御屏障。而有研究表明,长期过量饮酒会使肠道微生物群组成和分布发生紊乱,肠道内有益菌数量减少,有害菌繁殖增多,促使内毒素大量分泌,破坏肠黏膜渗透入血,诱发内毒素血症,最终导致肝脏损伤。可见,肠道菌群与酒精引发的肝损伤中有一定联系^[24,25]。

如图 4 所示,从门水平上可看出,各组的优势菌均以厚壁菌门(Firmicutes)、拟杆菌门(Bacteroidetes)、放线菌(Actinobacteria)为主,空白组的厚壁菌门、拟杆菌门、放线菌分别占 49.66%、42.16%、3.87%;模型组的厚壁菌门、拟杆菌门、放线菌分别占 40.15%、51.27%、43.86%;低剂量组的厚壁菌门、拟杆菌门、放线菌分别占 59.76%、29.05%、3.34%;中剂量组的厚壁菌门、拟杆菌门、放线菌分别占 53.79%、11.11%、3.16%;高剂量组的厚壁菌门、拟杆菌门、放线菌分别占 51.17%、34.14%、3.38%。与空白组相比较,模型组的拟杆菌门、放线菌门与变形菌(Proteobacteria)的相对丰度分别增加了 9.11%、39.99%、2.39%,变形菌、放线菌这些细菌数量的增加促进了更多致病菌的生长。放线菌细菌群的丰度与 TG 水平呈正相关,并通过增加胆固醇的吸收对胆固醇稳态产生负面影响。此外,与模型组相比较,低、中、高各剂量组的拟杆菌门、放线菌门与变形菌均显著降低,厚壁菌门的相

对丰度均分别增加了 19.60%、13.63%、11.02%。厚壁菌门是肠道内绝对优势菌种,属于肠道益生菌,能够促进宿主吸收或储存能量^[26],厚壁菌门中含有能够产生丁酸盐的细菌,有研究证实丁酸盐能降低血清和肝脏中的肠道内毒素水平,并使肝脏 TG 和胆固醇水平得以降低^[27]。

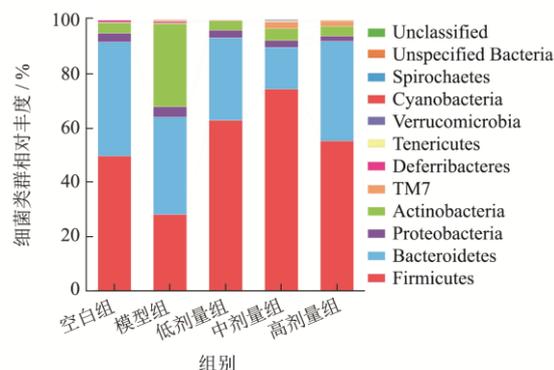


图 4 不同处理组间小鼠肠道菌群门水平上分布图

Fig.4 Bacterial taxonomic analysis at the level of intestinal

microflora

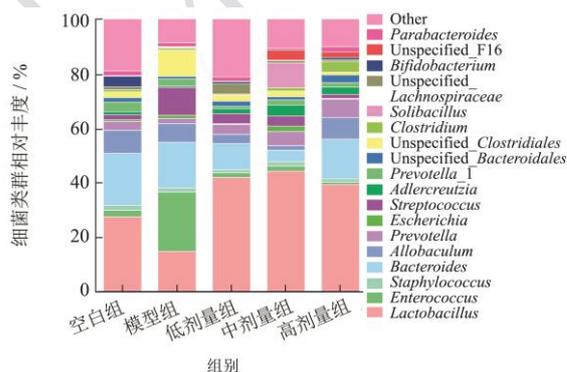


图 5 不同处理组间小鼠肠道菌群属水平上分布图

Fig.5 Classification of intestinal microbiota at the genus level

如图 5 所示,从属水平上可看出,空白组中的主要菌群为乳酸杆菌属(Lactobacillaceae, 19.82%)、拟杆菌属(Bacteroides, 13.77%)、其他细菌属(Other, 13.78%);模型组中的主要菌群为乳酸杆菌属(Lactobacillaceae, 15.73%)、拟杆菌(Bacteroides, 17.83%)、肠球菌属(Enterococcus, 23.16%);低剂量组中的主要菌群为乳酸杆菌属(Lactobacillaceae, 30.18%)、拟杆菌属(Bacteroides, 6.89%)、其他细菌属(Other, 15.27%);中剂量组中的主要菌群为乳酸杆菌属(Lactobacillaceae, 21.72%)、森林芽孢杆菌属(Solibacillus, 4.48%)、其他细菌属(Other, 5.33%);高剂量组中的主要菌群为乳酸杆菌属(Lactobacillaceae, 32.03%)、拟杆菌属(Bacteroides, 11.90%)、其他细菌属(Other, 8.36%);与空白组比较,模型组的乳酸杆菌属的相对丰度降低了 4.09%,而肠球菌作为致病菌的相对丰度明显增加了 21.43%。

与模型组相比较,低、中、高各剂量组的乳酸杆菌属的相对丰度分别增加了14.44%、5.99%、16.30%。乳酸杆菌是一种常见的有益菌,可以促进肠道上皮细胞的生长,并通过在肠粘膜上皮上与病原菌竞争营养,调节肠道微生态的组成,促进厌氧革兰阳性菌的生长,抑制革兰阴性菌的生长^[28],有研究证实由乳酸杆菌调节的肠道微生物群组成可能导致血清TG降低,抑制肝脏中脂肪的积累,并抑制脂肪生成基因的表达^[29]。

结果表明,经各剂量组刺梨酵素化果醋干预后,厚壁菌门、乳酸杆菌属的相对丰度均明显增加,肠球菌属,变形菌门及放线菌门,相对丰度明显有所下降。证明刺梨酵素化果醋能够改善酒精引起的肠道菌群紊乱,增加肠道益生菌的含量,减少有害菌的含量,进而改善肝损伤。

3 结论

本研究通过检测小鼠的肝脏指数、血清中各生化指标及肠道微生物群组成,分析刺梨酵素化果醋对急性酒精中毒肝损伤小鼠的影响。结果表明,刺梨酵素化果醋低剂量组TG、MDA、GSH差异不显著,中、高剂量组能显著降低肝脏指数(17.90%、19.23%),TG含量(51.30%、58.68%),MDA含量(31.51%、51.93%),改善酒后的脂质代谢紊乱,并且能够通过提高SOD(20.20%、28.67%)及GSH(27.77%、48.23%)的含量,清除因乙醇代谢而产生的大量自由基与活性氧,提高抗氧化水平,缓解肝脏的氧化应激状况。同时能显著降低ALT(28.25%、37.76%)、AST(16.65%、22.66%)的含量,预防肝脏损伤,从而发挥解酒保肝的保健作用,并呈现一定的量效关系。肠道菌群实验结果表明,经刺梨酵素化果醋低、中、高剂量组干预后,厚壁菌门的相对丰度均分别增加了19.60%、13.63%、11.02%,乳酸杆菌属的相对丰度分别增加了14.44%、5.99%、16.30%,肠球菌属相对丰度下降了21.92%、22.30%、22.44%。证明刺梨酵素化果醋能有效改善模型组的肠道菌群紊乱,调节急性肝损伤小鼠肠道群落的丰度与种类,增加肠道益生菌含量。综上所述,在饮酒前,提前饮用刺梨酵素化果醋能促进体内酒精代谢,预防急性酒精导致的肝损伤。

参考文献

[1] 王同阳.果醋的功能性[J].中国调味品,2006,31(6):10-12.
[2] 刘加友,王振斌.微生物酵素食品研究进展[J].食品与发酵工业,2016,42(1):273-276.
[3] 刘敏楠,丛懿洁.复合果醋的研究进展[J].食品工程,2021,2:5-7.

[4] XIANG Jinle, ZHU Wenxue, LI Zhixi, et al. Effect of juice and fermented vinegar from *Hoveia dulcis* peduncles on chronically alcohol-induced liver damage in mice [J]. Food & Function, 2012, 3(6): 628-634.
[5] Xu J W, Vidyarthi S K, Bai W B, et al. Nutritional constituents, health benefits and processing of *Rosa roxburghii*: A review [J]. Journal of Functional Foods, 2019, 60(2): 103456.
[6] 付阳洋,刘佳敏,卢小鸾,等.刺梨主要活性成分及药理作用研究进展[J].食品工业科技,2020,41(13):328-335,342.
[7] 李齐激,南莹,秦晶晶,等.药食两用植物刺梨的化学成分研究[J].中国中药杂志,2016,41(3):451-455.
[8] 范春雪,邓玉林,张亚玺,等.刺梨药理活性研究进展[J].生命科学仪器,2021,19(2):14-21.
[9] 陈萍.刺梨降血脂口服液研发及功能性评价[D].贵阳:贵州大学,2020.
[10] 陈小敏,谭书明,黄颖,等.刺梨汁对I型糖尿病小鼠的降糖作用[J].现代食品科技,2019,35(8):13-20.
[11] Rensburg C J V, Erasmus E, Loots D T, et al. *Rosa roxburghii* supplementation in a controlled feeding study increases plasma antioxidant capacity and glutathione redox state [J]. European Journal of Nutrition, 2005, 44(7): 452-457.
[12] 黄颖,任廷远,万红琼,等.食用植物酵素中有机酸功能活性研究进展[J].食品与机械,2021,37(12):209-214.
[13] 黄颖,谭书明,陈小敏,等.刺梨口服液对急性醉酒小鼠的解酒护肝作用[J].现代食品科技,2019,35(7):18-23.
[14] Pérez-Burillo S, Rufián-Henares J A, Pastoriaz S. Towards an improved global antioxidant response method (GAR⁺): Physiological-resembling *in vitro* digestion-fermentation method [J]. Food Chemistry, 2018, 239: 1253-1262.
[15] 陈芮莹,林以宁.肝脏脂质代谢在非酒精性脂肪性肝病发生发展中的生物学机制[J].江西医药,2021,56(3):399-401.
[16] 宋广杰,田翠时,杜建华,等.长期饮用酒精致肝细胞损伤及其机理的研究[J].中国综合临床,2001,17(9):685-686.
[17] 段佳辉.忧遁草叶提取物解酒、保肝及抗氧化功能的研究[D].无锡:江南大学,2019.
[18] Zhang Z, Zhou H, Bai L, et al. Protective effects of probiotics on acute alcohol-induced liver injury in mice through alcohol metabolizing enzymes activation and hepatic TNF- α response reduction [J]. Journal of Functional Foods, 2019, 59: 234-241.
[19] 夏婷,张瑾,姚佳慧,等.氧化应激在酒精性肝病中作用机制的研究进展[J].中国药理学通报,2017,33(10):1353-1356.
[20] Zhou T, Zhang Y J, Xu D P, et al. Protective effects of lemon juice on alcohol-induced liver injury in mice [J]. BioMed

- Research International, 2017, 4: 7463571.
- [21] 肖卫纯,安威.线粒体损伤在非酒精性脂肪性肝病发生发展中的作用[J].临床肝胆病杂志,2021,37(7):1515-1521.
- [22] 都梦帆,胥冰,向汝,等.苦参碱注射液对小鼠急性酒精性肝损伤的保护作用[J].中国现代医学杂志,2021,31(24):13-18.
- [23] 朱振元,薛婧,刘晓翠,等.葛根素及葛根异黄酮对小鼠急性醉酒预防和解酒效果的研究[J].食品科学,2014,35(15):247-250.
- [24] 韩杨,马春骥,金华,等.酒精性肝病与肠道菌群关系的研究进展[J].中国微生态学杂志,2020,32(2):233-238.
- [25] 范颖,赵鑫,李娜,等.大蒜多糖对急性酒精性肝损伤小鼠肠道菌群失调的影响[J].食品研究与开发,2018,39(22):141-146.
- [26] 彭喜春,黄嘉成.肠道梭菌在机体能量过度摄入中的作用[J].现代食品科技,2014,30(3):262-265,162.
- [27] Zhou D, Pan Q, Xin FZ, et al. Sodium butyrate attenuates high-fat diet-induced steatohepatitis in mice by improving gut microbiota and gastrointestinal barrier [J]. World J Gastroenterol, 2017, 23(1): 60-75.
- [28] 武岩峰.鼠李糖乳杆菌通过调整肠道正常菌群缓解慢性酒精性肝损伤的研究[D].长春:吉林农业大学,2016.
- [29] Song W, Song C, Li L, et al. *Lactobacillus* alleviated obesity induced by high-fat diet in mice [J]. Food Sci, 2021, 86(12): 5439-5451.