

文章编号:1673-1689(2005)06-0078-05

苦荞麦蛋白质抗疲劳功能机理的研究

张超¹, 卢艳², 郭贯新¹, 张晖¹

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036; 2. 无锡协和食品有限公司, 江苏 无锡 214072)

摘要: 苦荞麦中蛋白质的生物价非常高, 具有降低胆固醇、预防胆固醇沉积、抑制体内胆结石形成等多种生理功能。作者从抗疲劳、提高运动能力作用方面研究苦荞麦蛋白质的生理活性。实验中将小鼠随机分组, 连续灌胃 4 周, 检测小鼠的附重游泳、爬杆时间等生化指标。试验结果表明: 苦荞麦球蛋白可以显著的提高小鼠的附重游泳时间、爬杆时间和肝糖原的含量, 有效的降低血乳酸和血清尿素的含量。球蛋白具有抗疲劳作用, 主要原因是其氨基酸组成中 F 因子低, 可以抑制 5-羟色胺的形成, 对神经中枢系统(CNS)的抑制作用降低, 使活动能力增强和耐力时间延长。

关键词: 苦荞麦; 蛋白质; 抗疲劳; F 因子; 5-羟色胺

中图分类号: S 517

文献标识码: A

Studies on Antifatigue of Buckwheat Protein

ZHANG Chao¹, LU Yan², GUO Guan-xin¹, ZHANG Hui¹

(1. School of Food Science and Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. Wuxi Xiehe Food Ltd., Wuxi 214072, China)

Abstract: Buckwheat protein consists of well-balanced amino acids with high biological value. Many bioactivities have been found in it. In this article, the antifatigue ability of the buck wheat protein was examined. In order to verify the antifatigue ability and of the buckwheat protein, mice were grouped randomly for experimental tests. After four weeks' diet, the swimming, climbing-pole time as well as serum were checked. The result indicated that globulin improved the swimming & climbing-pole time, and content of liver heparin distinctly; and it also reduced the content of blood lactic acid and urea. Then, factor F was used to measure the formation of 5-hydroxytryptamine which can suppress the ability of movement. In conclusion, globulin had the ability of antifatigue, as it has a higher concentration of Branch Chain Amino Acid(BCAA) and lower level of factor F, compared with the other corn & animals proteins.

Key words: Buckwheat; protein; antifatigue; factor F; 5-hydroxytryptamine

苦荞麦(Buckwheat)又称为鞑靼麦(*F. tataricum*), 其中蛋白质氨基酸组成平衡, 具有很高的生物价, 是一种很具有研究价值的生物活性蛋白质。目前, 苦荞麦蛋白质活性功能方面的研究主要集中在:

抑制和降低血中胆固醇^[1]、抑制乳房癌发生^[2]、抑制体内胆结石的形成^[3]、改善便秘、预防胆固醇沉积^[4]、使小鼠肌肉壮大等功能。为了进一步的研究其生物活性功能, 作者以小鼠为对象, 根据国家

收稿日期: 2004-12-27; 修回日期: 2005-02-25.

作者简介: 张超(1978-), 男, 河南郑州人, 粮食、油脂与植物蛋白工程博士研究生。

卫生部颁布的抗疲劳功能检测模型,分别通过游泳、爬杆试验以及动物生理指标检测等方法,对苦荞麦蛋白质抗疲劳的功能进行研究.

1 实验材料与仪器

1.1 实验材料

二级昆明种雄性小鼠和标准饲料:无锡市原子医学研究所提供;尿素氮测定试剂盒:上海伊华医学科技有限公司产品;芦丁标样:中国药品生物制品鉴定所提供;苦荞麦:甘肃定西地区出产;蒽酮试剂、对羟基联苯溶液、乳酸标准溶液、葡萄糖标准溶液均为自制;其它的有关化学试剂均为分析纯.

1.2 实验仪器

游泳箱(自制,500 mm×500 mm×300 mm);爬杆架(自制, D 10 mm, L 300 mm,铁制,表面有粗糙感,上端固定于木板,下端悬空,距地面水盆 300 mm);DELTA320 PHMETER 型 pH 计:梅特勒-多利多仪器有限公司产品;Brabender—40004 磨粉机:西德 Brabender 公司产品;UV1100 型分光光度仪:北京瑞利分析仪器厂产品.

2 实验方法

2.1 小鼠附重游泳实验和小鼠爬杆实验

小鼠附重游泳实验^[6]:于末次灌胃后 30 min,给小鼠尾部附重 5%铅丝.水温保持 25 ℃,记录小鼠自游泳开始至头部全部没入水中,8 s 不浮出水面的时间,记录游泳时间.

小鼠爬杆实验^[6]:将爬杆架置于水温 15 ℃、水深 10 cm 的水盆中,于末次灌胃后 30 min,将小鼠放在长 25 cm,直径 1 cm 的金属棒上,使小鼠肌肉处于静力紧张状态,第 3 次落水时停止实验,累计记录 3 次小鼠因肌肉疲劳而从金属棒上跌落下来的时间.

2.2 小鼠血清尿素、肝糖元和血乳酸的测定

血清尿素的测定:末次给予受试物 30 min 后,将小鼠置于 25 ℃的水中游泳 30 min,眼球取血,使用试剂盒法测定血清尿素的含量.

肝糖元的测定^[8]:末次给予受试物 30 min 后,将小鼠放置于 25 ℃的水中游泳 30 min,处死后迅速的取出肝脏,以生理盐水冲洗干净,用滤纸吸干后准确称量 0.25 g 肝脏置于有 1.5 mL 30 g/dL KOH 溶液的试管中,沸水浴煮沸 20 min,使肝脏组织全部溶解.流水中冷却,转移至 50 mL 的容量瓶中定容,按照蒽酮比色法^[5]测定糖含量.

血乳酸的测定^[9]末次给予受试物 30 min 后,

将小鼠放置于 25 ℃的水中游泳 30 min,眼球取血,使用对羟基联苯法测定血乳酸的含量.

2.3 实验样品制备

苦荞麦复合蛋白质(BWEP)组:蛋白质为灰褐色,其中蛋白质质量分数为 68%.提取工艺:苦荞麦粉→酶法抽提→灭酶→分离残渣→上清液在等电点沉淀→水洗→浓缩、喷雾干燥→BWPE^[14];

黄酮化合物组(FC):为淡黄色悬浮液,其中芦丁的质量浓度为 100 g/L.提取工艺:苦荞麦粉→体积分数 85%乙醇浸提 3 h→离心沉淀→上清液真空浓缩→FC;

苦荞麦蛋白质(BWP)组:为灰白色粉末,蛋白质质量分数为 69%.提取工艺:BWEP→体积分数 85%乙醇浸提 3 h→离心沉淀→BWP^[14];

苦荞麦清蛋白组、球蛋白组和谷蛋白组^[14]:分别按照 Osborn 蛋白质分类法制备.

2.4 实验分组和剂量

将三周龄昆明种雄性小鼠随机分为 8 组,每组 20 只,组间体重 t 检验无差别.

小鼠每天自由饮水、取食.除此之外小鼠每日进行灌胃.其中,对照组小鼠每日根据体重使用蒸馏水灌胃,其它组别小鼠灌胃剂量是根据人体食用量的 10 倍供应的^[21],根据国人的饮食习惯,按照清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白各组分在苦荞麦中的比例换算,确定如下灌胃剂量(以体重计)/(g/kg):对照组 10,FC 组 0.2,BWP 组 19.8,BWEP 组 20.0,清蛋白组 6.5,球蛋白组 5.5,谷蛋白组 7.8,标准饲料与蒸馏水采用自由取食.

2.4.1 实验 1 BWEP 中含有 0.87%的黄酮类化合物,根据文献报道^[11~12],黄酮类化合物具有清除自由基、提高人体免疫力等功能、降低血脂、降低血压等功能.故分为对照组、FC 组、BWP 组和 BWEP 组,连续灌胃 4 周,进行抗疲劳功能的检验.分组情况见表 1.

2.4.2 实验 2 根据 Osborn 蛋白质分类方法^[13],将苦荞麦蛋白质分为清蛋白、球蛋白和谷蛋白,连续灌胃 4 周,检测抗疲劳能力.

2.5 抗疲劳功能的评定方法

根据中华人民共和国卫生部 1996 年公布的关于保健食品的评价指标^[10],抗疲劳检验项目有:附重游泳试验、爬杆试验、血乳酸、血清尿素试验和肝糖元试验,若 1 项以上(含 1 项)运动试验和 2 项以上(含 2 项)生化指标为阳性,即可判断该受试物具有抗疲劳的作用.

实验数据测量值用 $\bar{X} \pm S$ (均数±标准差)表

示,其中 $\bar{X}$ 为测量值的平均值, S 为测量值的标准差;实验组的组间差别采用 t 检验.

3 结果与讨论

3.1 实验 1 结果分析

3.1.1 FC、BWP 和 BWEP 组对小鼠游泳和爬杆时间的影响 小鼠的游泳时间和爬杆时间是小鼠肌肉运动能力的直观表现,时间的长短代表了小鼠抵抗疲劳能力的大小.苦荞麦 FC 组、BWP 组和 BWEP 组对小鼠游泳时间的影响的结果见表 1.

表 1 FC、BWP 和 BWEP 对小鼠游泳和爬杆时间的影响
Tab.1 Enduring Time of Experiment 1

组别	N/只	游泳时间/ min	爬杆时间/ min
1. 对照组	20	40.0±12	20.10±5.40
2. FC 组	20	69.5±8	27.34±1.89
3. BWP 组	20	92.0±14**	60.25±4.36**
4. BWEP 组	20	74.5±8*	48.77±4.68*

注: * 与第一组比较, $P<0.05$; ** 与第一组比较, $P<0.01$.

可以发现 FC 组的游泳和爬杆时间与对照相比不具有显著性,BWP 组和 BWEP 组的实验小鼠,游泳和爬杆时间 t 检验差异显著.结果表明 FC 对动物运动能力提高没有作用,BWP 有利于动物运动能力的提高,而 BWEP 与 BWP 相比运动能力降低,主要原因是羟基类的黄酮化合物与某些蛋白质的结合位点很难在体内酶解^[7],降低了蛋白质的消化率,氨基酸部分损失.

3.1.2 FC、BWP 和 BWEP 组对小鼠生化指标的影响 糖元是运动能量的重要来源,糖元的储存量可以直接影响肌体的运动能力,提高糖元储备量有助于提高耐力和运动能力,抵抗疲劳.肝糖元含量直接反映肌体糖元代谢情况^[8],实验中以肝糖元的含量来反映运动对糖元消耗情况;

肌体血清尿素氮含量随运动负荷的增加而增加,是肌体运动过程中的一种代谢产物,需要及时运输,在体内积累后,将表现为肌体对负荷的适应能力差^[8],肌体显示疲劳的现象;

血乳酸作为肌肉活动的主要代谢产物,是评价肌体疲劳的重要标志.

FC 组、BWP 组和 BWEP 组对小鼠生化指标的影响见表 2. 可以发现 BWP 组的血清尿素氮、血乳酸、肝糖元与对照组相比差异显著. 而 FC 组和 BWEP 组在 3 项指标中,均只有一项与对照组相比

差异显著. 所以综合各组小鼠生化指标检测,BWP 组各项指标 t 检验差异显著.

表 2 各试验组对小鼠血清尿素、血乳酸以及肝糖元的影响
Tab.2 Liver Hepatin,Serum Urea & Lactic Acid in Experiment 1

组别	N/只	血清尿素 浓度/ (mmol/L)	血乳酸 质量浓度/ (mg/mL)	肝糖元 质量分数/ %
1. 对照组	20	15.53±3.58	2.15±0.41	7.44±3.12
2. FC 组	20	10.70±4.35	1.62±0.15	9.45±2.45*
3. BWP 组	20	9.35±3.12**	1.35±0.25**	15.64±0.75**
4. BWEP 组	20	13.04±1.97	1.38±0.31*	4.75±1.33

注: * 是与第一组比较, $P<0.05$; ** 是与第一组比较, $P<0.01$.

3.1.3 FC、BWP 和 BWEP 组抗疲劳研究的结果分析 根据抗疲劳功能的评价方法,BWP 组小鼠附重游泳时间、爬杆时间、血清尿素浓度、血乳酸质量浓度和肝糖元质量分数均与对照组差异显著,可以判定 BWP 组受试物具有抗疲劳的作用.

3.2 实验 2 结果的分析

3.2.1 清蛋白组、球蛋白组和谷蛋白组对小鼠游泳和爬杆试验的影响 苦荞麦清蛋白、球蛋白和谷蛋白对小鼠游泳实验的影响见表 3. 可以发现,与对照组相比,清蛋白组和球蛋白组的实验小鼠游泳时间和爬杆时间都较长,在统计学上差异显著.

表 3 清蛋白组、球蛋白组和谷蛋白组对小鼠游泳时间的影响
Tab.3 Enduring Time in Experiment 2

组别	N/只	游泳时间/ min	爬杆时间/ min
1. 对照组	20	40.00±12	20.10±5.40
2. 清蛋白组	20	51.64±7	32.67±8.48*
3. 球蛋白组	20	65.86±14**	40.21±5.61**
4. 谷蛋白组	20	47.04±11	30.19±7.58

注: * 是与第一组比较, $P<0.05$; ** 是与第一组比较, $P<0.01$.

3.2.2 清蛋白组、球蛋白组和谷蛋白组对小鼠肝糖元、血清尿素和血乳酸含量的影响 苦荞麦清蛋白、球蛋白和谷蛋白对小鼠生化指标的影响结果见表 5. 可以发现,小鼠经过剧烈的游泳,苦荞麦球蛋白组小鼠的肝糖元质量分数比对照组的升高 166%;球蛋白组的血清尿素氮浓度的增加量明显低于对照组 39%;球蛋白组的小鼠血乳酸质量浓度低于对照组 117%. 球蛋白组的各数据与对照组在统计学上差异显著.

表 4 清蛋白组、球蛋白组和谷蛋白组对小鼠肝糖元含量的影响

Tab. 4 Liver Hepatin, Serum Urea & Lactic Acid in Experiment 2

组别	N/只	血清尿素 浓度/ (mmol/L)	血乳酸 质量浓度/ (mg/mL)	肝糖元 质量分数/ %
1. 对照组	20	7.44±3.12	15.53±3.58	2.15±0.41
2. 清蛋白组	20	11.78±2.17	12.37±2.14*	1.095±0.154*
3. 球蛋白组	20	19.80±1.24**	11.17±1.36**	0.989±0.045**
4. 谷蛋白组	20	11.64±1.56	15.27±2.44	1.245±0.172

注: * 与第一组比较, $P<0.05$; ** 与第一组比较, $P<0.01$.

3.2.3 苦荞麦清蛋白、球蛋白和谷蛋白抗疲劳研究的结果分析 根据表 3 和表 4 的数据分析发现, 球蛋白组小鼠附重游泳时间、爬杆时间、血清尿素浓度、血乳酸质量浓度和肝糖元质量分数与对照组相比, t 检验差异显著, 可以判定球蛋白组, 即苦荞麦蛋白质中球蛋白具有抗疲劳的作用。

3.3 BWP 和球蛋白抗疲劳机理的探讨

3.3.1 色氨酸和支链氨基酸产生抗疲劳功能的机理 在运动过程中, 肌体产生疲劳是一个复杂的现象, 中枢神经系统(CNS)对此有重要作用^[15]. 对运动的肌体来说, CNS 不能产生或维持足够的冲动是引起工作肌肉疲劳最重要的原因. 一些神经递质包括 5-羟色胺(5-HT)、多巴胺、乙酰胆碱等常被用来解释中枢神经系统疲劳的生物学机制, 其中 5-HT 活性高低可以直接影响肌体的运动能力^[23].

目前研究发现: 脑中 5-HT 含量升高, 肌体的活动能力受到抑制, 活动能力下降; 而 5-HT 的含量降低, 则 CNS 可以对骨骼肌发出连续的冲动, 活动能力增加. 而 f-Trp(free tryptophan, 游离色氨酸)和 BCAA(branched-chain amino acids, 支链氨基酸: 亮氨酸, 异亮氨酸和缬氨酸)与脑神经递质 5-HT 的代谢具有重要的关系. Chaouloff^[22] 采用 F 因子表示上述两者对 5-HT 合成的影响, 影响因子

$$F=\frac{f-Trp}{BCAA}.$$

f-Trp 和 BCAA 在被人体吸收后, 会迅速进入血液^[16]. 在血液中, f-Trp 和 BCAA 经同一载体进入大脑, 它们进入大脑时就存在竞争机制. 而在脑中, f-Trp 可以成为 5-HT 的前体物, 即经过羟化和脱羟反应生成 5-HT^[24]. 当肌体运动时, 骨骼肌对 BCAA 消耗增加, 使血液中 BCAA 含量降低, 使 F 升高, 有利于 f-Trp 进入大脑, 进而 CNS 发生疲劳现象. 所以进入脑中的 f-Trp 增加, 5-HT 合成增

加, 而进入脑中的 BCAA 增加, 就抑制 5-HT 合成.

综上所述, 当 F 因子升高, 进入脑内的色氨酸升高, 合成的 5-HT 增加, CNS 产生疲劳信号, 肌体显示疲劳状态; 相反, 当 F 因子降低时, 合成的 5-HT 减少, CNS 对肌肉产生足够的冲动, 表现为运动能力的提高.

3.3.2 苦荞麦球蛋白抗疲劳作用的探讨 在实验 1 中, 根据国家卫生部的关于抗疲劳功能检测方法规定, 可以判定 BWP 具有抗疲劳的功能. 作者使用 BWP 和甜荞麦、小麦、大米、玉米、大豆和酪蛋白中的 Trp 和 BCAA 相比较, 可以发现其 Trp 的含量基本相同, 只有酪蛋白 Trp 略高于其它蛋白, 而 BWP 中 BCAA 的 Ile 和 Val 分别都高于其它蛋白质, BWP 中 BCAA 总含量高于其它蛋白质, 见图 1.

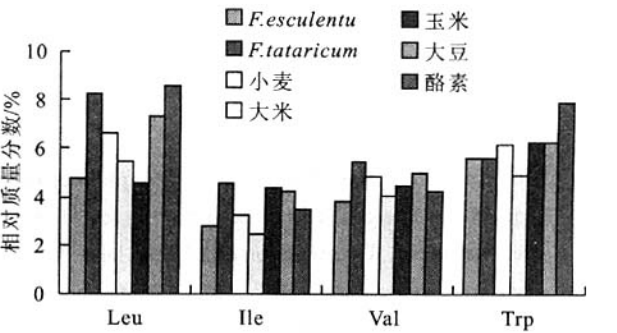


图 1 几种常见蛋白质 Trp 和 BCAA 含量的比较^[18~19]
Fig. 1 Trp and BCAA Content of Several Protein

进一步将上述各蛋白质的 F 因子进行比较, 可以发现 BWP 的 $F=0.0751$, 见图 2, 较其它蛋白质的 F 因子低了 23%~62%, 因此在肌体运动的过程中, 5-HT 没有足够的前体物质, 形成缓慢, CNS 对骨骼肌连续发送冲动, 整个肌体显示为活动能力增强, 延缓疲劳形成.

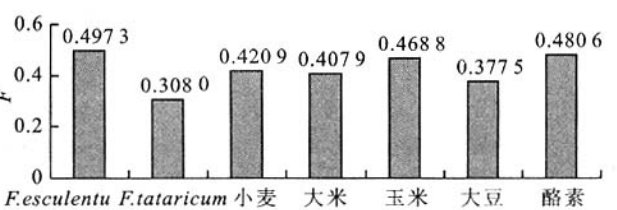


图 2 几种常见蛋白质 F 因子的比较
Fig. 2 F of Several Protein

在实验 2 中, 苦荞麦球蛋白组与其它组比较表明, 球蛋白组明显的延长游泳时间、爬杆时间、提高运动后的肝糖元含量, 降低血清尿素和血乳酸的含量, 具有抗疲劳的功能. 比较清蛋白、球蛋白和谷蛋白中的氨基酸组成可以发现, 球蛋白中的 BCAA 含量均高于其它组别, 球蛋白中 Trp 与清蛋白中的含量相当, 低于谷蛋白中的含量, 见图 3.

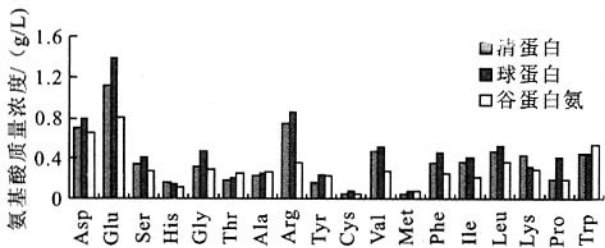


图 3 清蛋白、球蛋白和谷蛋白氨基酸含量的比较

Fig. 3 Amino Acid Content of Albumin, Globulin & Glutelin

比较清蛋白、球蛋白和谷蛋白 F 因子可以发现,球蛋白的 F 因子分别比清蛋白和球蛋白降低了 22%和 106%,而 F 因子的降低表明球蛋白中的氨基酸组成有利于肌体活动能力的提高,是球蛋白具有抗疲劳功能的主要原因。

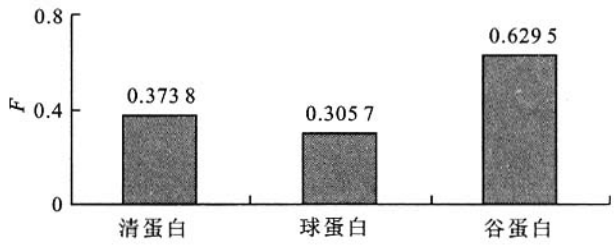


图 4 清蛋白、球蛋白和谷蛋白组 F 因子的比较

Fig. 4 F of Albumin, Globulin & Glutelin Group

综上所述,实验 1 和 2 表明 BWP 和球蛋白在各组中均显示出抗疲劳的功能,其中,BWP 中氨基酸的组成结构与常见的植物蛋白或酪蛋白组成有所不同,其 F 因子比其它蛋白质降低了 23%以上;球蛋白的 F 因子也低于清蛋白和谷蛋白 22%和 106%。所以,BWP 和球蛋白中的氨基酸组成是苦荞麦球蛋白具有抗疲劳功能的主要原因。

参考文献:

[1] Jun Kayashita,Iwao Shimaoka. Consumption of buckwheat protein lowers plasma cholesterol and raises fecal neutral sterols in cholesterol-fed rats because of its low digestibility[J]. **J. Nutrition**,1997,127:,1395—1400.

[2] Jun Kayashita. Consumption of a Buckwheat Protein Extract Retards 7,12-Dimethylbenz[a] anthracene-Induced Mammary Carcinogenesis in Rats[J]. **Biosci Biotechnol Biochem**,1999,63(10):1837—1839.

[3] Hiroyuki, Iwao Shimaoka. A buckwheat protein product suppresses gallstone formation and plasma cholesterol more strongly than soy protein isolate in hamsters[J]. **Biochemical and Molecular Action of Nutrients**,2000,(3) :472—480.

[4] Jun Kayashita. Hypocholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rats fed cholesterol enriched diets[J]. **Nutrition Research**,1995,15(5):691—698.

[5] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998.

[6] 凌关庭. 保健食品功能评价(六)[J]. 粮食与油脂,2001,11:44—45.

[7] Keon Wook Kang,Eun Young Park, Sang Geon Kim. Activation of CCAAT/enhancer-binding Protein β by 2'-amino-3'-methoxyflavone Leads to the Induction of Glutathione S-transferase A2[J]. **Carcinogenesis**, 2003,24(3): 475—482.

[8] 福州部队总医院. 临床医学检验[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.

[9] 张宜龙. 牛磺酸对急性运动后自由基代谢、膜流动性以及钙转运变化的影响[J]. 北京:中国运动医学杂志,1999,18(1):17—21.

[10] 金宗濂. 保健食品的功能评价与开发[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001 .

[11] 钱建亚. 荞麦精粉中的黄酮及其自由基清除活性[J]. 食品与发酵工业,2000,26(3):24—30.

[12] 伊礼国. 荞麦生物类黄酮研究现状[J]. 粮食与油脂,2002,(12):22—24.

[13] 无锡轻工大学. 粮食化学[M]. 无锡:无锡轻工大学,1996.

[14] 张超,郭贯新,张晖. 苦荞麦可溶性蛋白质的提取工艺以及性质的研究[J]. 食品工业科技,2004,(4):72—75.

[15] 张宜龙. 牛磺酸对急性运动后自由基代谢、膜流动性以及钙转运变化的影响[J]. 中国运动医学杂志,1999,18(1):17—21.

[16] Vinika L, Vuori J, Ylikorkala O. Lipid peroxide proslacylin and thromboxane A2 in runner during a cute exercise[J]. **Med Sci Sports Exerc**, 1984, 16(3): 275—281.

[17] Dohm G J, Beercher G R, Warren R O, *et al*. Influence of exercise on free amino acid concentration in rat tissues[J]. **J Appl Physical**, 1988, 50: 41—44.

[18] 姚振纯. 大豆蛋白质的氨基酸组分与改良[J]. 黑龙江农业科学,1997,(1):38—39.

[19] 彭海萍,彭凤霞. 可食性小麦蛋白膜的研究[J]. 现代商贸工业 ,2003,15(3):42—44.

(下转第 87 页)

3 结 论

花生红色素在猪油体系中的抗氧化能力不明显,这可能是由于色素溶液不能很好的分散在猪油体系中,使得抗氧化能力较弱.

花生衣红色素在亚油酸体系中具有一定的抗氧化能力,比 VC 要强,但是与 BHT 相比,其抗氧化能力相对较弱.

在一定质量浓度范围内,花生衣红色素对超氧

自由基有明显的清除效果,而且其抗氧化活性比 VC 还要强,花生衣红的 IC_{50} 为 $10.6\ \mu\text{g/mL}$,而 VC 的 IC_{50} 为 $14.1\ \mu\text{g/mL}$. 花生衣红和 VC 对羟自由基均有一定的清除能力,但是花生衣红质量浓度越高,清除自由基的能力反而下降.

花生衣资源丰富,价格低廉,从中提取的花生衣红色素营养价值和医用价值都很高,而且还具有良好的抗氧化能力,因此在食品、医药等行业中将有良好的应用前景.

参考文献:

[1] 胡迎芬. 火炬果穗提取物的抗氧化作用研究[J]. 食品科技,2003,(9):66—68.

[2] 曹凯光,潜学基. 从花生红衣皮中提取花生红衣粉的研究[J]. 食品工业科技,1995,(5):21—23.

[3] 亦森. 花生皮生理活性. 粮食与油脂[J]. 2001,4:44—45.

[4] Hongxiang Lou, Huiqing Yuan. Polyphenols from peanut skins and their free radical scavenging effects[J]. *Phytochemistry*, 2004, 65:2391—2399.

[5] 曾卫国. 花生内衣色素稳定性研究[J]. 安徽技术师范学院学报, 2003,17(1):57—59.

[6] 杨志孝,王声明. 花生内衣色素的提取[J]. 食品科学, 1992,(10):23—24.

[7] 邵晓芬,王国玲,李培凡. 花生衣色素的提取及其理化性质[J]. 中草药, 1997,28(3):15.

[8] 肖丽霞,张建良. 槐花抗氧化剂的提取及其抗氧化的测定[J]. 江苏农学院学报, 1996,17(2):71—73.

[9] 王秉冬. 食品卫生检验手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,2003.

[10] Larrauri J A, Rupere Z P, Calixto F S. Antioxidant activity of wine pomance[J]. *Am J Enol Vitic*, 1996,47(4):369—372.

[11] Kikuzaki H, Nakatani N. Antioxidant Effects of some ginger constituents[J]. *J Food Sci*, 1993,58:1407—1410.

[12] 鲍建伟,张金龙,徐晓华. 炮制对黄芩抗氧化作用的影响[J]. 中国药学杂志, 2002,37(9):661—663.

[13] 张燕平,张虹,洪泳平,等. 羊栖菜提取物体外自由基清除能力的研究[J]. 郑州工程学院学报,2003,24(1):50—53.

[14] 王威. 常用天然色素抗氧化活性的研究[J]. 食品科学, 2003,24(6):96—100.

(责任编辑:朱 明)

(上接第 82 页)

[20] 梁俊荣,张西臣,柳增善. 抗疲劳功能性食品复方添加剂作用机理研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2004,35(3):331—334.

[21] 徐叔云,卞如濂,陈修. 药理实验方法学(第 3 版)[M]. 北京:人民卫生出版社,2002.

[22] Chaoulloff, Elghozi J L, Guezennec Y. Effect of conditioned running on plasma, liver and brain tryptopgan and on brain 5-hydroxytryptamine metabolism of the rat[J]. *Br J Pharmacol*, 1985,86:33—41.

[23] 聂金雷. 5-羟色胺、运动性中枢疲劳与营养促力手段[J]. 中国运动医学杂志, 2003,22(1):102—105.

[24] 窦兰君. 氨基酸代谢对运动和疲劳的影响[J]. 解放军预防医学杂志, 1995,13(3):244—248.

(责任编辑:朱 明)