

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.05.016

曹锋华, 谢颂钰, 李晓敏, 等. 蛹虫草面条缓解小鼠体力疲劳及对血脂浓度影响的研究[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(5): 197-204.

CAO F H, XIE S Y, LI X M, et al. Effect of cordyceps militaris noodles on alleviating physical fatigue and concentration of serum lipids in mouse[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(5): 197-204.

蛹虫草面条缓解小鼠体力疲劳及对血脂浓度影响的研究

曹锋华^{1,2}, 谢颂钰^{1,2}, 李晓敏^{1,2}, 吴文雅^{1,2}, 吴小平^{1,2}, 张君丽³, 傅俊生^{1,2}✉

1. 福建农林大学 生命科学学院, 福建 福州 350002;
2. 福建农林大学 菌物研究中心, 福建 福州 350002;
3. 西藏自治区农牧科学院 蔬菜研究所, 西藏 拉萨 850000)

摘要: 制备蛹虫草面条并研究其对缓解小鼠体力疲劳及血脂浓度的影响。将小鼠分为饲料组、空白面条组、低剂量蛹虫草面条组和高剂量蛹虫草面条组, 建立游泳疲劳动物模型, 记录各组小鼠的力竭游泳时间, 并测定各组小鼠体内关于疲劳、血脂浓度的相关指标。结果表明: 各组小鼠体重增长无明显差异; 与饲料组、空白面条组相比, 蛹虫草面条组能高效延长小鼠力竭游泳时间 ($P<0.01$), 高剂量组小鼠的平均力竭游泳时间可达 3 817.50 s, 是饲料组的 2.33 倍, 是空白面条组的 2.35 倍; 在面条中添加高剂量的蛹虫草粉能够显著提高小鼠乳酸脱氢酶、高密度脂蛋白的含量, 增加糖原的储备量, 抑制血清中尿素氮的堆积, 降低甘油三酯、总胆固醇的含量 ($P<0.05$)。蛹虫草面条不影响小鼠正常生长发育, 且具有显著地缓解体力疲劳、降低体内血脂浓度的功效。

关键词: 蛹虫草; 面条; 缓解疲劳; 力竭游泳; 血脂浓度

中图分类号: TS211 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)05-0197-08

Effect of *Cordyceps militaris* Noodles on Alleviating Physical Fatigue and Concentration of Serum Lipids in Mouse

CAO Feng-hua^{1,2}, XIE Song-yu^{1,2}, LI Xiao-min^{1,2}, WU Wen-ya^{1,2},
WU Xiao-ping^{1,2}, ZHANG Jun-li³, FU Jun-sheng^{1,2}✉

- (1. College of Life Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;
2. Mycological Research Center, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;
3. Vegetable Research Institute, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa, Tibet 850000, China)

Abstract: This research studied the effect of *cordyceps militaris* noodles on alleviating physical fatigue and concentration of serum lipids in mouse. The mouse were divided into feed group, blank noodle group, low dose of *C.militaris* noodles group and high dose of *C.militaris* noodles group, and the animal model of swimming fatigue was established. The exhausted swimming time of mouse in each group was recorded, and

收稿日期: 2022-04-30

基金项目: 特色食用菌种质资源创新研究与菌种繁育关键技术集成示范 (XZ202001ZY0041N)

Supported by: Innovative Research of Characteristic Edible Fungi Germplasm Resources and Integrated Demonstration of Key Techniques for Strain Breeding (No. XZ202001ZY0041N)

作者简介: 曹锋华, 女, 1997 年出生, 在读硕士生, 研究方向为食用菌。E-mail: 1191754736@qq.com.

通讯作者: 傅俊生, 男, 1981 年出生, 博士, 副教授, 研究方向为食用真菌遗传与育种。E-mail: fujunsheng81@163.com.

the related indexes of alleviating physical fatigue and affecting lipid concentration in mouse were measured. The results show that there was no significant difference in body weight of mouse in each group. Compared with feed group and blank noodle group, *Cordyceps militaris* noodles could effectively prolong the exhausted swimming time of mouse ($P < 0.01$), and the average exhausted swimming time of mouse in high dose group was 3 817.50 s, which was 2.33 times of that in feed group and 2.35 times of that in blank noodle group. The adding of high dose of *C.militaris* to noodles significantly increased the contents of lactate dehydrogenase and high-density lipoprotein, increased the storage of glycogen, inhibited the accumulation of urea nitrogen in serum, and decreased the contents of triglyceride and total cholesterol ($P < 0.05$). *C.militaris* noodles had no effect on normal growth and development of mouse, and could significantly relieve physical fatigue and maintain blood lipid concentration in vivo.

Key words: *Cordyceps militaris*; noodles; alleviate physical fatigue; exhaustive swimming; blood lipid concentration

人们对于饮食健康问题日益关注,药食同源广泛被大众所接受。许多菌类既是食物也是药物,他们在饮食和机体保健上能够发挥极大的作用。蛹虫草[*Cordyceps militaris* (L.) Fr.] 又名北虫草、北冬虫草,早在 2009 年蛹虫草就已被卫生部列为新资源食品^[1]。研究表明蛹虫草内含有核苷类、多糖类、氨基酸和蛋白质等多种有效成分^[2],使其具备降脂、抗疲劳、抑制流感病毒、抗炎等药理功效^[3-7]。面条作为中国的传统主食之一,承载着中华民族深厚的情感,多元化的民族文化差异演化出不同的面食文化^[8]。但总的来说,面条只有具备营养价值高、口感好以及口味多元化等特点,才能在众多同类型产品中脱颖而出^[9]。

当代社会,快节奏的生活和越发繁重的工作压力迫使年轻人不能够长时间保持精力充沛,疲劳问题逐渐蔓延到各个年龄段的人群,是影响健康的严重问题之一。现代研究对运动性疲劳的产生原因大多总结为机体神经系统的平衡状态被打破、乳酸代谢速率降低等^[10]。目前,高血压、高血脂等疾病的发病率成倍上升,其中高脂血症是由于膳食中脂肪含量过高引起的^[11]。中医认为肝肾两虚和痰阻血瘀是高脂血症的两大病因,而西医认为高脂血症与人体摄入脂肪含量有着密切联系^[12-13]。因此,合理的膳食结构有利于预防高脂血症的发生、增强机体抗疲劳能力,对人体健康有着重要意义。

蛹虫草缓解体力疲劳和辅助降血脂功效的研

究早已开展,目前市场上已有利用蛹虫草制作的口服液、虫草片等食品或药品^[14-16]。本文探究了蛹虫草面条的抗疲劳及降低血脂浓度作用效果,分析了与之相关的各项指标的变化趋势,证明蛹虫草面条具有一定市场价值。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

蛹虫草子实体:灯塔市众信农业科技有限公司;高筋面粉(蛋白质 21%、脂肪 2%、碳水化合物 24%):内蒙古祥泰食品有限公司;谷朊粉(蛋白质 129%、脂肪 1%、碳水化合物 4%)、土豆淀粉(蛋白质 0%、脂肪 0%、碳水化合物 28.0%):安琪酵母股份公司;食盐:市售;SPF 级健康成年小鼠,体质量 18~22 g:吴氏实验动物;小鼠乳酸脱氢酶(Lactate Dehydrogenase, LDH)、小鼠尿素氮(Blood Urea Nitrogen, BUN)、小鼠糖原测定试剂盒(Glycogen):南京建成生物工程研究所。

1.2 仪器与设备

600Y 型多功能粉碎机:永康市铂欧五金制品有限公司;FKM 型面条机:俊媳妇压面机有限公司;5804R 型高速冷冻离心机:德国艾本德股份公司;WP-UP-111-20 型超纯水设备:四川沃特尔水处理设备有限公司;DHG-9240A 型电热鼓风干燥箱/HWS12 型电热恒温水浴锅:上海一恒科技有限公司;Varioskan LUX 型多功能酶标仪:美

国赛默飞世尔科技公司。

1.3 试验方法

1.3.1 蛹虫草面条制作

制备蛹虫草粉,用多功能粉碎机将蛹虫草子实体研磨后过100目筛,备用;将高筋面粉、淀粉、蛹虫草粉、水按照一定比例混匀,手工和面揉至面团;将揉好的面团放入面条机,制成表面光滑的面带,再将面带放入面条机,制成面条;将制好的面条放入电热鼓风干燥箱,70℃,30 min,取出待用。参照《面条用小麦粉》LS/T 3202—1993的面条评分标准,对蛹虫草面条按照色泽、外观状态、适口性等进行评价,最终选定评价最好的两个剂量组按蛹虫草粉添加量分为低剂量蛹虫草面条组和高剂量蛹虫草面条组。

1.3.2 试验分组

将小鼠随机分为饲料组(Feed Group, FE)、空白面条组(Control Noodle Group, ND)、低剂量蛹虫草面条组(Low Dose of *Cordyceps militaris* noodles Group, LCN)、高剂量蛹虫草面条组(High Dose of *Cordyceps militaris* noodles Group, HCN),每组8只小鼠,保持温度25℃,湿度60%~70%,自由进食饲料及水,适应性饲养7天,试验饲养7天,共14天,于试验饲养第8天游泳试验结束小鼠力竭状态下立即处死。饲养期间供给足够食物及水,保持25℃、湿度60%~70%,试验期间,每周称量小鼠体重并记录。

1.3.3 小鼠游泳试验

适应性饲养结束后对小鼠进行适应性游泳培训,最后一次将小鼠置于水温25℃、水深30 cm的自制游泳箱(50*50*40 cm)中进行游泳试验,期间不停搅动游泳箱中的水使小鼠保持游泳状态,小鼠力竭游泳时间以小鼠头部沉入水中5 s且不再浮出水面为记。

1.3.4 缓解疲劳相关指标测定

小鼠游泳力竭状态下,立即将小鼠从游泳箱中捞出,将小鼠脱颈处死后立即摘眼球取血,放入低温高速离心机中3 000 r/min,4℃,离心2 min,取上清,重复一次。收集血清放入-20℃冰箱保存。小鼠处死后,解剖取其肝脏、肱四头肌、腓肠肌,PBS清洗三次,放入-80℃冰箱备用。参

照试剂盒说明书采用酶标法检测小鼠乳酸脱氢酶活性、脲酶法检测小鼠尿素氮含量、采用试剂盒测定小鼠肝糖原、肌糖原含量。

1.3.5 血脂相关指标测定

将小鼠血清离心稀释,送至中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院由全自动生化分析仪测定总胆固醇(Total Cholesterol, TC)、甘油三酯(Triglyceride, TG)、高密度脂蛋白(High-Density Lipoprotein, HDL)的浓度。检测结果由中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院检验科出具。

1.3.6 血清其他生化指标测定

将小鼠血清离心稀释,送至中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院由全自动生化分析仪测定总蛋白(Total Protein, TP)、白蛋白(Albumin, ALB)浓度。检测结果由中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院检验科出具。

1.4 数据分析

采用SPSS 25进行数据分析,不同处理组之间比较采用t检验,试验数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,* $P < 0.05$ 表示显著差异,** $P < 0.01$ 表示极显著差异,当 $P < 0.05$ 时,认为差异具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 蛹虫草面条外观

蛹虫草添加量对面条的色泽、外观状态、适口性等评价指标影响较为明显。根据蛹虫草面条的色泽、外观状态、适口性等评价,试验确定了低剂量蛹虫草面条组和高剂量蛹虫草面条组的配方,其中谷朊粉、淀粉、蛹虫草粉添加量百分比均以占面粉的质量的百分比表示。如图1所示,低剂量蛹虫草面条组面条的颜色呈现淡黄色,面条适口性适中,外观细密光滑;高剂量蛹虫草面条组面条颜色呈现金黄色,面条有嚼劲弹性较好。

空白面条组:高筋面粉,谷朊粉(18.75%),淀粉(6.25%),盐(0.37%)。

低剂量蛹虫草面条组:高筋面粉,谷朊粉(18.75%),淀粉(12.50%),虫草粉(6.25%),盐(0.37%)。

高剂量蛹虫草面条组:高筋面粉,谷朊粉

(25%), 淀粉 (12.50%), 虫草粉 (12.50%), 盐 (0.37%)。

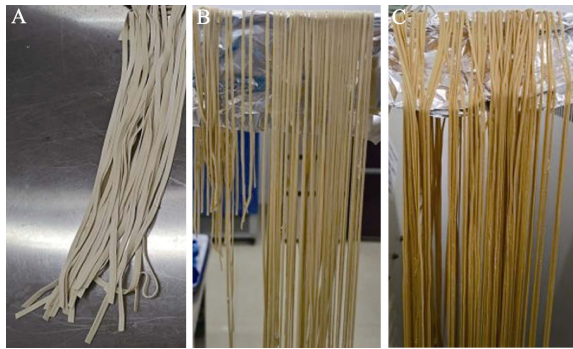


图 1 试验组蛹虫草面条表观

Fig.1 Apparent characteristics of *cordyceps militaris* noodles in experimental group

注: A. 空白面条组; B. 低剂量蛹虫草面条组; C. 高剂量蛹虫草面条组。

Note: A. ND; B. LCN; C. HCN.

2.2 蛹虫草面条对小鼠体重的影响

探究小鼠体重变化如表 1 所示, 通过一段时间饲喂, 记录各组小鼠增重情况, 发现各组小鼠体重均稳定增加, 不存在小鼠发育异常的情况;

表 1 各试验组小鼠体重差异

Table 1 Differences in body weight of mouse in each group g

组别	体重		
	0 周	1 周	2 周
饲料组 FE	20.53±1.70	21.14±2.11	22.06±2.47
空白面条组 ND	21.62±2.03	22.39±1.71	23.16±1.48
低剂量组 LCN	23.00±1.20	24.58±0.59	24.72±0.34
高剂量组 HCN	22.39±1.31	23.55±1.60	23.80±1.25

注: 与饲料组对比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 与空白面条组对比, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$ 。

Note: Compared with FE, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; compared with ND, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$.

在饲喂期间各组小鼠进食正常, 未出现不良反应或死亡现象; 试验结束后, 解剖小鼠时亦未发现异常; 故蛹虫草面条能为小鼠的生长发育提供正常能量。

2.3 蛹虫草面条对小鼠肝脏形态和肝脏指数的影响

肝脏是机体进行脂质代谢的主要场所, 肝指数可用于体现肝脏的损伤程度^[17]。与饲料组、空白面条组相比, 两个试验组的肝脏重量与肝指数

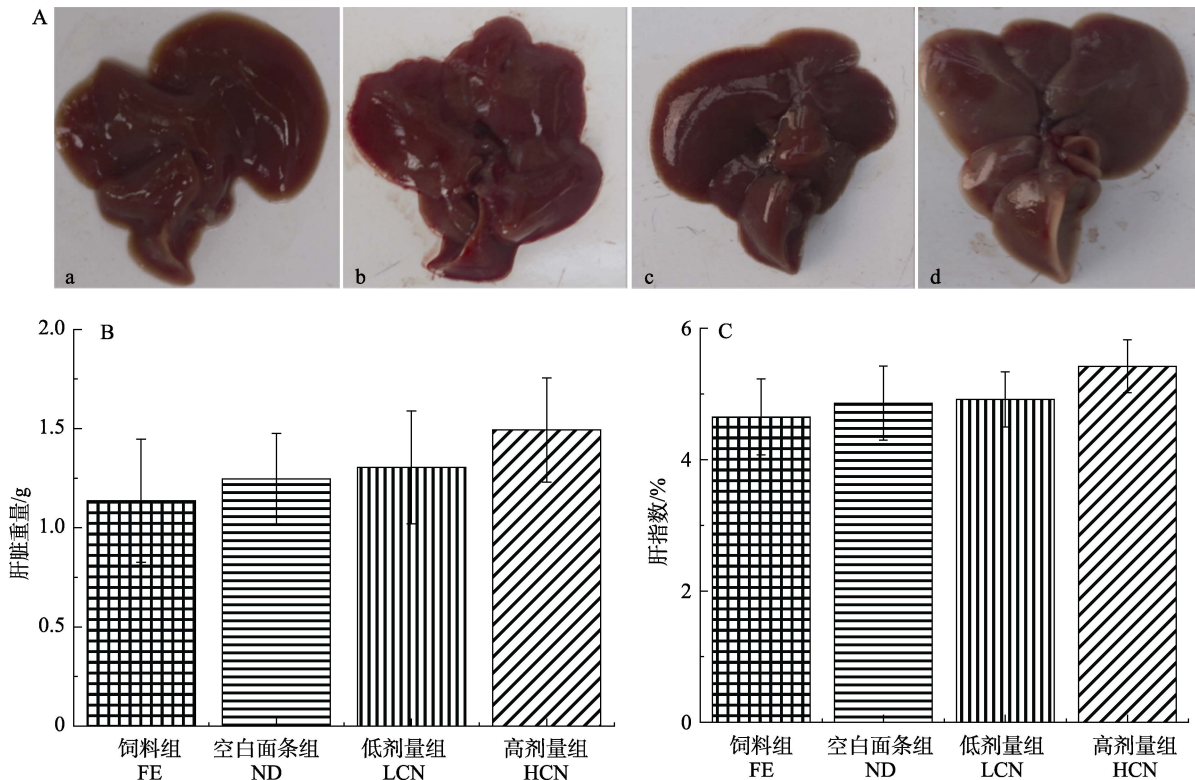


图 2 蛹虫草面条对小鼠肝脏重量和肝指数的影响

Fig. 2 Effects of *cordyceps militaris* noodles on the liver weight and liver index of mouse

注: A. 小鼠肝脏形态 (a. FE; b. ND; c. LCN; d. HCN); B. 小鼠肝重; C. 小鼠肝指数。

Note: A. The hepatic morphology of mouse (a. FE; b. ND; c. LCN; d. HCN); B. The liver weight of mouse; C. The liver index of mouse.

无显著性差异($P>0.05$)。各组小鼠肝脏颜色暗红,表面光滑且有弹性,表明在试验期间蛹虫草面条对小鼠的肝脏未造成影响。

2.4 蛹虫草面条对小鼠力竭游泳时间的影响

蛹虫草面条对小鼠力竭游泳时间的影响如图3所示数据,发现饲料组与空白面条组两组小鼠的力竭游泳时间基本一致,低剂量组试验小鼠的平均力竭游泳时间为2409.67 s,是饲料组小鼠的平均力竭游泳时间的1.47倍,空白面条组的1.49倍;高剂量组试验小鼠的平均力竭游泳时间可达3817.50 s,是饲料组的2.33倍,是空白面条组的2.35倍。提高耐力能够有效增强抗疲劳能力,游泳通过引起细胞代谢和功能紊乱使机体产生疲劳,因而游泳时间的长短能准确反应出小鼠的疲劳程度^[18]。试验证明在饲养中添加低剂量蛹虫草能够有效的延长小鼠的游泳时间,且适当增加蛹虫草剂量可延长游泳时间。

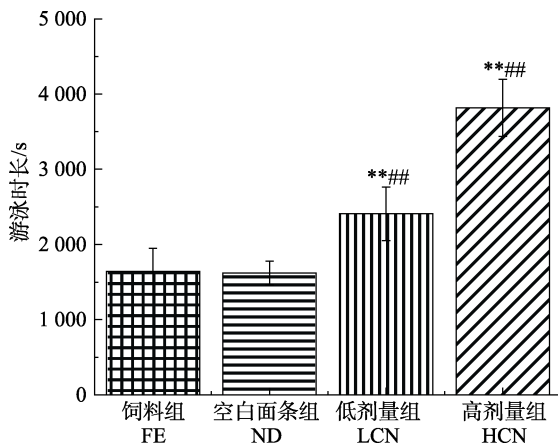


图3 蛹虫草面条对小鼠游泳时间的影响

Fig. 3 Effects of *cordyceps militaris* noodles on mouse swimming time

注:与饲料组对比, * $P<0.05$, ** $P<0.01$;与空白面条组对比, # $P<0.05$, ## $P<0.01$ 。

Note: Compared with FD, * $P<0.05$, ** $P<0.01$; compared with ND, # $P<0.05$, ## $P<0.01$.

2.5 蛹虫草面条对小鼠血清中乳酸脱氢酶、尿素氮含量的影响

乳酸脱氢酶、尿素氮受蛹虫草面条影响如表2所示,低剂量组小鼠的平均乳酸脱氢酶活性是饲料组小鼠的2.24倍,空白面条组的1.47倍,而其尿素氮含量分别降低了11.29%、9.62%。高剂量组小鼠的乳酸脱氢酶活性是饲料组的2.30

倍,是空白面条组的1.50倍,而其尿素氮含量分别降低了15.37%、13.78%。机体内乳酸含量与疲劳程度呈线性相关,即乳酸含量越高,机体疲劳程度越深,而乳酸脱氢酶活性直接影响乳酸清除速度,故乳酸脱氢酶活性越大,乳酸清除速度越快^[19]。由此可知,在面条中添加一定剂量的蛹虫草,可显著提高乳酸脱氢酶活性,提高体内乳酸清除速率,以此消除小鼠疲劳症状发生,从而增强小鼠耐力。而血清尿素氮是蛋白质有氧代谢的产物,当小鼠体内糖类、脂肪等分解代谢不能提供充足能量时,机体内通过分解蛋白质、氨基酸、核苷酸等继续供能,而核苷酸等分解时会导致体内尿素氮含量上升,而尿素氮含量上升会导致机体发生紊乱,导致机体疲劳^[20]。试验数据表明,在面条中添加一定剂量的蛹虫草,能起到调节机体尿素氮含量的作用,主要是利用虫草有效成分来降低机体内尿素氮含量。同时,通过试验数据可得高剂量组蛹虫草面条能够极显著的提高小鼠乳酸脱氢酶活性、降低体内尿素氮含量,对缓解体力疲劳具有良好的效果。

表2 蛹虫草面条对小鼠血清中乳酸脱氢酶、尿素氮的影响

Table 2 Effects of *cordyceps militaris* noodles on mouse LDH、BUN

组别	乳酸脱氢酶/(μ L)	尿素氮/(mmol/L)
饲料组 FE	238.44±20.99 #	6.38±0.49
空白面条组 ND	416.78±18.91 *	6.26±0.31
低剂量组 LCN	535.55±30.32 **##	5.66±0.42 *
高剂量组 HCN	548.44±31.35 **##	5.61±0.31 **##

注:与饲料组对比, * $P<0.05$, ** $P<0.01$;与空白面条组对比, # $P<0.05$, ## $P<0.01$ 。

Note: Compared with FD, * $P<0.05$, ** $P<0.01$; compared with ND, # $P<0.05$, ## $P<0.01$.

2.6 蛹虫草面条对小鼠肝糖原、肌糖原含量的影响

各试验组对小鼠肝糖原和肌糖原的影响如图4所示,当小鼠食用蛹虫草面条时体内肝糖原、肌糖原存储量都有所增加。肝糖原和肌糖原是机体重要能源物质,可通过分解糖原维持体内血糖在正常生理范围内^[21]。机体可以通过增加糖原储备量实现缓解体力疲劳^[22]。高剂量组小鼠的糖原相存储量比饲料组和空白面条组小鼠的糖原存储量均有增加。低剂量组试验小鼠的肝糖原存储量

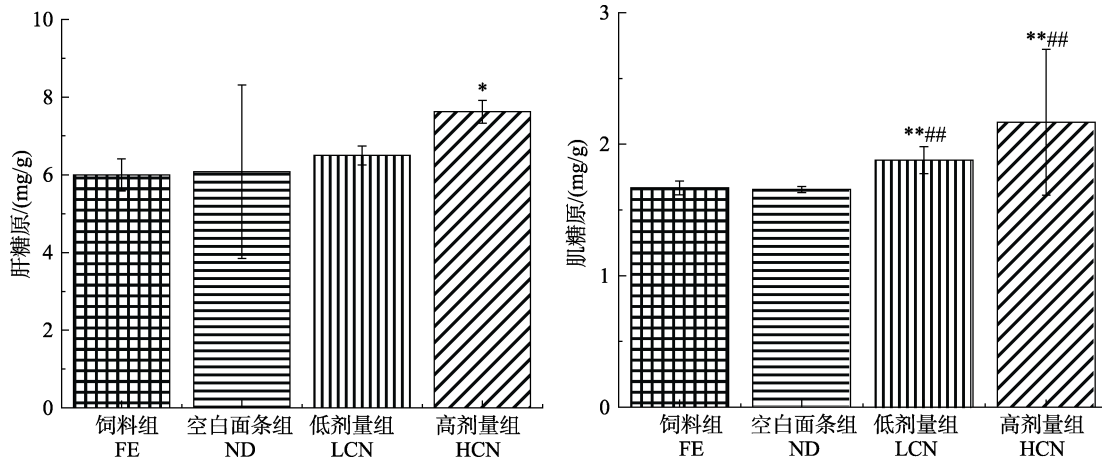


图 4 蛹虫草面条对小鼠肝糖原、肌糖原含量的影响; A: 蛹虫草面条对小鼠肝糖原含量的影响
B: 蛹虫草面条对小鼠肌糖原含量的影响

Fig. 4 Effects of *cordyceps militaris* noodles on mouse glycogen
A: Effects of *cordyceps militaris* noodles on mouse hepatic glycogen
B: Effects of *cordyceps militaris* noodles on mouse muscle glycogen

注: 与饲料组对比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 与空白面条组对比, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$ 。
Note: Compared with FD, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; compared with ND, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$.

是空白面条组的 1.06 倍, 而肌糖原存储量是空白面条组的 1.14 倍。高剂量组试验小鼠的肝糖原存储量是空白面条组的 1.25 倍, 而肌糖原存储量是空白面条组的 1.38 倍。此结果表明, 蛹虫草面条能够增加小鼠的肝糖原、肌糖原储备量, 即通过增加肝糖原、肌糖原的存储量来缓解体力疲劳。

2.7 蛹虫草面条对小鼠总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白含量的影响

表 3 说明了蛹虫草面条对小鼠血清中总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白含量的影响, 可知低、高剂量组的甘油三酯与食用空白面条相比均降低超 50%, 具有极显著差异, 且高剂量组小鼠的总胆固醇较空白面条组降低了 3.93%、高密度脂蛋白提高了 9.19%, 均具有极显著差异。血清中所有的脂类物质合称为血脂, 包括胆固醇、磷

表 3 蛹虫草面条对小鼠血清中总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白含量的影响

Table 3 Effects of *cordyceps militaris* noodles on

组别	mouse TC, TG, HDL-C mmol/L		
	总胆固醇	甘油三酯	高密度脂蛋白
空白面条组 ND	2.03±0.07	1.28±0.02	0.86±0.03
低剂量组 LCN	1.91±0.01 *	0.81±0.01 **	0.81±0.02 *
高剂量组 HCN	1.88±0.00 *	0.82±0.01 **	0.94±0.03 **

注: 与空白面条组对比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。
Note: Compared with ND, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

脂、甘油三酯、游离脂肪酸及胆固醇酯等, 其中总胆固醇、甘油三酯和高密度脂蛋白是衡量血脂水平的重要指标^[23]。由此可看出, 蛹虫草面条具有降低血清中总胆固醇、甘油三酯的含量, 提高高密度脂蛋白含量的功效, 说明蛹虫草面条在一定程度上降低机体体内血脂浓度, 维持机体健康水平。

2.8 蛹虫草面条对小鼠血清生化指标的影响

表 4 体现小鼠血清中各生化指标的变化, 血清总蛋白可分为白蛋白和球蛋白两类, 机体对蛋白质吸收及免疫作用影响血清中总蛋白含量。白蛋白是人体血清中最主要的蛋白质, 维持机体营养与渗透压, 其含量能一定程度上反应机体肝功能水平^[24-25]。我们可知悉小鼠食用蛹虫草面条时, 其血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白含量较空白面条组的含量均有所增加且随蛹虫草添加量的增加而增加 ($P > 0.05$)。

表 4 蛹虫草面条对小鼠血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白含量的影响

Table 4 Effects of *cordyceps militaris* noodles on mouse TP, ALB, GLB

组别	总蛋白	白蛋白	球蛋白	白球比
空白面条组 ND	53.40±0.00	28.30±0.28	24.70±0.85	1.10±0.07
低剂量组 LCN	53.40±0.28	28.30±0.14	25.15±0.49	1.13±0.04
高剂量组 HCN	54.57±0.57	29.03±0.57	25.85±1.34	1.14±0.07

3 结论


蛹虫草营养成分及活性成分丰富, 研究证明蛹虫草多糖^[26]、虫草素^[27]等均能改善小鼠疲劳状态, 因此蛹虫草缓解疲劳作用是多种活性物质协调作用的结果。而蛹虫草面条与其他蛹虫草产品相比, 制作简单不需要繁琐的提取工艺, 价格低廉且效果显著。蛹虫草面条适合作为家庭的日常主食, 其具有一定的保健功效, 长期食用能够针对性地改善疲劳、在一定范围内降低血脂浓度, 调节机体内的生理生态平衡。

蛹虫草面条对小鼠各项指标的影响结果如下: 各组小鼠体重均稳定增加, 小鼠生理状态良好, 表明蛹虫草面条可作为日常食物给机体提供能量; 低剂量蛹虫草组小鼠的平均力竭游泳时间为 2 409.67 s, 高剂量蛹虫草组小鼠的平均力竭游泳时间为 3 817.50 s, 都显著高于空白对照组, 说明蛹虫草面条中存在有效抗疲劳成分; 蛹虫草面条具有提高乳酸脱氢酶活性, 调节机体尿素氮含量, 增加肝糖原、肌糖原的存储量的功效; 蛹虫草面条可通过降低血清中总胆固醇、甘油三酯的含量, 提高高密度脂蛋白的含量发挥降低机体血脂浓度的功能; 蛹虫草面条能影响血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白含量, 血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白含量随蛹虫草添加量的增加而增加 ($P>0.05$)。

蛹虫草的食用方法多种多样, 产品种类也繁多。目前市面上已有各种各样的蛹虫草食品、药品等, 这些产品都具有一定保健功效, 但是其对于口感和味道上的可塑性不够且不具备普适性, 难以被大部分人群所接受。而蛹虫草面条优势在于, 其能结合面条制作工艺, 在口感体验上更优, 不同的烹饪工艺能给蛹虫草面条食用者带来不同的体验, 满足大众的需求。本试验探究了食用蛹虫草面条小鼠的各项机体指标情况, 验证了其较好的缓解体力疲劳能力和维持血脂浓度稳定作用, 且在一定范围内呈现剂量依赖。蛹虫草的应用范围广泛, 以其为基础进行药物研发或制作护肤品同样具有可行性, 通过本研究能使大众增加对蛹虫草的功能认识, 以期对其进一步开发应用提供参考借鉴。

参考文献:

- [1] 董彩虹, 李文佳, 李增智, 等. 我国虫草产业发展现状、问题及展望——虫草产业发展金湖宣言[J]. 菌物学报, 2016, 35(1): 1-15.
DONG C H, LI W J, LI Z Z, et al. Development status, problems and prospects of cordyceps industry in China--Jinhu declaration on the development of cordyceps industry[J]. Chinese Journal of Mycology, 2016, 35(1): 1-15.
- [2] 吕金朋, 张晔, 姚梦杰, 等. 蛹虫草的化学成分及药理作用[J]. 吉林中医药, 2018, 38(3): 310-312.
LV J P, ZHANG Y, YAO M J, et al. Chemical constituents and pharmacological action of *Cordyceps militaris*[J]. Ji Lin Traditional Chinese Medicine, 2018, 38(3): 310-312.
- [3] 赵鹏, 杨俊峰, 李彬, 等. 蛹虫草菌丝体降血脂作用的动物试验研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2004, (5): 434-436.
ZHAO P, YANG J F, LI B, et al. Animal experimental study on the effect of *cordyceps militaris* mycelium on lowering blood lipid[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2004, (5): 434-436.
- [4] 闫文娟, 李泰辉, 姜子德. 广东虫草抗禽流感病毒的初步研究[J]. 食用菌学报, 2010, 17(3): 64-66.
YAN W J, LI T H, JIANG Z D. Preliminary study on the resistance of *Cordyceps sinensis* to avian influenza virus[J]. Chinese Journal of Edible Fungi, 2010, 17(3): 64-66.
- [5] JU Y Y, JI H K, BAEK K S, et al. A direct protein kinase B-targeted anti-inflammatory activity of cordycepin from artificially cultured fruit body of *Cordyceps militaris*[J]. Pharmacognosy Magazine, 2015, 11(43): 477-485.
- [6] YOON S Y, PARK S J, PARK Y J. The anticancer properties of cordycepin and their underlying mechanisms[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2018, 19(10): 3027.
- [7] 闫文娟, 李泰辉, 姜子德. 广东虫草抗疲劳及延寿作用的研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(3): 164-167.
YAN W J, LI T H, JIANG Z D. Study on the anti-fatigue and life-prolongation effects of *Cordyceps cantonensis*[J]. Food Research and Development, 2011, 32(3): 164-167.
- [8] 刘竹青, 朴美子, 李岩. 蛹虫草面条的研制及加工工艺优化[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2017, 34(1): 40-46.
LIU Z Q, PIAO M Z, LI Y. Preparation and processing process optimization of *Cordyceps militaris* noodles[J]. Journal of Qing Dao Agricultural University (Natural Science Edition), 2017, 34(1): 40-46.
- [9] 闫美姣, 李云龙, 仪鑫, 等. 杂粮面条改良技术研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(12): 291-295.
YAN M J, LI Y L, YI X, et al. Research progress in the improvement of grain noodles[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(12): 291-295.
- [10] 李晓海. 运动性疲劳产生机制的生化研究进展[J]. 吕梁学院学报, 2017, 7(6): 81-83.
LI X H. Progress in biochemical research on the mechanism of exercise-induced fatigue[J]. Journal of Luliang University, 2017, 7(6): 81-83.

- [11] 吴春昊. 蛹虫草糯米保健酒制作工艺[J]. 濮阳职业技术学院学报, 2019, 32(6): 46-48.
WU C H. Processing technology of *Cordyceps militaris* glutinous rice health wine[J]. Journal of Pu Yang Vocational and Technical College, 2019, 32(6): 46-48.
- [12] 钟鸣, 高丹, 胡昆, 等. 富硒蛹虫草对小鼠降血脂和抗氧化作用的影响[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(12): 3142-3144.
ZHONG M, GAO D, HU K, et al. Effects of selenium enriched *cordyceps militaris* on blood lipid lowering and antioxidant effect in mouse[J]. Shi Zhen National Medicine and National Medicine, 2009, 20(12): 3142-3144.
- [13] 王珊珊, 周思雅, 刘鑫如, 等. 北虫草红枣保健饮料的配方研究[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(6): 33-38.
WANG S S, ZHOU S Y, LIU X R, et al. Study on the formula of health drink of *Cordyceps sinensis* and Chinese date[J]. Preservation and Processing, 2017, 17(6): 33-38.
- [14] 马艳, 汪宇, 康万军, 等. 蛹虫草口服液对小鼠耐缺氧和抗疲劳作用[J]. 中国药师, 2012, 15(10): 1375-1377.
MA Y, WANG Y, KANG W J, et al. Effects of *cordyceps militaris* oral liquid on hypoxia tolerance and anti-fatigue in mouse[J]. Chinese Pharmacist, 2012, 15(10): 1375-1377.
- [15] LEI Z, ZHAO L, YANG F. Evaluation of anti-fatigue property of the extruded product of cereal grains mixed with *Cordyceps militaris* on mouse[J]. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2017, 14(1).
- [16] 韩彦彬, 赵鹏, 李彬, 等. 虫草片抗疲劳功能的动物实验研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(11): 2498-2499+2521.
HAN Y B, ZHAO P, LI B, et al. Experimental study on anti-fatigue function of *Cordyceps sinensis* tablets[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Sciences, 2009, 19(11): 2498-2499+2521.
- [17] 吴学思. 关爱心脏(三)——血脂异常与心脑血管病[J]. 心脑血管病杂志, 2005, 24(3): 182-183.
WU X S. Care for the heart(3)--abnormal blood lipids and cardiovascular and cerebrovascular disease[J]. Journal of Cardiopulmonary Vascular Disease, 2005, 24(3): 182-183.
- [18] 黄鑫, 陈雪, 王恩鹏, 等. 人参方对血虚小鼠抗疲劳作用及其机制研究[J]. 特产研究, 2019, 41(2): 54-58.
HUANG X, CHEN X, WANG E P, et al. Study on the antifatigue effect and mechanism of ginseng prescription in the blood-deficiency mouse model[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2019, 41(2): 54-58.
- [19] JIN H M, WEI P. Anti-fatigue properties of tartary buckwheat extracts in mouse[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2011, 12(8): 4770-4780.
- [20] 吴艳明. 人工培植蛹虫草调节血脂作用的研究[D]. 华南师范大学, 2007.
WU Y M. Effect of cultured *Cordyceps militaris* on regulating blood lipid[D]. South China Normal University, 2007.
- [21] 金三俊, 董佳琦, 任红立, 等. 复合微生态制剂对断奶仔猪生长性能、血清生化和免疫指标及粪便中挥发性脂肪酸含量的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(12): 4477-4484.
JIN S J, DONG J Q, REN H L, et al. Effects of compound probiotics on growth performance, serum biochemical and immune indices and fecal volatile fatty acid content of weaned piglets[J]. Chinese journal of animal nutrition, 2017, 29(12): 4477-4484.
- [22] TANG W, ZHANG Y, GAO J, et al. The anti-fatigue effect of 20(R)-Ginsenoside Rg3 in mice by intranasally administration[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2008, 31(11): 2024-2027. doi:10.1248/bpb.31.2024.
- [23] FERNANDES C F, SHAHANI K M, AMER M A. Therapeutic role of dietary lactobacilli and lactobacillic fermented dairy products[J]. FEMS Microbiology Letters, 1987, 46(3): 343-356.
- [24] 邓培华, 王娟, 汪桑措. 中草药添加剂对断奶仔猪生长性能、养分表观消化率、血清生化指标和免疫指标的影响[J]. 饲料研究, 2021, 44(10): 17-21.
DENG P H, WANG J, WA S C. Effects of Chinese herbal medicine additives on growth performance, Nutrient apparent digestibility, serum biochemical indices and immune Indices of weaned piglets[J]. Journal of Feed Research, 2021, 44(10): 17-21.
- [25] 刘辉, 季海峰, 王四新, 等. 副干酪乳杆菌发酵饲料对生长猪生长性能、粪便菌群数量与挥发性脂肪酸含量以及血清生化和免疫指标的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(8): 3747-3754.
LIU H, JI H F, WANG S X, et al. Effects of *Lactobacillus paracei* fermented feed on growth performance, fecal flora number and volatile fatty acid content, Serum Biochemical and Immune Indices of growing pigs[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(8): 3747-3754.
- [26] YAN W, LI T, LAO J, et al. Anti-fatigue property of *Cordyceps guangdongensis* and the underlying mechanisms[J]. Pharm Biol, 2013, 51(5):614-20.
- [27] LUO C, XU X, WEI X, et al. Natural medicines for the treatment of fatigue: Bioactive components, pharmacology, and mechanisms[J]. Pharmacol Res, 2019, 148:104409. 
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。