

# 櫻桃李多酚抗氧化活性及对肥胖小鼠肝脏的保护作用

张姣姣, 吐克孜·吾守尔, 黄伟伟, 李艳红\*

(新疆特殊环境物种保护与调控生物学实验室, 新疆特殊环境物种多样性应用与调控实验室, 新疆师范大学生命科学学院, 新疆乌鲁木齐 830054)

**摘要:** 该研究探讨了櫻桃李多酚抗氧化活性及对肥胖小鼠肝脏的保护作用, 为櫻桃李果实的开发、利用提供理论基础。试验以醇提法获得櫻桃李多酚为材料, 在测定多酚含量基础上, 测定提取物体外抗氧化活性。进一步建立肥胖小鼠模型, 采用不同剂量多酚灌药处理, 8周后, 处死小鼠, 取肝脏, 计算肝脏指数, 测定肝脏中 TG 浓度、T-CHO 浓度、SOD 活性、MDA 浓度, 荧光定量 PCR 测定炎症相关基因的表达。结果发现, 櫻桃李果实多酚提取物总多酚、总黄酮、总酚酸、总黄酮醇含量分别为 439.17、186.37、168.27、68.86 mg/g, 櫻桃李总多酚含量较高, 多酚中主要成分为黄酮类; DPPH 自由基清除率为 97.42%, FRAP 法、ABTS 法测得抗氧化活性分别为 4.36 mmol/mL、0.48 mmol/mL Trolox, 体外具有较强的抗氧化活性; 多酚处理能显著降低肥胖小鼠肝脏 TG, T-CHO、MDA 含量, 增加肝脏 SOD 含量, 下调肝脏炎症因子 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IL-6 基因表达。研究表明, 櫻桃李多酚能够提高抗氧化能力, 减少高脂饮食引起的肝脏脂肪堆积和肝脏炎症, 对小鼠肝脏具有保护作用。

**关键词:** 櫻桃李多酚; 肥胖小鼠; 抗氧化; 肝脏, 保护作用

文章编号: 1673-9078(2022)10-40-46

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.10.1397

## Antioxidant Activities of *Prunus cerasifera* Polyphenols and Their Protective Effects on the Livers of Obese Mice

ZHANG Jiaojiao, TUKEZI·Wushouer, HUANG Weiwei, LI Yanhong\*

(Xinjiang Key Laboratory of Special Species Conservation and Regulatory Biology, Key Laboratory of Special Environment Biodiversity Application and Regulation in Xinjiang, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

**Abstract:** This study was aimed at evaluating the antioxidant activities of *Prunus cerasifera* polyphenols and their protective effects on the livers of obese mice, thereby providing a theoretical basis for the development and utilization of *P. cerasifera* fruits. First, polyphenols were obtained from *P. cerasifera* fruits via alcohol extraction. After polyphenol content determination, DPPH, FRAP, and ABTS methods were used to measure the *in vitro* antioxidant activities of the extracted polyphenols. Next, obese mice models were established and treated with different doses of polyphenols. After eight weeks of treatment, the mice were sacrificed to remove their livers. The liver index was calculated, and the TG, T-CHO, SOD, and MDA concentration in the livers were determined. Moreover, the expression levels of inflammation-related genes were measured via fluorescence quantitative PCR. The results revealed that the total polyphenol, flavonoid, phenolic acid, and flavanol contents in the extracted polyphenols were 439.17, 186.37, 168.27, 68.86 mg/g, respectively. Hence, the total polyphenol content in *Prunus cerasifera* is relatively high, and the main components are flavonoids. The corresponding DPPH free radical scavenging rate was 97.42%, and the antioxidant activities measured using the FRAP and ABTS methods were 4.36 mmol/mL and 0.48 mmol/mL Trolox, respectively, which indicates that the extracted polyphenols had strong *in vitro* antioxidant activities. Both low and high doses of polyphenols significantly reduced the TG, T-CHO, and MDA contents and enhanced the SOD activity in the livers of obese mice. Furthermore, the polyphenols down regulated the expression of the inflammatory factors interleukin-1 beta, tumor necrosis factor-alpha, and interleukin-6 in the liver

引文格式:

张姣姣,吐克孜·吾守尔,黄伟伟,等.櫻桃李多酚抗氧化活性及对肥胖小鼠肝脏的保护作用[J].现代食品科技,2022,38(10):40-46

ZHANG Jiaojiao, TUKEZI·Wushouer, HUANG Weiwei, et al. Antioxidant activities of *Prunus cerasifera* Polyphenols and their protective effects on the livers of obese mice [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(10): 40-46

收稿日期: 2021-12-13

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目 (2018D01A30); 新疆师范大学重点实验室招标课题 (XJTSWZ-2021-01)

作者简介: 张姣姣 (1996-), 女, 硕士, 研究方向: 应用生物化学, Email: 2668609769@qq.com

通讯作者: 李艳红 (1981-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 应用生物化学, E-mail: 496917835@qq.com

tissues. These findings suggest that *P. cerasifera* polyphenols can improve the antioxidant capacity of the liver, reduce fat accumulation and liver inflammation induced by a high-fat diet, and protect the liver in mice.

**Key words:** *Prunus cerasifera* polyphenols; antioxidant; obese mice; liver; protective effects

目前我国的超重率和肥胖率均呈不断上升趋势, 已成为对我国国民健康影响最大的多因素疾病之一<sup>[1]</sup>。这正是由于机体肥胖导致机体全身慢性炎症、脂肪因子失调、糖脂毒性增加、内质网应激以及氧化应激增加等原因导致的, 其中这种影响在肝脏表现尤为明显, 这些因素之间的相互作用导致脂质代谢的改变和肝细胞中脂质的过度积累, 且随着时间的推移并不会明显消退, 致使疾病复杂化<sup>[2,3]</sup>。大量研究表明, 多酚类化合物是自然产生的一类复杂的生物活性分子, 具有较强的抗炎活性和抗氧化能力, 能有效预防和改善高糖高脂饮食诱导的肝脏炎症和氧化应激<sup>[4-7]</sup>。多酚是植物中广泛存在的一类次生代谢产物, 包括黄酮类、酚酸类、花色苷类等。不同种类植物中多酚的组成和含量不同, 同种植物不同基因型多酚的组成和含量也不同, 这决定了不同植物来源的多酚的功能可能不同。

櫻桃李 (*Prunus cerasifera* Ehr.) 为蔷薇科李属, 在我国主要分布于新疆伊犁霍城县, 果实主要有紫红、黄色、紫黑色, 果实营养成分丰富<sup>[8,9]</sup>, 每到采摘季节, 当地少数民族居民大量采集食用<sup>[10]</sup>。课题组前期研究发现, 櫻桃李果汁对高脂膳食诱导肥胖小鼠具有预防作用<sup>[11]</sup>。櫻桃李果实中多酚含量为多少? 是否对肥胖小鼠具有一定的影响? 目前尚不清楚。本研究以前期醇提法获得紫果櫻桃李多酚提取物为材料, 在测定提取物总多酚及总多酚中黄酮、黄烷醇、酚酸含量基础上, 体外分别采用 DPPH、ABTS、氧自由基吸收能力法 (FRAP) 测定总多酚提取物的抗氧化能力; 体内以肥胖小鼠为模型, 测定提取物对肝脏甘油三酯 (TG)、总胆固醇 (T-CHO)、超氧化物歧化酶 (SOD)、丙二醛 (MDA) 含量的影响及对炎症相关因子表达的影响, 确定櫻桃李多酚提取物对肝脏保护作用, 为櫻桃李果实及其多酚的开发利用提供一定的基础实验依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

没食子酸、咖啡酸标准品, 北京索莱宝科技有限公司; 福林-酚试剂, 美国 Sigma 公司; DPPH, 合肥博美生物科技有限责任公司; 芦丁标准品, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 儿茶酸标准品、DMACA,

上海源叶生物公司; FRAP、ABTS、甘油三酯 (TG)、总胆固醇 (T-CHO)、超氧化物歧化酶 (SOD)、丙二醛 (MDA) 测定试剂盒, 南京建成生物工程研究所; 无水乙醇、甲醇、甲酸、盐酸, 国产分析纯; Trizol、cDNA 反转录试剂盒、荧光定量 PCR 试剂盒, 天根生化科技北京有限公司。

櫻桃李紫果购自新疆伊犁霍城县大西沟。果实多酚提取物由本实验室采用醇 (甲醇:水:甲酸=90:9:1) 提取, AB-8 大孔树脂 60%乙醇洗脱, 旋转蒸发器浓缩后, 冷冻干燥获得。

### 1.2 动物性小鼠

60 只 5~6 周龄 C57BL/6 雄性小鼠, 购自南京君科生物公司, 动物合格证号: SCXK (苏) 2016-0010。

### 1.3 櫻桃李多酚提取物中多酚含量及体外抗氧化活性的测定

#### 1.3.1 总多酚含量的测定

参照文献方法<sup>[12]</sup>, 分别以没食子酸为标准品, 760 nm 测定吸光度值, 得到浓度与吸光度的标准曲线。根据标准曲线算出相应的含量。

#### 1.3.2 总多酚中成分总黄酮、总酚酸、总黄烷醇含量的测定

参照文献方法<sup>[13-16]</sup>, 分别以芦丁、咖啡酸、儿茶素为标准品, 410、768、640 nm 测定吸光度值, 得到浓度与吸光度的标准曲线。根据标准曲线算出相应的含量。

#### 1.3.3 DPPH 清除率测定

将 1.0 mL 不同浓度 (0.24、0.48、0.72、0.96、1.20 mg/mL) 的样品溶液加入 3.0 mL DPPH 溶液中, 室温避光 30 min, 空白对照加 1.0 mL 无水乙醇, 测定 517 nm 处的吸光度值, 根据公式 (1) 计算 DPPH 自由基清除率<sup>[17]</sup>。

$$F = 1 - \frac{A_s - A_c}{A_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

F——DPPH 自由基清除率, %;

$A_0$ ——水+DPPH 样品的吸光值;

$A_s$ ——待测提取物溶液+DPPH 样品的吸光值;

$A_c$ ——待测提取物溶液+乙醇样品的吸光值。

### 1.3.4 FRAP 测定

按照 FRAP 试剂盒说明书操作方法,测定多酚提取物抗氧化活性。以 FeSO<sub>4</sub> 为标准品,制作标准曲线,回归方程为:

$$y=0.2386x-0.0068 (R^2=0.9974)$$

总抗氧化能力用 FeSO<sub>4</sub> 标准溶液的浓度表示(单位 mmol/mL)。

### 1.3.5 ABTS 测定

按照 ABTS 试剂盒说明书操作方法,测定多酚提取物抗氧化活性。以 Trolox 为标准品,制作标准曲线,回归方程为:

$$y=-0.4228x+0.5315 (R^2=0.9963)$$

总抗氧化能力用 Trolox 相比的倍数表示(单位 mmol/mL Trolox)。

## 1.4 櫻桃李多酚对小鼠肝脏保护作用

### 1.4.1 肥胖小鼠模型的建立及实验分组与给药

60 只 5~6 周龄 C57BL/6 雄性小鼠,适应性喂养 1 周后,随机分为 2 组,一组 15 只(空白对照组)喂养常规普通饲料,另一组 52 只(高脂对照组)改为喂养高脂饲料,建立高脂饮食肥胖小鼠模型。8 周后,肥胖度 ≥ 20% 确定建模成功。实验分为 5 组:空白对照组(NC)、高脂对照组(HFD)、多酚低剂量组

(HFD+L, 500 mg/kg)、多酚高剂量组(HFD+H, 200 mg/kg)、奥利司他组(HFD+O, 15.6 mg/kg)。每组 8 只。采用灌胃方式给药,每天 1 次,实验进行 8 周。

### 1.4.2 小鼠肝脏指数计算

最后一次灌胃后,小鼠禁食 12 h,颈椎脱臼处死,取肝脏称其质量,根据公式(2)计算肝脏指数后,置于 -80 °C 冰箱冻存。

$$Z = \frac{m_1}{m} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

Z——肝脏指数, %;

m——小鼠处死前质量, g;

m<sub>1</sub>——肝脏质量, g。

### 1.4.3 小鼠肝脏 TG、T-CHO 浓度测定

将小鼠肝脏样品放无水乙醇中进行冷冻研磨,然后按照南京建成试剂盒说明书操作检测肝脏 TG、T-CHO 浓度。

### 1.4.4 小鼠肝脏 SOD 活性和 MDA 浓度测定

将小鼠肝样品放在生理盐水中进行冷冻研磨,然后按照南京建成试剂盒说明书操作检测肝脏 MDA 浓度和 SOD 活性。

### 1.4.5 荧光定量 PCR 检测小鼠肝脏炎症相关基因的表达

表 1 检测基因引物

Table 1 Sequence of primers used in quantitative real-time PCR

基因	正向引物 (5'→3')	反向引物 (5'→3')
IL-1β	GCTACCTGTGTCTTTCCCGT	CGTCAGACACCAGCAGGTTA
IL-6	TCCAGTTGCCTTCTTGGAC	GGTCTGTTGGGAGTGGTATCC
TNF-α	AGCCCACGTCGTAGCAAACCAC	ACACCCATTCCCTTCAGAGC
β-actin	ATGTGGATCAGCAAGCAGGA	AAGGGTGAAAACGCAGCTCA

用 Trizol 法提取肝脏总 RNA,将 RNA 反转录成 cDNA。根据基因序列设计特异性引物,引物序列见表 1。采用实时荧光定量 PCR 法以 β-actin 为内参基因,检测小鼠肝脏组织炎症因子相关基因 IL-1β、TNF-α、IL-6 的表达水平。基因相对表达量计算采用 2<sup>-ΔΔCt</sup> 法。

## 1.5 统计学分析

实验数据采用 SPSS 23.0 进行分析,用 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。组间比较采用 ANVOVA 分析,两组对比采用独立样本 t 检验。采用 GraphPad Prism 8.0 软件作图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 櫻桃李提取物中多酚含量及体外抗氧化

活性的测定

测定櫻桃李多酚提取物中总多酚含量为 439.17 mg/g,提取率为 68.54%,总多酚成分中黄酮类含量为 186.37 mg/g,酚酸类含量为 168.27 mg/g,黄烷醇含量为 68.86 mg/g(表 2)。说明,櫻桃李醇提物中总多酚含量丰富,櫻桃李多酚中黄酮类含量最高。

表 2 櫻桃李提取物中总多酚、总黄酮、总酚酸、总黄烷醇含量

Table 2 The content of total polyphenols, total flavonoids, total phenolic acids and total flavanols in *Prunus cerasifera* extract

成分	含量/(mg/g)
总多酚	439.17±4.25
黄酮	186.37±1.68
酚酸	168.27±5.58
黄烷醇	68.86±1.03

采用 DPPH 法、FRAP 法、ABTS 法,测定多酚提取物体外抗氧化活性。结果发现, DPPH 自由基清除率

最高可达 97.42% (图 1), FRAP 法、ABTS 法测得抗氧化活性分别为 4.36 mmol/mL、0.48 mmol/mL Trolox (表 3)。说明, 櫻桃李多酚提取物体外具有较强的抗氧化活性。

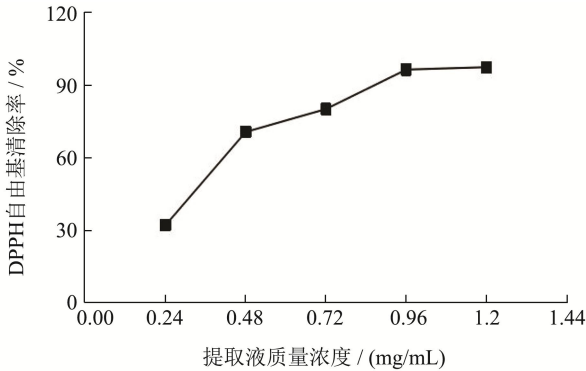


图 1 不同浓度提取物的 DPPH 自由基清除率

Fig.1 DPPH free radical scavenging rate of extracts with different concentrations

表 3 櫻桃李多酚体外抗氧化活性测定结果

Table 3 *In vitro* antioxidant activity test results of *Prunus cerasifera* polyphenols

测定方法	抗氧化活性
FRAP 法	4.36±0.13 mmol/mL
ABTS 法	0.48±0.04 mmol/mL Trolox

沈静等<sup>[18]</sup>测定了 4 种不同品种櫻桃李果肉中总黄酮的含量和抗氧化活性, 结果发现黄色品种中黄酮的含量最高达到 2.97 mg/g, 栽培品种的 DPPH 自由基清除率达到 95.43%。刘晓等<sup>[19]</sup>发现不同颜色的果皮多酚含量也存在明显的差异, 紫黑色果皮多酚含量和抗氧化能力远高于其他颜色果皮, 达到 128.17 mg/g 和 1 495.79 μmol Vc/g。Gunduz 等<sup>[20]</sup>发现土耳其的 18 个不同品种、颜色野生櫻桃李果实多酚含量存在显著性差异, 总多酚最高达到 583.1 mg GAE/kg Fw。与已有的研究结果比较, 本研究用醇提取, 60%乙醇洗脱获得提取物中多酚含量较高, 且具有较强的抗氧化能力。

## 2.2 多酚提取物对肥胖小鼠肝脏指数的影响

小鼠解剖后, 称重, 计算肝脏指数。结果发现, 与 NC 组相比, HFD 组小鼠肝脏指数显著增加了 1.01% ( $p < 0.05$ ), 出现了肝脏肿大现象。与 HFD 组小鼠相比, 櫻桃李不同剂量干预后, 小鼠肝脏指数显著降低了 1.11%、1.21%、0.97% (图 2)。说明櫻桃李多酚能够保护高脂引起的小鼠肝脏肿大。这主要是櫻桃李多酚可以促进糖脂代谢, 抑制脂肪在肝脏累积, 进而有效抑制脂肪肝的形成。因此, 櫻桃李多酚对防止肝脏脂肪累积和脂肪肝的发生具有

重要意义。

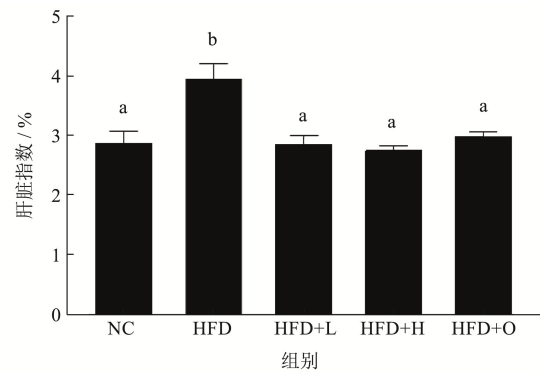


图 2 櫻桃李多酚对小鼠肝脏指数的影响

Fig.2 Effect of *Prunus cerasifera* fruit on liver index in mice

注: 图中不同小写字母表示在统计学上具有显著差异 ( $p < 0.05$ )。下图同。

## 2.3 多酚提取物对肥胖小鼠肝脏中 TG、T-CHO 浓度的影响

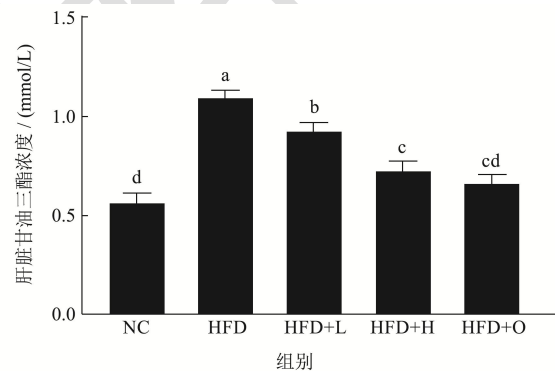


图 3 櫻桃李多酚对小鼠肝脏 TG 浓度的影响

Fig.3 Effect of *Prunus cerasifera* fruit on TG concentration in liver of mice

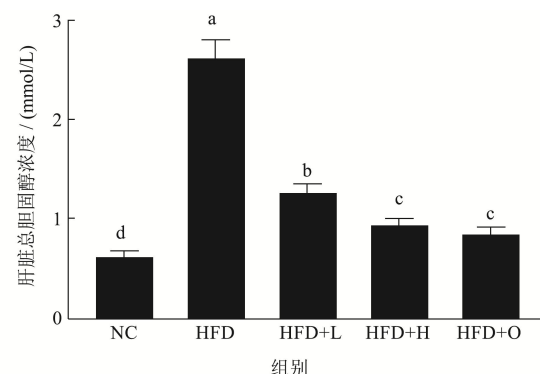


图 4 櫻桃李多酚对小鼠肝脏 T-CHO 浓度的影响

Fig.4 Effect of *Prunus cerasifera* fruit on T-CHO concentration in liver of mice

检测肝脏中 TG、T-CHO 浓度。结果发现, HFD 组小鼠肝脏中 TG 浓度为 1.08 mmol/L 分别显著高于 NC 组 0.61 mmol/L、HFD+L 组 0.91 mmol/L、HFD+H

组 0.74 mmol/L、HFD+O 组 0.62 mmol/L。HFD 组小鼠肝脏 T-CHO 浓度为 2.83 mmol/L 分别高于 NC 组 0.67 mmol/L、HFD+L 组 1.17 mmol/L、HFD+H 组 0.99 mmol/L、HFD+O 组 0.90 mmol/L。与 HFD 组相比，多酚低、高剂量组均能显著降低高脂膳食小鼠肝脏 TG、T-CHO 含量 ( $p < 0.05$ ) (图 3、图 4)。结果表明，樱桃李多酚可减少肥胖小鼠肝脏脂质沉积，防止肝脏功能异常。

#### 2.4 多酚提取物对肥胖小鼠肝脏中 SOD 活性和 MDA 浓度的影响

检测肝脏中 SOD 活性和 MDA 浓度。结果发现，HFD 组小鼠肝脏 SOD 活性为 10.90 U/mL 分别显著低于 NC 组 12.47 U/mL、HFD+L 组 12.16 U/mL、HFD+H 组 12.342 U/mL、HFD+O 组 13.11 U/mL，与 HFD 组相比，多酚低、高剂量组均能显著增强高脂膳食小鼠肝脏 SOD 活性 ( $p < 0.05$ ) (图 5)。HFD 组小鼠肝脏 MDA 浓度为 7.79 nmol/mL 分别高于 NC 组 3.78 nmol/mL、HFD+L 组 5.85 nmol/mL、HFD+H 组 4.48 nmol/mL、HFD+O 组 3.98 nmol/mL。与 HFD 组相比，多酚低、高剂量组均能显著降低高脂膳食小鼠肝脏 MDA 浓度 ( $p < 0.05$ ) (图 6)。表明，樱桃李多酚可通过提高小鼠肝脏 SOD 活力和降低小鼠肝脏 MDA 浓度提高肝脏的抗氧化能力，进而对肥胖小鼠肝脏起到一定的保护作用。

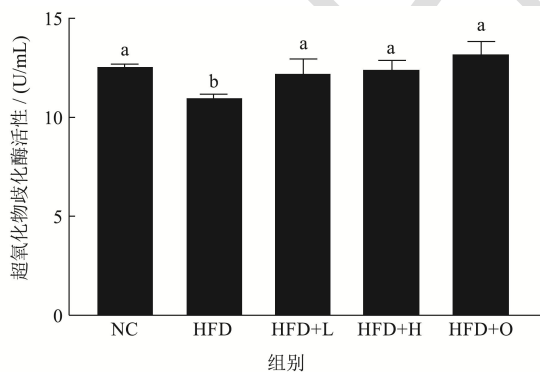


图 5 樱桃李多酚对小鼠肝脏中 SOD 活性的影响

Fig.5 Effect of *Prunus cerasifera* on the SOD activity in the liver of mice

SOD 在维持机体的氧化-抗氧化平衡中起重要的作用，提高体内 SOD 活性，有助于提高抗氧化能力<sup>[21]</sup>。MDA 作为脂质过氧化反应产生的有害物质之一，会破坏细胞膜结构，降低酶活性，减少其含量可以有效保证组织功能正常<sup>[22]</sup>。研究发现，植物多酚可以提高肝脏的抗氧化活性。李峰等<sup>[23]</sup>研究发现，与胰岛素抵抗模型相比，泮苔多酚干预能提高 SOD 活性达到

25.04%，降低 MDA 浓度达 42.92%，泮苔多酚能提高肝脏抗氧化能力。郭苗等<sup>[24]</sup>发现，酒花多酚可以改变脂质过氧化酶的活性，与高血脂小鼠组相比，不同剂量的多酚干预均能显著降低 MDA 浓度，增加 SOD 活力，提高肝脏的抗氧化活性。本研究对肥胖小鼠肝脏内的 MDA 浓度和 SOD 活性进行测定，发现樱桃李多酚提取物可以提高肝脏 SOD 活性，降低 MDA 浓度，说明樱桃李多酚能够提高肝脏抗氧化能力，对肝脏具有保护作用。

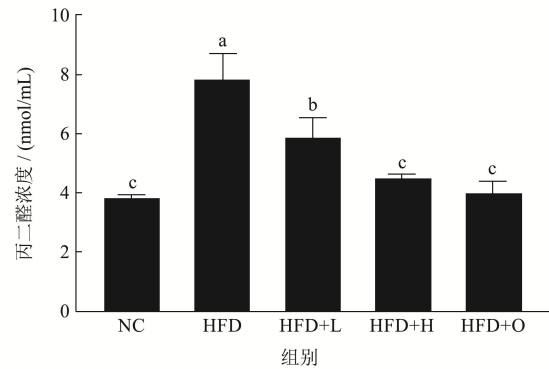


图 6 樱桃李多酚对小鼠肝脏中 MDA 浓度的影响

Fig.6 Effect of *Prunus cerasifera* on the MDA concentration in the liver of mice

#### 2.4 多酚提取物抑制小鼠炎症相关基因的表达

荧光定量 PCR 检测肝脏炎症相关因子 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IL-6 基因的表达。结果发现，樱桃李多酚对小鼠肝组织中炎症因子 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IL-6 的释放有明显的抑制作用。与 NC 组相比，HFD 组小鼠炎症因子的释放明显增多，IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IL-6 的基因表达量分别上升了 1.0、2.61、3.11 ( $p < 0.05$ )，引起了小鼠的炎症反应。经过樱桃李多酚低高剂量和奥利司他干预后，IL-1 $\beta$  基因的表达量相比于 HFD 组分别下降了 0.33、0.94、1.07 ( $p < 0.05$ ) (图 7)，TNF- $\alpha$  基因的表达量相比于 HFD 组分别下降了 0.98、1.6、1.71 ( $p < 0.05$ ) (图 8)，IL-6 基因的表达量相比于 HFD 组分别下降了 1.47、2.72、3.09 ( $p < 0.05$ ) (图 9)。结果表明，樱桃李多酚能够通过下调炎症因子 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IL-6 基因的表达，对肝脏起到一定保护作用。

肝脏损伤通常都伴随着炎症反应的发生。此时炎症因子释放量增多，与肝细胞膜表面的受体结合，就会引起肝脏细胞的凋亡或坏死，引起肝脏损伤。因此，控制炎症因子的释放可以减轻炎症反应进而保护肝脏免受损伤。目前，很多研究证实植物多酚具有很好的抗炎及对肝脏保护作用<sup>[25,26]</sup>。韩笑<sup>[27]</sup>通过研究发现山楂果皮多酚可以有效改善脂质异常小鼠体内的炎症反应，经过果皮多酚干预后，与模型组相比，IL-6、TNF- $\alpha$

基因表达量下降了 14.91%、18.06%，显著抑制了炎症因子的释放。潘妍霓<sup>[28]</sup>发现，与急性肝损伤模型相比，大叶苦丁茶多酚能下调炎症因子 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$  的表达，减轻四氯化碳导致的小鼠肝脏的损失。本实验测定了促炎症因子 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IL-6 在肝脏中的表达量，发现樱桃李多酚可有效降低肝脏促炎症因子基因表达，表明樱桃李多酚可以通过减轻肥胖小鼠肝脏中炎症因子含量，有效保护肝脏功能。

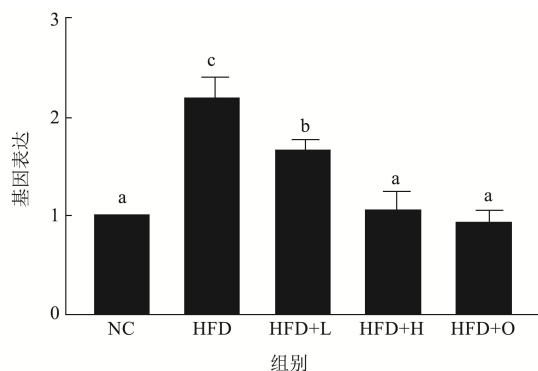


图7 樱桃李多酚对小鼠肝脏炎症因子 IL-1 $\beta$  表达的影响

Fig.7 Effect of *Prunus cerasifera* on the expression of inflammatory factors IL-1 $\beta$  in the liver of mice

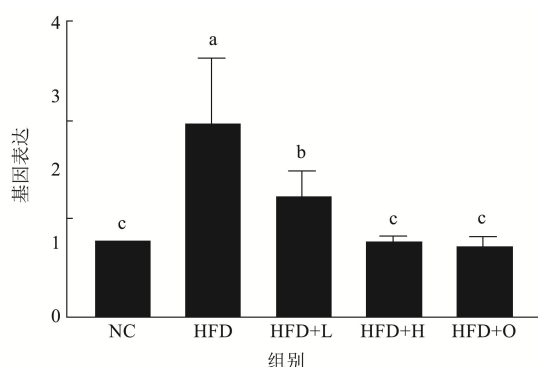


图8 樱桃李多酚对小鼠肝脏炎症因子 TNF- $\alpha$  表达的影响

Fig.8 Effect of *Prunus cerasifera* on the expression of inflammatory factors TNF- $\alpha$  in the liver of mice

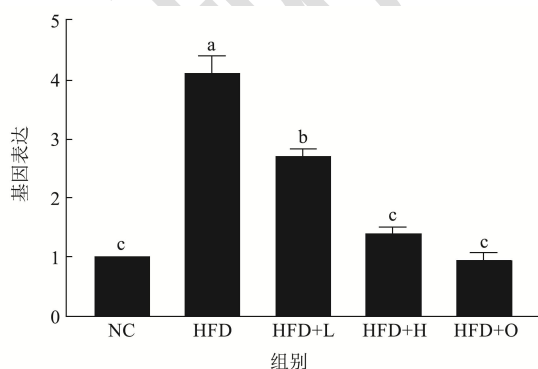


图9 樱桃李多酚对小鼠肝脏炎症因子 IL-6 表达的影响

Fig.9 Effect of *Prunus cerasifera* on the expression of inflammatory factors IL-6 in the liver of mice

### 3 结论

本研究对野生紫果樱桃李中总多酚及其成分总黄酮、总酚酸、总黄烷醇含量测定，发现提取物中总多酚、总黄酮、总酚酸、总黄烷醇含量分别为 439.17、186.37、168.27、68.86 mg/g。对多酚提取物体外抗氧化活性测定，发现多酚提取物体外对 DPPH 自由基的清除率最高达到 97.42%，FRAP 法、ABTS 法测的抗氧化能力分别为 4.36、0.48 mmol/mL Trolox。结果表明，紫果樱桃李提取物中总多酚含量高，其中总黄酮和总酚酸为提取总多酚中主要成分，提取物体外具有强的抗氧化能力。同时测定了樱桃李多酚提取物体内对肥胖小鼠肝脏相关指标的影响，发现体内可降低肥胖小鼠肝脏中 TG、T-CHO、MDA 浓度，提高肥胖小鼠肝脏 SOD 活性，降低炎症相关因子表达，结果表明樱桃李多酚提取物对肥胖小鼠肝脏具有一定的保护作用。樱桃李多酚对肥胖小鼠具体的作用还有待于进一步深入研究。

### 参考文献

- [1] 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
- [2] YAN Fujie, ZHENG Xiaodong. Anthocyanin-rich mulberry fruit improves insulin resistance and protects hepatocytes against oxidative stress during hyperglycemia by regulating AMPK/ACC/mTOR pathway [J]. Journal of Functional Foods, 2017, 30: 270-281
- [3] Herrera-baladrano Daniela D, CHAI Zhi, Hutabarat Ruth P, et al. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of blueberry anthocyanins by AMPK activation: *in vitro* and *in vivo* studies [J]. Redox Biology, 2021, 46: 102100
- [4] Chun Yoon-Seok, Ku Se-Kwang, Kim Jong-Kyu, et al. Hepatoprotective and anti-obesity effects of Korean blue honeysuckle extracts in high fat diet-fed mice [J]. Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry, 2018, 22(4): 39-54
- [5] YUAN Yuan, WANG Ziyue, NAN Bo, et al. Salidroside alleviates liver inflammation in furan-induced mice by regulating oxidative stress and endoplasmic reticulum stress [J]. Toxicology, 2021, 461: 152905-152905
- [6] Rohit Singh Thakur, Ezhilarasan Devaraj. *Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers., ethanolic leaves extract attenuates dapsone-induced liver inflammation in rats [J]. Drug and Chemical Toxicology, 2021, 45(8): 11-10

- [7] GUO Weiling, GUO Jianbin, LIU Binyu, et al. Ganoderic acid A from *Ganoderma lucidum* ameliorates lipid metabolism and alters gut microbiota composition in hyperlipidemic mice fed a high-fat diet [J]. *Food & Function*, 2020, 11(8): 6818-6833
- [8] 张士康,肖正春,张广伦,等. 櫻桃李与蓝莓果的营养价值[J]. *中国野生植物资源*,2004,23(3):1-3
- [9] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第 38 卷[M].北京:科学出版社,1986:36
- [10] 刘伟,姚思辰,黄贤敏. 櫻桃李中功能成分研究进展[J]. *食品研究与开发*,2021,42(6):211-218
- [11] 吐克孜·吾守尔,王茹,张姣姣,等. 櫻桃李果实提取物对小鼠高脂膳食诱导肥胖的预防作用[J]. *中国食品学报*,2021,21(6):144-149
- [12] 鄢又玉,夏婷,张育,等. 三氯化铝比色测定火棘总黄酮方法的系统考察[J]. *食品研究与开发*,2015,5:89-94
- [13] 张艳,余正勇,耿福能,等. 蒲公英提取物中总酚酸含量测定方法的优化[J]. *食品研究与开发*,2018,39(3):123-126
- [14] 杨岚,李华峰,刁海鹏,等. 蒲公英花中总酚酸和总黄酮含量测定及其抗氧化性能研究[J]. *食品科学*,2011,17:160-163
- [15] 焦阳. 基于 UPLC-QQQ-MS/MS 和循环伏安法的猕猴桃疏果多酚鉴定及功能特性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2019
- [16] 陈树俊,石玥,李乐,等. 藜麦芽发酵浓浆模拟体外消化及抗氧化活性研究[J]. *营养学报*,2018,40(1):71-78
- [17] 田建华,张春媛,魏璐. 沙棘果渣总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. *天然产物研究与开发*,2021,33(1):65-72
- [18] 沈静,李东雨,阿力亚·阿不来提,等. 新疆野生櫻桃李与栽培品种果肉中总黄酮含量的测定及抗氧化活性的研究[J]. *食品科技*,2015,40(9):320-323
- [19] 刘晓,刘伟,葛豫炜,等. 野生櫻桃李果皮多酚含量测定及抗氧化活性研究[J]. *伊犁师范学院学报:自然科学版*,2019,13(1):48-53
- [20] Gunduz K, Saracoglu Onur. Variation in total phenolic content and antioxidant activity of *Prunus cerassifera* Ehrh. selections from Mediterranean region of Turkey [J]. *Scientia Horticulturae*, 2012, 134: 88-92
- [21] LIU Nannan, CHEN Xuefeng, SONG Juanna, et al. Hypoglycemic effects of *Auricularia auricula* polysaccharides on high fat diet and streptozotocin-induced diabetic mice using metabolomics analysis [J]. *Food & Function*, 2021, 20(12): 9994-10007
- [22] LI Xuewen, CHEN Huiping, HE Yingyan, et al. Effects of rich-polyphenols extract of *Dendrobium loddigesii* on anti-diabetic, anti-inflammatory, anti-oxidant, and gut microbiota modulation in db/db mice [J]. *Molecules*, 2018, 23(12): 3245
- [23] 李锋,蔡振辉,陈金梅,等. 浒苔多酚的抗氧化及改善胰岛素抵抗作用[J]. *现代食品科技*,2016,32(8):34-41
- [24] 郭苗,杨小兰. 酒花多酚对高脂血症小鼠的降脂与抗氧化作用[J]. *食品科学*,2015,36(3):183-187
- [25] HAN Xiao, LI Wenfeng, HUANG Di, et al. Polyphenols from hawthorn peels and fleshs differently mitigate dyslipidemia, inflammation and oxidative stress in association with modulation of liver injury in high fructose diet-fed mice [J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2016, 25(257): 132-40
- [26] XIA Hongmiao, WANG Jin, XIE Xiaojie, et al. Green tea polyphenols attenuate hepatic steatosis, and reduce insulin resistance and inflammation in high-fat diet-induced rats [J]. *International Journal of Molecular Medicine*, 2019, 44(4): 1523-1530
- [27] 韩笑. 山楂果皮和果肉多酚的肝保护及脂质代谢作用研究[D]. 西安:陕西师范大学,2017
- [28] 潘妍霓,赵欣,龙兴瑶,等. 大叶苦丁茶多酚对四氯化碳致小鼠肝损伤的预防作用[J]. *食品工业科技*,2019,40(9):287-294