

纹党多糖提高果蝇生命力和抗氧化活性

叶文斌¹, 何玉鹏¹, 陈耀年¹, 杨文¹, 赵庆芳², 周紫鹃³

(1. 陇南师范高等专科学校农林技术学院, 甘肃成县 742500)(2. 西北师范大学生命科学学院, 甘肃兰州 730030)
(3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃兰州 730000)

摘要:以纹党多糖(*Codonopsis pilosula* polysaccharide, CPP)为材料,研究多糖对黑腹果蝇(*Drosophila melanogaster*)生育力和寿命及抗氧化活力的影响。将黑腹果蝇随机分为50、100、200和400 mg/L剂量处理组,以生理盐水为对照组,连续培养四代,考查不同浓度的纹党多糖对果蝇生存能力的影响,包括果蝇子一代到子四代(F₁~F₄)生育力和寿命的变化,雌、雄果蝇数量的变化,测定百草枯急性氧化损伤下的存活时间、抗氧化酶超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)的活力及丙二醛(MDA)含量的变化。结果显示,400 mg/L剂量的CPP能显著提高F₁~F₄代雌、雄果蝇世代生育力,与对照相比后代果蝇数量增加了150% ($p<0.01$),延长F₁~F₄代雌、雄果蝇寿命,与对照相比后代果蝇寿命增加了34.07% ($p<0.01$),延长百草枯急性氧化损伤下F₁~F₄代雌、雄果蝇的平均存活时间,与对照相比存活时间延长了7.06 h和6.28 h ($p<0.01$),同时提高了果蝇体内SOD和CAT活性 ($p<0.01$),降低了果蝇体内的MDA含量 ($p<0.01$)。研究结果表明, CPP能显著提高F₁~F₄代雌、雄果蝇世代生育力,延长寿命,延长百草枯急性氧化损伤下果蝇的存活时间,提高了果蝇的抗氧化能力和生命力,促进了生殖能力,表现出剂量效应,果蝇世代总量雌、雄果性别比接近1:1。

关键词:纹党; 多糖; 果蝇; 生命力; 抗氧化

文章编号: 1673-9078(2020)11-42-48

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.11.0500

Polysaccharides Extract from *Codonopsis pilosula* Enhances the Vitality and Antioxidant Activity of *Drosophila melanogaster*

YE Wen-bin¹, HE Yu-peng¹, CHEN Yao-nian¹, YANG Wen¹, ZHAO Qing-fang², ZHOU Zi-juan³

(1. School of Agriculture and Forestry Technology of Longnan Teachers College, Chenxian 742500, China) (2. College of Life science, Northwest Normal University, Lanzhou 730030, China) (3. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In order to evaluate the effect of *Codonopsis pilosula* polysaccharides on the reproduction capability and life span and antioxidant capacity of *Drosophila melanogaster*; survival experiments were conducted to examine the influences of different concentrations (50, 100, 200, 400 mg/L) of *Codonopsis pilosula* polysaccharides on the reproduction capability and life span of four generations (F₁ to F₄), the number of female and male, the survival time in paraquat treatment, and the activity of antioxidant enzyme superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and malondialdehyde (MDA) contents. The results showed that the 400 mg/L dose of CPP could significantly increase the fertility of F₁~F₄ generations female and male *Drosophila* generations. Compared with the control, the number of offspring *Drosophila* generations increased by 150% ($p<0.01$), and extended the life span of F₁ to F₄ female and male *Drosophila* generations. The lifespan of offspring *Drosophila* generations increased by 34.07% compared with the control ($p<0.01$). Compared with the control, the survival time of F₁~F₄ generations female and male fruit flies under the acute oxidative damage of paraquat were also prolonged (7.06 and 6.28 h ($p<0.01$), respectively). At the same time, the activities of SOD and CAT in *Drosophila* generations increased ($p<0.01$), and the content of MDA was reduced ($p<0.01$). It indicated that high dose of *Codonopsis pilosula* polysaccharides could increase the reproduction capability and extend the

引文格式:

叶文斌,何玉鹏,陈耀年,等.纹党多糖提高果蝇生命力和抗氧化活性[J].现代食品科技,2020,36(11):42-48

YE Wen-bin, HE Yu-peng, CHEN Yao-nian, et al. Polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* enhances the vitality and antioxidant activity of *Drosophila melanogaster* [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(11): 42-48

收稿日期: 2020-05-29

基金项目: 陇南市科技指导性计划项目(2016-09); 甘肃省高等学校创新能力提升项目(2019A-190)

作者简介: 叶文斌(1982-), 男, 副教授, 研究方向: 天然产物化学与药理、果蔬保鲜及植物生理生态

life span of F₁ to F₄ female and male *Drosophila* generations. After treated with the high dose of *Codonopsis pilosula* polysaccharides, the survival time in paraquat treatment was improved, the contents of MDA in the *Drosophila* generations was reduced and the activity of SOD and CAT or the antioxidant capacity increased rapidly, exhibiting a dosage effect., and the sex ratio of female and male *Drosophila* generations maintain 1:1.

Key words: *Codonopsis pilosula*; polysaccharides; *Drosophila melanogaster*; vitality; antioxidant

党参是桔梗科植物党参 [*Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.] 的根, 主产于甘肃、山西、陕西、四川等省, 是我国传统名贵中药材, 具有补中益气, 健脾益肺之功效, 主治脾肺虚弱, 气短心悸、内热消渴等症^[1,2]。纹党是甘肃道地药材, 甘肃省陇南市为纹党优质种植区域, 而文县出产的纹党品质最好, 纹党中的党参炔苷含量和苍术内酯III都显著高于甘肃其他党参品种, 是中国国家地理标志产品^[3,4]。纹党多糖 (*Codonopsis pilosula* polysaccharide, CPP) 用水溶解后醇沉获得的均一性 CPP1a 和 CPP1c 两种多糖, 相对分子质量和绝对分子质量分别为 1.01×10^5 u 和 1.259×10^5 u, 1.03×10^5 u 和 1.491×10^5 u, 两种多糖主要由鼠李糖、阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖组成^[5], 具有广泛的药理作用, 而且具有依赖性低、毒副作用小、安全性高、疗效好等特点^[6,7]。党参多糖还能促进动物在逆境胁迫下产生抗体, 提高体液免疫水平, 对机体产生的超氧阴离子自由基有很好的清除功能, 还具有很好的抗氧化作用^[8-14]。在治疗中枢神经元缺氧性损伤的脑梗死、降血糖血脂、延缓衰老、提高肠胃动力、提高记忆力、都有明显的效果^[15-18]。

黑腹果蝇 (*Drosophila melanogaste*) 是实验室常见的具有遗传背景清楚、生存期短、繁殖量大、饲养简便、反应灵敏以及其代谢系统、生理功能、性别决定和生长发育等方面同哺乳动物基本相似, 故多应用于生育力、衰老或寿命、功能保健食品评价等方面的研究^[19,20], 在药物和功能食品研究中, 果蝇常用作延缓衰老实验模型, 特别是在遗传生物学和毒理学研究中应用较多^[21,22], 纹党多糖的生物活性研究虽然较多, 主要集中在小鼠和其他哺乳动物的研究上, 但在果蝇寿命以及生命力的研究上报道很少。

为此, 本文采用纹党多糖对黑腹果蝇的生命力和抗氧化活性进行研究, 通过生存实验考察和评价其血糖的作用效果, 以期开发无毒无副作用的抗衰老保健食品和替代药物提供理论依据, 使黄纹党多糖的价值得到充分利用。

1 材料与方法

1.1 实验材料与主要仪器

纹党多糖, 陇南师范高等专科学校农林技术学院实验室提供, 纯度为99.38%, 1.29×10^5 u, 超氧化物歧化酶 (SOD) 试剂盒 (批号20160822)、过氧化氢酶 (CAT) 试剂盒 (批号20170509)、MDA试剂盒 (批号20170729) 均购自南京建成生物工程研究所; 酵母膏购自卡迈舒 (上海) 生物科技有限公司; 恒温生化培养箱, 宁波东南仪器有限公司; 高温灭菌锅, 上海三申医疗器械有限公司; 超净工作台, 山东博科科学仪器有限公司; L5紫外可见分光光度计, 上海仪电分析仪器有限公司; 高速冷冻离心机, 北京时代北利离心机有限公司。

1.2 实验动物

野生型黑腹果蝇 (*Drosophila melanogaster*), 由西北师范大学遗传学实验室提供, 培养于温度为 25 °C, 相对湿度为65%的恒温恒湿培养箱。参考叶文斌^[19-22]的方法, 用250 mL蒸馏水, 28 g玉米粉, 22 g蔗糖, 2.5 g琼脂, 2 mL丙酸和2.5 g鲜酵母加热配制的基本培养基饲喂。

1.3 实验方法

1.3.1 纹党多糖分离提取

参考张培^[5]和叶文斌^[6,7]的方法将纹党将筛选, 切段, 清洗干净后在50 °C烘干, 分别通过粉碎仪粉碎后过100目筛, 用无水乙醇回流脱脂, 50 °C烘干备用, 各取取100 g然后加入500 mL水, 在50 °C温度下热水提取12 h, 将提取的上清液经旋转蒸发器减压浓缩, 用95%的乙醇沉淀分别获得纹党粗多糖。将获取的纹党多糖溶于水, 通过Sevag试剂去蛋白, 通过斐林试剂, 去除铜络合物, 再分别用乙醇、丙酮、乙醚洗涤, 冷冻干燥得洁白纹党多糖粉末, 后经过DEAE-纤维素柱层析, 再过Sephadex G柱纯化后真空冷冻干燥获得的均一性纯化CPP1a和CPP1c两种多糖混合物。

1.3.2 纹党多糖对果蝇寿命的影响实验

纹党多糖配制成 50、100、200 和 400 mg/L 的多糖溶液加入到基本培养基中, 以此建立多糖的 4 个剂量组, 设基本培养基为对照组来饲喂果蝇, 在无菌条件下收集未交配的雌雄果蝇进行隔离培养, 每瓶培养基中各接入 50 只, 两种培养基中各接 10 瓶(5♀, 5♂),

每天定时观察,记录死亡个体数,直到最后一只果蝇死亡,计算后代数量的雌雄性别比,后对统计的数据进行分析整理,比较其与前者死亡率的差异^[19-22],果

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^N L}{N} \text{ 和 } L_{\max} = \frac{\sum_{i=N-3}^N L}{4}$$

来计算。

式中: L 表示果蝇寿命, \bar{L} 为果蝇平均寿命, L_{\max} 为果蝇最高寿命, N 为果蝇总数, i 为果蝇数。

1.3.3 纹党多糖对果蝇生育力的影响实验

在无菌状态下,在 1.3.1 中所述各瓶培养基中接种 10 对未交配的雄果蝇和处女蝇,在恒温生化培养箱中放置 7 d 后移去亲本,待出现子代 (F_1) 果蝇时,按性别分别统计数量和性别比。在观察记录数据的同时,随机取出 10 对未交配的 F_1 代雌雄果蝇重新放入新培养基中作继代培养,进而繁殖孙代 (F_2) 代, F_2 代再继代培养繁殖 F_3 代, F_3 代再继代培养繁殖 F_4 代,对其每处理建立 3 个重复,分别统计出各代果蝇的数量和性别比^[19-22]。

1.3.4 纹党多糖对急性损伤下的果蝇存活时间的影响实验

果蝇分组情况同方法 1.3.1。用 6% 的葡萄糖溶液配制 20 mmol/L 的百草枯溶液备用,将收集的果蝇(不分雌雄)分别隔离培养饥饿 2 h 后,接入培养管中,取配制的百草枯溶液 2 mL 滴在滤纸条上,完全浸湿滤纸条,然后放入培养管中,每隔 4 h 观察果蝇死亡数目,直至果蝇全部死亡,记录每组果蝇的平均存活时间、半数存活时间和最高存活时间^[23,24]。

1.3.5 纹党多糖对果蝇抗氧化活性的影响实验

将恒温恒湿条件下培养了 30 d 的 50 只果蝇,移到含有湿润滤纸的空白培养管中,用乙醚将果蝇麻醉、称重后放到在 4 °C 条件下预冷了的研钵中,然后在研钵中按 49:1 ($\mu\text{L}/\text{mg}$) 的比例加入提前预冷了的生理盐水,进行充分的研磨,再经过 3500 r/min 的冷冻离心机离心 15 min,离心半径为 3 cm,离心完成后取上清液来测定红芪加工废弃物多糖对果蝇抗氧化能力的影响^[19-22]。再通过使用超氧化物歧化酶 (SOD) 的试剂盒、过氧化氢酶 (CAT) 的试剂盒、丙二醛 (MDA) 的试剂盒及蛋白质的试剂盒来测定上清液中 SOD 活力、CAT 活力和丙二醛 MDA 的含量。在测定过程中所使用的试剂必须严格的按照试剂盒说明书配制,测定的方法也要严格遵循试剂说明书的操作来进行操作。

1.3.6 数据统计与分析

实验所有数据通过 SPSS 17.0 软件来统计分析,实验结果的对照与各处理的显著性检验用单因素方差

来进行分析, $p < 0.05$ 表示显著差异有统计学意义, $p < 0.01$ 表示极显著差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 纹党多糖对果蝇生育力的影响

纹党多糖对果蝇世代生育力和性别比的影响如图 1 和 2 所示。随着纹党多糖浓度的升高, $F_1 \sim F_4$ 代雌、雄果蝇数量均呈现出升高的趋势。在多糖浓度为 50 mg/L 时, $F_1 \sim F_4$ 代雌、雄果蝇数量均比对照组高,果蝇数量和对照组相比,在统计学上有显著差异 ($p < 0.05$); 当多糖的浓度为大于 100 mg/L 时, $F_1 \sim F_4$ 代雌、雄果蝇数量和对照组相比,在统计学上有极显著差异 ($p < 0.01$), 当多糖的浓度为 400 mg/L 时 $F_1 \sim F_4$ 代雌、雄果蝇数量是对照数量的 150% 左右; 当多糖的浓度在 50~400 mg/L 之间时, $F_1 \sim F_4$ 代雌、雄果蝇数量的比值变化幅度不明显, 总体的比值接近 1:1。

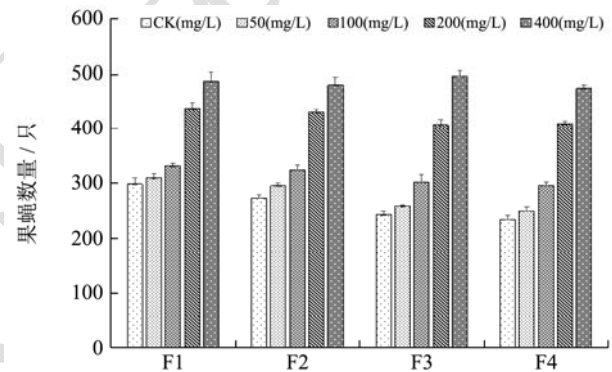


图 1 纹党多糖对雌性果蝇世代生育力影响

Fig.1 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on generational fertility of female fruit flies

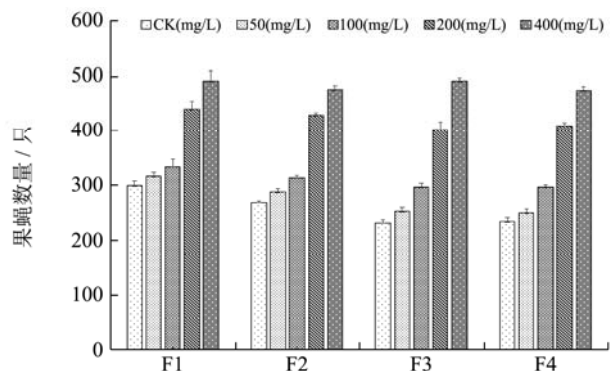


图 2 纹党多糖对雄性果蝇世代生育力影响

Fig.2 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on generational fertility of male fruit flies

2.2 纹党多糖对果蝇寿命的影响

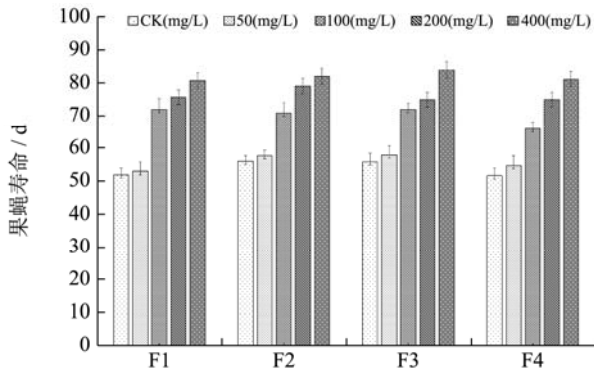


图3 纹党多糖对雌性果蝇世代寿命的影响

Fig.3 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on generational life of female fruit flies

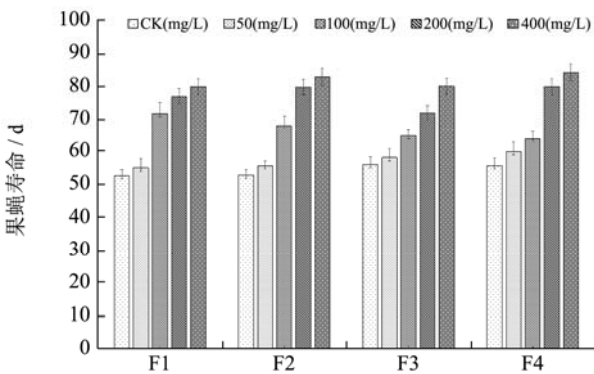


图4 纹党多糖对雄性果蝇世代寿命的影响

Fig.4 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on generational life of male fruit flies

纹党多糖对果蝇世代寿命的影响如图3和4所示。随着纹党多糖浓度的升高，F₁~F₄代雌、雄果蝇的寿命均呈出升高的趋势。当多糖浓度为50 mg/L时，F₁~F₄代雌、雄果蝇的寿命，与对照组相比成显著差异 ($p < 0.05$)。纹党多糖浓度在100~300 mg/L时，F₁~F₄代雌、雄果蝇寿命，都与对照组相比存在极显著差异 ($p < 0.01$)。纹党多糖浓度在400 mg/L时延长F₁~F₄代雌、雄果蝇寿命，与对照相比后代果蝇寿命增加了34.07% ($p < 0.01$)，结果表明纹党多糖对果蝇寿命的具有明显的延长作用。

2.3 纹党多糖对急性损伤下果蝇存活时间的影响

纹党多糖在百草枯急性损伤下果蝇存活时间的影响如图5和6所示。在百草枯处理下，饲喂纹党多糖浓度在50 mg/L时F₁~F₄代雌、雄果蝇存活时间与对照组相比显著降低 ($p < 0.05$)。100~300 mg/L时F₁~F₄代雌、雄果蝇存活时间与对照组相比显著提高 ($p < 0.05$)。饲喂多糖浓度在400 mg/L时，百草枯处理F₁~F₄代雌果蝇平均存活时间比对照增加了约7.06

h，半数存活时间比对照增加了约6.89 h，最长存活时间比对照增加了约5.03 h；在400 mg/L时，百草枯处理F₁~F₄代雄果蝇平均存活时间比对照增加了约6.28 h，半数存活时间比对照增加了约4.6 h，最长存活时间比对照增加了约3.39 h；结果表明纹党多糖对百草枯处理急性损伤下果蝇存活时间具有明显的延长作用，在百草枯急性处理下雌性果蝇存活时间比雄性果蝇时间要长。

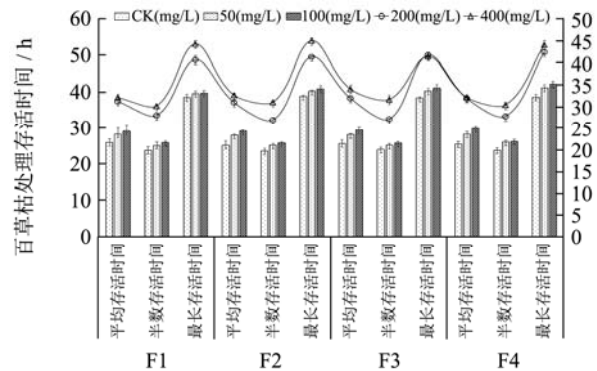


图5 纹党多糖对百草枯急性处理雌性果蝇存活时间的影响

Fig.5 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on the survival time in paraquat treatment of female fruit flies

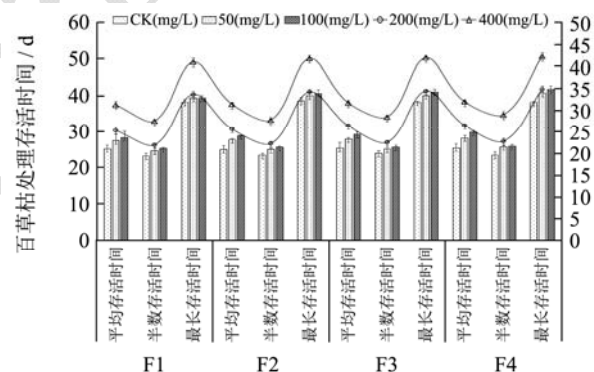


图6 纹党多糖在百草枯急性处理雄性果蝇存活时间的影响

Fig.6 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on the survival time in paraquat treatment of male fruit flies

2.4 纹党多糖对果蝇抗氧化酶的影响

不同浓度纹党多糖对雌、雄果蝇体内SOD活性的影响结果如图7和8所示。当纹党多糖浓度为50 mg/L时，与其他浓度相比，F₁~F₄代雌、雄果蝇体内SOD活性都最低，与对照相比存在显著差异 ($p < 0.05$)；随着多糖浓度的升高，F₁~F₄代雌、雄果蝇体内SOD活性均呈现出升高的趋势，当多糖浓度升高到100 mg/L时，F₁~F₄代雌、雄果蝇体内SOD活性逐渐升高，与对照相比SOD活性升高存在显著差异 ($p < 0.05$)。当多糖浓度为200~300 mg/L时，F₁~F₄代雌、雄果蝇

体内 SOD 活性与对照相比存在极显著差异 ($p < 0.01$)，当多糖浓度为 400 mg/L 时，F₁~F₄ 代雌、雄果蝇体内 SOD 活性与对照相比，升高了 220% 左右 ($p < 0.01$)。

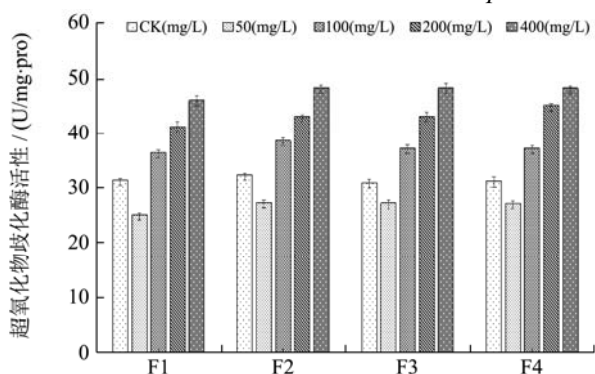


图 7 纹党多糖对雌性果蝇超氧化物歧化酶的影响

Fig.7 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on superoxide dismutase activity of female fruit flies

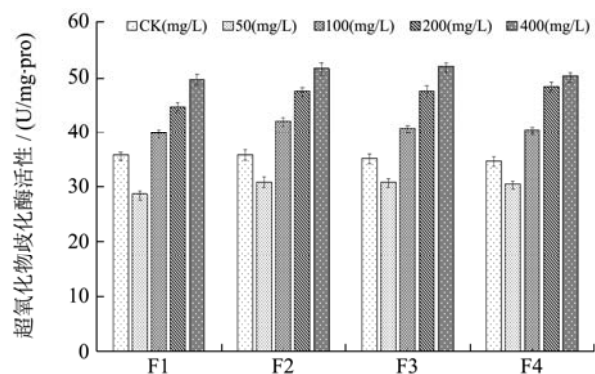


图 8 纹党多糖对雄性果蝇超氧化物歧化酶的影响

Fig.8 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on superoxide dismutase activity of male fruit flies

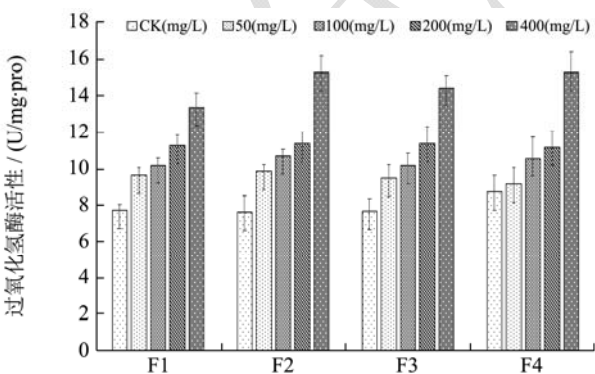


图 9 纹党多糖对雌性果蝇过氧化氢酶的影响

Fig.9 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on catalase activity of female fruit flies

不同浓度纹党多糖对果蝇体内 CAT 活性的影响结果如图 9 和 10 所示。随着纹党多糖浓度的升高，F₁~F₄ 代雌、雄果蝇体内 CAT 活性均呈现出升高的趋势。当多糖浓度为 50 mg/L 时，F₁~F₄ 代雌、雄果蝇体

内 CAT 活性与对照相比存在显著升高 ($p < 0.05$)，当多糖浓度为 100~300 mg/L 时，F₁~F₄ 代雌、雄果蝇体内 CAT 活性升高明显，与对照相比存在极显著差异 ($p < 0.01$)，当多糖浓度为 400 mg/L 时 F₁~F₄ 代雌、雄果蝇体内 CAT 活性与对照相比升高了 230% 左右。

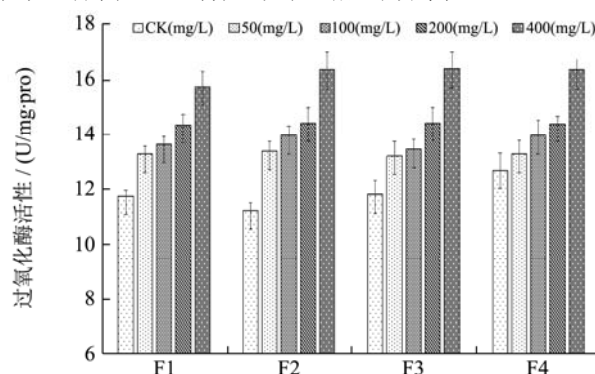


图 10 纹党多糖对雄性果蝇过氧化氢酶的影响

Fig.10 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on catalase activity of male fruit flies

2.5 纹党多糖对果蝇丙二醛含量的影响

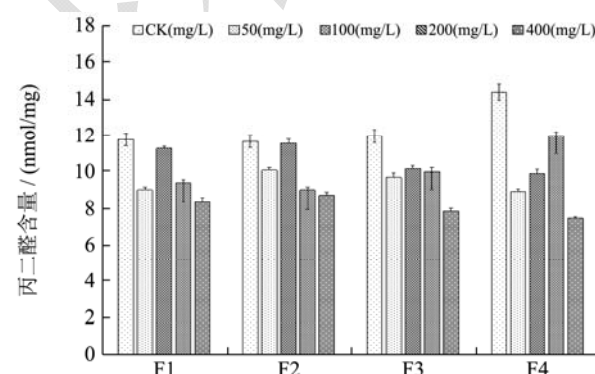


图 11 纹党多糖对雌性果蝇丙二醛含量的影响

Fig.11 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on malondialdehyde contents of female fruit flies

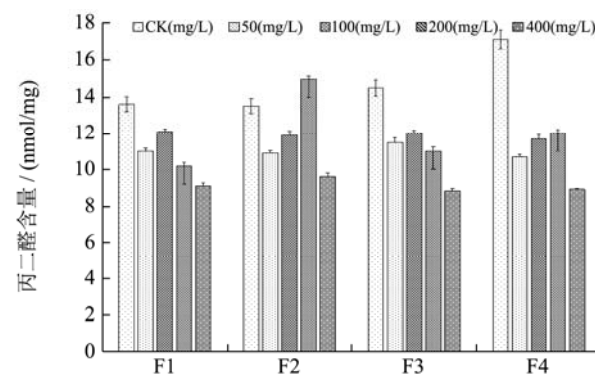


图 12 纹党多糖对雄性果蝇丙二醛含量的影响

Fig.12 Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* processed waste on malondialdehyde contents of male fruit flies

不同浓度纹党多糖对果蝇体内 MDA 含量的影响如图 11 和 12 所示。随着纹党多糖浓度的升高, F₁~F₄ 代雌、雄果蝇体内 MDA 含量均呈现出先升高后降低的趋势。当纹党多糖浓度为 50 mg/L 和 400 mg/L 时, F₁~F₄ 代雌、雄果蝇体内的 MDA 含量均低于对照组 ($p < 0.01$); 当多糖浓度为 100 mg/L 和 200 mg/L 时, MDA 含量略有升高, 与对照组相比整体低于对照组。这也说明, 随着多糖浓度的升高, 果蝇的清除 MDA 的能力逐渐提高, 果蝇的抗氧化作用也逐渐增强。结果表明纹党多糖能显著提高 F₁~F₄ 代雌、雄果蝇世代 SOD 和 CAT 活性和降低 MDA 含量, 提高了果蝇的抗氧化能力和生命力。同时还发现, 在不同多糖浓度处理下雌性果蝇体内 SOD、CAT 活性和 MDA 含量均低于雄性果蝇体内的含量, 这也说明, 雄性果蝇的抗氧化作用强于雌性果蝇。

3 结论

3.1 本研究探讨了不同浓度的纹党多糖对黑腹果蝇生育力和寿命及抗氧化能力的影响。并以抗氧化酶 SOD 和 CAT 活性以及脂质过氧化酶产物 MDA 含量为指标评价了的抗氧化活性, 测定了百草枯急性氧化损伤下的存活时间, 结果表明, 纹党多糖能显著提高 F₁~F₄ 代雌、雄果蝇世代生育力, 延长寿命, 降低果蝇体内 MDA 含量, 升高了 SOD 和 CAT 的活性, 延长百草枯急性氧化损伤下果蝇的存活时间, 提高了果蝇的抗氧化能力和生命力, 促进了生殖能力, 雄性果蝇的抗氧化作用强于雌性果蝇, F₁~F₄ 代雌、雄果蝇数量的比值变化不大, 总体接近于 1:1。

3.2 果蝇的衰老与体内自由基的水平、抗氧化能力及甲基化水平密切相关, 过多的自由基与细胞膜中不饱和脂肪酸发生反应, 可破坏 DNA 及蛋白质等生物大分子的结构, 进而导致疾病的产生甚至死亡^[19-23]。百草枯是一种速效触杀型除草剂, 具有较强毒性, 它能够产生超氧阴离子自由基, 进而对机体产生氧化损伤, 双氧水是一种活性氧, 可以发生化学反应产生羟基自由基, 可参与活细胞的代谢反应产生功能性衰退, 从而对机体造成氧化损伤^[24]。纹党多糖是一种具有多种生物活性功能的大分子物质^[4-18], 当多糖饲喂果蝇后, 对果蝇体内 SOD、CAT 活力以及 MDA 含量产生了较为明显的影响, 这种结果已经表明纹党多糖与果蝇生育力, 寿命和衰老之间存在特定的关系, MDA 是果蝇受到外界胁迫刺激而体内细胞膜多不饱和脂肪酸受自由基作用产生的过氧化脂质的分解产物, 当与蛋白质、肽类等大分子聚合后会引起机体的衰老, 从而影响果蝇的寿命^[19-22], SOD 和 CAT 都具有一定的抗氧

化活性, 能够清除生物体内自由基并通过减少脂质过氧化过程而延缓衰老^[19-22], 当纹党多糖浓度较高时, MDA 含量急剧降低, SOD 和 CAT 的抗氧化活性显著升高, 这种现象可能是多糖分子参与机体复杂生物化学反应, 刺激果蝇主动启动 SOD 和 CAT 清除体内产生的 MDA 等自由基, 促使升高了两者的量^[4-18], 来主动增强果蝇的抗性, 同时间接促进生育能力和寿命。这将为纹党多糖开发成为延缓衰老、延长寿命与提高生育力的保健功能食品和药品提供理论依据。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 2005 版[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 199
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China, 2005 [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 199
- [2] 陈克克. 中药党参的研究概况[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2008, 10(2): 33-39
CHEN Ke-ke. Research progress in *Codonopsis pilosula* [J]. Journal of Xi'an University of Arts and Sciences (Natural Science Edition), 2008, 10(2): 33-39
- [3] 王炯蓉, 许小红, 宁俊艳, 等. 甘肃省不同产地党参中党参炔苷的含量分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2019, 29(23): 2821-2824
WANG Jiong-rong, XU Xiao-hong, NING Jun-yan, et al. Analysis of lobetyolin content in *Radix Codonopsis* from different producing areas in Gansu Province [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2019, 29(23): 2821-2824
- [4] 刘书斌, 李成义, 常耀成, 等. 甘肃不同产地商品纹党的质量比较研究[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(3): 707-708
LIU Shu-bing, LI Cheng-yi, CHANG Yao-cheng, et al. Comprehensive quality evaluation of gansu *Radix Codonopsis* of different Regions [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2017, 28(3): 707-708
- [5] 张培. 纹党果胶多糖 CPP1c 结构解析、抗肿瘤活性及免疫活性研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2016
ZHANG Pei. Structural characterization, anti-tumor and immune activity of CPP1c, a pectic polysaccharide from *Wen Dangshen* [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2016
- [6] 叶文斌, 樊亮. 纹党多糖对四氧嘧啶诱导糖尿病大鼠血糖血脂的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(20): 359-363
YE Wen-bin, FAN Liang. Effect of polysaccharides extract from *Codonopsis pilosula* on glycemia and lipidemia in alloxan-induced diabetic rats [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(20): 359-363

- [7] 叶文斌,樊亮,何九军,等.纹党多糖添加食品添加剂的流变性研究[J].包装与食品机械,2015,33(2):21-24
YE Wen-bin, FAN Liang, HE Jiu-jun. Rheological study on polysaccharide from *Codonopsis pilosula* [J]. Packaging and Food Machinery, 2015, 33(2): 21-24.
- [8] 唐清秀,程国权,张晓文.党参精及党参多糖对 C₅₇BL/6 小鼠免疫功能的影响[J].地方病通报,1996,10(1):1-3
TANG Qing-xiu, CHEN Guo-quan, ZHANG Xiao-wen. Effects of *Codonopsis Pilosula* extract and *Codonopsis Pilosula* polysaccharide on immune function of C₅₇BL/6 mice [J]. Endemic Disease Bulletin, 1996, 10(1): 1-3
- [9] 曹丽,罗崇念,卞庆亚,等.党参多糖对鸡 IL-2 活性和淋巴细胞增殖反应的促进作用[J].中兽医医药杂志,2004,22(1):3-4
CAO Li, LUO Chong-nian, BIAN Qing-ya, et al. Promotive effect of *Codonopsis pilosula* polysaccharide on IL-2 inductive activity and lymphocyte proliferative reaction in chickens [J]. Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine, 2004, 22(1): 3-4
- [10] 李艳,孙萍,刘霞,等.新疆党参多糖的提取、含量分析及免疫功能的初步研究[J].中成药,2005,28(7):839-840
LI Yan, SUN Ping, LIU Xia, et al. Study on extraction, content analysis and immune function of polysaccharides from *Codonopsis pilosula* [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2005, 28(7): 839-840
- [11] 杨光,李发胜,刘辉,等.党参多糖对小鼠免疫功能的影响[J].中药药理与临床,2005,21(4):39
YANG Guang, LI Fa-sheng, LIU Hui, et al. Effects of *Codonopsis pilosula* polysaccharide on immune function in mice [J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2005, 21(4): 39
- [12] 张晓君,祝晨,胡黎,等.党参多糖对小鼠免疫和造血功能的影响[J].中药新药与临床药理,2003,13(3):174-176
ZHANG Xiao-jun, ZHU Chen-chen, HU Li, et al. Pharmacological action of polysaccharides from *Radix Codonopsis* on immune function and hematopoiesis in mice [J]. Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology, 2003, 13(3): 174-176
- [13] 李贵荣,杨胜圆.党参多糖的提取及其对活性氧自由基的清除作用[J].化学世界,2001,41(8):421-422,434
LI Gui-rong, YANG Sheng-yuan. Extraction of *Codonopsis pilosula* polysaccharide and its effects of anti-active oxygen free radicals [J]. Chemical World, 2001, 41(8): 421-422, 434
- [14] 杨瑾,刘杰书,袁德培.板桥党参多糖体内抗肿瘤活性实验研究[J].中国处方药,2014,12(3):25-26
YANG Jin, LIU Jie-shu, YUAN De-pei. Experimental study on antitumor activity of polysaccharides from *Codonopsis lanceolata* in vivo [J]. Journal of China Prescription Drug, 2014, 12(3): 25-26
- [15] 武冰峰,杨娟,谢红,等.党参多糖对神经干细胞硫代硫酸钠损伤的保护作用[J].时珍国医国药,2008,10(2):280-281
WU Bing-feng, YANG Juan, XIE Hong, et al. Protective effect of polysaccharides from *Codonopsis pilosula* on neural stem cell injury induced by Na₂S₂O₃ [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2008, 10(2): 280-281
- [16] 郭晓农,王兵,张念姣,等.党参多糖对 D-半乳糖衰老模型小鼠的影响[J].中兽医医药杂志,2014,32(3):45-47
GUO Xiao-nong, WANG Bing, ZHANG NIAN-Jiao, et al. Effects of polysaccharide from *Codonopsis pilosula* on D-galactose induced model of aging mice [J]. Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine, 2014, 32(3): 45-47
- [17] 马方励,沈雪梅,时军.党参多糖对实验动物胃肠道功能的影响[J].安徽医药,2014,14(9):1626-1630
MA FANG-li, SHEN Xue-mei, SHI Jun. Effect of codonopsis polysaccharide on gastrointestinal tract of experimental rats and mice [J]. Anhui Medical and Pharmaceutical Journal, 2014, 14(9): 1626-1630
- [18] 郭晓农,戚欢阳,王兵,等.党参多糖对衰老模型小鼠的抗衰老作用[J].中国老年学杂志,2013,32(21):5371-5372
GUO Xiao-nong, QI Huan-yang, WANG Bing, et al. Anti-aging effects of polysaccharide from *Codonopsis pilosula* on the model of aging mice [J]. Chinese Journal of Gerontology, 2013, 32(21): 5371-5372
- [19] 叶文斌,王昱,何九军,等.Hg²⁺对果蝇寿命和生育力及酯酶同工酶的影响[J].甘肃高师学报,2012,17(5):24-28
YE Wen-bin, WANG Yu, HE Jiu-jun, et al. Effects of Hg²⁺ on the reproductive capacity and longevity and esterase isozyme of *Drosophila melanogaster* [J]. Journal of Gansu Normal College, 2012, 17(5): 24-28
- [20] 叶文斌,何玉鹏,文晓晓,等.Pb²⁺对果蝇生育力和寿命及抗氧化能力的影响[J].首都师范大学学报(自然科学版),2019,40(3):44-49
YE Wen-bin, HE Yu-peng, WEN Xiao-xiao, et al. Effects of Pb²⁺ on fertility and life span and antioxidant capacity of fruit Flies [J]. Journal of Capital Normal University(Natural Sciences Edition), 2019, 40(3): 44-49

(下转第 60 页)