

邝甜甜, 孙筱梦, 史心茹, 等. 桑叶多糖对黄曲霉毒素 B1 诱导肝损伤的保护作用 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (1): 119-125.

KUANG T T, SUN X M, SHI X R, et al. Protective effect of mulberry leaf polysaccharides on AFB1-induced liver injury [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (1): 119-125.

桑叶多糖对黄曲霉毒素 B1 诱导肝损伤的保护作用

邝甜甜[#], 孙筱梦[#], 史心茹, 张苑, 谢宗固^{*}, 司红彬^{*}

(广西大学动物科学技术学院/广西壮族自治区牧草工作站, 广西南宁 530000)

摘要: 旨在探究桑叶多糖 (MLP) 对黄曲霉毒素 B1 (AFB1) 诱导小鼠肝损伤的保护作用及其潜在机制。将 50 只昆明小鼠随机分为空白组、模型组、阳性对照组、MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组, 每组 10 只。模型组小鼠灌胃给予生理盐水 (每 10 g 体重 0.1 mL), 阳性对照组灌胃给予水飞蓟素 (每千克体重 100 mg), MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组灌胃给予桑叶多糖 (每千克体重 200、400 mg), 2 h 后, 模型组、阳性对照组、MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组采用灌胃方式给予 AFB1 (每千克体重 0.75 mg), 空白组再次灌胃生理盐水 (每 10 g 体重 0.1 mL)。连续灌胃 14 d, 麻醉后经眼眶采血, 处死小鼠。检测小鼠血清丙氨酸氨基转移酶 (ALT)、天冬氨酸氨基转移酶 (AST)、碱性磷酸酶 (ALP) 的活性; 检测血清中超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽 S 转移酶 (GST)、小鼠细胞色素 P4502E1 (CYP2E1) 的活性以及还原型谷胱甘肽 (GSH) 的含量, 评价氧化应激水平; 制作肝组织切片, 采用苏木精-伊红法 (HE) 观察肝脏的组织变化; 荧光定量 PCR 法检测肝匀浆 Keap1、Nrf2、SOD1 mRNA 的表达水平。结果: 与空白组相比, 模型组 ALT、AST、ALP 的活性显著增高 ($P < 0.05$), 肝细胞排列杂乱无序, 细胞核严重破碎, 发生严重的空泡变性, GST、SOD 活性显著降低 ($P < 0.05$), GSH 含量显著降低 ($P < 0.05$), 血清中 CYP2E1 活性显著升高 ($P < 0.05$), Keap1、Nrf2、SOD1 的基因表达显著降低 ($P < 0.05$); 与模型组相比, MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组能降低血清中 ALT、AST、ALP、CYP2E1 活性 ($P < 0.05$), 提高 GST、SOD 活性以及 GSH 含量 ($P < 0.05$), 改善肝脏病变, 并能上调 Nrf2、SOD1 的基因表达量。研究表明, MLP 对 AFB1 诱导的肝损伤能够起到预保护作用, 其作用机制可能与提高肝脏的抗氧化能力和调控 Keap1/Nrf2 信号通路有关。

关键词: 桑叶多糖; 黄曲霉毒素 B1; 抗氧化; 保肝

中图分类号: S854

文献标志码: A

文章编号: 0529-5130(2025)01-0119-07

Protective effect of mulberry leaf polysaccharides on AFB1-induced liver injury

KUANG Tiantian[#], SUN Xiaomeng[#], SHI Xinru, ZHANG Yuan, XIE Zonggu^{*}, SI Hongbin^{*}

(College of Animal Science and Technology, Guangxi University/Forage Workstation of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530000, China)

Abstract: The aim of this study was to explore the protective effect and potential mechanism of mulberry leaf polysaccharides (MLP) on aflatoxin B1 (AFB1) induced liver injury in mice. 50 Kunming mice were obtained and randomly divided into a blank group, a model group, a positive control group, a low-dose MLP group, and a high-dose MLP group, with 10 mice in each group. The model group was given physiological saline (0.1 mL per 10 g of body weight) by gavage, the positive control group was given silymarin (100 mg/kg) by gavage, and the low-dose and high-dose MLP groups were given mulberry leaf polysaccharides (200, and 400 mg/kg, respectively) by gavage. Two hours later, the model group, the positive control group, the low-dose MLP group, and the high-dose MLP group were given AFB1 (0.75 mg/kg) by gavage. The blank group was given two doses of physiological saline by gavage (0.1 mL per 10 g of body weight). After continuous gastric lavage for 14 days, blood samples were collected from the eye socket of the mice after anesthesia, and the mice were euthanized. Then, the activities of serum alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and alkaline phosphatase (ALP) in the mice were detected. The activities of superoxide dismutase (SOD), glutathione S-transferase (GST), mouse cytochrome CYP4502E1 (CYP2E1), and the content of reduced glutathione (GSH) in their serum were also detected in order to evaluate the oxidative stress levels

收稿日期: 2024-01-28; 修回日期: 2024-11-05

基金项目: 中央引导地方专项 [桂科计字 (2023) 55 号]; 国家自然科学基金联合基金项目 (U22A20523); 广西大学自科创新倍增计划项目 (2024BZPT020); 南宁市重点研发计划项目 (20232051); 广西大学“大学生创新创业训练计划”项目 (S202210593208)

第一作者: 邝甜甜, 女, 硕士研究生; 孙筱梦, 女, 本科生。[#]共同第一作者

^{*}通信作者: 司红彬, 博士, 教授, 研究方向: 中兽医学与中西兽医结合, E-mail: 342162690@qq.com; 谢宗固, 兽医师, 研究方向: 中兽医学与中西兽医结合, E-mail: 981675980@qq.com。

in the rodents. Next, the liver tissue slices were made and the tissue changes in the liver of the animals were observed using the hematoxylin eosin (HE) method. Finally, the QPCR method was used to detect the expression levels of Keap1, Nrf2, and SOD1 mRNA in their liver homogenate. The results showed that, compared with the blank group, the activities of ALT, AST, and ALP in the model group were significantly increased ($P < 0.05$). The liver cells were arranged in a disordered manner, the nucleus was severely fragmented, and severe vacuolar degeneration occurred. The activities of GST and SOD were significantly reduced ($P < 0.05$), the content of GSH was significantly reduced, too ($P < 0.05$); but the activity of CYP2E1 in the serum was significantly increased ($P < 0.05$); and the gene expression of Keap1, Nrf2, and SOD1 was significantly reduced ($P < 0.05$). Compared with the model group, the low-dose and high-dose MLP groups showed lower activities of ALT, AST, ALP, and CYP2E1 in the serum ($P < 0.05$), higher activities of GST, SOD, and higher GSH content ($P < 0.05$); and liver lesions in the mice were improved. It was understood that MLP upregulated the gene expression levels of Nrf2 and SOD1. This study indicated that mulberry leaf polysaccharides provided a pre-protective effect on AFB1 induced liver injury, and its mechanism of action might be that of improving liver antioxidant capacity and regulating the Keap1/Nrf2 signaling pathway.

Keywords: mulberry leaf polysaccharides; AFB1; antioxidant; hepato-protection

桑叶属桑科植物, 主要分布于亚洲、欧洲和北美洲等地区, 我国是世界上最大的桑树种植国, 现今已有 4 000 多年的桑种植史。桑叶是植物桑的干燥叶, 又称铁扇子、蚕叶。现代研究表明, 桑叶中含有黄酮、生物碱、多糖、多酚、有机酸等多种天然活性成分^[1], 在抗炎^[2]、治疗肥胖^[3]、降血糖^[4]、改善动脉硬化^[5]等方面发挥重要作用, 已被广泛应用于食品添加剂和生物医学行业^[6]。2002 年被国家卫生健康委员会列为药食同源食品。

黄曲霉毒素 B1 (AFB1) 是一种真菌毒素, 具有很强的毒性和致癌性, 对人类和动物健康存在不利影响^[7]。AFB1 曾被国际癌症研究机构 (IARC) 列为人类 I 类致癌物^[8]。AFB1 会导致氧化应激、免疫力低下、炎症、脂质代谢紊乱等不良反应^[9-11]。因此, 迫切需要找到一些可以预防或治疗 AFB1 中毒的物质。

桑叶中的多糖成分具有抗炎、抗氧化、免疫等作用^[12-14]。冯郁江等^[15]研究发现, 桑叶提取物能够有效缓解对乙酰氨基酚 (APAP) 造成的肝损伤, 可作为预防或治疗 AFB1 诱导的肝损伤的潜在药物。因此, 本研究通过 AFB1 诱导的小鼠肝损伤模型试验, 探究桑叶多糖 (MLP) 对 AFB1 造成小鼠肝损伤的保护作用, 为 MLP 后续应用研究提供一定的理论基础和技术指导。

1 材料与方法

1.1 主要试验材料

桑叶采摘自南宁市当地桑叶园; 水飞蓟素 (98%), 购自山西乾仁生物科技有限公司; AFB1, 购自成都零六生物科技有限公司; 谷丙转氨酶 (ALT) 试剂盒、谷草转氨酶 (AST) 试剂盒, 购自南京建成生物工程研究所; 小鼠还原型谷胱甘肽 (GSH) ELISA 科研试剂盒、小鼠谷胱甘肽 S 转移酶 (GST) ELISA 科研试剂盒、小鼠超氧化物歧化酶

(SOD) ELISA 试剂盒、小鼠细胞色素 P4502E1 (CYP2E1) ELISA 科研试剂盒、碱性磷酸酶 (AKP/ALP) 试剂盒, 购自南京博研生物科技有限公司; TRNGene Reagent、StarScript II RT Mix with gDNA Remover、2 × RealStar Fast SYBR qPCR Mix, 购自 GenStar 公司。

50 只雄性 4 周龄昆明小鼠体重 (20 ± 2) g, 购自长沙市天勤生物技术有限公司 (SCXK (湘) 2019-0014), 试验期间饲喂小鼠全价饲料, 饲养温度保持在 (23 ± 1) °C, 自由饮水。

1.2 MLP 的提取

将新鲜桑叶进行烘干、无水乙醇浸泡预处理, 再次烘干后, 加入 30 倍体积的去离子水, 沸水提取 3 h, 重复 2 次; 将提取液浓缩到一定体积, 使用 Sevage 试剂进行除蛋白处理, 然后加入 4 倍体积的无水乙醇进行醇沉, 次日收集醇沉得到沉淀物, 进行冻干即可得到桑叶粗多糖。称 5 g 桑叶粗多糖, 配成 5 mg/mL 多糖溶液, 使用 AB-8 大孔树脂进行吸附脱色处理后, 将得到的液体再次进行醇沉, 取沉淀物进行冻干, 得到 MLP (采用苯酚-硫酸比色法, 含量 68%)。

1.3 试验动物的分组与造模给药

选取雄性昆明小鼠 50 只, 随机分为空白组、模型组、阳性对照组、MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组, 每组 10 只。模型组灌胃给予生理盐水 (每 10 g 体重 0.1 mL), 阳性对照组灌胃给予水飞蓟素 (每千克体重 100 mg), MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组灌胃给予 MLP (每千克体重 200、400 mg), 2 h 后, 模型组、阳性对照组、MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组采用灌胃方式给予 AFB1 (每千克体重 0.75 mg), 空白组再次灌胃生理盐水 (每 10 g 体重 0.1 mL)。试验周期为 14 d, 每天观察小鼠精神状态。次日空腹称重后, 采集血液和肝脏组织。小鼠部分肝脏置于 -80 °C 冻存, 部分用 10% 的中性福尔马林溶液中固

定制成切片。

1.4 血清生化指标检测

根据试剂盒说明书检测血清中 ALT、AST、ALP 活性；血清中 GST、SOD、CYP2E1 活性以及 GSH 含量。

1.5 肝脏病理组织切片观察

剪取 5 mm×5 mm×5 mm 大小的小鼠左叶组织，用中性福尔马林溶液固定，经过脱水浸蜡、包埋、切片、烤片等步骤，采用苏木素-伊红法（HE）染色，制成肝脏病理组织切片。

1.6 Nrf2 通路相关基因的检测

参照 TRNGene Reagent 试剂盒说明书进行肝组织总 RNA 的提取，并测定提取的总 RNA 浓度。按 Star-Script II RT Mix with gDNA Remover 试剂盒说明书进

行反转录，合成好的 cDNA 置于 -20 ℃ 保存备用。

1.7 荧光定量 PCR

在 GenBank 检索获得目的基因序列，通过 BLAST 进行对比分析，选择特异性高的引物，由北京擎科生物科技有限公司合成。引物序列如表 1 所示。严格按照试剂盒说明书进行荧光定量 PCR 反应。反应体系为：cDNA 模板 1 μL、正向引物 0.5 μL、反向引物 0.5 μL、2× RealStar Fast SYBR qPCR Mix 10 μL、Sterile Water 8 μL。反应程序：95 ℃ 预变性 2 min；95 ℃ 变性 15 s，60 ℃ 退火/延伸 30 s，共进行 40 个循环。反应结束通过溶解曲线来排除非特异性扩增，以 β-actin 为内参，通过 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 计算公式计算各个目的基因的相对表达量。

表 1 引物信息

目的基因	ID 号	引物序列 (5'→3')	产物长度/bp
Keap1	NM_001110305.1	AGCGTGGAGAGATATGAGCC GCATACAGCAAGCGGTTGAG	107
Nrf2	NM_010902.5	TAGATGACCATGAGTCGCTTGC GCCAAACTTGCTCCATGTCC	153
SOD1	NM_011434.1	GGAACCATCCACTTCGAGCA CTGCACTGGTACAGCCTTGT	136
β-actin	NM_007393.5	AACAGTCCGCCTAGAAGCAC CGTTGACATCCGTAAGACC	281

1.8 数据分析与统计

用 IBM SPSS Statistics 20 对数据进行单因素方差分析，试验结果以“平均值±标准差”表示，并使用 Graphpad Prism 8.0.2 软件制图。

2 结果与分析

2.1 血清中 ALT、AST、ALP 活性检测

由图 1 可知，与空白组相比，模型组中 ALT、AST、ALP 活性显著升高 ($P < 0.05$)，表明肝细胞已损伤，造模成功；与模型组相比，MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组的 ALT、AST、ALP 活性显著降低 ($P < 0.05$)，说明 MLP 对 AFB1 诱导的肝损伤具有一定的保护作用。

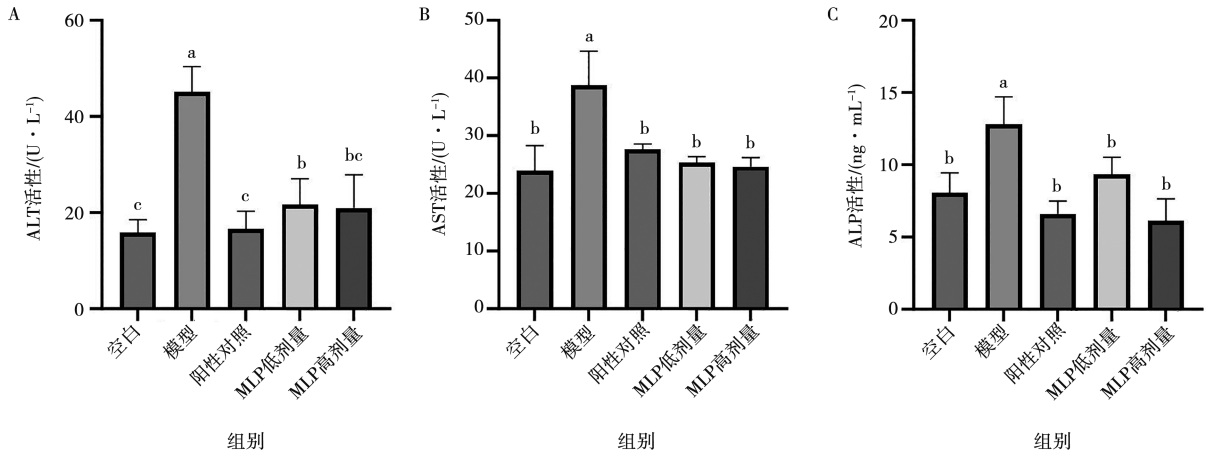
2.2 血清中 GST、SOD 活性和 GSH 含量的测定

由图 2 可知，与空白组相比，模型组 GST、SOD 活性以及 GSH 含量显著降低 ($P < 0.05$)，提示机体

氧化应激水平升高；与模型组相比，MLP 低剂量组、MLP 高剂量组 GST 活性、GSH 含量、SOD 活性显著升高 ($P < 0.05$)，MLP 高剂量组 GSH 含量、SOD 活性升高效果优于 MLP 低剂量组。说明 MLP 可以提升机体抗氧化水平，达到保肝作用。

2.3 肝脏组织病理切片观察

小鼠肝组织 HE 染色结果见图 3，空白组肝细胞索排列完整，肝细胞形态正常；与空白组相比，模型组肝细胞排列紊乱，水肿情况严重，胞浆稀疏甚至透明，同时出现空泡变性，细胞浆内出现大小不一的空泡，严重情况下合成一个大空泡，细胞核被挤向一侧（黑色箭头），肝血窦模糊不可见，部分水肿细胞的细胞核碎裂，甚至溶解消失（蓝色箭头）；与模型组相比，阳性对照组、MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组肝细胞排列仍然紊乱，肝血窦较为模糊，但肝细胞水肿情况和空泡变性症状减轻。



注：不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，字母相同表示差异不显著 ($P > 0.05$)。下同。

图1 MLP对小鼠血清中ALT (A)、AST (B) 和ALP (C) 活性的影响

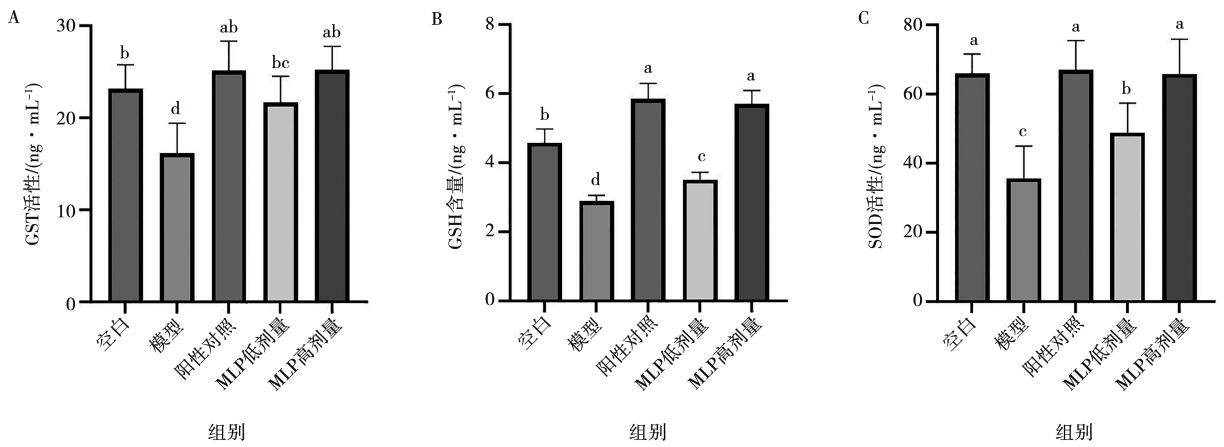
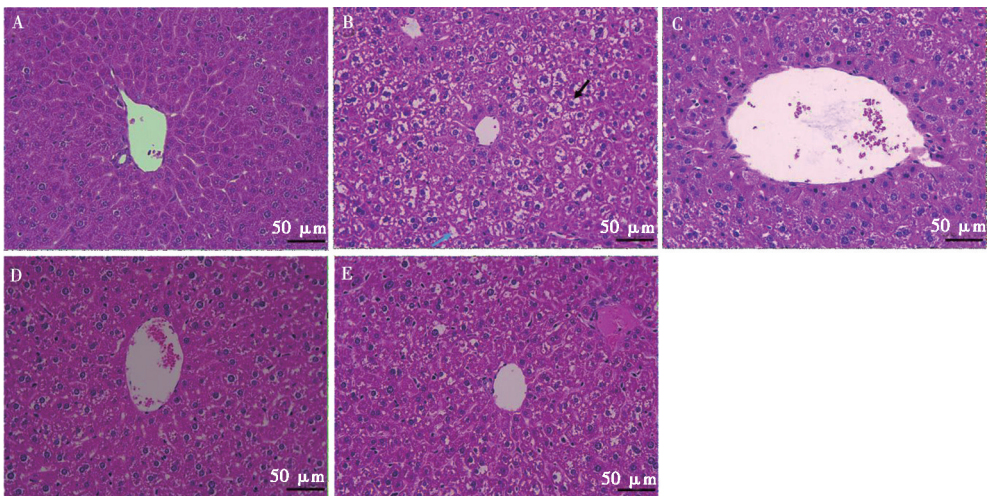


图2 MLP对小鼠血清中GST活性 (A)、GSH含量 (B) 和SOD活性 (C) 的影响



A. 空白组; B. 模型组; C. 阳性对照组; D. MLP低剂量组; E. MLP高剂量组。

图3 肝组织病理切片

2.4 血清中 CYP2E1 活性的测定

由图4可知,与空白组相比,模型组 CYP2E1 活性显著升高 ($P < 0.05$);与模型组相比,MLP 低剂量组和 MLP 高剂量组 CYP2E1 活性显著降低 ($P < 0.05$),MLP 高剂量组降低效果优于 MLP 低剂量组。

2.5 肝组织中 Nrf2 通路相关基因的测定

由图5可知,与空白组相比,模型组中 Keap1 的基因表达水平显著降低 ($P < 0.05$);MLP 各剂量组与模型组相比,Keap1 的基因水平表达略有提升,但差异不显著。与空白组相比,模型组中 Nrf2 的基因表达水平显著降低 ($P < 0.05$);MLP 各剂量组与模型组相比,Nrf2 的基因表达水平显著升高 ($P < 0.05$),MLP 高剂量组升高效果优于 MLP 低剂量组。此外,与空白组相比,模型组 SOD1 的基因表达水平显著降低 ($P < 0.05$);与模型组相比,MLP 高剂量

组 SOD1 的基因表达水平显著升高 ($P < 0.05$)。

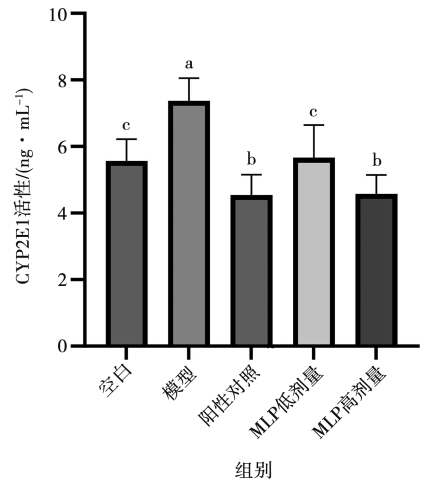


图4 MLP对小鼠血清中 CYP2E1 活性的影响

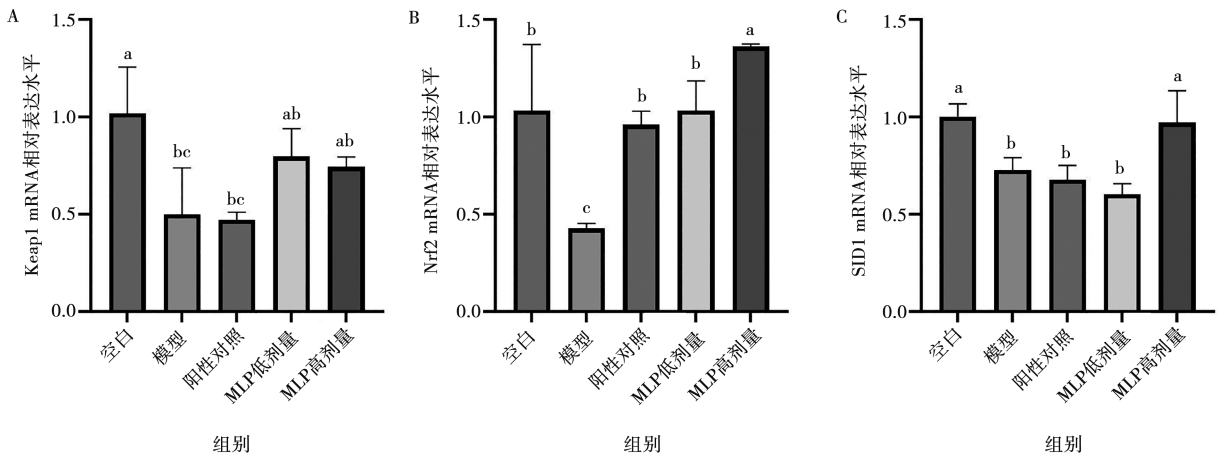


图5 肝组织中 Keap1 (A)、Nrf2 (B) 和 SOD1 (C) 的 mRNA 表达水平

3 讨论

ALT 和 AST 是存在于肝细胞中的酶,能够催化氨基酸和酮酸之间转化。肝细胞受到损伤时,肝细胞中 ALT 和 AST 能够快速释放到血液中,ALT、AST 活性升高说明肝脏损伤,因此血清 ALT 和 AST 可作为评估肝功能的重要生化标志^[16-17]。ALP 升高常见于肝内外胆管阻塞性疾病,发生胆汁淤积性肝损伤时明显升高,因此 ALP 升高也可以作为评价肝脏损伤的标志^[18-19]。在本研究中,模型组 ALT、AST 和 ALP 活性显著增加,同时肝细胞发生严重的空泡变性、细胞核破碎;与模型组相比,MLP 各剂量组和阳性对照组 ALT、AST 和 ALP 活性显著降低,肝组织病理病变得缓解,说明 MLP 对 AFB1 诱导肝损伤具有一定保护作用。

正常情况下机体氧化与抗氧化系统处于平衡状

态,而 AFB1 代谢过程中产生的副作用之一是氧化应激,这也是 AFB1 诱导肝损伤的主要病理机制。GST 是机体生物转化的重要代谢酶之一,也是细胞抗损伤的主要解毒系统^[20]。GSH 是抗脂质过氧化物,主要存在于肝细胞中,不仅能够调节细胞内氧化还原反应,而且有解毒功能^[21]。SOD 可催化超氧化物自由基生成,并有效清除自由基,因此检测 SOD 的活性可以反映清除自由基的能力及抗氧化能力^[22-23]。GST 代谢产物可与 GSH 结合发挥解毒作用^[20],抗氧化防御系统 GSH 和 SOD 可以保护肝细胞免受氧化的侵害,它们可以清除脂质过氧化物和氧自由基,保护肝细胞免受损伤^[24-25]。CYP2E1 是 CYP450 家族的一员,主要存在于肝细胞中,在 ROS 产生中起关键作用,参与生物体内负责内源性化合物和外源性化合物的代谢,与肝损伤疾病发展进程密切相关^[26-27]。本研究中,AFB1 降低了 GST、SOD 活性以及 GSH 含

量, 增强了 CYP2E1 活性; 与模型组相比, MLP 增加了 GST、SOD 活性以及 GSH 含量, 降低了 CYP2E1 活性。表明 MLP 通过改善肝脏氧化应激和提高抗氧化酶活性, 对 AFB1 诱导的氧化损伤发挥抗氧化作用。

为进一步探究 MLP 对 AFB1 诱导的肝损伤中潜在氧化防御机制, 研究了 Keap1、Nrf2 和 SOD1 在肝组织中 mRNA 的表达。Nrf2 是氧化应激主要调控因子, 维持细胞、蛋白质、代谢稳态起到抗氧化作用, 同时在细胞解毒途径中发挥重要作用, 一般情况下, Nrf2 与 Keap1 结合存在于胞浆中, 氧化平衡状态处于失衡时, Nrf2 与 Keap1 发生解离, 随后 Nrf2 转入细胞核与抗氧化反应元件位点结合, 促进下游抗氧化基因如 SOD1、HO-1 的转录来维持机体内氧化平衡^[28-30]。本研究中, AFB1 诱导了 Keap1、Nrf2 和 SOD1 基因的低表达。与模型组相比, MLP 增加了 Nrf2 和 SOD1 的表达。表明 MLP 对 AFB1 诱导的肝损伤的保护机制可能与激活 Keap1/Nrf2 信号通路有关。

综上, 本研究表明 MLP 对 AFB1 诱导的小鼠肝损伤具有一定的保护作用。这种潜在的保护机制可能与减少肝脏氧化应激、调节 Keap1/Nrf2 信号通路、增强氧化防御能力有关。这些发现意味着 MLP 具有被开发用于预防和治疗 AFB1 肝损伤药物的潜力。

参考文献:

- [1] GRYN-RYNKO A, BAZYLAK G, OLSZEWSKA-SLONINA D. New potential phytotherapeutics obtained from white mulberry (*Morus alba* L.) leaves [J]. Biomed Pharmacother, 2016, 84: 628-636.
- [2] YANG T Y, YU M H, WU Y L, et al. Mulberry leaf (*Morus alba* L.) extracts and its chlorogenic acid isomer component improve glucolipotoxicity-induced hepatic lipid accumulation via downregulating miR-34a and decreased inflammation [J]. Nutrients, 2022, 14 (22): 4808.
- [3] LI R, XUE Z, LI S, et al. Mulberry leaf polysaccharides ameliorate obesity through activation of brown adipose tissue and modulation of the gut microbiota in high-fat diet fed mice [J]. Food Funct, 2022, 13 (2): 561-573.
- [4] WANG R, LI Y, MU W, et al. Mulberry leaf extract reduces the glycemic indexes of four common dietary carbohydrates [J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97 (34): e11996.
- [5] WANG Y, YU Z, JIANG J, et al. Mulberry leaf attenuates atherosclerotic lesions in patients with coronary heart disease possibly via 1-Deoxyojirimycin: A placebo-controlled, double-blind clinical trial [J]. J Food Biochem. 2021, 45 (1): e13573.
- [6] HUANG Z, LV Z, DAI H, et al. Dietary mulberry-leaf flavonoids supplementation improves liver lipid metabolism and ovarian function of aged breeder hens [J]. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl), 2022, 106 (6): 1321-1332.
- [7] LIU S, KANG W, MAO X, et al. Melatonin mitigates aflatoxin B1-induced liver injury via modulation of gut microbiota/intestinal FXR/liver TLR4 signaling axis in mice [J]. J Pineal Res, 2022, 73 (2): e12812.
- [8] CLAEYS L, ROMANO C, DE RUYCK K, et al. Mycotoxin exposure and human cancer risk: a systematic review of epidemiological studies [J]. Compr Rev Food Sci Food Saf, 2020, 19 (4): 1449-1464.
- [9] XU Q, SHI W, LV P, et al. Critical role of caveolin-1 in aflatoxin B1-induced hepatotoxicity via the regulation of oxidation and autophagy [J]. Cell Death Dis, 2020, 11 (1): 6
- [10] LIU X, KUMAR MISHRA S, WANG T, et al. AFB1 induced transcriptional regulation related to apoptosis and lipid metabolism in liver of chicken [J]. Toxins (Basel), 2020, 12 (5): 290.
- [11] LI X, LV Z, CHEN J, et al. Bacillus amyloliquefaciens B10 can alleviate liver apoptosis and oxidative stress induced by aflatoxin B1 [J]. Food Chem Toxicol, 2021, 151: 112124.
- [12] 鲁萍, 王萌, 桑锐, 等. 蒲公英甾醇对 AFB1 所致鸡原代肝细胞氧化损伤的保护作用 [J]. 中国畜牧兽医, 2023, 50 (9): 3541-3549.
- [13] 刘冉, 刘杨阳, 孙晓梅, 等. 桑叶多糖含药血清对体外高糖培养 INS-1 细胞氧化应激损伤的保护作用研究 [J]. 蚕业科学, 2023, 49 (4): 349-358.
- [14] 陈晓兰, 宣嘉颖, 王婧, 等. 桑叶多糖对免疫抑制小鼠肠道损伤和微生物多样性的调节作用 [J]. 动物营养学报, 2022, 34 (3): 1996-2008.
- [15] 冯郁江, 曾义期, 陈坚, 等. 桑叶提取物对 APAP 诱导小鼠急性肝损伤的保护作用 [J]. 华夏医学, 2023, 36 (2): 38-42.
- [16] 刘文俊, 张敏, 陆小旭, 等. 肝功能指标与丙型肝炎的相关性研究进展 [J]. 中国临床新医学, 2018, 11 (9): 957-959.
- [17] CAO Y W, JIANG Y, ZHANG D Y, et al. Protective effects of *Penthorum chinense* Pursh against chronic ethanol-induced liver injury in mice [J]. J Ethnopharmacol, 2015, 161: 92-98.
- [18] 朱家莲, 龚奕, 彭文兴. 异烟肼/利福平致肝损伤的生物标志物研究进展 [J]. 中国医院药学杂志, 2018, 38 (22): 2380-2383.
- [19] 谭张奎, 陈利锋, 卢绮萍. 消黄去疸汤对 ANIT 诱导的胆汁淤积性肝损伤大鼠的保护作用 [J]. 中西医结合肝病杂志, 2023, 33 (10): 899-903.
- [20] 徐飞博. 番茄红素干预小鼠肝脏 AFB1 代谢和线粒体损伤的作用及机制 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [21] 苗彦妮, 钟赣生. 葛花对大鼠酒精性肝损伤的预防作用研究 [J]. 科技导报, 2008 (15): 60-65.
- [22] 柳海艳, 钟赣生, 李怡文, 等. 醇提和水提葛花枳椇子及其配伍对酒精性肝损伤大鼠肝脏抗氧化功能的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2012, 27 (4): 1181-1184.
- [23] 陈丰, 刘殿娜, 陈绍红, 等. 枳椇解酒保肝方对酒精性肝损伤大鼠 SOD、MDA、GSH 的影响 [J]. 北京中医药大学学报, 2018, 41 (4): 306-309.
- [24] BAO W, LI K, RONG S, et al. Curcumin alleviates ethanol-induced hepatocytes oxidative damage involving heme oxygenase-1 induction [J]. J Ethnopharmacol, 2010, 128 (2): 549-553.
- [25] GLADE M J, MEGUID M M. A Glance At ... ethanol consumption, GSH suppression, and oxidative liver damage [J]. Nutrition, 2017, 33: 199-203.

[26] CUI W, CAO Q, LIU L, et al. Artemisia Argyi essential oil ameliorates acetaminophen-induced hepatotoxicity via CYP2E1 and γ -glutamyl cycle reprogramming [J]. *Phytomedicine*, 2024, 135156106-156106.

[27] XU L, YU Y, SANG R, et al. Protective effects of taraxasterol against ethanol-induced liver injury by regulating CYP2E1/Nrf2/HO-1 and NF- κ B signaling pathways in mice [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2018, 2018; 8284107.

[28] 龚倩梅, 刘永仕, 袁何玲, 等. 大蒜辣素缓解 CCl₄ 致小鼠急性肝损伤的作用研究 [J]. *南京农业大学学报*, 2023, 46(3): 530-537.

[29] SHANG J G, LIU Y S, ZHU R, et al. Chlorogenic acid improves common carp (*Cyprinus carpio*) liver and intestinal health through Keap-1/Nrf2 and NF- κ B signaling pathways; growth performance, immune response and antioxidant capacity [J]. *Fish and Shellfish Immunology*, 2024, 146; 109378.

[30] CAI C, MA H, PENG J, et al. USP25 regulates KEAP1-NRF2 anti-oxidation axis and its inactivation protects acetaminophen-induced liver injury in male mice [J]. *Nat Commun*, 2023, 14(1): 3648.

· 信息 ·

21 种畜牧、兽医科学类中国科技核心期刊中《畜牧与兽医》 综合评价总分排名第九位

《2024 年版中国科技期刊引证报告（核心版）自然科学卷》以《中国科技论文与引文数据库》（CSTPCD）为基础，采用科学客观的研究方法与评价方式，遴选中国自然科学领域各学科分类重要期刊作为统计来源期刊。2024 年版引证报告共收录了在中国（不含港澳台地区）正式出版的 1 998 种中文期刊和 167 种英文期刊，其中畜牧、兽医科学类期刊共收录 21 种，包括 19 本中文期刊和 2 本英文期刊，《畜牧与兽医》综合评价总分排名第 9。21 种期刊主要指标详见附表。

附表 2023 年畜牧、兽医科学类期刊主要指标

序号	刊名	核心总被引频次			核心影响因子			综合评价总分		学科扩	学科影	红点
		数值	排名	离均差率	数值	排名	离均差率	数值	排名	散指标	响指标	指标
1	ANIMAL NUTRITION	951	15	-0.49	1.612	2	0.65	51.9	2	6.52	0.81	0.25
2	JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY	1 123	13	-0.40	1.403	4	0.44	46.8	4	6.48	0.81	0.08
3	蚕业科学	627	19	-0.66	0.660	16	-0.32	34.3	13	7.19	0.43	0.25
4	动物医学进展	1 522	9	-0.19	0.670	15	-0.31	41.7	8	16.05	0.90	0.52
5	动物营养学报	7 671	1	3.11	1.990	1	1.04	78.4	1	16.33	1.00	0.82
6	家畜生态学报	1 158	12	-0.38	0.643	17	-0.34	34.6	12	8.90	0.95	0.54
7	经济动物学报	215	21	-0.88	0.510	20	-0.48	26.6	19	3.71	0.71	0.53
8	粮食与饲料工业	807	16	-0.57	0.618	19	-0.37	28.3	18	7.81	0.57	0.22
9	饲料工业	2 549	6	0.36	1.529	3	0.57	45.6	5	11.00	0.90	0.73
10	饲料研究	3 500	3	0.87	1.202	6	0.23	32.2	16	13.43	0.95	0.70
11	畜牧兽医学报	2 563	5	0.37	1.060	8	0.09	44.1	7	12.14	0.95	0.59
12	畜牧与兽医	1 484	11	-0.21	0.730	14	-0.25	39.1	9	9.48	0.86	0.57
13	畜牧与饲料科学	797	17	-0.57	0.620	18	-0.37	36.8	11	8.14	0.86	0.47
14	中国动物传染病学报	648	18	-0.65	0.821	11	-0.16	24.7	20	5.33	0.76	0.56
15	中国家禽	1 966	7	0.05	0.911	10	-0.07	33.6	15	7.71	0.95	0.56
16	中国兽药杂志	572	20	-0.69	0.462	21	-0.53	23.6	21	7.95	0.76	0.25
17	中国兽医科学	1 102	14	-0.41	0.772	12	-0.21	33.8	14	8.05	0.86	0.57
18	中国兽医学报	1 808	8	-0.03	0.761	13	-0.22	37.4	10	11.38	0.95	0.56
19	中国畜牧兽医	3 121	4	0.67	1.004	9	0.03	45.3	6	15.29	0.95	0.65
20	中国畜牧杂志	3 551	2	0.90	1.189	7	0.22	47.4	3	12.95	1.00	0.63
21	中国预防兽医学报	1 484	10	-0.21	1.338	5	0.37	31.0	17	6.52	0.81	0.47
21 种期刊平均值		1 868			0.976							

注：数据来自中国科学技术信息研究所《2024 年版中国科技期刊引证报告（核心版）自然科学卷》。