

黑大豆营养膳的营养评价及缓解疲劳作用的研究

邓媛元, 魏振承, 张名位, 张瑞芬, 张雁, 唐小俊, 马永轩

(广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所农业部功能食品重点实验室, 广东广州 510610)

摘要: 本文以黑大豆和黑芝麻为原料研制开发了黑大豆营养膳, 并对其营养成分和缓解体力疲劳功能进行了评价。发芽黑大豆经挤压膨化后与黑芝麻混合调配、微波灭菌加工成营养膳, 按国标规定检测其营养成分含量并进行营养评价。将营养膳添加入基础饲料, 以15, 30, 45 g/kg·bw 3种剂量连续喂养昆明种小鼠45 d, 观察其对小鼠各项体力疲劳指标的影响。结果表明营养膳符合FAO/WHO推荐的优质蛋白模式, 氨基酸评分、化学评分、必需氨基酸指数分别为0.94、0.60、77.33。在缓解体力疲劳试验中, 营养膳能延长小鼠负重游泳时间, 提高肝糖原含量, 降低血清尿素氮含量和血乳酸曲线下面积。其最适剂量为30 g/kg·bw。由此可见, 黑大豆营养膳是一种优质蛋白补充剂, 并具有缓解体力疲劳功能。

关键词: 黑大豆; 黑芝麻; 营养膳; 营养评价; 缓解体力疲劳; 功能食品

文章编号: 1673-9078(2013)8-2015-2019

Nutrition Assessment and Anti-Fatigue Effect of Black Soybean Nutrient

DENG Yuan-yuan, WEI Zhen-cheng, ZHANG Ming-wei, ZHANG Rui-fen, ZHANG Yan, TANG Xiao-jun, MA Yong-xuan

(Key Laboratory of Functional Food, Ministry of Agriculture, Sericulture & Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China)

Abstract: A kind of nutrient was made from black soybean and black sesame through extruding, blending and grinding. Its nutrient components were determined with the national standards. Kunming mice were used to evaluate the anti-fatigue activities of the black soybean nutrient (black soybean nutrient was added in the feed) with different dosages(15, 30, 45 g/kg·bw) for 45 days, by measuring the swimming time, serum urea, hepatic glycogen and blood lactic acid. The results showed that the nutrient was in accordance with FAO/WHO high quality protein pattern. Amino acid score(AAS), chemical score(CS) and essential amino acid index(EAAI) of the black soybean nutrient was 1.02, 0.65 and 78.77, respectively. Black health nutrition paste increased the swimming time of the mice and promote the level of their hepatic glycogen. In addition, the nutrient decreased the serum urea content and the area under the curve of blood lactic acid. The optimal dosage of nutrition paste was 30g/kg·bw. This research showed that the black soybean nutrient was a good protein supplement with alleviating fatigue function.

Key words: soybean; black sesame; nutrient; nutritional composition; anti-fatigue; health food

疲劳最重要的生理表现就在于肌肉的能量代谢^[1]。正常的急性疲劳在机体休息一段时间后会自然消失, 但是急性疲劳的长期累积将会导致慢性疲劳。慢性疲劳会对机体造成不可逆转的生理损伤, 并且机体减轻疲劳的代偿机制将不再有效^[2]。因此, 为了避免慢性疲劳的发生, 研发一种能够有效缓解体力疲劳的功能食品, 修复或避免急性疲劳的累积具有重要意义。

我国传统医学认为黑色食品有固本扶正、延缓衰老和强身健体的功能。明代医籍《延年秘录》记载, “服食黑大豆, 令人长肌肤、益颜色、填精髓, 如气力、补虚能食, 神秘方也”。《神农本草经》记载, 黑芝麻

有“主伤中虚羸, 补五内, 益气力, 长肌肉, 填髓脑”等功效。现代研究表明黑色食品富含多酚、蛋白质及多种微量元素和维生素, 能调节人体多种生理功能, 是开发天然保健食品的理想原料^[3]。本文根据黑大豆、黑芝麻的营养特点, 优化原料搭配, 研制开发“黑大豆营养膳”, 饲喂昆明种小鼠45天后通过测定小鼠负重游泳时间, 小鼠血清尿素氮、肝糖元及运动前后小鼠血乳酸含量, 对黑大豆营养膳缓解体力疲劳功能及营养价值进行了客观的分析与评价。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原辅料

黑大豆品种为“粤引黑大豆9号”, 在本所试验田

收稿日期: 2013-04-16

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD33B10; 2012BAD37B08)

作者简介: 邓媛元, (1982年-), 女, 硕士, 助理研究员, 植物活性物质与功能食品

内种植收获。黑芝麻、大豆分离蛋白、白砂糖、糊精、水解乳清蛋白、谷氨酰胺均为市售。上述各物在营养膳配方中比例依次为7:3:3:3:2:1:1。

1.1.2 实验动物

SPF级昆明种雄性小白鼠, 6~8周龄, 体重为18~22 g。由南方医科大学实验动物中心提供, 实验动物生产许可证号: SCXK粤2006-0015; 动物实验室为十万清洁级, 室温(25±2) °C; 湿度60~80%。

1.2 实验方法

1.2.1 营养膳制作工艺

黑大豆经浸润、发芽后低温干燥, 与辅料混合调配后破碎, 调整水分进行挤压膨化。挤压膨化产物经粉碎后再与熟化黑芝麻调配、粉碎、过筛。内包装后微波灭菌, 再进行外包装成为黑大豆营养膳。

1.2.2 营养成分分析

水分测定按照GB/T5009.3-2003标准测定; 蛋白质测定采用微量凯氏定氮法, 按照GB/T5009.5-2003标准测定; 脂肪测定按照GB/T 5009.6-2003标准测定; 灰分测定采用550 °C高温灼烧氧化法, 按GB/T 5009.4-2003标准测定; 不溶性膳食纤维测定按照GB/T 5009.88-2008标准测定; 氨基酸测定按照GB/T 5009.124-2003测定, (色氨酸未检测); 维生素B1按照GB/T 5413.11-1997测定, 维生素B2按照GB/T 5413.13-1997测定, 维生素E按照GB/T 5413.9-1997测定; 微量元素钙、钠、钾、镁、铁、锌、锰、铅、砷、铜按照GB/T 5009.90-2003~GB/T 5009.92-2003以及GB/T 5009.11-2003~GB/T 5009.14-2003标准测定。

1.2.3 营养价值评价

根据1 g氮中氨基酸评分标准模式^[4]和全鸡蛋蛋白质氨基酸模式^[5]进行比较, 氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)^[6]按以下公式求得:

$$AAS = \frac{\text{实验蛋白质中氨基酸含量}/(\text{mg/g})}{\text{FAO/WHO评分模式氨基酸含量}/(\text{mg/g})}$$

$$CS = \frac{\text{实验蛋白质氨基酸含量}/(\text{mg/g})}{\text{鸡蛋相应必需氨基酸含量}/(\text{mg/g})}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{\text{赖氨酸}^t}{\text{赖氨酸}^s} \times 100 \times \frac{\text{苏氨酸}^t}{\text{苏氨酸}^s} \times 100 \dots \frac{\text{色氨酸}^t}{\text{色氨酸}^s} \times 100}$$

注: n为比较的氨基酸数, t为试验蛋白质的氨基酸, s为鸡蛋蛋白质氨基酸。本实验中n=7。

1.2.4 缓解体力疲劳实验设计

实验采用黑大豆营养膳人体推荐日服量90 g/60(kg·bw) (每天3包, 每包30 g) 以及向上推至180、270 g/60(kg·bw)的10倍剂量作为受试剂量, 共设3个受试剂量组, 15、30、45 g/kg·bw。添加入基础饲料后配

方比分别为: 7.5%、15%、22.5%。小鼠颗粒基础饲料由南方医科大学实验动物中心提供, 主要成分包括大米、小麦、玉米、豆粕、鱼粉、麸皮、米糠、黄粉等。添加受试物后各组小鼠饲料提供能量理论值无显著性差异。

1.2.5 实验动物分组

动物在实验室条件下检疫7 d后, 随机将48只健康小鼠分成4组, 除受试样品三个剂量组外, 另设空白对照组。每组12只, 每日12 g/只给予受试动物受试物, 给样量根据每周饮食增减略加调整。空白对照组摄食基础饲料。各组小鼠自由摄食, 连续45 d。末次给样后参照卫生部《保健食品检验与评价技术规范》(2003年版)的方法对小鼠各项缓解体力疲劳功能指标进行测定。

1.2.6 抗疲劳实验测定指标

1.2.6.1 负重游泳试验

小鼠尾根部负荷5%体重的细保险丝后, 将小鼠放入水温25±1 °C, 水深40 cm的游泳箱中游泳, 记录小鼠从游泳开始至死亡的时间为游泳时间。

1.2.6.2 血清尿素测定

小鼠放入温度30 °C的水中不负重游泳90 min, 休息60 min后眼眶采血, 分离血清, 按照尿素试剂盒使用说明, 采用南京建成生物有限公司提供的试剂盒测尿素含量。

1.2.6.3 肝糖原测定

处死动物立即取肝脏, 经生理盐水漂洗干净后再用滤纸吸干, 精确称取100 mg肝脏, 按蒽酮法测定肝糖原含量。

1.2.6.4 血乳酸测定

小鼠在30 °C水中不负重游泳30 min。于游泳前、游泳后立即及游泳后休息20 min, 分别内毗采血, 测定全血乳酸含量。以血乳酸升高幅度和消除幅度为指标与对照组比较进行方差分析。

血乳酸曲线下面积=1/2×(游泳前血乳酸值+游泳后0 min的血乳酸值)×10+1/2×(游泳后0 min的血乳酸值+游泳后休息20 min的血乳酸值)×20

1.3 数据处理

采用SPSS 13.0软件包进行方差分析及多样本均数间的两两比较。

1.4 结果判定

负重游泳试验结果阳性, 且血乳酸、血清尿素、肝糖元三项生化指标中任意两项指标阳性, 即可判定该受试物具有缓解体力疲劳功能的作用。

2 结果与分析

2.1 黑大豆营养膳的营养成分与氨基酸评分

表1 营养膳的主要营养成分

Table 1 the main nutrient constituents of nutrient

成分	含量
水分/(10 ⁻² g/g)	4.75
蛋白质/(10 ⁻² g/g)	31.11
脂肪/(10 ⁻² g/g)	20.78
灰分/(10 ⁻² g/g)	3.16
不溶性膳食纤维/(10 ⁻² g/g)	1.80
维生素 B ₁ /(10 ⁻² μg/g)	117.03
维生素 B ₂ /(10 ⁻² μg/g)	53.04
维生素 E/(10 ⁻² mg/g)	6.95
钙/(10 ⁻² mg/g)	213.86
钠/(10 ⁻² mg/g)	206.77
钾/(10 ⁻² mg/g)	792.65
镁/(10 ⁻² mg/g)	121.13
铁/(10 ⁻² mg/g)	7.64
锌/(10 ⁻² mg/g)	2.44
锰/(10 ⁻² mg/g)	1.85
铅/(mg/kg)	<0.3
砷/(mg/kg)	<0.2
铜/(mg/kg)	7.01

营养膳的主要营养成分分析结果(表1)表明,其主要营养成分蛋白质、脂肪、维生素、及矿物质等的含量均较高。由表2可知,营养膳中EAA占TAA总量的39.49%,EAA与NEAA比值为65.26%,完全符合FAO/WHO推荐的优质蛋白质组成。以FAO/WHO的必需氨基酸均衡模式^[7]为标准进行评价,营养膳的7种必需氨基酸接近或高出FAO/WHO模式标准(表3)。但其与鸡蛋模式还是存在一定差距,这主要是由于动物和植物蛋白间的差异造成。营养膳中必需氨基酸评分与化学评分显示,第1限制氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸,第2限制氨基酸为苏氨酸。除第1限制氨基酸和第2限制氨基酸AAS分别为0.94和0.95外,其余各种必需氨基酸的AAS均大于1;所有必需氨基酸CS均大于0.5;EAAI值高达77.33%。EAAI越大,表明氨基酸组成越平衡,蛋白质的质量和利用率越高。说明营养膳不仅必需氨基酸种类齐全,而且必需氨基酸之间的比例适宜,有利于人体吸收,是一种十分理想的蛋白质补充剂。

2.2 黑大豆营养膳对小鼠体重的影响

实验期间,各组动物体重均有增长(表4),体重高低依次为30、15 g/kg、对照组、45 g/kg剂量组,但各剂量组间差异无统计学意义(P>0.05)。说明营养膳不会造成小鼠肥胖。

表2 营养膳中氨基酸组成及含量/(10⁻²g/g)

Table 2 The amino acid contents of the nutrient

氨基酸组成	含量
门冬氨酸 ASP	3.18
半胱氨酸 CYS	0.49
丝氨酸 SER	1.23
谷氨酸 GLU	6.69
脯氨酸 PRO	1.91
非必需氨基酸	
甘氨酸 GLY	1.24
丙氨酸 ALA	1.36
酪氨酸 TYR	0.83
组氨酸 HIS	0.69
精氨酸 ARG	2.14
非必需氨基酸 NEAA	16.58
缬氨酸 VAL	1.70
蛋氨酸 MET	0.52
异亮氨酸 ILE	1.58
亮氨酸 LEU	2.56
苯丙氨酸 PHE	1.55
赖氨酸 LYS	1.74
必需氨基酸	
苏氨酸 THR	1.17
必需氨基酸 EAA	10.82
氨基酸总量 TAA	27.40
必需氨基酸/氨基酸总量 EAA/TAA/%	39.49
必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA/%	65.26

2.3 黑大豆营养膳对小鼠负重游泳时间的影响

如表4所示,与正常对照组相比,各剂量组黑大豆营养膳均能显著延长小鼠负重游泳时间(P<0.05),其中30 g/kg剂量组平均游泳时间最长,其次是15和45 g/kg剂量组。但各剂量组间无显著性差异。

2.4 黑大豆营养膳对小鼠运动后肝糖原和血清

尿素氮的影响

机体能量物质的大量消耗和尿素在体内的蓄积,是引起运动性疲劳的一个重要因素。由表4可见,各实验组肝糖原含量均高于对照组,其中30 g/kg剂量组小鼠肝糖原含量有显著性上升(P<0.05)。而各剂量组小

鼠运动后血清尿素氮与对照组相比均有下降, 其中30 g/kg和45 g/kg 剂量组与对照组相比有显著性差异 (P<0.05)。说明黑大豆营养膳可以增强机体的能量供给, 并且减少疲劳小鼠的血清尿素产生。

表3 营养羹中必需氨基酸评分与化学评分

Table 3 Chemical score, amino acid score and EAAI of the nutrient

必需氨基酸	营养膳 (/mg/g protten)	FAO/WHO 模式 (/mg/g protten)	鸡蛋模式 (/mg/g protten)	氨基酸评分 (AAS)	化学评分 (CS)	必需氨基酸指数 (EAAI)
异亮氨酸 ILE	51	40	66	1.28	0.77	77.33
亮氨酸 LEU	83	70	88	1.19	0.94	
赖氨酸 LYS	56	55	64	1.02	0.88	
蛋氨酸+半胱氨酸 MET+CYS	33	35	55	0.94 [*]	0.6 [*]	
苯丙氨酸+酪氨酸 TYR+PHE	77	60	100	1.28	0.77	
苏氨酸 THR	38	40	51	0.95 ^{**}	0.75 ^{**}	
缬氨酸 VAL	55	50	73	1.10	0.75	
氨基酸评分				0.94	0.6	

注: (1) ^{*}第1限制氨基酸; (2) ^{**}第2限制氨基酸。

表4 不同组小鼠体重、负重游泳时间、血清尿素氮和肝糖原的含量 (n=12)

Table 4 Effects of the black soybean nutrient on the weight, swimming time to exhaustion of weight-loaded mice, the level of serum ureanitrogen and hepatic glycogen after the forced swim test.

组别	体重 /g	游泳 时间/s	肝糖原 /(mg/g)	血清尿素氮 /(mmol/L)
对照组	46.74±3.74	250.0±45.2 ^a	5.11±0.64 ^a	9.97±1.67 ^c
黑大豆营养膳 15 g/kg 剂量组	47.06±5.71	410.0±88.3 ^b	5.98±1.21 ^{ab}	9.13±0.84 ^{bc}
黑大豆营养膳 30 g/kg 剂量组	47.88±7.32	412.5±145.0 ^b	6.54±0.74 ^b	7.6304±0.68 ^a
黑大豆营养膳 45 g/kg 剂量组	45.40±4.06	395.0±30.0 ^b	6.16±1.98 ^a	8.46±1.15 ^{ab}

注: 不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著差异。

2.5 黑大豆营养膳对小鼠血乳酸的影响

机体运动后会蓄积乳酸等大量的致疲劳物质。由表5可见, 各剂量组小鼠游泳后即刻和20 min后血乳酸含量均低于对照组, 血乳酸曲线下面积均有显著性下降 (P<0.05), 但剂量组间无显著性差异。在剂量为30 g/kg时血乳酸曲线下面积达到最小值。说明黑大豆营养膳可以显著加速运动后血乳酸的清除速度。

3 结论

3.1 疲劳是指机体失去开始或持续进行正常活动的的能力, 通常表现为行动能力的降低^[7]。身体素质、工作强

度、生活方式、疾病等都可能致疲劳^[8]。长期处于疲劳状态可能导致过劳死^[9]。研究表明超过50%的成人存在疲劳现象^[10], 并且疲劳状态的发生正在日趋年轻化^[11]。目前我国每年过劳死亡的人数已经达到60万人。抗疲劳能力加强的最直接表现就在于运动耐力的提高^[12]。本研究中小鼠负重游泳时间的延长反映了小鼠机体抗疲劳能力的增强。

表5 不同组小鼠血乳酸变化 (n=12)

Table 4 Effects of the black soybean nutrient on the area under the curve of blood lactic acid

组别	血乳酸/(mmol/L)			血乳酸曲 线下面积
	游泳前	游泳后 即刻	游泳后 20min	
对照组	4.87±0.37	8.31±0.51	7.05±0.47	219.42±15.23 ^a
黑大豆营养膳 15 g/kg 剂量组	5.55±0.28	7.51±0.47	6.57±0.23	195.07±14.27 ^b
黑大豆营养膳 30 g/kg 剂量组	4.79±0.42	7.77±0.83	5.81±0.69	188.57±12.21 ^b
黑大豆营养膳 45 g/kg 剂量组	5.01±0.52	7.14±0.79	6.13±0.88	193.455±11.40 ^b

注: 不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著差异。

3.2 疲劳的发生一般认为和体内两种糖(血糖和肝及肌糖原)的缺乏有关。因此补充糖和提高体内糖原的贮存量是抗体力和脑力疲劳的关键所在^[13]。运动后体内蓄积大量的致疲劳物质, 包括血清尿素氮和乳酸等。尿素氮是蛋白质代谢的一个终产物, 体力活动或剧烈

运动时,肌肉收缩加强,肌糖原的消耗增大,能量的供应失衡。为确保能量的供给,蛋白质的分解代谢增强,释放出氨基酸。氨基酸在供能的同时,脱下氨转变为尿素,从而使血清尿素氮的含量升高^[4]。机体疲劳程度越高,血清尿素氮含量也就越高。此外,剧烈运动时,机体主要靠糖原酵解来获得能量。当糖原被大量消耗而又得不到及时补充时,糖酵解产物乳酸过量堆积将导致血液和肌肉中的pH降低,机体内生理生化代谢过程紊乱,从而阻碍机体行为,引发疲劳。因此乳酸的快速消除有利于机体的缓解疲劳^[5]。本文研究结果显示黑大豆营养膳可以通过增加肝糖原水平,减少血清尿素氮生成,快速消除乳酸堆积从而发挥缓解体力疲劳作用。

3.3 Satoshi Nozaki等人^[6]分析了疲劳相关的生化特征变化,指出疲劳与营养密切相关,加强营养供给是缓解体力疲劳的重要手段。蛋白质有利于肌体的强壮、敏捷,增加抗疲劳能力;维生素B的缺乏会导致肌肉运动的中间产物丙酮酸在血液中的含量增加,容易引起疲劳;而激烈运动时,无机盐类的代谢加强,容易使无机盐缺乏,引起代谢紊乱,导致疲劳提早出现。本研究中黑大豆营养膳的营养成分分析表明其富含蛋白质、氨基酸和矿物质,必需氨基酸接近或者高出WHO/FAO模式标准。全面的营养支持是其发挥缓解体力疲劳功能的重要基础。

3.4 Zhang和Chang等人^[7-18]研究发现黑大豆和黑芝麻中富含酚类物质,是天然的抗氧化剂来源。而Nicolson和Logan等人^[19-20]研究指出氧化损伤是疲劳形成的重要诱因之一,抗氧化是防止疲劳的有效手段。Masaaki Tanaka等人^[9]研究了绿茶中的主要抗氧化物质表没食子儿茶素没食子酸酯对精神和生理双重疲劳动物模型的缓解疲劳作用,发现表没食子儿茶素没食子酸酯可以显著延长大鼠游泳时间,并降低硫代巴比妥酸反应产物在疲劳大鼠肝脏中的含量。同样, Singal等人^[21]的研究表明绿茶提取物及儿茶素可以降低疲劳小鼠脑部的脂质过氧化物水平。因此推测抗氧化可能是黑大豆营养膳缓解体力疲劳作用的作用途径之一。

参考文献

- [1] Belluardo N, Westerblad H, Mudo G, et al. Neuromuscular junction disassembly and muscle fatigue in mice lacking neurotrophin-4 [J]. *Molecular and Cellular Neurosciences*, 2001, 18: 56-67
- [2] Kei M, Masaaki T, Kouzi Y, et al. Mental fatigue caused by prolonged cognitive load associated with sympathetic hyperactivity [J]. *Behavioral and Brain Functions*, 2011, 7: 17-23
- [3] Zhang M W, Lai L Z, Li B J, et al. Research and industrial utilization of black cereal and oil crop germplasm resources [J]. *Agricultural Sciences in China*, 2009, 8(3): 31-32
- [4] Pellett P L, Young V. R. Nutritional evaluation of protein foods [M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980
- [5] 李晓,张士颖,李玉.灰离褶伞子实体营养成分测定与评价[J]. *北方园艺*, 2010, 6: 198-201
- [6] Li X, Zhang S Y, Li Y. Determination and Evaluation of Nutritional Components in *Lyophyllum cinerascens* Fruit-bodies [J]. *Northern Horticulture*, 2010, 6: 198-201
- [7] 刘志皋.食品营养学[M].北京:中国轻工业出版社,1993
- [8] Liu Z G. Food and nutrition [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1993
- [9] FAO/WHO. Energy and protein requirement [R]. Report of Joint FAO/WHO, Geneva: WHO, 1973: 63-65
- [10] Chaudhuri A, Behan P O. Fatigue in neurological disorders [J]. *Lancet*, 2004, 363: 978-988
- [11] Yi C L, Kuo L C, Hsiu H C. Lifestyle risk factors associated with fatigue in graduate students [J]. *Journal of the Formosan Medical Association*, 2007, 106(7): 565-572
- [12] Masaaki T, Yoshitake B, Yosky K, et al. Effects of (-)-epigallocatechin gallate in liver of an animal model of combined (physical and mental) fatigue [J]. *Nutrition*, 2008, 24(6): 599-603
- [13] Cynthia J M, Renee R T, Karen M J, et al. Sociodemographic and symptom correlates of fatigue in an adolescent primary care sample [J]. *Journal of Adolescent Health*, 2004, 35(6): 528.e21-528.e26
- [14] Viner R. M, Clark C, Taylor S. J, et al. Longitudinal risk factors for persistent fatigue in adolescents [J]. *Archives Pediatrics & Adolescent Medicine*, 2008, 162: 469-475
- [15] 中华人民共和国卫生部.保健食品检验与评价技术规范[M].2003
- [16] Ministry of health of the people's Republic of China. Technical standards for testing & assessment of health food[M]. 2003
- [17] 陈仁淳.营养保健食品[M].北京:中国轻工业出版社,2001
- [18] Chen R C. Nutrition and health food [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001
- [19] Tsopanakis C, Tsopanakis A. Stress hormonal factors, fatigue, and antioxidant responses to prolonged speed driving [J]. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, 1998, 60(3): 747-751

- [16] Huang L Z, Huang B K, Ye Q, et al. Bioactivity-guided fractionation for anti-fatigue property of *Acanthopanax senticosus* [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 133(1): 213-219
- [17] Satoshi N, Masaaki T, Kei M, et al. Mental and physical fatigue-related biochemical alterations [J]. *Nutrition*, 2009, 25(1): 51-57
- [18] Zhang R F, Zhang F X, Zhang M W, et al. Phenolic composition and antioxidant activity in seed coats of 60 Chinese black soybean (*Glycine max L. Merr.*) varieties [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59: 5935-5944
- [19] Chang L W, Yen W J, Huang S C, et al. Antioxidant activity of sesame coat [J]. *Food Chemistry*, 2002, 78 (3): 347-354.
- [20] Garth L N. Metabolic syndrome and mitochondrial function: molecular replacement and antioxidant supplements to prevent membrane peroxidation and restore mitochondrial function [J]. *Journal of Cellular Biochemistry*, 2007, 100(6): 1352-1369
- [21] Logan A C, Wong C. Chronic fatigue syndrome: oxidative stress and dietary modifications [J]. *Alternative Medicine Review*, 2001, 6: 450-459
- [22] Anjali S, Surinder K, Naveen T, et al. Green tea extract and catechin ameliorate chronic fatigue-induced oxidative stress in mice [J]. *Journal of Medicinal Food*, 2005, 8(1): 47-52