

# 植物发酵液对 D-半乳糖致衰老模型小鼠的抗氧化活性研究

陈宏运<sup>1</sup>, 崔红燕<sup>1</sup>, 吴彬彬<sup>1</sup>, 刘春花<sup>1</sup>, 罗茜<sup>1</sup>, 徐芳芳<sup>1</sup>, 潘永龙<sup>1</sup>, 杨莉丽<sup>2</sup>, 梁岩<sup>1</sup>

(1. 中国科学院深圳先进技术研究院, 广东深圳 518055) (2. 北京大学深圳医院, 广东深圳 518036)

**摘要:** 本文采用 D-半乳糖皮下注射处理小鼠构建衰老动物模型, 分别以不同性别小鼠血清和肝脏中三个特征性抗氧化酶 SOD、CAT、GSH-Px 活力及 MDA 含量作为评价指标, 分析了植物发酵液(酵素)样品对衰老模型小鼠体内抗氧化活性的影响, 结果表明, 与模型组比较, 灌胃剂量为 1.5 mL/kg 的酵素样品组能显著提高模型小鼠(雌性和雄性)中血清和肝脏中 SOD、CAT、GSH-Px 等抗氧化酶的活力, 并降低 MDA 含量水平。同时, 本文以脾脏指数、胸腺指数为指标初步评估酵素样品对小鼠体内免疫力的影响, 结果显示灌胃剂量为 0.24 mL/kg 和 0.6 mL/kg 的酵素样品组都能适当提高小鼠的脾脏指数和胸腺指数。综合上述结果可知, 本研究所提植物发酵液(酵素)样品具有良好的增强体内抗氧化活性作用, 具有预防衰老的功效, 并可能具备潜在的增强免疫力作用。

**关键词:** 植物提取物; 发酵; 抗氧化; 衰老; 免疫

文章篇号: 1673-9078(2015)8-7-11

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.8.002

## Antioxidant Activity of Fermented Plant Extracts (FPE) in a Mouse Model of D-Galactose-induced Aging

CHEN Hong-yun<sup>1</sup>, CUI Hong-yan<sup>1</sup>, WU Bin-bin<sup>1</sup>, LIU Chun-hua<sup>1</sup>, LUO Qian<sup>1</sup>, XU Fang-fang<sup>1</sup>, PAN Yong-long<sup>1</sup>, YANG Li-li<sup>2</sup>, LIANG Yan<sup>1</sup>

(1. Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055, China)

(2. Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen 518036, China)

**Abstract:** Mice were administered subcutaneous injection of D-galactose to produce an animal model of aging, which was used to study the *in vivo* effect of fermented plant extract (FPE) on antioxidant activity. Parameters including the activity of three characteristic antioxidant enzymes, namely superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GSH-Px) as well as the malondialdehyde (MDA) content in the serum and liver of mice of both sexes were extensively evaluated. Meanwhile, spleen index and thymus index were used as the indicators for the preliminary assessment of the impact of FPE on mice immunity *in vivo*. The results showed that compared with the model group, the activities of SOD, CAT, and GSH-Px in serum and liver of mice (both sexes) were significantly enhanced and corresponding MDA content was decreased in the group that received 1.5 mL/kg FPE gavage. Additionally, spleen and thymus indices of mice were increased to some extent in groups that received 0.24 and 0.6 mL/kg FPE gavage. Thus, FPE enhanced antioxidant activities *in vivo*, implying an anti-aging effect and may have potential to strengthen the immune system.

**Key words:** plant extract; fermentation; antioxidant; aging; immunity

植物发酵液通常是指一些新鲜蔬菜、水果、糙米、菇类、药食同源中药等植物原料经榨汁或萃取工艺后再添加益生菌发酵, 产生含有丰富的酶、益生菌、维生素、矿物质、氨基酸、各种有机酸、多糖等营养成分

收稿日期: 2014-11-14

基金项目: 深圳市科技计划基础研究项目 (JCYJ20140415162542973)

作者简介: 陈宏运 (1984-), 男, 工程师, 主要从事植物农产品酶工程、发酵工程深加工产品的开发研究

通讯作者: 梁岩 (1968-), 女, 博士, 研究员, 主要从事食品/环境微生物, 水污染及饮用水消毒副产物, 新型环保纳米材料的研究

分的混合液<sup>[1]</sup>。通过发酵, 原材料的货架期、风味、质地都大幅提高, 同时去除不良成分, 增加对人体有益成分<sup>[2]</sup>。植物发酵液(酵素)产品风靡于日本、台湾等地区, 受到当地人的广泛青睐, 但是其提取工艺略有不同<sup>[3]</sup>。本研究植物发酵液(酵素)是采用 108 种水果、蔬菜、菌菇、药食同源中草药等植物原料, 接种多种微生物菌种, 经深层发酵 1 年以上得到的天然发酵产物, 被认为是一种高营养、多功能的食品, 已历经多年的消费者使用反馈, 肥胖、消化功能紊乱, 失眠, 乏力, 须发早白和皮肤暗淡等问题, 经过数周

的产品使用,都得到了明显改善,不过目前还缺乏支持这些症状改善的科学信息。因此,有必要进行酵素生物活性功效方面的科学研究。

目前关于酵素功效方面研究较少,有报道显示酵素具清除 DPPH 自由基活性,对乙醇诱导的老鼠胃黏膜损伤有显著的保护作用<sup>[4]</sup>,蛹虫草多糖配合果蔬酵素的复合体具备较强的体外抗氧化活性<sup>[5]</sup>。本研究前期已经考察了酵素样品的体外抗氧化活性(数据未列出),结果显示酵素具多种自由基清除生物活性。具备潜在的体外抗氧化作用。然而,体外抗氧化实验通常忽略体内的生物学作用,如抗氧化酶的活力,氧化相关代谢途径,抗氧化相关物质和酶的基因表达的激活或抑制<sup>[6]</sup>。因此,采用体内抗氧化实验,包含了可消化性,生物利用度和代谢产物可能影响体内抗氧化活性等多种因素,用来评价样品的抗氧化活性显然更为合理。

由 D-半乳糖诱导的氧化应激模仿自然衰老小鼠模型,已被广泛用于筛选抗氧化剂,抗衰老药物和功能性食品中<sup>[7]</sup>。小鼠长期服用 D-半乳糖可引起氧化损伤,并导致体内抗氧化酶的变化<sup>[7]</sup>。多篇文献指出氧化损伤与老鼠各器官(如肝脏、肾脏、心脏、肺部和肌肉)中的 SOD、CAT 和 GSH-Px 的活性的下降相关<sup>[8]</sup>。丙二醛(MDA)是脂质过氧化的次级代谢产物之一,通常用作组织中氧化损伤的指标<sup>[8]</sup>。因此,本研究使用 D-半乳糖诱导衰老小鼠动物模型来研究酵素在体内的抗氧化活性。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 实验样品与试剂

植物发酵液(酵素)样品由深圳市中科台富科技有限公司提供(产品名:“古元真”复方植物发酵原液),总可溶性固形物含量 65.4%,总酸 23.4 g/L,总糖 708 g/L,总酚(以没食子酸计) 620 mg/L,总黄酮(以芦丁计) 182 mg/L,于室温储存;超氧化物歧化酶(SOD)测定试剂盒、过氧化氢酶(CAT)测定试剂盒、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)测定试剂盒、丙二醛(MDA)测定试剂盒、总蛋白(TP)测定试剂盒均购自南京建成生物工程研究所;D-半乳糖(D-Gal)、维生素 C(Vc)购自上海晶纯生化科技股份有限公司(阿拉丁品牌);其他试剂均为分析纯级。

#### 1.1.2 实验动物

8 周龄 SPF 级昆明小鼠,体重 20±2 g,购自广东省医学实验动物中心。饲养条件:室温 21±1 °C,相

对湿度 50%~60%,交替 12 h 光照/黑暗条件下饲养。

### 1.2 主要仪器设备

Sartorius 精密电子天平;Eppendorf 5424R 台式冷冻离心机;Thermo SpectraMax M5 多功能酶标仪;恒温培养箱,Millipore 超纯水系统。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 实验动物分组及处理

昆明小鼠于 SPF 动物房使用标准颗粒饲料和饮用水适应性饲养 1 周后。小鼠按性别各自随机分为 6 组,每组 5 只(雌性/雄性)。每天口腔灌胃并皮下注射一次,分为正常组(Normal)、模型组(D-Gal)、阳性对照组(Vc)、样品 L 组(PFE-L)、样品 M 组(PFE-M)、样品 H 组(PFE-H)。正常组小鼠用生理盐水灌胃(15 mL/kg)并皮下注射(5 mL/kg);模型组小鼠用生理盐水灌胃(15 mL/kg)并用 D-半乳糖皮下注射(100 mg/kg);阳性对照组小鼠用 Vc 灌胃(100 mg/kg)并用 D-半乳糖皮下注射(100 mg/kg);样品 L 组、M 组和 H 组小鼠分别用不同剂量酵素样品灌胃(0.24 mL/kg、0.6 mL/kg、1.5 mL/kg)并用 D-半乳糖皮下注射(100 mg/kg)。实验周期 30 d。之后所有小鼠禁食 12 h,进行下一步操作。

#### 1.3.2 小鼠样本收集

最后一次给药后 12 h,将小鼠称重并处死,立即采集血样并进行解剖,采集肝脏、脾脏、胸腺脏器,用滤纸吸干,采用电子分析天平称重。血样在 4 °C 下 3000 r/min 离心 10 min,收集血清。肝脏迅速用冰冷生理盐水洗涤并匀浆以制备 10% 匀浆液,在 4 °C 下 4000 r/min 离心 10 min 除去细胞碎片,上清液直接用于 SOD、CAT、GSH-Px 活性、MDA 和蛋白分析。

#### 1.3.3 测定方法

SOD 活性采用黄嘌呤氧化酶法(羟胺法)测定,CAT 活性、GSH-Px 活性采用可见光法测定,MDA 含量采用巴比妥法测定,蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定。所有检测试剂和操作均按照南京建成生物工程研究所的对应测定试剂盒说明书进行。

小鼠体重采用天平直接称重测定,胸腺、脾脏指数均以相对于体重的组织重量系数表示:

$$\text{组织指数} = (\text{组织重量} / \text{体重}) \times 10$$

### 1.4 统计学分析

实验数据均以平均值±标准差(Mean±SD)表示,采用 SPSS 19.0 统计软件包进行分析。多组间平均值比较用独立样本 T 检验进行差异显著性分析, P<0.05

表示具有统计学差异显著,用“\*”表示,  $P < 0.01$  表示具有统计学差异极显著,用“\*\*”表示。

## 2 结果与讨论

### 2.1 酵素样品对雌性小鼠血清和肝脏中 SOD、

#### CAT 活力及 MDA 含量的影响

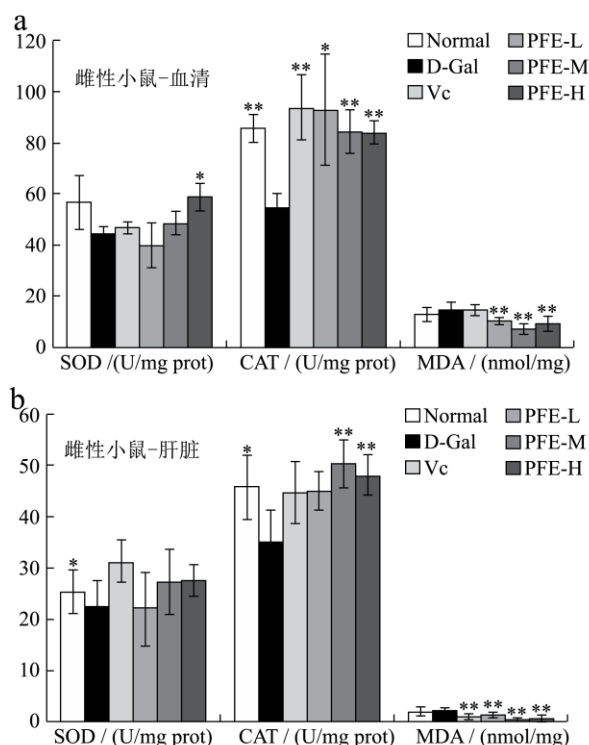


图1 不同处理组雌性小鼠血清和肝脏中 SOD、CAT 活力及 MDA 含量比较

Fig.1 Comparison of SOD and CAT activities and MDA content in the serum and liver of female mice in different treatment groups

注:与 D-Gal 模型组比较, \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ 。

不同处理组雌性小鼠血液和肝脏中 SOD、CAT 活力及 MDA 含量比较结果见图 1。结果显示血清中与正常组相比(见图 1a), 雌性鼠 D-Gal 模型组 SOD 活力下降, CAT 活力显著下降 ( $P < 0.01$ ), MDA 含量上升; 与模型组相比, Vc 阳性对照组 SOD 活力略有升高, CAT 活力显著升高 ( $P < 0.01$ ), MDA 含量略有下降。此外, 样品组与 D-Gal 模型组相比, 结果表明 PFE-H 样品组较之模型组 SOD、CAT 活力分别显著提高 32.37%、52.26%, MDA 含量显著下降 37.54% ( $P < 0.01$ ); PFE-M 样品组 CAT 活力显著提高 52.98%, MDA 含量极显著下降 49.01%, 且在所有实验组中含量最少。肝脏中上述抗氧化指标较之血清都有明显降低(见图 1b), D-Gal 模型组与正常组对比趋势与血清

中一致, PFE-M、PFE-H 样品组 CAT 活力较之模型组极显著升高 42.95%、36.58% ( $P < 0.01$ ), MDA 含量分别极显著降低 69.35%、61.34%。

### 2.2 酵素样品对雄性小鼠血清和肝脏中 SOD、CAT 活力及 MDA 含量的影响

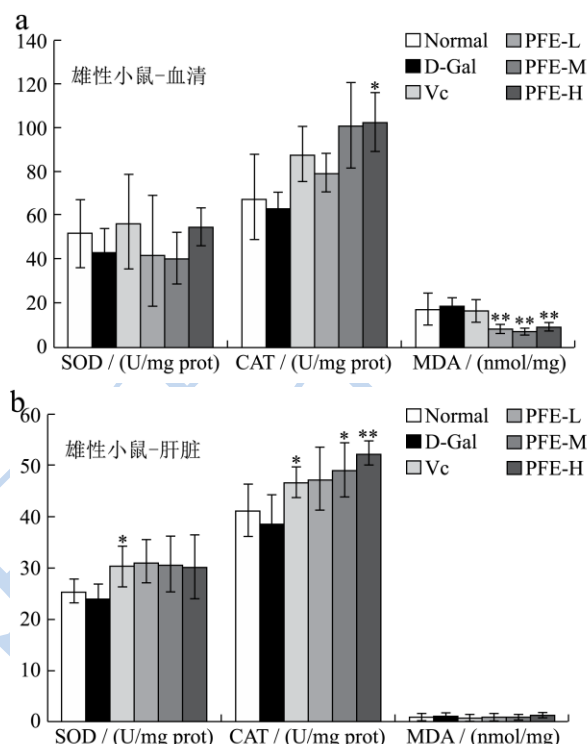


图2 不同处理组雄性小鼠血清和肝脏中 SOD、CAT 活力及 MDA 含量比较

Fig.2 Comparison of SOD and CAT activities and MDA content in the serum and liver of male mice in different treatment groups

注:与 D-Gal 模型组比较, \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ 。

不同处理组雄性小鼠血液和肝脏中 SOD、CAT 活力及 MDA 含量比较结果见图 2。结果显示血清中与正常组相比(见图 2a), 雄性鼠 D-Gal 模型组 SOD、CAT 活力下降, MDA 含量上升; 与模型组相比, Vc 阳性对照组 SOD、CAT 活力升高, MDA 含量下降, 但差异不具统计学显著性。样品组与 D-Gal 模型组相比, 结果表明 PFE-M、PFE-H 样品组较之模型组 CAT 活力分别提高 58.55%、61.44%, MDA 含量分别下降 61.16%、50.56%, 差异极显著 ( $P < 0.01$ ), PFE-H 组 SOD 活力升高。肝脏中上述抗氧化指标较之血清都有明显降低(见图 2b), D-Gal 模型组与正常组对比趋势与血清中一致, Vc 阳性对照组较之模型组 SOD、CAT 活力显著升高 ( $P < 0.05$ ), MDA 含量下降。样品组与模型组相比, PFE-M、PFE-H 样品组 SOD 活力升高,

CAT 活力分别升高 27.29%、35.32%，且具差异显著性，样品组 MDA 含量均有所下降，但不具统计学差异显著性。

### 2.3 酵素样品对小鼠肝脏中 GSH-Px 活力的影响

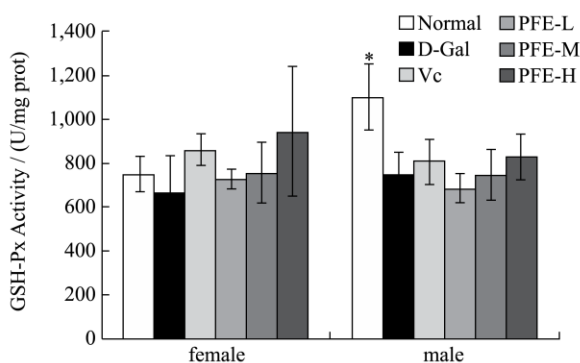


图 3 不同处理组小鼠（雌性/雄性）肝脏中 GSH-Px 活力比较

**Fig.3 Comparison of GSH-Px activity in the liver of female and male mice in different treatment groups**

注：与 D-Gal 模型组比较，\*P<0.05，\*\*P<0.01。

不同处理组小鼠（雌性和雄性）肝脏中 GSH-Px 活力比较结果见图 3。结果显示肝脏中与正常组相比，雌性鼠、雄性鼠 D-Gal 模型组 GSH-Px 活力均有所下降，且雄性鼠具统计学显著差异性（P<0.05）；与模型组相比，Vc 阳性对照组 GSH-Px 活力均升高，但不具统计学差异显著性。与 D-Gal 模型组相比，雌性小鼠、雄性小鼠中 PFE-H 样品组肝脏中 GSH-Px 活力均有升高。

### 2.4 酵素样品对雌性小鼠体重、脾脏指数和胸腺指数的影响

表 1 不同处理组雌性小鼠体重、脾脏指数和胸腺指数比较

**Table 1 Comparison of weight, spleen index, and thymus index of female mice in different treatment groups**

Group	体重	脾脏指数	胸腺指数
Normal	36.30±3.24	35.55±6.43	39.48±9.03
D-Gal	34.10±2.82	30.24±4.03	29.15±12.08
Vc	35.62±4.23	32.76±5.57	29.71±6.32
PFE-L	34.60±2.67	40.83±12.79	27.74±6.15
PFE-M	35.55±1.35	39.67±1.19	29.69±4.43
PFE-H	35.17±1.47	41.82±2.17**	40.34±10.06

注：与 D-Gal 模型组比较，\*P<0.05，\*\*P<0.01

不同处理组雌性小鼠体重、脾脏和胸腺指数比较结果见表 1。结果显示与正常组相比，雌性鼠 D-Gal

模型组体重、脾脏指数和胸腺指数均有所下降；与模型组相比，Vc 阳性对照组上述指标均有所升高。此外，样品组与 D-Gal 模型组相比，三个实验样品组体重和脾脏指数均有升高（PFE-H 组脾脏指数显著升高，P<0.01），PFE-M、PFE-H 组胸腺指数升高，但差异不具统计学显著性。

### 2.5 酵素样品对雄性小鼠体重、脾脏指数和胸腺指数的影响

表 2 不同处理组雄性小鼠体重、脾脏指数和胸腺指数比较

**Table 2 Comparison of weight, spleen index and thymus index of male mice in different treatment groups**

Group	体重	脾脏指数	胸腺指数
Normal	41.87±1.53	22.24±8.74	19.52±7.20
D-Gal	40.46±2.86	21.94±2.70	18.74±4.71
Vc	44.28±1.85*	22.68±3.21	28.97±8.80*
PFE-L	43.15±1.29	22.89±5.30	22.65±2.67
PFE-M	41.02±3.80	23.06±5.83	20.89±4.06
PFE-H	40.30±2.27	20.17±3.08	21.96±5.90

注：与 D-Gal 模型组比较，\*P<0.05，\*\*P<0.01。

不同处理组雄性小鼠体重、脾脏和胸腺指数比较结果见表 2。结果显示与正常组相比，雄性小鼠 D-Gal 模型组体重、脾脏指数和胸腺指数均有所下降；与模型组相比，Vc 阳性对照组体重、胸腺指数升高具有显著性（P<0.05），脾脏指数升高而不具显著性。样品组与 D-Gal 模型组相比可知，PFE-L、PFE-M 组体重、脾脏指数、胸腺指数均有所升高，PFE-H 组除胸腺指数有所升高，其他指标均与模型组无显著性差异。

### 2.6 模型分析与讨论

在本研究中，用 D-半乳糖皮下注射（100 mg/kg）处理的小鼠（雌性和雄性）构建衰老动物模型来评估各组灌胃样品的抗氧化活性。结果如图 1~图 3 所示，综合上述共性分析结果可知，与正常组比较，D-Gal 模型组血清和肝脏中抗氧化酶（SOD、CAT、GSH-Px）活力均下降，且 MDA 含量升高。且与 D-Gal 模型组比较，Vc 阳性组血清和肝脏中上述抗氧化酶活力升高，MDA 含量下降。因此，结果表明本研究衰老动物模型构建是可行的。

在此衰老动物模型基础上，实验考察了不同剂量酵素样品灌胃处理的小鼠血清和肝脏中的抗氧化能力。与 D-Gal 模型组相比，综合上述共性分析结果可知，PFE-H 组血清和肝脏中 SOD、CAT、GSH-Px 活力均有明显升高，MDA 含量大幅下降。因此，结果

显示无论对于雌性鼠还是雄性鼠而言, 酵素可以增强小鼠血清和肝脏中抗氧化酶的活性, 降低 MDA 含量。且灌胃剂量为 1.5 mL/kg 时显示出更高的抗氧化作用潜力。依据相关文献可知, D-半乳糖氧化损伤模型已成功验证多肽<sup>[9]</sup>、多糖及其衍生物<sup>[10]</sup>等生物活性物质的体内抗氧化作用, 而酵素产生抗氧化作用的活性物质基础及其贡献度在本研究中尚未涉及, 因此, 可作为进一步酵素功效机理研究的相应方向。

衰老与免疫反应生理及病理过程密切相关, 衰老过程伴随免疫器官的萎缩、免疫功能的下降, 导致许多与衰老有关疾病的发生<sup>[11]</sup>。胸腺和脾脏是体内重要的免疫器官, 随着衰老免疫器官萎缩, 如胸腺可完全退化而由脂肪组织替代<sup>[12]</sup>。因此, 脾脏和胸腺指数也常作为免疫功能评价的初步指标<sup>[13]</sup>。本研究基于衰老动物模型基础上, 初步评估酵素样品对不同性别小鼠体内免疫力的影响。本研究初步考察了衰老动物模型中不同处理对小鼠体重、脾脏指数、胸腺指数的影响。结果如表 1、表 2 所示, 综合分析结果可知, 与 D-Gal 模型组相比, 正常组和 Vc 阳性对照组体重、脾脏指数、胸腺指数均有所升高(雄性鼠 Vc 阳性组体重、胸腺指数升高显著), 不同性别小鼠中 PFE-M 组也呈现了相似的升高趋势, 但不具统计学显著性差异。结果初步显示, 在 D-Gal 衰老动物模型中, 酵素样品可能具备一定的免疫增强作用, 许多已有研究显示抗氧化活性的增强能同时能够增强免疫力<sup>[4]</sup>, 与本研究结果趋势相似。但是, 由于脾脏指数和胸腺指数是非常初步的免疫功能评价指标, 因此关于酵素样品的免疫功能评价有赖于更进一步的研究分析。

### 3 结论

该研究采用 D-半乳糖皮下注射处理小鼠构建衰老动物模型, 以不同性别小鼠血清和肝脏中各特征性抗氧化酶(SOD、CAT、GSH-Px)活力及 MDA 含量作为评价指标, 较为全面的分析了酵素样品的体内抗氧化活性, 并以脾脏指数、胸腺指数指标初步评估酵素样品的免疫增强功效。从实验研究结果可以得出如下结论: 植物发酵液(酵素)能在一定程度上提高小鼠血清和肝脏中抗氧化酶的活力, 并降低 MDA 含量水平, 并能提高脾脏指数和胸腺指数。因此, 本实验所述植物发酵液(酵素)产品具有良好的抗氧化、预防衰老的功效, 并可能具有一定的增强免疫力作用。

### 参考文献

[1] Prado F C, Parada J L, Pandey A, et al. Trends in non-dairy probiotic beverages [J]. Food Research International, 2008, 2:

- 111-123
- [2] 李晓青,刘俊江,陈宏运,等.植物发酵液的发展及其功效[J].农产品加工·学刊(中),2014,1:70-72  
LI Xiao-qing, LIU Jun-jiang, CHEN Hong-yun, et al. The development and function of plant fermentation [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014, 1: 70-72
- [3] 曲佳乐,赵金凤,皮子凤,等.植物酵素解酒护肝保健功能研究[J].食品科技,2013,38(9):51-55  
QU Jia-le, ZHAO Jin-feng, PI Zi-feng, et al. The health care function for antialcoholism and liver protection of plant enzyme [J]. Food Science and Technology, 2013, 38(9): 51-55
- [4] Okada H, Fukushi E, Yamamori A, et al. Structural analysis of three novel trisaccharides isolated from the fermented beverage of plant extracts [J]. Chemistry Central Journal, 2009, 3: 1-8
- [5] 佟林峰,杨绍斌.蛹虫草多糖配合果蔬酵素对抗氧化作用的研究[J].安徽农业科学,2014,42(20):6769-6770  
TONG Lin-feng, YANG Shao-bin. Antioxidation research of fruit and vegetable enzyme with cordyceps militaris polysaccharide [J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2014, 42(20): 6769-6770
- [6] LIU Jun, JIA Liang, KAN Juan, et al. In vitro and in vivo antioxidant activity of ethanolic extract of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) [J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 51: 310-316
- [7] LIU Jun, LUO Jian-guang, YE Hong, et al. In vitro and in vivo antioxidant activity of exopolysaccharides from endophytic bacterium *Paenibacillus polymyxa* EJS-3 [J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 82(4): 1278-1283
- [8] T Jayakumar, PA Thomas, JR Sheu, et al. In-vitro and in-vivo antioxidant effects of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* [J]. Food Research International, 2011, 44: 851-861
- [9] 万全,王艳梅,林琳.等.黄缘盒龟多肽对 D-半乳糖致亚急性衰老小鼠抗氧化能力的影响[J].现代食品科技,2013,29(9): 2075-2080  
WAN Quan, WANG Yan-mei, LIN Lin, et al. Effect of yellow-margined box turtle muscle polypeptides on antioxidant activities in D-galactose-induced aging mice [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(9): 2075-2080
- [10] 王莹,赵志浩,高蒙初,等.岩藻聚糖硫酸酯及其酶解产物对 D-半乳糖氧化损伤小鼠的抗氧化作用[J].现代食品科技, 2013,29(10):2378-2382

- WANG Ying, ZHAO Zhi-hao, GAO Meng-chu, et al. Antioxidant effects of fucoidan and its hydrolysates on oxidative damage mice induced by D-galactose [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(10): 2378-2382
- [11] 吕力为.免疫系统的衰老及其机制[J].实用老年医学,2010,3: 181-183
- LV Li-wei. Aging and mechanisms of the immune system [J]. Pract Geriatr, 2010, 3: 181-183
- [12] Vallejo AN. CD28 extinction in human T cells: altered functions and the program of T-cell senescence [J]. Immunol Rev, 2005, 205(1): 158-169
- [13] 胡瞬,易有金,熊兴耀,等.灵芝孢子油对小鼠血清 SOD、CAT 活性及 C3、P21mRNA 表达的影响[J].食品科学,2011,19: 232-235
- HU Shun, YI You-jin, XIONG Xing-yao, et al. Effect of ganoderma lucidum spore oil on activities of SOD and CAT and mRNA expression levels of C3 and P21 in mice [J]. Food Science, 2011, 19: 232-235
- [14] YUAN Cheng-fu, HUANG Xiu-ning, LI Cheng, et al. Evaluation of antioxidant and immune activity of *Phellinus ribis* glukan in mice [J]. Food Chemistry, 2009, 115(2): 581-584