

# 绿豆运动饮料缓解体力疲劳作用研究

刘爱萍<sup>1</sup>, 郭慧媛<sup>1</sup>, 庞 坤<sup>1</sup>, 任发政<sup>1,2,\*</sup>

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院 北京 100083; 2. 教育部-北京市功能乳品实验室 北京 100083)

**摘 要:** 本文研究了绿豆运动饮料对体力疲劳的延缓作用。实验小鼠一次灌胃 0.2ml/10g 体重剂量的绿豆运动饮料, 记录小鼠负重游泳时间, 并检测该样品对运动小鼠血尿素氮、肝糖元和血尿酸等指标的影响。结果表明, 绿豆运动饮料可以显著地延长小鼠负重游泳的时间( $p < 0.01$ ); 增加小鼠肝糖原的储备量; 对小鼠在安静状态下的血乳酸的积累具有明显的抑制作用; 对于小鼠血清尿素的含量无影响, 具有一定的缓解体力疲劳作用。

**关键词:** 绿豆; 运动饮料; 抗疲劳作用

## To Evaluate Mice Anti fatigue Effects of Sport Beverage Made of Mung Bean

LIU Ai-ping<sup>1</sup>, GUO Hui-yuan<sup>1</sup>, PANG Kun<sup>1</sup>, REN Fa-zheng<sup>1,2,\*</sup>

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Functional Dairy, Ministry of Education and Municipal Government of Beijing, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The objective of this study is to evaluate the anti fatigue effects of sport beverage made of mung bean. After single oral administration of the sample (0.2ml/10g dose) to mice by the gastric intubation, the weight-loaded swimming time of the mice

收稿日期: 2006-09-14

\*通讯作者

基金项目: 教育部科技创新自选项目 (GJSY10090401)

作者简介: 刘爱萍 (1974-), 女, 博士研究生, 研究方向为乳品科学。

## 参考文献:

- [1] UEDA N, BALIGA R, SHAH S V. Role of catalytic iron in an animal model of minimal change nephrotic syndrome[J]. *Kidney Int*, 1996, 49: 370-373.
- [2] YOSHIOKA T, MOORE J T, ICHIKAWA I, et al. Reactive oxygen species (ROS) of extra-renal origin can induce massive functional proteinuria[J]. *Kidney Int*, 1990, 37: 497.
- [3] CLEMENS M R, BURZA Z Z. Lipid abnormalities and peroxidation of erythrocytes in nephrotic syndrome[J]. *Nephron*, 1989, 53: 325-334.
- [4] GINEVRI F, GHIGGERI G M, CANDIANO G, et al. Peroxidative damage of the erythrocyte membrane in children with nephrotic syndrome[J]. *Pediatr Nephrol*, 1989(3): 25-32.
- [5] WARWICK G L, WALLER H, FERNS G A. Antioxidant vitamin concentrations and LDL oxidation in nephrotic syndrome[J]. *Ann Clin Biochem*, 2000, 37: 488-491.
- [6] BEAMAN M, BIRTWISTLE R, HOWIE A J, et al. The role of superoxide anion and hydrogen peroxide in glomerular injury induced by puromycin aminonucleoside in rats[J]. *Clin Sci (Colch)*, 1987, 73: 329-32.
- [7] OHTAKE T, KIMURA M, NISHIMURA M, et al. Roles of reactive oxygen species and antioxidant enzymes in murine daunomycin-induced nephropathy[J]. *J Laboratory Clin Med*, 1997, 129: 81-88.
- [8] PEDRAZA C J, AREVALO A E, HERNANDEZ P R, et al. Effect of dietary antioxidants on puromycin aminonucleoside nephrotic syndrome. *Int J. J Biochem Cell Biol*, 1995, 27: 683-691.
- [9] BULUCU F, VURAL A, AYDIN A, et al. Oxidative stress status in adults with nephrotic syndrome[J]. *Clin Nephrol*, 2000, 53: 169-173.
- [10] ZHANG S, LIU Z H, HUANG J A, et al. Study on the preparation of high content tea catechins with macroporous adsorption resin[J]. *Journal of Tea Science*, 2002, 22(2): 125-130.
- [11] ZHANG K D, XU D M, WANG P. Microencapsulation method[J]. *Journal of Functional Polymers*, 2001, 14(4): 474-480.
- [12] 田云, 卢向阳, 何小解, 等. 水溶性儿茶素微胶囊的制备[J]. *中草药*, 2004, 35(8): 881-883.
- [13] KINRA, SANJAY, RATH, et al. Indirect quantification of lipid peroxidation in steroid responsive nephrotic syndrome[J]. *Archives of Disease in Children*, 2000, 82(1): 76-78.
- [14] 何小解, 易著文, 卢向阳, 等. 儿茶素对肾病综合征大鼠氧自由基与抗氧化酶的影响研究[J]. *肾脏病与透析肾移植杂志*, 2002, 11(4): 342-346.
- [15] BAUD L, ARDAILLLOU R. Reactive oxygen species: production and role in the kidney[J]. *Am J Physiol*, 1986, 251: 765.
- [16] WILSON C B. The renal response to immunologic injury[M]. //: BRENNER B M, RECTOR F C J, eds. *The kidney*, 4th ed. Philadelphia, W B Saunders, 1991: 1062-1081.
- [17] BAUD L, ARDAILLLOU R. Reactive oxygen species: production and role in the kidney[J]. *Am J Physiol*, 1986, 251: 765.
- [18] CANAVESE C, STRATTA P. Oxygen free radicals in nephrology[J]. *Int J Art Organs*, 1987, 10: 379.
- [19] 王海燕. *肾脏病学*[M]. 第二版. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 531-539.

is recorded. The fatigue indexes, including serum urea nitrogen, liver glycogen and serum lactic acid concentration of the mice are assayed. The results showed that the mung bean sport beverage can prolong the weight-loaded swimming time ( $p < 0.01$ ) and increase the reserve of liver glycogen. The mung bean sport beverage can restrain the accumulation of serum lactic acid level in mice while the animals take rest. It has no effect on the serum urea nitrogen concentration of the mice. All the results showed that the mung bean beverage shows obvious anti fatigue effects.

**Key words:** mung bean; sport beverage; anti fatigue effects

中图分类号: S522

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)01-0302-04

绿豆是一种药食兼用的谷物, 具有清热、消暑、解毒、保肝和降低血脂、胆固醇, 软化血管等功效<sup>[1]</sup>, 绿豆含有丰富的蛋白质, 且氨基酸种类丰富, 其中人体必需的氨基酸赖氨酸含量高达 6.9%, 必需氨基酸含量超过 FAO/WHO 的推荐值<sup>[2-3]</sup>。绿豆中还含有丰富的膳食纤维、碳水化合物、维生素与微量元素, 及鞣质、香豆素、生物碱、皂甙和黄酮类化合物等生物活性物质<sup>[4]</sup>。我国是绿豆的原产国, 也是世界上绿豆的主要生产国之一。我国对绿豆加工以传统加工为主, 主要有绿豆粉皮、绿豆雪糕、绿豆奶和绿豆沙等, 对绿豆的深加工综合利用少, 产品附加值低。

本课题组针对人群在运动或高温环境中会出现的人体水分散失、电解质损失、能量消耗等问题, 根据这些人群的生理特点与营养需要, 以具有清热消暑功能的绿豆水提液为主体, 添加绿豆黄酮、乳清蛋白多肽、绿豆蛋白多肽及碱性电解质、维生素等, 设计快速补充水分、盐分、能量以及消暑的运动饮料产品。本文通过小鼠负重游泳试验, 测定血尿素氮、肝糖原和血乳酸值, 检验绿豆运动饮料缓解体力疲劳的功效。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

市售运动饮料 购于超市; 绿豆运动饮料为本实验室制备, 具体组成见表 1。

表 1 绿豆运动饮料的组成成分  
Table 1 Composition of the mung bean sport beverage

原料	组成
绿豆水提液	95ml
绿豆壳总黄酮提取液	36mg
绿豆蛋白多肽	0.2g
乳清蛋白水解液	0.1g
葡萄糖	4g
低聚麦芽糖	2g
矿物质混合物	0.2g
维生素混合物	18.5mg
牛磺酸	0.05g

### 1.2 试剂

血尿素试剂盒(Urea, 批号: 280011) 中生北控生物科技股份有限公司; 全血乳酸测定试剂盒(批号:

20050328)、糖元试剂盒(批号: 20050315) 南京建成生物工程研究所。

### 1.3 实验动物

健康 ICR 小鼠, 非近交系封闭群, 雄性, 体重  $20 \pm 2g$ , 由北京维通利华实验动物技术有限公司提供, 动物合格证号: SCXK(京)2002-0003。

### 1.4 仪器与设备

ZS-1A 型半自动生化分析仪 北京中生生物工程高技术公司; 752 型紫外光栅分光光度计 上海第三分析仪器厂; TDL-40B 低温高速离心机 上海中安医疗器械厂; 超低温冰箱 美国 Thermo 公司; FA/JA 电子天平 上海市天平仪器厂; 小鼠负重游泳箱( $45 \times 40 \times 45cm$ )。

### 1.5 方法

#### 1.5.1 给药途径与剂量

试验设阴性对照组、绿豆运动饮料组、市售运动饮料组三个组, 口服灌胃, 剂量  $0.2ml/10g$  体重, 对照组给以等体积蒸馏水, 以市场上一种运动饮料产品作市售产品对照组。

#### 1.5.2 负重游泳试验<sup>[5]</sup>

试验小鼠随机分组, 每组 10 只。小鼠口服灌胃受试样品 30min 后, 将小鼠尾根部负荷 5% 体重的铅丝, 置于游泳箱中游泳, 水温  $30 \pm 1.0$ , 记录小鼠自游泳开始至死亡的时间, 作为小鼠负重游泳的时间(min)。

#### 1.5.3 血清尿素氮的测定

试验小鼠随机分组, 每组 10 只。小鼠口服灌胃受试样品 30min 后, 在温度为  $30 \pm 1.0$  的水中不负重游泳 90min, 休息 20min 后眼球采全血约 0.5ml (不加抗凝剂)。置于 4℃ 冰箱约 3h, 血凝固后  $2000r/min$  离心 15min, 取血清于  $-45$ ℃ 保存。按试剂盒说明测定血清尿素氮含量。

#### 1.5.4 肝糖原测定

试验小鼠随机分组, 每组 10 只。小鼠口服灌胃受试品 30min 后, 在温度为  $30 \pm 1.0$  的水中不负重游泳 90min, 然后立即以颈椎脱臼法处死动物, 取肝脏组织, 经预冷 4℃ 生理盐水漂洗后用滤纸吸干, 依照肝糖原测定试剂盒说明制备样品检测液和测定肝糖原含量。

### 1.5.5 血乳酸测定

试验小鼠随机分组, 每组 10 只。各组小鼠口服灌胃受试品 30min 后, 从眼内眦采血 100 $\mu$ l, 将小鼠置于温度为 30 的水中不负重游泳 10min, 立即采血 100 $\mu$ l (第二次采血), 休息 20min 后再采血 100 $\mu$ l, 依照全血乳酸测定试剂盒说明书制备制备样品检测液和测定血乳酸含量。

### 1.6 数据统计

数据经统计处理后用  $\bar{x} \pm s$  表示, 组间差异采用 t 检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 负重游泳试验

负重游泳试验是评价药物抗疲劳作用的动物模型, 游泳时间的长短与运动耐力有关, 可以反映动物运动疲劳的程度<sup>[5]</sup>。本试验中, 小鼠给予不同样品后负重游泳时间的结果见表 2。

表 2 不同组小鼠负重游泳时间( $\bar{x} \pm s$ , min)

Table 2 Weight-loaded swimming time of the mice in different groups( $\bar{x} \pm s$ , min)

试验组	负重游泳时间(min)
对照组	108.68 $\pm$ 32.24
绿豆运动饮料组	144.19 $\pm$ 9.15**
市售运动饮料组	109.18 $\pm$ 17.58

注: 与对照相比较, \*\* $p < 0.01$ ;  $n=10$ 。

由以上结果可知, 灌胃绿豆运动饮料的小鼠, 平均负重游泳时间比对照组增加了近 36min, 两组数据存在显著性差异( $p < 0.01$ ), 提示绿豆运动饮料具有一定的缓解体力疲劳的作用。

### 2.2 血清尿素氮含量

血清尿素氮的含量可说明体内含氮物质分解代谢状况, 也是评价机体在特殊条件下体力劳动负荷承受能力的一个较灵敏的指标, 血清尿素氮含量越低说明体内含氮物质的分解越少, 机体对负荷的适应性越强<sup>[5]</sup>。各组小鼠在自由游泳后血清尿素氮含量见表 3。

表 3 不同组小鼠血清尿素氮的含量( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)

Table 3 Serum urea nitrogen concentration of mice in different group( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)

试验组	血清尿素氮(mmol/L)
对照组	5.01 $\pm$ 1.13
绿豆运动饮料组	5.03 $\pm$ 0.75
市售运动饮料组	5.17 $\pm$ 1.33

注: 与对照相比较,  $p > 0.05$ ;  $n=10$ 。

观察上述试验结果, 两组试验组小鼠的血清尿素氮值与对照组相比较, 没有显著差异( $p > 0.05$ )。血尿素氮是蛋白质代谢产物, 一般运动时间不超过 30min 时, 蛋白质较少参与供能, 血尿素氮变化不明显。一些研

究报道了抗疲劳产品对小鼠血尿素氮的调节作用, 在这些研究中试验动物长期给予受试样品<sup>[6-7]</sup>, 在我们的试验中, 为了观察绿豆运动饮料在饮用后对于缓解体力疲劳的即时作用, 试验动物是一次给药, 这可能是未观测到产品对血清尿素氮值代谢调控作用的原因。

### 2.3 肝糖原含量

肝糖原是维持血液中葡萄糖正常水平的重要贮存物, 也是肌纤维收缩时能量的来源。肝糖原的可共性是运动肌肉疲劳开始的主要影响因素<sup>[5,8]</sup>。各组小鼠给与受试样品后自由游泳一定时间, 其肝糖原的含量如表 4 所示。

表 4 不同组小鼠肝糖原的含量( $\bar{x} \pm s$ , mg/g)

Table 4 Liver glycogen concentration of mice in different groups( $\bar{x} \pm s$ , mg/g)

试验组	肝糖原(mg/g组织)
对照组	8.578 $\pm$ 0.69
绿豆运动饮料组	11.122 $\pm$ 1.25*
市售运动饮料组	12.109 $\pm$ 2.01*

注: 与对照相比较, \* $p < 0.05$ ;  $n=10$ 。

绿豆运动饮料与市售运动饮料组试验小鼠的肝糖原含量显著高于对照组( $p < 0.05$ ), 说明这两组运动饮料可增加实验动物肝糖元的储备, 减少肝糖原的消耗量, 从而具有增进体能、增强耐力、抗疲劳的作用。

### 2.4 血乳酸含量

在运动时, 肌肉通过糖酵解反应获得能量的同时, 也产生了大量的乳酸。由乳酸解离所生成的氢离子使肌肉中的氢离子浓度上升, pH 值下降, 进而引发一系列生化变化, 导致疲劳。运动停止后, 因糖酵解过程停止和乳酸不断清除, 血乳酸逐渐降低, 疲劳得以恢复。减少乳酸的产生或加速疲劳的清除, 都可起到抗疲劳的作用。肌肉中的乳酸很快渗透入血液, 并使血乳酸含量上升, 直至肌乳酸和血乳酸之间达到平衡<sup>[5]</sup>。不同组小鼠在不同试验条件下的血乳酸水平见表 5。

表 5 不同组小鼠血乳酸含量的变化( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)

Table 5 Change in serum lactic acid concentration of mice in different group( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)

	对照组	市售运动饮料组	绿豆运动饮料组
游泳前	8.15 $\pm$ 2.15	4.55 $\pm$ 1.03**	5.72 $\pm$ 4.55*
游泳后	8.19 $\pm$ 1.37	8.74 $\pm$ 3.99	10.70 $\pm$ 2.33**
休息后	12.29 $\pm$ 1.30	12.04 $\pm$ 1.25	11.84 $\pm$ 1.08

注: 与对照相比较, \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ ;  $n=10$ 。

在给予各受试样品后 30min, 绿豆运动饮料组小鼠的血乳酸水平显著低于对照组( $p < 0.05$ ), 在安静状态下, 绿豆运动饮料可以减少乳酸在肌肉中的积累, 减少血乳酸的含量; 各组小鼠在 10min 的游泳运动后立即采血测血乳酸含量, 绿豆运动饮料组的血乳酸含量显著

高于对照组( $p < 0.05$ ),当小鼠因运动在肌细胞中产生大量乳酸之后,该饮料样品促进其骨骼肌中的 $H^+$ 和乳酸向血液的释放,使得肌细胞内的 $H^+$ 和乳酸能及时转移出去,从而避免肌浆 $pH$ 的下降,延缓运动疲劳的发生;在休息后20min后,各组小鼠的血乳酸水平未恢复到运动前的水平,组间无明显差异,绿豆运动饮料组小鼠的血乳酸水平有降低的趋势。市售运动饮料组小鼠在游泳前的血乳酸水平也显著低于对照组( $p < 0.05$ ),在后两个时间点与对照组无差异。

### 2.5 讨论

体育运动或劳动中,人体处于一种高强度的应激状态下,身体或生理各部位均积极响应以维持或平衡“运动”的需要。运动中人体生理变化主要表现在能源物质消耗、水分损失、电解质损失、乳酸堆积、自由基损伤和内环境紊乱等方面<sup>[8-9]</sup>。运动饮料产品的抗疲劳功能基于以下几点理论基础:延缓肌糖原的耗尽速度、清除能量代谢产生的乳酸和维护机体在运动过程中的正常代谢<sup>[8]</sup>。绿豆具有清热、解毒、消暑等保健作用,可药食两用<sup>[3]</sup>。一些研究报道表明,大豆多肽饮料对运动员肌肉的动员能力和抗训练疲劳能力有很好的效果<sup>[10,11]</sup>,也有研究报道了大豆异黄酮的抗疲劳功能<sup>[12]</sup>。根据运动饮料产品同时补充水分、能量与电解质的要求,本试验所用的绿豆运动饮料以绿豆水提液为基液,添加了碳水化合物、碱性电解质混合物,并添加了从绿豆皮中提取出来的黄酮类物质、酶水解绿豆蛋白获得的绿豆多肽、具有抗疲劳功能的乳清蛋白多肽和牛黄酸等功能成分<sup>[9,13]</sup>。通过动物试验证明,绿豆运动饮料显著延长小鼠负重游泳时间,其作用效果优于市售运动饮料。绿豆运动饮料能良好影响与疲劳相关的生化指标,表现了延缓体力疲劳的功效。

本试验为了衡量产品在饮用后对于缓解体力疲劳的即时作用,采取单次给药的方式。长期喂给绿豆运动

饮料对试验动物体力疲劳的延缓功能、饮料中各功能组分抗疲劳作用的机理等问题,还需要做进一步的研究。

### 3 结 论

绿豆运动饮料可以显著地延长小鼠负重游泳的时间;可以增加小鼠肝糖原的储备量,降低剧烈体力劳动后糖原的消耗;对小鼠在静止状态下的血乳酸的积累具有明显的抑制作用;对于小鼠血清尿素的含量无影响,具有一定的缓解体力疲劳作用。

### 参考文献:

- [1] 尹凤翔,李键波,肖焕玉,等.吉林省绿豆生产现状与发展策略[J].吉林农业科学,2002,27(5):52-54.
- [2] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所.食物成分表[M].北京:人民卫生出版社,1991.
- [3] 杨利,刘亚龙,孙建华,等.绿豆蜂蜜营养保健酸奶的研制[J].食品科技,2006(1):82-84.
- [4] 梁霞,李红梅.绿豆汁清凉饮料生产工艺优化的研究[J].农产品加工,2005(8):33-35.
- [5] 凌关庭.保健食品原料手册[M].北京:化学工业出版社精细化工出版中心,2002:432.
- [6] 胡春,谭晓东.某保健品抗疲劳作用的实验研究[J].武汉科技大学学报:自然科学版,2006,29(2):197-199.
- [7] 洪雪娥,高荫榆,罗丽萍,等.葛蔓黄酮的抗疲劳作用研究[J].食品科学,2006,27(2):256-258.
- [8] 梁世杰,丁克芳,林伟国.运动饮料配方设计概论[J].饮料工业,2003,6(3):1-7.
- [9] 董刚,周永辉,连予生,等.乳清蛋白与碱性电解质应用于运动保健固体饮料的研究[J].饮料工业,2000,3(4):16-18.
- [10] 龚树立,文剑,吴逸民,等.大豆多肽运动饮料的研制[J].食品与发酵工业,2003,29(4):86-87.
- [11] 王启荣,李肃反,杨则宜,等.补充大豆多肽对中长跑运动员训练期生化指标的影响[J].中国运动医学杂志,2004,23(1):33-37.
- [12] 马桂芝,高晓黎,周玲.大豆异黄酮软胶囊的初步药效学研究[J].新疆医科大学学报,2003,26(6):590-592.
- [13] 刘辉,关维俊,徐应军,等.牛磺酸功能啤酒抗疲劳作用研究[J].食品科技,2005(11):90-92.

### 信 息

## 新西兰发明新型包装材料

据《新西兰先驱报》报道,日前,奥克兰大学高级合成材料研究中心成功将两种廉价废旧塑料合成成为一种高级新型塑料。

他们用废旧的聚乙烯塑料牛奶瓶和PET可乐瓶合成了一种新的聚合塑料。试验证明,这种新型塑料的性能明显优于两种原材料,比任何一种原材料的硬度都大,而且隔离氧气的效果提高了2~3倍,非常适合作食品的包装材料。该研究中心还发现,加入合适的添加剂后,这种新型塑料的电磁屏蔽功能大大增强,是电子产品理想的包装材料。更有意义的是,这种新材料可回收循环使用几次而性能不会降低。目前,这种新型塑料的生产机器也已由该中心设计制作完成,日生产能力达几百米。

成功合成这种新型塑料主要是因为两种原材料具有不同的、相差至少40度的熔点。当牛奶瓶和可乐瓶在一起熔化时,具有较高的熔点的PET就形成了直径达到微米甚至纳米级微小的纤维,这些小纤维均匀的分布在新材料里,大大提高了强度和硬度。