

# 枸杞酸奶体外抗氧化活性和保肝功能研究

范亦菲<sup>1</sup>, 郭琳<sup>2</sup>, 靳文会<sup>1</sup>, 丁玘颖<sup>1</sup>, 冯雨萌<sup>1</sup>,  
信晶晶<sup>1</sup>, 董祥晖<sup>1</sup>, 段文慧<sup>2</sup>, 刘蕾<sup>1</sup>, 耿燕<sup>\*1</sup>

(1. 江南大学 生命科学与健康工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214122)

**摘要:** 采用枸杞原浆作为添加到酸奶中的功能成分, 探索枸杞酸奶的抗氧化活性和保肝功能。在体外抗氧化活性实验中, 采用了铁氰化钾法、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 法和水杨酸法。结果表明在枸杞原浆添加一定体积分数范围内, 枸杞酸奶总抗氧化还原能力、DPPH 自由基清除率和羟自由基清除率均随枸杞原浆添加体积分数的增加而增加。通过急性酒精性肝损伤动物模型评价了枸杞酸奶的益生功能, 结果显示枸杞酸奶可以降低小鼠血清中谷丙转氨酶 (Cereal third transaminase, ALT) 活性和肝脏中脂多糖 (Lipopolysaccharide, LPS) 含量, 提高肝脏中谷胱甘肽 (Glutathione, GSH) 质量摩尔浓度和总抗氧化能力 (Total antioxidant capacity, T-AOC), 表明枸杞酸奶对乙醇引起的小鼠急性酒精性肝损伤具有一定辅助保护作用。综上所述, 枸杞酸奶表现出较强的抗氧化活性和保肝功能, 为日后研发具有解酒保肝功能特性的枸杞发酵乳制品提供了一定的数据支撑和理论依据。

**关键词:** 枸杞; 酸奶; 抗氧化活性; 急性酒精性肝损伤; 保肝功能

中图分类号: TS 252 文章编号: 1673-1689(2022)04-0025-06 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2022.04.004

## Study on Antioxidant Activity *in vitro* and Hepatoprotective Function of *Lycium barbarum* Yogurt

FAN Yifei<sup>1</sup>, GUO Lin<sup>2</sup>, JIN Wenhui<sup>1</sup>, DING Qiying<sup>1</sup>, FENG Yumeng<sup>1</sup>,  
XIN Jingjing<sup>1</sup>, DONG Xianghui<sup>1</sup>, DUAN Wenhui<sup>2</sup>, LIU Lei<sup>1</sup>, GENG Yan<sup>\*1</sup>

(1. School of Life Science and Health Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** In this study, *Lycium barbarum* (*L. barbarum*) juice was added to yogurt as the functional component to explore the antioxidant activity *in vitro* and hepatoprotective function of *L. barbarum* yogurt. In the experiment of antioxidant activity *in vitro*, potassium ferricyanide method, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) method and salicylic acid method were used. The results showed that within the range of this study, the total antioxidant reduction capacity, DPPH radical scavenging rate and hydroxyl radical scavenging rate increased with the increase of *L. barbarum* juice content. Here, the probiotic function of *L. barbarum* yogurt was evaluated by the animal model

收稿日期: 2021-06-04

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划项目(2020BBF02023); 宁夏回族自治区特色农产品生物加工创新团队项目(kjt201701); 江苏省大学生创新创业训练计划项目(202010295178Y)。

\* 通信作者: 耿燕(1984—), 女, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事分子营养研究。E-mail: gengyan@jiangnan.edu.cn

of acute alcoholic liver injury. The results showed that *L. barbarum* yogurt reduced the level of cereal third transaminase (ALT) in serum and the content of lipopolysaccharide (LPS) in liver tissues, while increased the content of glutathione (GSH) and total antioxidant capacity (T-AOC) in liver tissues. Therefore, *L. barbarum* yogurt might have auxiliary protective effect on acute alcoholic liver injury in mice. In conclusion, *L. barbarum* yogurt showed strong antioxidant and hepatoprotective activity, providing data support and theoretical basis for the future development of *L. barbarum* fermented dairy products with hepatoprotective function and alcohol hangover relieving effect.

**Keywords:** *Lycium barbarum*, yogurt, antioxidant activity, alcoholic liver injury, hepatoprotective function

枸杞为茄科植物,属多年生落叶小灌木<sup>[1]</sup>,其果实含有丰富的营养成分,如胡萝卜素、甜菜碱、膳食纤维、蛋白质、氨基酸以及多种微量元素等<sup>[2]</sup>。据《本草纲目》记载,枸杞具有去疲劳、养肝、明目、抗衰老功效,可令人长寿。酸奶及相关产品是最常见的消费食品,目前市场常见的酸奶包括果味酸奶、红枣酸奶等<sup>[3]</sup>,基本属于从改善酸奶风味角度进行的产品创新研发。其他的研究也包括一些真菌多糖发酵酸奶<sup>[4]</sup>,但目前关于枸杞发酵酸奶的报道较少。

作者将枸杞原浆添加到酸奶中发酵,通过体外测定添加不同体积分数枸杞原浆的枸杞酸奶的总抗氧化还原能力<sup>[5]</sup>、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除率<sup>[6]</sup>和羟自由基清除率<sup>[7]</sup>,以及在动物体内试验中对小鼠血清中谷丙转氨酶(Cereal third transaminase, ALT)活性、肝脏中脂多糖(Lipopolysaccharide, LPS)含量和谷胱甘肽(Glutathione, GSH)质量摩尔浓度<sup>[8]</sup>和总抗氧化能力(Total antioxidant capacity, T-AOC)<sup>[9]</sup>进行检测,以期为保肝功能导向的枸杞发酵乳制品的后续开发提供数据支撑和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂与设备

枸杞原浆:宁夏华宝枸杞产业有限公司产品;全脂牛奶:内蒙古蒙牛乳业(集团)股份有限公司产品;酸奶发酵剂(嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌):安琪酵母股份有限公司产品;白砂糖:安琪酵母股份有限公司产品;铁氰化钾、三氯乙酸、氯化铁、维生素C、DPPH、乙醇、水杨酸、硫酸亚铁、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液:国药集团化学试剂有限公司产品;ALT试剂盒、LPS试剂盒、GSH试剂盒、T-AOC试剂盒:上海泰坦科技

股份有限公司产品。

酸奶发酵机:河南星乐斯美电器有限公司产品;酶标仪:美国Bio-Rad公司产品;HH-S4数显恒温水浴锅:上海越众仪器设备有限公司产品;DF110型电子分析天平:奥豪斯仪器(上海)有限公司产品;CT15RE台式冷冻离心机:日本日立公司产品。

C57BL/6小鼠:南京集萃药康生物科技有限公司提供。

### 1.2 枸杞酸奶制备

取5个一次性发酵袋,标号为1~5,各加入100 mL的全脂牛奶和6 g白砂糖。1号作为空白对照不加入枸杞原浆,2、3、4、5号分别添加体积分数2%、4%、8%、10%的枸杞原浆。对5组样品进行混匀,在40~50 °C进行加热搅拌<sup>[10]</sup>。巴氏灭菌法对所有样品进行灭菌处理,控制温度不超过80 °C,灭菌30 min。待温度冷却到40~45 °C之后,向5组样品中各加入0.1 g发酵剂,将所有样品放置在42 °C的发酵机内发酵6.5 h,后熟24 h<sup>[11]</sup>。

### 1.3 枸杞酸奶体外抗氧化活性测定

分别称取发酵后添加不同体积分数枸杞原浆的枸杞酸奶5.0 g,于离心机4 500 r/min离心10 min,取上清液备用<sup>[12]</sup>。

**1.3.1 总抗氧化还原能力测定** 用铁氰化钾法检测总抗氧化还原能力。取枸杞酸奶上清液0.25 mL,先后向其中加入pH 6.6的0.5 mL磷酸缓冲液,0.5 mL的质量分数1%铁氰化钾溶液,混匀,置于50 °C水浴20 min后流水冷却。再加入0.5 mL的体积分数10%三氯乙酸溶液,充分混匀,5 000 r/min离心20 min,取上清液90 μL于96孔板中,加入90 μL纯化水以及20 μL的质量分数0.1%氯化铁溶液,混匀静置10 min,于700 nm测定吸光度,以超纯水为

空白,用 VC 做阳性对照<sup>[13]</sup>。每个样品设 3 组平行。

**1.3.2 DPPH 自由基清除率测定** 取添加不同体积分数枸杞原浆的枸杞酸奶上清液 20  $\mu\text{L}$ , 向其中加入 180  $\mu\text{L}$  的 0.2 mmol/L DPPH-乙醇溶液, 避光室温反应 30 min, 于 517 nm 处测其吸光度, 记为  $A_s$ ; 取 20  $\mu\text{L}$  超纯水, 向其中加入 180  $\mu\text{L}$  的 DPPH 乙醇溶液, 其吸光度记为  $A_0$ ; 取添加不同体积分数枸杞原浆的枸杞酸奶上清液 20  $\mu\text{L}$ , 向其中加入 180  $\mu\text{L}$  乙醇, 其吸光度记为  $A_c$ 。每个样品设 3 组平行<sup>[14]</sup>, 测定 DPPH 自由基清除率( $I$ )。

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

**1.3.3 羟自由基清除率的测定** 取 50  $\mu\text{L}$  添加不同体积分数枸杞原浆的枸杞酸奶上清液, 加入 50  $\mu\text{L}$  的 9 mmol/L 的水杨酸-乙醇溶液, 混匀后加入 50  $\mu\text{L}$  的 9 mmol/L 的硫酸亚铁溶液和 50  $\mu\text{L}$  的 9 mmol/L 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液, 充分混匀后静置 30 min 并测定混合液在 510 nm 处吸光度<sup>[15]</sup>, 记为  $A_{s1}$ ; 取超纯水为空白对照, 其吸光度记为  $A_{01}$ 。每个样品设 3 组平行, 测定羟自由基清除率( $Q$ )。

$$Q(\%) = \frac{A_{01} - A_{s1}}{A_{01}} \times 100 \quad (2)$$

#### 1.4 枸杞酸奶的动物评价

将 25 只体质量为 18~22 g、5 周龄的雌性 C57BL/6 小鼠, 按体质量随机分成正常对照组、模型组、阳性对照组、酸奶组和枸杞酸奶组, 均以标准饲料喂养, 无菌水供其自由饮用。其中阳性对照组每日以 10  $\mu\text{L/g}$  (以小鼠体质量计) 灌胃联苯双酯, 酸奶组每日以 10  $\mu\text{L/g}$  (以小鼠体质量计) 灌胃不加枸杞原浆的酸奶, 枸杞酸奶组每日以 10  $\mu\text{L/g}$  (以小鼠体质量计) 灌胃添加体积分数 10% 枸杞原浆的枸杞酸奶; 正常对照组第 14 天晚上以 10  $\mu\text{L/g}$  (以小鼠体质量计) 灌胃无菌水, 模型组、阳性对照组、酸奶组和枸杞酸奶组第 14 天晚上以一次经口灌胃乙醇 0.012 mL/g (相当于 4 800 mg/kg, 以小鼠体质量计)。第 15 天采用体积分数为 1% 的戊巴比妥钠溶液对小鼠进行腹腔注射, 使其麻醉。小鼠眼球取血置于离心管中, 4  $^{\circ}\text{C}$  静置 30 min 后, 4 000 r/min 离心 15 min, 取上清液得到血清, 于 -80  $^{\circ}\text{C}$  冰箱保存备用。辅以二氧化碳安乐死, 继而小鼠进行解剖取肝脏组织装于 1.5 mL 的 EP 管中液氮急冻后, 于 -80  $^{\circ}\text{C}$  冰箱保存。按照试剂盒说明书方法检测小鼠肝脏中

ALT 活性、LPS 含量、GSH 质量摩尔浓度<sup>[16]</sup>和总抗氧化能力。

#### 1.5 数据分析

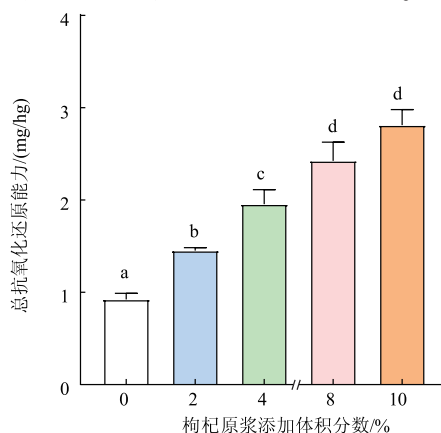
所有实验数据均采用 GraphPad Prism 和 Microsoft Excel 2016 软件进行统计处理与作图分析, 统计方法采用  $t$  检验分析进行组间比较,  $*P < 0.05$  则认为差异有统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 枸杞酸奶体外抗氧化活性测定结果

**2.1.1 总抗氧化还原能力测定** 以维生素 C (Vitamin C, VC) 为标准品建立 VC 质量浓度与总抗氧化还原能力吸光度之间的关系, 得回归方程  $y = 4.517 4x + 0.078 2 (R^2 = 0.993 6)$ , 线性良好, 可用于衡量各样品中的总抗氧化还原能力 (每 100 g 酸奶中所含 VC 的质量)<sup>[17]</sup>。

由图 1 可见, 添加体积分数 2%~8% 枸杞原浆的枸杞酸奶同未加枸杞原浆的原味酸奶相比, 其总抗氧化还原能力有极显著地提高, 且有剂量依赖性 ( $***P < 0.001$ )。但添加体积分数 10% 枸杞原浆的枸杞酸奶与添加体积分数 8% 枸杞原浆的枸杞酸奶相比, 其总抗氧化还原能力升高并不显著 ( $*P > 0.05$ )。总之, 在枸杞原浆添加一定体积分数范围内, 枸杞酸奶总抗氧化还原能力随枸杞原浆添加体积分数的增加而增加, 即枸杞酸奶的总抗氧化还原能力随枸杞原浆添加体积分数的增加而增加<sup>[18]</sup>。

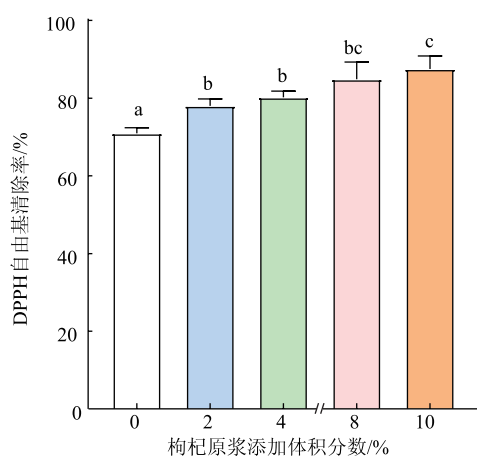


不同字母表示有显著性差异 ( $*P < 0.05$ ), 相同字母表示无显著差异 ( $*P > 0.05$ )。

图 1 添加不同体积分数枸杞原浆的枸杞酸奶对总抗氧化还原能力的影响

Fig. 1 Effect of different content of *Lycium barbarum* yogurt on total antioxidant reduction capacity

**2.1.2 DPPH 自由基清除率测定** 由图 2 可见,添加体积分数 2%~10% 枸杞原浆的枸杞酸奶同未加枸杞原浆的原味酸奶相比,其 DPPH 自由基清除率均有很显著提高 (\*\* $P < 0.01$ ),表明添加了枸杞原浆的枸杞酸奶其 DPPH 自由基清除能力显著强于未加枸杞原浆的原味酸奶<sup>[19]</sup>。添加体积分数 10% 枸杞原浆的枸杞酸奶与添加体积分数 2%、4% 枸杞原浆的枸杞酸奶相比,其 DPPH 自由基清除率也显著升高 (\* $P < 0.05$ )。在枸杞原浆添加一定体积分数范围内,DPPH 自由基清除率随枸杞添加体积分数的增加而增加;当枸杞原浆添加体积分数为 10% 时,DPPH 自由基清除率高达 87.52%。



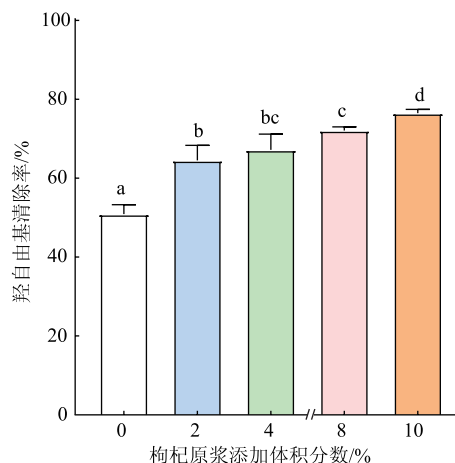
不同字母表示有显著性差异 (\* $P < 0.05$ ),相同字母表示无显著差异 (\* $P > 0.05$ )。

图 2 添加不同体积分数枸杞原浆的枸杞酸奶对 DPPH 自由基清除率的影响

Fig. 2 Effect of different content of *Lycium barbarum* yogurt on the scavenging rate of DPPH free radicals

**2.1.3 羟自由基清除率的测定** 由图 3 所示,添加体积分数 2%、4% 枸杞原浆的枸杞酸奶同未加枸杞原浆的原味酸奶相比,其羟自由基清除率均有很显著地提高 (\*\* $P < 0.01$ );添加体积分数 8%、10% 枸杞原浆的枸杞酸奶比原味酸奶的羟自由基清除率有极为显著地提高 (\*\* $P < 0.001$ ),表明添加枸杞原浆的枸杞酸奶其羟自由基清除能力均显著强于未加枸杞原浆的原味酸奶<sup>[20]</sup>。其中,添加体积分数 10% 枸杞原浆的枸杞酸奶与添加体积分数 2%~8% 枸杞原浆的枸杞酸奶相比,其羟自由基清除率升高也很显著 (\*\* $P < 0.01$ )。在枸杞原浆添加一定体积分数范围内,

羟自由基清除率随枸杞原浆添加体积分数的增加而增加<sup>[21]</sup>;当枸杞原浆添加体积分数为 10% 时,羟自由基清除率可达 76.45%。



不同字母表示有显著性差异 (\* $P < 0.05$ ),相同字母表示无显著差异 (\* $P > 0.05$ )。

图 3 添加不同体积分数枸杞原浆的枸杞酸奶对羟自由基清除率的影响

Fig. 3 Effect of different content of *Lycium barbarum* yogurt on hydroxyl radical scavenging rate

## 2.2 枸杞酸奶的动物评价结果

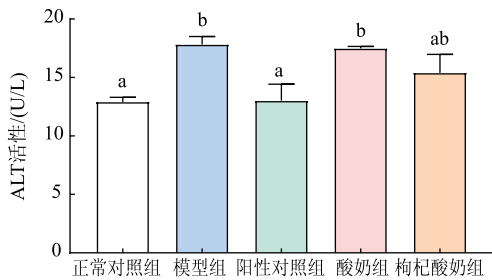
### 2.2.1 小鼠血清中谷丙转氨酶 (ALT) 活性检测结果

谷丙转氨酶主要存在于肝细胞浆内,细胞内浓度比血清中高 1 000~3 000 倍。仅有体积分数为 1% 的肝细胞被破坏,就可以使血清中酶含量增高一倍。因此,小鼠血清中 ALT 活性作为小鼠肝功能损伤的重要检测指标。由图 4 可知,急性酒精性肝损伤模型组小鼠血清 ALT 活性较正常对照组显著升高 (\* $P < 0.05$ ),为乙醇导致肝细胞损伤所致。与模型组比较,阳性对照组的血清 ALT 活性显著降低 (\* $P < 0.05$ )。枸杞酸奶组与模型组相比,其血清中 ALT 活性下降较明显,显示枸杞酸奶可能会对急性酒精性肝损伤小鼠的肝脏有一定的保护作用。

### 2.2.2 小鼠肝脏中脂多糖 (LPS) 含量检测结果

LPS 可诱导急性肝损伤的发生。由图 5 可知,急性酒精性肝损伤模型组小鼠肝脏中 LPS 含量较阳性对照组有所升高。与正常对照组和模型组相比,枸杞酸奶组的 LPS 含量略降低。需要注意的是,与模型组相比,酸奶组的 LPS 含量有略微升高,可能是由于酸奶中脂肪含量较高。但枸杞酸奶组与酸奶组相比,其肝脏中 LPS 含量显著下降,表明枸杞作为功



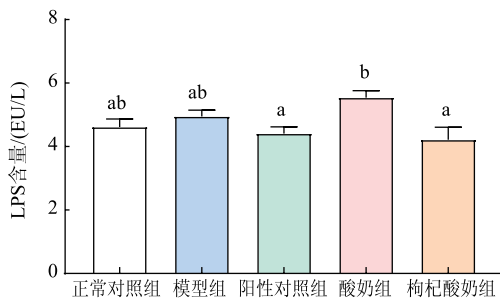


不同字母表示有显著性差异(\* $P < 0.05$ ),相同字母表示无显著差异(\* $P > 0.05$ )。

图4 枸杞酸奶对急性酒精性肝损伤小鼠血清中ALT活性的影响

Fig. 4 Effect of *Lycium barbarum* yogurt on serum ALT level in mice with acute alcoholic liver injury

能成分添加到发酵酸奶中有可能通过降低LPS含量从而影响急性酒精性肝损伤程度。



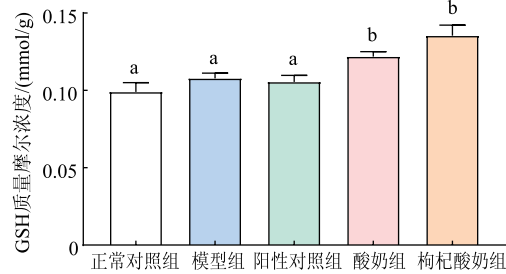
不同字母表示有显著性差异(\* $P < 0.05$ ),相同字母表示无显著差异(\* $P > 0.05$ )。

图5 枸杞酸奶对急性酒精性肝损伤小鼠肝脏中LPS含量的影响

Fig. 5 Effect of *Lycium barbarum* yogurt on LPS level in liver of mice with acute alcoholic liver injury

**2.2.3 小鼠肝脏中谷胱甘肽(GSH)质量摩尔浓度的检测结果** 谷胱甘肽是由谷氨酸、半胱氨酸和甘氨酸结合,含有巯基的三肽,由于谷胱甘肽本身的解毒和抗氧化能力,使得谷胱甘肽具有重要的保肝护肝作用<sup>[22]</sup>。由图6可知,与正常对照组比较,酸奶组和枸杞酸奶组的GSH质量摩尔浓度均显著提高(\* $P < 0.05$ ),其中枸杞酸奶组的GSH质量摩尔浓度比酸奶组的升高更为明显,表明枸杞酸奶很可能通过提高肝脏中GSH质量摩尔浓度从而提高小鼠肝脏的抗氧化能力。

**2.2.4 小鼠肝脏总抗氧化能力(T-AOC)检测结果** 总抗氧化能力越强,肝脏损伤程度越小。由图7可知,与模型组相比,枸杞酸奶组的肝脏T-AOC值有

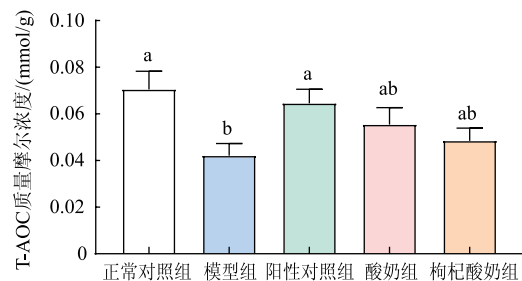


不同字母表示有显著性差异(\* $P < 0.05$ ),相同字母表示无显著差异(\* $P > 0.05$ )。

图6 枸杞酸奶对急性酒精性肝损伤小鼠肝脏中GSH质量摩尔浓度的影响

Fig. 6 Effect of *Lycium barbarum* yogurt on GSH content in liver of mice with acute alcoholic liver injury

所提高,表明枸杞酸奶可能会提高肝脏总抗氧化能力<sup>[23]</sup>。



不同字母表示有显著性差异(\* $P < 0.05$ ),相同字母表示无显著差异(\* $P > 0.05$ )。

图7 枸杞酸奶对急性酒精性肝损伤小鼠肝脏总抗氧化能力的影响

Fig. 7 Effect of *Lycium barbarum* yogurt on total antioxidant capacity in liver of mice with acute alcoholic liver injury

### 3 结语

作者将枸杞原浆作为功能成分添加到酸奶中进行发酵,在枸杞原浆添加一定体积分数范围内,枸杞酸奶总抗氧化还原能力、DPPH自由基清除率和羟自由基清除率均随枸杞原浆添加体积分数的增加而增加;当枸杞原浆添加体积分数为10%时,其总抗氧化还原能力为2.81 mg/hg(以酸奶质量计),DPPH自由基清除率高达87.52%,羟自由基清除率可达76.45%。在动物体内试验中,枸杞酸奶可以降低小鼠血清中谷丙转氨酶(ALT)活性,降低肝脏中脂多糖(LPS)的含量,提升肝脏的总抗氧化能

力 (T-AOC), 并且可显著提高肝脏中谷胱甘肽 (GSH) 的质量摩尔浓度, 因此枸杞酸奶可能对乙醇引起的急性肝损伤具有辅助保护作用。综上所述,

枸杞酸奶表现出较强的体外抗氧化活性和一定的肝脏保护功能, 可为日后开发出具有解酒保肝功能的枸杞发酵乳制品提供一定的数据支撑和理论依据。

## 参考文献:

- [1] 郭怡琳. 关于枸杞子的功效与应用方法浅谈[J]. 保健文汇, 2018(5):212.
- [2] 刘莹玉. 枸杞化学成分与生理作用的研究现状[J]. 农村经济与科技, 2017, 28(8):39.
- [3] 李玲玲, 罗学风, 张灿, 等. 红枣南瓜凝固型酸奶的发酵工艺研究[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2019, 40(6):28-31.
- [4] 丁宝鼎. 真菌多糖酸奶的工艺优化及功能性的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [5] 戴梓茹, 吴远清, 张晨晓, 等. 牡蛎肽酸奶工艺及体外抗氧化活性研究[J]. 中国乳品工业, 2020, 48(5):25-30.
- [6] 冯红霞, 李凯, 韩跃军, 等. 百合希腊式酸奶的研制及其抗氧化活性研究[J]. 中国乳品工业, 2020, 48(9):58-61.
- [7] 姚佳伟, 刘彩琴, 汪瑜沁, 等. 地参酸奶发酵工艺及抗氧化功效[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(14):176-180.
- [8] 陈玉胜, 陈全战. 一种功能性酸奶的研制及其抗氧化活性[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(14):221-226.
- [9] 陈明, 柯文灿, 张娟, 等. 青藏高原牦牛酸奶中具有抗氧化活性乳酸菌的体内外益生特性[J]. 食品科学, 2017, 38(23):178-183.
- [10] 李志涛, 朱冰清, 张彩凤, 等. 凝固型枸杞金针菇酸奶的工艺研究[J]. 农业科技与装备, 2020(6):37-38.
- [11] 成堃, 袁雪娇, 高星, 等. 响应面法优化金银花枸杞风味酸奶的发酵工艺[J]. 中国酿造, 2020, 39(2):206-210.
- [12] 侯彩云, 郭秀兰, 彭家宣, 等. 芦丁对低脂酸奶品质和抗氧化能力的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(4):37-41.
- [13] 赖盈盈, 周鲜娇. 葛根酸奶制作工艺及抗氧化性研究[J]. 中国酿造, 2020, 39(2):152-157.
- [14] 武芸, 王春林, 王丽朋, 等. 黑果枸杞多酚吸附分离特性及抗氧化性研究[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(2):70-77.
- [15] 许春平, 姚延超, 白家峰, 等. 枸杞原浆的羧甲基化修饰及抗氧化性能[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2021, 42(3):85-89.
- [16] 韩永佳. 功能型酸奶的理化特性、抗氧化活性及微观结构的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.
- [17] 赵永波, 杜玲玲, 刘璐, 等. 贮藏及消化对蓝莓酸奶中酚类物质稳定性及抗氧化活性影响[J]. 食品科学, 2018, 39(9):53-59.
- [18] 杨希, 叶明. 高钙菊花枸杞酸奶的研制及其体外抗氧化降血糖功能[J]. 广西科技大学学报, 2018, 29(3):108-114.
- [19] 叶若松, 陈勇辉, 邹嘉莹, 等. 白莲酸奶加工工艺及抗氧化性能的研究[J]. 中国乳品工业, 2020, 48(6):61-64.
- [20] 汪瑞敏, 赵卫红, 孙大利, 等. 基于不同乳酸菌发酵的黄秋葵酸奶研制及其体外抗氧化研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(21):95-100.
- [21] 张美清, 曾繁森, 叶妍琦, 等. 黑果枸杞花色苷 pH 和氨气敏感性及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2021, 42(1):22-27.
- [22] 徐广新, 杨仁琴, 吴慧, 等. 低温发酵酸奶体内和体外抗氧化作用研究[J]. 中国乳品工业, 2020, 48(11):11-14.
- [23] 蒋琰洁. 新疆传统乳制品中抗氧化乳酸菌的筛选及其特性的初步研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2015.