

植物乳杆菌 C88 联合短梗五加多糖抗疲劳作用

何忠梅¹, 管春红¹, 李盛钰^{2*}

(1. 吉林农业大学中药材学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院农产品加工研究所, 长春 130033)

摘要: 为了探讨植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*) C88 联合短梗五加多糖(*Acanthopanax sessiliflorus* polysaccharide, ASP)的抗疲劳作用, 选取 88 只雄性昆明小鼠随机分为 4 组, 分别灌胃生理盐水、ASP、植物乳杆菌 C88 和 ASP+植物乳杆菌 C88。实验结束后测定小鼠强迫游泳固定时间, 游泳力竭时间以及肝脏、血清相关生化指标。结果表明短梗五加多糖及植物乳杆菌 C88 能够缩短小鼠强迫游泳固定时间, 延长小鼠游泳力竭时间, 增加肝脏中肝糖元储备量, 提高血清中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性, 降低乳酸(LD)、血尿素氮(BUN)和丙二醛(MDA)水平, 短梗五加多糖与植物乳杆菌 C88 联合使用作用效果优于单独使用。综上所述, 短梗五加多糖与植物乳杆菌 C88 联合使用具有一定的抗疲劳作用。

关键词: 短梗五加; 多糖; 植物乳杆菌; 抗疲劳; 抗氧化

中图分类号: TS202.1

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)02-0099-05

Anti-fatigue Effects of *Lactobacillus plantarum* C88 Combined with *Acanthopanax sessiliflorus* Polysaccharides

HE Zhongmei¹, GUAN Chunhong¹, LI Shengyu^{2*}

(1. College of Traditional Chinese Medicine Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Institute of Agricultural Products Processing Technology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: To investigate the anti-fatigue effect of *Lactobacillus plantarum* C88 combined with *Acanthopanax sessiliflorus* polysaccharide (ASP), 88 Kunming mice were divided into 4 groups, and received, ASP, *L. plantarum* C88 and *L. plantarum* C88+ASP respectively by gavage. The time of forced swimming fixed, swimming exhausted time and biochemical indicators of liver and serum were determined by kits. The results indicated that ASP and *L. plantarum* C88 could shorten forced swimming fixed time and extend the exhaustive swimming time of mice. The reserves of liver glycogen and the levels of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) increased, while lactic acid (LD), blood urea nitrogen (BUN) and malondialdehyde (MDA) levels in serum reduced significantly. The effects of ASP combined with *L. plantarum* C88 was significantly stronger than that treated by ASP or *L. plantarum* C88 alone. In conclusion, ASP combined with *L. plantarum* C88 presented certain anti-fatigue effects.

Key words: *Acanthopanax sessiliflorus*; Polysaccharide; *Lactobacillus plantarum*; Anti-fatigue; Antioxidant

短梗五加 [*Acanthopanax sessiliflorus* (Rupr. et Maxim.) Seem] 又称无梗五加, 为五加科 (Araliaceae) 五加属 (*Acanthopanax*) 植物, 具有祛风除湿、补肝

肾、强筋骨、活血通脉等功效。李时珍在《本草纲目》中对五加就有: “温辛, 无毒, 主治心腹病气腹痛, 益气疗痹, 补中益精, 坚筋骨强志意, 久服能轻身耐老。”的评述。我国卫生部于 2008 年批准短梗五加茎、叶、果为新资源食品原料。现代研究表明, 短梗五加具有抗氧化、抗肿瘤、解热镇痛、兴奋平滑肌和抑制血小板聚集等药理活性^[1-3]。短梗五加含有皂苷、黄酮、木质素和挥发油等多种小分子生物活性成分^[4-6], 而多糖是短梗五加另一类重要的大分子类生物活性成分。国内外学者相继报道了有关短梗五加多糖的提取、分离、纯化和药理活性^[7], 但研究得还不够充分。

收稿日期: 2015-11-09

基金项目: 国家现代农业(奶牛)产业技术体系建设专项(CARS-37); 吉林省农业科技创新工程重大产业技术领域关键技术研究项目(c42070302); 吉林省教育厅“十二五”科技项目(2014 第 42 号); 吉林省科技发展医药产业推进计划项目(2040311050yy)

作者简介: 何忠梅(1978-), 女, 副教授, 博士, 主要从事天然药物有效成分作用机理研究及产品开发。

通信作者: 李盛钰, 男, 博士, 副研究员, E-mail: lisy720@126.com

近年来的研究表明,一些生物活性多糖能促进益生菌的生长,可作为新型益生元(prebiotic),具有较好的应用前景。Wang等报道菜籽多糖能促进两歧双歧杆菌、婴儿双歧杆菌及嗜酸性双歧杆菌增殖,有潜在益生作用^[8]。研究发现双歧杆菌能利用稻壳和麦麸中提取的水溶性多糖进行发酵,提高乙酸含量^[9]。Synytsya等研究表明平菇与杏鲍菇多糖能够对植物乳杆菌、双歧杆菌、肠球菌等九种益生菌起到不同的促生长作用^[10]。而我们前期研究发现,多糖益生元与益生菌联合使用,作用效果明显强于二者单独使用^[11-12]。基于上述考虑,我们选取一株具有优良益生特性的植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)C88与短梗五加多糖形成共生元组合,研究二者联合使用的抗疲劳作用。

1 材料与方法

1.1 实验材料、菌株和培养基

短梗五加地上部分材料采自吉林省通化市,经鉴定为五加科五加属植物短梗五加[*Acanthopanax sessiliflorus*(Rupr.et Maxim.)Seem]。

植物乳杆菌(*L. plantarum*)C88分离自内蒙古传统奶豆腐,菌株冻存于-80℃含20%(体积分数)甘油的MRS培养基中。菌株使用前连续活化3代后,按3%接入MRS液体培养基中,37℃培养16 h,3 000 r/min 4℃离心10 min,弃去上清,无菌生理盐水重悬,离心(3 000 r/min 4℃离心10 min),无菌生理盐水调整菌液浓度 1.0×10^9 CFU/mL,4℃冰箱保存备用。

MRS(deMan Rogosa and Sharpe)培养基:无水乙酸钠2.5 g,柠檬酸钠2.5 g, K_2HPO_4 1 g, $MgSO_4$ 0.1 g, $MnSO_4$ 0.025 g,葡萄糖10 g,蛋白胨5 g,酵母膏2.5 g,牛肉膏5 g,吐温-80 0.5 mL,加水定容至500 mL,醋酸调pH至6.6。

1.2 仪器与试剂

Sorvall Evolution RC型高速冷冻离心机,美国Thermo公司;HZQ-Q型电热恒温培养箱,上海一恒实验设备有限公司;Cary300紫外-可见分光光度计美国VARIAN公司;722型可见光分光光度计,上海光谱仪器有限公司;组织捣碎仪,上海精密仪器有限公司。

肝糖原(liver glycogen)、乳酸(lactic acid, LD)、血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)、丙二醛(malondialdehyde, MDA)测定试剂盒均购于南京建成生物工程有限

公司;其余所用试剂均为分析纯。

1.3 短梗五加多糖的制备

称取短梗五加茎粉碎(20目)8 kg,加10倍体积蒸馏水煎煮2次,每次1 h,过滤,合并滤液,减压浓缩,加入2倍体积无水乙醇沉淀多糖,离心(5 000 r/min, 4℃, 10 min),取沉淀冻干得短梗五加粗多糖。再经DEAE纤维柱纯化,依次以蒸馏水和0.5 mol/L NaCl溶液洗脱,收集洗脱液,苯酚硫酸法检测糖含量,收集含糖洗脱液,透析后冻干得短梗五加多糖,命名为ASP。

1.4 实验动物分组及处理

88只雄性昆明小鼠,6~8周龄,体重18~22 g,由吉林大学实验动物中心提供。将小鼠随机分成4组,每组22只。分别为对照组(灌胃生理盐水12 mL/kg·d)、ASP组(灌胃短梗五加多糖150 mg/kg·d)、C88组(灌胃植物乳杆菌C88菌液12 mL/kg·d)、ASP+C88组(灌胃短梗五加多糖150 mg/kg·d+C88菌液12 mL/kg·d),连续灌胃16 d。

1.5 指标测定方法

1.5.1 强迫游泳实验

实验第1~15天,小鼠给药后30 min后进行强迫游泳实验。将每只小鼠单独放入装有23℃温水的透明塑料水桶(高25 cm、直径15 cm)中。总测试时间为6 min,前2 min为适应时间,后4 min记录其固定不动时间。固定游泳的标准为:小鼠在水桶内停止挣扎,保持头部露在水面、身体漂浮在水面上。连续强迫游泳15 d,于第15天双盲法记录小鼠固定游泳时间^[13-14]。

1.5.2 游泳力竭实验

上述强迫游泳实验结束后,从22只随机选取6只小鼠分别装入(25±2)℃温水的透明塑料水桶中,记录从小鼠入水至头部没入水面8 s时间即为游泳力竭时间^[15-16]。

1.5.3 肝糖原和乳酸含量测定

末次灌胃(第16天)给药30 min后随机选取8只小鼠,游泳30 min,造成小鼠疲劳。休息15 min后摘取眼球取血,脱颈处死,摘取肝脏。血液样品2 800 r/min离心10 min,取血清置于-80℃冰箱保存,备用。肝组织用无菌生理盐水冲洗,滤纸吸干水分,准确称取200 mg,置于-80℃冰箱保存,备用。参照试剂盒说明书,测定小鼠肝脏中肝糖原含量和小鼠血清中乳酸含量^[17]。

1.5.4 血尿素氮、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和丙二醛含量测定

末次灌胃(第16天)给药30 min后随机选取8

只小鼠,游泳 60 min,休息 60 min,参照 1.5.3 方法取血清。参照试剂盒说明书,测定小鼠血清中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和丙二醛含量^[17-18]。

1.6 统计分析

实验数据采用 SPSS 19.0 统计软件进行处理,计量资料均以“均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)”表示,采用单因素方差分析,不同组间与对照组的比较采用方差分析比较,以 $P<0.05$ 判断为具有显著性差异, $P<0.01$ 为具有极显著性差异。

2 结果与分析

2.1 对小鼠游泳固定时间的影响

从图 1 数据可知,实验结束后 ASP 组、C88 组及 ASP+C88 组小鼠强迫游泳固定时间均有不同程度的缩短。C88 组小鼠游泳固定时间降低到 185.23 s,与对照组相比差异性显著($P<0.05$)。ASP 组小鼠游泳固定时间降低到 178.86 s。ASP 与 C88 联合使用能降低小鼠固定游泳时间到 164.57 s,与对照组相比差异性极显著($P<0.01$)。结果表明,短梗五加多糖和植物乳杆菌 C88 都具有一定的抗疲劳作用,能显著降低小鼠固定游泳时间,二者联合使用效果优于单独使用。

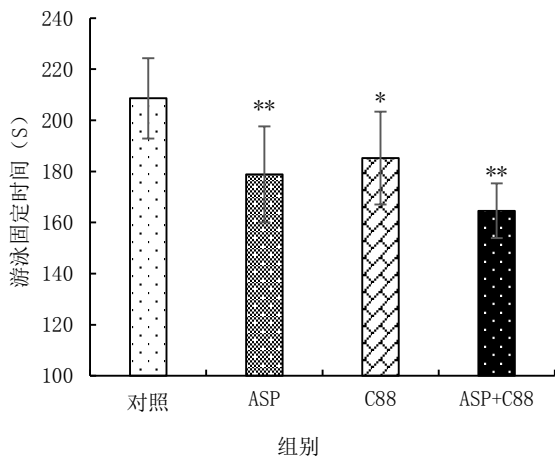


图 1 短梗五加多糖联合植物乳杆菌 C88 对小鼠强迫游泳固定时间的影响

注:与对照组比较,*有显著性差异($P<0.05$), **有极显著性差异($P<0.01$),下同

2.2 对小鼠游泳力竭时间的影响

机体持续运动至力竭的时间可以客观地反映机体的耐力,是评价疲劳状态较为客观的指标。小鼠游泳力竭时间越长,抗疲劳效果越明显。从图 2 数据可知,实验组小鼠游泳力竭时间有不同程度的延长,其中 ASP 能提高小鼠游泳力竭时间到 217.53 min,与对照组比较差异显著($P<0.05$)。

ASP+C88 组小鼠游泳力竭时间明显延长到 222.67 min,超过对照组的游泳力竭时间 19.39% ($P<0.05$)。以上结果表明,单独使用短梗五加多糖和植物乳杆菌 C88 能延长小鼠游泳力竭时间,增加小鼠的耐力,且二者联合使用效果优于单独使用。

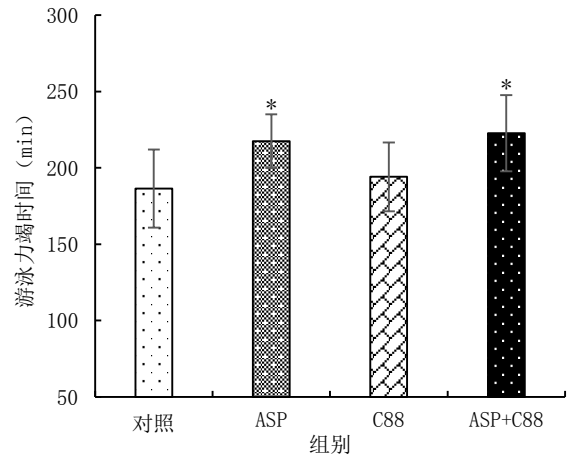


图 2 短梗五加多糖联合植物乳杆菌 C88 对小鼠游泳力竭时间的影响

2.3 对小鼠肝糖元、血尿素氮及乳酸含量的影响

如表 1 所示,实验结果表明,ASP 组小鼠肝脏中肝糖原含量提高到 13.29 mg/g,与对照组相比提高 11.2% ($P<0.05$)。ASP 和 C88 联合使用能提高肝糖原含量至 13.57 mg/g,与对照组相比显著提高 ($P<0.05$)。ASP 和 C88 能明显降低小鼠血清中血尿素氮含量,其中 ASP 组血尿素氮含量降低 18%,与对照组相比差异性显著 ($P<0.05$)。ASP 和 C88 联合使用能降低 25.4% 血尿素氮含量 ($P<0.01$)。血清乳酸含量测定结果显示,灌胃 16 d 后,ASP 组乳酸含量降低至 7.10 mmol/L,与对照组比较差异显著 ($P<0.05$),ASP+C88 组乳酸含量降低至 6.86 mmol/L,与对照组相比降低 14.78% ($P<0.01$)。结果表明,单独使用短梗五加多糖和植物乳杆菌 C88 能不同程度地提高肝脏中肝糖原的含量、降低血清中乳酸和血氮尿素的含量,二者联合使用

表 1 短梗五加多糖联合植物乳杆菌 C88 对小鼠肝糖元、血尿素氮及乳酸的影响

组别	肝糖元(mg/g)	血尿素氮(mmol/L)	乳酸(mmol/L)
对照	11.95 $\pm$ 0.75	9.63 $\pm$ 1.49	8.05 $\pm$ 1.34
ASP	13.29 $\pm$ 0.70*	7.89 $\pm$ 0.88*	7.10 $\pm$ 0.76*
C88	12.89 $\pm$ 1.51	8.64 $\pm$ 1.21	7.89 $\pm$ 0.57
ASP+C88	13.57 $\pm$ 1.56*	7.18 $\pm$ 1.26**	6.86 $\pm$ 0.83**

注:与对照组比较,*有显著性差异($P<0.05$),**有极显著性差异($P<0.01$),下同

效果优于单独使用。

2.4 对小鼠超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、丙二醛的影响

由表2数据可知,灌胃16 d后,ASP组和ASP+C88组小鼠血清中超氧化物歧化酶的活力均出现明显增高趋势,其中ASP+C88组超氧化物歧化酶提高到84.54 U/mL,与对照组相比差异极显著($P<0.01$)。3组实验组小鼠血清中过氧化氢酶含量明显增加,ASP+C88组过氧化氢酶增加效果最明显,增加到11.89 U/mL,且差异性显著($P<0.05$)。血清中丙二醛水平有不同程度的降低,ASP组和C88组丙二醛水平分别降低到8.50 nmol/mL和8.46 nmol/mL,ASP+C88组作用效果最明显,到实验结束时丙二醛水平降低到7.61 nmol/mL,与对照组相比差异性极显著($P<0.01$)。表明短梗五加多糖和植物乳杆菌C88单独使用能提高小鼠血清中超氧化物歧化酶和过氧化氢酶水平,降低丙二醛水平,且二者联合使用效果优于单独使用。

表2 短梗五加粗多糖联合植物乳杆菌C88对小鼠血清中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和丙二醛的影响

组别	超氧化物歧化酶(U/mL)	过氧化氢酶(U/mL)	丙二醛(nmol/mL)
对照	62.02±4.26	8.11±1.44	10.25±1.37
ASP	79.15±7.47*	10.53±1.23	8.50±1.03*
C88	68.63±16.37	10.05±1.07	8.46±1.37*
ASP+C88	84.54±16.11**	11.89±1.14*	7.61±0.61**

3 讨论

糖类物质是机体内最主要的供能物质,体力耗竭的过程中糖类物质同时也在消耗。葡萄糖分子聚合成肝糖原储存在肝脏中,肝糖原一般情况下不能转化成能量。在机体运动过程中,首先消耗血糖,为维持正常血糖浓度,机体会动用肝糖原进行氧化供能,在酶促作用下将肝糖原分解成葡萄糖,维持正常血糖水平,因此机体肝糖原储备量越充足,抗疲劳能力越强^[19-20]。本研究结果显示短梗五加多糖、短梗五加多糖联合植物乳杆菌C88均有助于增加机体内肝糖原的储备,降低糖原的消耗,并且短梗五加多糖联合植物乳杆菌C88组的作用效果更明显。乳酸是生物体剧烈运动过程中葡萄糖等碳水化合物在体内代谢的产物。大量剧烈运动后,机体会出现血糖浓度降低、氧供应不足等情况,乳酸浓度会升高,全身出现酸痛的症状。乳酸大量堆积,疲劳感随之加

剧,因此,有效地抑制并清除血液中乳酸,能起到较好地抗疲劳作用^[21]。正常生理状态下,血尿素氮是蛋白质和氨基酸等物质供能代谢后的最终产物,是反应机体运动耐力适应性高低的评价指标。激烈运动或大量重复性运动后血清中血尿素氮含量越低,表明受试物质抗疲劳效果越明显^[22]。研究结果发现疲劳状态下的小鼠血清中乳酸、血尿素氮含量明显降低,短梗五加多糖和植物乳杆菌C88可能通过抑制乳酸、血尿素氮的形成,同时加速废物的代谢和清除,有效地降低运动后血清中乳酸、血尿素氮浓度,增强小鼠运动耐力,延长小鼠游泳力竭时间,快速从疲劳状态中恢复。另外,短梗五加多糖和植物乳杆菌C88联合用药作用效果明显高于单独用药组。

疲劳的产生主要是由于机体运动过程中体内糖类、蛋白质等能源物质大量消耗,并且短时间内得不到及时补充。疲劳产生的机制尚未完全阐述清晰,但氧自由基-脂质过氧化学说被学者认为是最主要的学说^[23]。机体运动性疲劳导致耗氧量增加、能量代谢加强、抗氧化酶活性下降,产生大量的超氧自由基,诱发脂质过氧化,加速疲劳感的产生。机体内超氧自由基清除剂主要是超氧化物歧化酶和过氧化氢酶,超氧化物歧化酶能够快速有效地将超氧自由基氧化成过氧化氢,再经过过氧化氢酶和过氧化物酶将之完全降解为水,降低超氧自由基对机体的氧化损伤。丙二醛是生物体内超氧自由基作用于脂质的标志性产物,丙二醛含量越高,细胞脂质氧化越严重,丙二醛含量高低反映细胞膜系统受到的损伤程度。因此,提高超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活力,降低丙二醛含量才能发挥较好的抗疲劳作用^[24-25]。研究结果表明短梗五加多糖和植物乳杆菌C88能够显著提高超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性,提高机体抗氧化酶系统活性,能有效降低丙二醛水平,减少细胞氧化损伤,防止细胞脂质过氧化。

4 小结

本研究表明,短梗五加多糖联合植物乳杆菌C88可通过缩短小鼠强迫游泳固定时间,延长小鼠游泳力竭时间,同时增加机体内供能物质的储备量并减少运动时肝糖原的消耗,加快乳酸、血尿素氮、丙二醛等代谢废物的清除,提高抗氧化能力,从而促进机体运动性疲劳恢复并起到抗疲劳作用。研究对短梗五加多糖联合植物乳杆菌C88抗疲劳的作用进行了评价,该合生元组合作

用的分子机制有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Venkatesan T, Choi Y W, Kim Y K. The cytotoxic nature of *Acanthopanax sessiliflorus* stem bark extracts in human breast cancer cells[J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2015, 414(22): 752-759.
- [2] Jun W J, Seong H S, Chun H, et al. Determination of *antioxidative* potentials of *Acanthopanax sessiliflorus* (Rupr.&Maxim.) Seem. in differentiated HL-60 cells[J]. Science Direct, 2007, 105(4): 1557-1563.
- [3] Song Y, Yang C J, Yu K, et al. *In vivo* Antithrombotic and anti-platelet activities of a quantified *Acanthopanax sessiliflorus* fruit extract[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2011, 9(2): 141-145.
- [4] Zhu Q G, Sujari ANA, Ghani S A. Nafion-MWCNT composite modified graphite paste for the analysis of quercetin in fruits of *Acanthopanax sessiliflorus*[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2013, 177(2): 103-110.
- [5] Song Y, Deng Y, Huang D, et al. LC-MS/MS determination and pharmacokinetic study of four lignan component in rat plasma after oral administration of *Acanthopanax sessiliflorus* extract[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2012, 14(13): 957-963.
- [6] Jung S K, Lim T G, Kim J E, et al. Inhibitory effect of ERK1/2 and AP-1 by hyperoside isolated from *Acanthopanax sessiliflorus* [J]. Food Chemistry, 2012, 130(4): 915-920.
- [7] 王晶晶,冯颖,孟宪君,等.无梗五加多糖ASP-A的分离纯化及清除自由基研究[J].食品科技,2006,6(10):34-37.
- [8] Wang X, Huang M Y, Yang F, et al. Rapeseed polysaccharides as prebiotics on growth and acidifying activity of probiotics in vitro[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 125(10): 232-240.
- [9] Madhukumar M S, Muralikrishna G. Structural characterisation and determination of prebiotic activity of purified xylooligosaccharides obtained from Bengal gram husk (*Cicer arietinum* L.) and wheat bran (*Triticum aestivum*) [J]. Food Chemistry, 2010, 118(2): 215-223.
- [10] Synytsya A, Mickova K, Synytsya A, et al. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: structure and potential prebiotic activity[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 76(4): 548-556.
- [11] 王晓慧.人参多糖联合植物乳杆菌抗氧化及免疫调节活性研究[D].长春:吉林农业大学,2015.
- [12] 栾畅.植物乳杆菌Sc52联合牛蒡低聚果糖对2型糖尿病的治疗作用[D].长春:吉林农业大学,2015.
- [13] Wang J, Fan Y Y, Chen Y, et al. Anti-fatigue activity of the water-soluble polysaccharides isolated from *Panax ginseng* C. A. Meyer[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2010, 130(2): 421-423.
- [14] Ni W H, Gao T T, Wang H L, et al. Anti-fatigue activity of polysaccharides from the fruits of four Tibetan plateau indigenous medicinal plants[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2013, 150(2): 529-535.
- [15] 孙睿,李秀霞,罗志文,等.榛仁多糖对小鼠抗疲劳及耐缺氧能力的影响[J].食品科技,2010,35(7):59-61.
- [16] 于婷,李晓东,金乾坤,等.桔梗提取物对小鼠的抗疲劳作用[J].食品工业科技,2012,33(24):394-402.
- [17] 张冬梅,李正欣,王顺,等.龙虾壳红色素抗疲劳耐缺氧作用的试验研究[J].食品工业,2015,36(3):221-224.
- [18] 山书玲,张慧珍,吴仲鑫,等.复合营养素对雌性小鼠抗疲劳和抗氧化作用的研究[J].中国妇幼保健,2015,30(5):772-775.
- [19] Tan W, Yu K Q, Liu Y Y, et al. Anti-fatigue activity of polysaccharides extract from *Radix Rehmanniae Preparata*[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 50(1): 59-62.
- [20] You L J, Zhao M, Regenstien J M, et al. *In vitro* antioxidant activity and in vivo anti-fatigue effect of loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) peptides prepared by papain digestion[J]. Food Chemistry, 2011, 124(1): 188-194.
- [21] Ma L, Cai D L, Li H, et al. Anti-fatigue effects of salidroside in mice[J]. Journal of Medical Colleges of PLA, 2008, 23(2): 88-93.
- [22] Xu C, LV J L, Martin L O Y, et al. Effects of oat β -glucan on endurance exercise and its anti-fatigue properties in trained rats [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 92(2): 1159-1165.
- [23] Kumar P G, Anand T, Singsit D, et al. Evaluation of antioxidant and anti-fatigue properties of *Trigonella foenumgraecum* L. in rats subjected to weight loaded forced swim test[J]. Pharmacognosy Journal, 2013, 5(2): 66-71.
- [24] Qi B, Liu L, Zhang H, et al. Anti-fatigue effects of proteins isolated from *Panax quinquefolium*[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2014, 153(2): 430-434.
- [25] Ding J F, Li Y Y, Xu J J, et al. Study on effect of jellyfish collagen hydrolysate on anti-fatigue and antioxidation[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 1350-1353.

(责任编辑:范杰英)