

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.09.007

天然虾青素的抗疲劳及抗氧化作用研究^①

王 茵, 刘淑集, 苏永昌, 胡婷婷, 吴成业

福建省水产研究所, 福建 厦门 361013

摘要: 为了验证天然虾青素的抗疲劳和抗氧化活性, 采用乙醇萃取法提取虾壳中的天然虾青素. 以 KM 小鼠为实验动物, 连续给药 30 d, 测量体质量变化; 通过小鼠负重游泳实验, 测量小鼠力竭游泳时间和肝脏组织的抗氧化酶系统活性(T-SOD,GSH-Px,T-AOC,MDA,NO); 测量小鼠 20 min 定时游泳后, 血液中的 BLA,BUN,LG,MG 等 4 个指标的变化情况, 和血液中的血糖浓度及抗氧化酶系统活性; 根据线性方程, 分析天然虾青素抗疲劳和抗氧化活性的关系. 结果表明, 天然虾青素可增加小鼠力竭游泳时间, 降低游泳运动后小鼠机体内 BLA 和 BUN 浓度, 提高 LG,MG 和血糖浓度; 提高肝脏和血液中的 T-SOD,GSH-Px 和 T-AOC 等活性指标, 降低 MDA 和 NO 浓度; 且相关分析发现, 小鼠体内随着 T-AOC 活性升高, BLA,BUN 浓度减少, LG,MG 浓度升高. 天然虾青素具有显著的抗氧化和抗疲劳作用, 且抗氧化能力和抗疲劳能力呈正相关, 两者相辅相成.

关键词: 天然虾青素; 抗疲劳; 抗氧化; 动物实验

中图分类号: TS202.3; S945.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)09-0042-07

虾青素(Astaxanthin), 属于酮式类胡萝卜素, 是一种萜烯类不饱和化合物, 化学名称为 3,3'-二羟基-4,4'-二酮基- β,β' -胡萝卜素, 分子式是: $C_{40}H_{52}O_4$, 具脂溶性, 不溶于水, 由于其具有不饱和酮基和羟基的共轭双键链分子结构, 能提供吸引自由基的未配对电子, 从而清除自由基, 起到显著的抗氧化功效^[1-2]. 虾青素最早是从虾蟹的壳中分离提取获得, 20 世纪 80 年代, 虾青素的生理活性功能被广泛关注^[3], 在保护皮肤免受光损伤、预防动脉硬化和相关疾病、抗癌活性、增强免疫系统功能、维护眼睛和中枢神经系统的健康、强化机体的能量代谢、抗感染活性等方面都表现出显著的效果^[4]. 因此, 虾青素在高级营养保健品、医药产品、化妆品、食品添加剂等领域均有广阔的市场前景.

近年来, 在抗疲劳的研究领域中, 自由基与抗疲劳的关系成为研究的热点, 通过大量的动物和人体实验发现, 运动型疲劳的产生与氧化应激之间存在很大的关系^[5]. 本实验以虾类加工副产物为原料, 提取虾壳中的天然虾青素, 通过小鼠负重游泳实验, 检测各项抗疲劳、抗氧化的指标, 探讨天然虾青素的抗疲劳和抗氧化活性, 并分析二者之间的关系.

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验动物: KM 小鼠, 雄性, 体质量为 (20 ± 2) g, 购于上海斯莱克实验动物有限公司.

实验样品: 天然虾青素冻干品, 实验室自制.

试剂: 全血乳酸(BLA)测试盒、血清尿素氮(BUN)测试盒、糖原测试盒、葡萄糖测试盒、总抗氧化能力(T-AOC)测试盒、总超氧化物歧化酶(T-SOD)测试盒、丙二醛(MDA)测试盒、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)测试盒、一氧化氮(NO)测试盒, 均购自南京建成生物工程研究所; 无水乙醇等均为市售分析纯.

^① 收稿日期: 2014-07-17

基金项目: 福建省属公益类科研院所基本科研专项(2012R1101-4).

作者简介: 王 茵(1983-), 女, 福建厦门人, 硕士, 助理研究员, 主要从事水产品综合加工与海洋活性物质研究.

通信作者: 吴成业, 研究员.

1.2 实验仪器

IVC 型独立送风隔离笼具, 苏州市冯氏实验动物设施设备有限公司; BS124S 型分析天平: 赛多利斯科学仪器有限公司; 5804R 离心机, 德国艾本德(eppendorf)公司; 756P 型紫外可见分光光度计, 上海光谱仪器有限公司; HH-6 数显恒温水浴锅, 国华电器有限公司.

1.3 实验方法

1.3.1 天然虾青素样品的制备^[7]

天然虾青素样品的制备采用文献[6]的方法: 虾类加工副产物经清洗、筛选、粉碎后, 加入 1 mol/L HCL 处理 10 h, 用水洗至中性, 置于 50 ℃烘箱中干燥后, 加入 10 倍质量的 95%乙醇; 在 60 ℃的温度下, 浸提 3.5 h, 过滤得粗提液, 反复提取 2 次; 将粗提液混合, 旋转真空浓缩, 在所得的浓缩液中加入 1 mol/L 的 HCL, 调节 pH 值至 pH=2, 置于冰箱冷藏室中; 待虾青素完全沉降, 分离获得虾青素. 由于虾青素不易溶于水, 实验前, 将虾青素置于 4 g/L 的蔗糖酯水溶液中乳化均匀, 进行动物实验.

1.3.2 动物分组与给药

分组方法将 150 只小鼠测体质量后随机分成 5 组, 每组 30 只. 设置为蒸馏水对照组、蔗糖酯水溶液对照组、虾青素低剂量组(I)、虾青素中剂量组(II)和虾青素高剂量组(III). 在福建省水产研究所实验动物室的独立送风隔离笼具内饲养, 设置笼内环境温度为 25 ℃, 相对湿度为 55%, 小鼠喂养普通饲料, 自由进食和饮水, 适应 1 周后, 进行正式试验.

给药方法: 蒸馏水对照组、蔗糖酯对照组、虾青素低剂量组(I)、虾青素中剂量组(II)和虾青素高剂量组(III), 分别给予蒸馏水、4 g/L 的蔗糖酯水溶液、50,150,250 mg/kg 虾青素蔗糖酯水溶液, 每周测一次体质量, 以定量灌胃方式给药, 连续给药 30 d 后检测相应的指标.

1.3.3 力竭游泳时间及肝脏中抗氧化指标的测定

从 5 个实验组中每组随机抽取 10 只小鼠, 在末次灌胃 30 min 后, 于尾部负 5%体质量的铅丝, 在水深不少于 30 cm、水温为 25 ℃的游泳箱中游泳, 记录小鼠力竭游泳时间(自游泳开始至沉入水面下 8 s 不能浮出水面为止的时间)^[7]. 小鼠力竭游泳后, 脊椎脱臼致死, 立即取出肝脏, 用冷藏后生理盐水制备成一定浓度的肝组织匀浆. 按试剂盒的方法测定 T-AOC,T-SOD,MDA,GSH-Px,NO 的浓度.

1.3.4 抗疲劳指标及血液中抗氧化指标的测定

小鼠在末次灌胃 30 min 后, 眼眶静脉处取血 50 μL, 不负重将其置于水温 25 ℃的游泳箱中游泳 20 min, 游泳后立即休息, 30 min 后再次眼眶取血, 采用试剂盒, 分别测定 BLA、BUN、葡萄糖、血液中抗氧化指标 T-AOC,T-SOD,GSH-Px,MDA,NO 的浓度. 取血后的老鼠脊椎脱臼致死, 立即取出后腿肌肉和肝脏, 按试剂盒的方法测定 LG 和 MG 的浓度.

1.3.5 统计方法

实验数据采用 SPSS 17.0 数据处理软件进行分析, 各组间比较采用方差分析.

2 实验结果

2.1 天然虾青素对小鼠体质量的影响

小鼠连续灌胃给药 30 d 后, 各虾青素剂量组与对照组小鼠体质量均不具有统计学意义($p>0.05$), 都维持在 40 g 左右(表 1). 实验期间, 各实验组小鼠无不良反应, 体质量正常增加, 毛被正常, 未出现死亡现象, 表明本实验制备的天然虾青素无毒副作用, 对小鼠体质量的生长无显著影响.

表 1 天然虾青素对小鼠体质量的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	动物数/只	实验前体质量/g	实验后体质量/g
蒸馏水对照组	10	29.43±0.71	39.84±1.08
蔗糖酯对照组	10	26.73±0.95	39.80±1.70
虾青素低剂量组(I)	10	27.09±0.57	39.19±1.06
虾青素中剂量组(II)	10	27.01±0.97	41.08±1.17
虾青素高剂量组(III)	10	26.57±0.57	40.86±1.16

注: “*”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.05$, “**”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.01$.

2.2 天然虾青素对小鼠负重游泳时间的影响

负重游泳实验数据显示(表 2),蒸馏水对照组与蔗糖酯对照组小鼠力竭游泳时间不具有统计学意义,说明用来乳化虾青素的蔗糖酯水溶液,对小鼠力竭游泳时间无明显影响.天然虾青素高剂量组(Ⅲ)小鼠力竭游泳时间最长,达(120.29±13.16) min,比对照组提高了大约 60%($p<0.01$);但天然虾青素低剂量组(Ⅰ)和中剂量组(Ⅱ)小鼠力竭游泳时间,相较对照组的增加幅度并不显著($p>0.05$).可见,天然虾青素能延长小鼠力竭游泳时间,具有一定的抗疲劳效果.

表 2 天然虾青素对小鼠负重游泳时间的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	动物数/只	负重游泳时间/min
蒸馏水对照组	10	76.40±4.10
蔗糖酯对照组	10	75.29±5.56
虾青素低剂量组(Ⅰ)	10	101.00±7.60
虾青素中剂量组(Ⅱ)	10	102.23±17.33
虾青素高剂量组(Ⅲ)	10	120.29±13.16**

注:“*”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.05$,“**”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.01$.

2.3 天然虾青素对小鼠全血乳酸(BLA)的影响

持续长时间的运动,会引起机体内全血乳酸(BLA)浓度的升高^[8].实验数据显示(表 3),与蒸馏水对照组相比,蔗糖酯对照组数据不具有统计学意义($p>0.05$),说明蔗糖酯对小鼠 BLA 指标无明显影响.天然虾青素各剂量组的 BLA 浓度均有所下降,其中高剂量组(Ⅲ)下降幅度最大,游泳运动后小鼠 BLA 浓度达(5.66±0.30) mmol/L,游泳运动 30 min 后小鼠 BLA 浓度达(3.25±0.25) mmol/L,血乳酸曲线下面积达 127.60,与蒸馏水对照组相比,分别降低了 62.7%,24.1%,60.4%.说明,天然虾青素可以降低小鼠运动后 BLA 浓度的增加幅度,从而延缓疲劳.

表 3 天然虾青素对小鼠 BLA 的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	游泳前 BLA 浓度/ (mmol·L ⁻¹)	游泳后 BLA 浓度/ (mmol·L ⁻¹)	游泳后 30 minBLA 浓度/ (mmol·L ⁻¹)	血乳酸曲线下面积
蒸馏水对照组	4.27±0.70	15.16±0.70	4.28±0.38	291.57
蔗糖酯对照组	3.51±0.30	14.92±0.52	4.49±0.48	286.42
虾青素低剂量组(Ⅰ)	2.19±0.26**	8.51±0.63**	4.57±0.58	185.83
虾青素中剂量组(Ⅱ)	2.12±0.24**	7.25±0.39**	3.56±0.27	155.11
虾青素高剂量组(Ⅲ)	2.06±0.22**	5.66±0.30**	3.25±0.25	127.60

注:“*”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.05$,“**”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.01$.

2.4 天然虾青素对小鼠血清尿素氮(BUN)浓度的影响

对游泳运动前后小鼠血清尿素氮(BUN)浓度进行检查.数据显示(表 4),蔗糖酯对小鼠 BUN 指标无显著影响($p>0.05$).天然虾青素各剂量组游泳前后的 BUN 浓度均有显著降低,30 min 内的清除率显著提高,其中,中剂量组(Ⅱ)的清除率最大,为 0.205 3 mmol/(L·min),比蒸馏水对照组提高了 1.3 倍.可见,天然虾青素能快速降低小鼠运动后体内的 BUN 水平,减少机体内的 BUN 浓度.

表 4 天然虾青素对小鼠 BUN 浓度的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

组别	游泳后 BUN 浓度/ (mmol·L ⁻¹)	游泳后 30 minBUN 浓度/ (mmol·L ⁻¹)	30 min 内的清除率/ (mmol·(L·min) ⁻¹)
蒸馏水对照组	16.47±0.40	13.77±0.77	0.090 0
蔗糖酯对照组	16.92±1.27	14.29±0.35	0.087 7
Ⅰ	12.29±0.32**	8.78±0.64**	0.117 0
Ⅱ	13.50±0.51*	7.34±0.47**	0.205 3
Ⅲ	12.53±0.94**	6.64±0.38**	0.196 3

注:“*”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.05$,“**”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.01$.清除率(mmol/(L·min)⁻¹)=(泳后 0 min 的 BUN 浓度-泳后 30 min 的 BUN 浓度)÷30.

2.5 天然虾青素对糖元的影响

肝脏和肌肉是机体能量贮存的主要组织,糖元则是直接的能源物质^[9].实验数据显示(表 5),蔗糖酯对小鼠运动后肝糖元(LG)和肌糖元(MG)的质量比无显著影响($p>0.05$).天然虾青素各剂量组小鼠的 LG,MG 含量较对照组均有显著增加,增加幅度随着剂量的增加而增大.其中,高剂量组小鼠游泳运动后 30 min 内 LG 和 MG 的回复率最大,分别为 0.279 7,0.027 3 mg/(g·min).可见,天然虾青素能增加小鼠体内的糖元贮备量,并能显著提高运动后小鼠糖元的回复速度.

表 5 天然虾青素对小鼠体内糖元质量比的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

组 别	游泳后		游泳后 30 min		30 min 内的回复率/ (mg/(g·min) ⁻¹)	
	肝糖元质量比/ (mg·g ⁻¹)	肌糖元质量比/ (mg·g ⁻¹)	肝糖元质量比/ (mg·g ⁻¹)	肌糖元质量比/ (mg·g ⁻¹)		
蒸馏水对照组	2.48±0.19	0.16±0.02	6.33±0.24	0.17±0.01	0.128 3	0.000 3
蔗糖酯对照组	2.96±0.11	0.16±0.01	6.67±0.22	0.22±0.02	0.123 7	0.002 0
虾青素低剂量组(Ⅰ)	3.92±0.24**	0.17±0.01	11.87±1.13**	0.23±0.03	0.265 0	0.002 0
虾青素中剂量组(Ⅱ)	4.05±0.28**	0.17±0.01	12.56±0.65**	0.79±0.05**	0.183 7	0.020 7
虾青素高剂量组(Ⅲ)	5.97±0.34**	0.22±0.02**	14.36±0.67**	1.04±0.05**	0.279 7	0.027 3

注:“*”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.05$,“**”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.01$. 回复率(mg/(g·min))=(游泳后 30 min 的糖元质量比-游泳后 0 min 的糖元质量比)÷30.

2.6 天然虾青素对运动后小鼠血糖的影响

血糖是肌肉可以直接利用的外源性糖的来源,也是肝糖元分解为葡萄糖转运到外周组织的媒介物,是中枢神经系统的必须物质,因此,血糖下降是中枢神经系统疲劳的主要表现^[10].对游泳运动后的小鼠血糖进行检测(表 6),数据表明,蔗糖酯对运动后小鼠的血糖指标没有显著影响.而天然虾青素中、高剂量组的小鼠血糖有显著提高($p<0.05$),均达 6.0 mol/L 以上,较对照组均提高了约 35%.可见,天然虾青素能提高运动后小鼠的血糖含量,缓解运动后的中枢神经系统疲劳,增强抗疲劳能力.

表 6 天然虾青素对运动后小鼠血糖的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

组 别	动物数/只	血糖浓度/(mol·L ⁻¹)
蒸馏水对照组	10	4.72±0.39
蔗糖酯对照组	10	4.61±0.41
虾青素低剂量组(Ⅰ)	10	4.63±0.34
虾青素中剂量组(Ⅱ)	10	6.40±0.62*
虾青素高剂量组(Ⅲ)	10	6.33±0.51*

注:“*”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.05$,“**”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.01$.

2.7 天然虾青素对运动后小鼠肝脏抗氧化水平的影响

对小鼠游泳运动后的肝脏抗氧化指标进行检测,实验数据显示(表 7),蔗糖酯对游泳运动后小鼠的各项肝脏抗氧化指标无显著影响($p>0.05$).天然虾青素各剂量组小鼠肝脏的总超氧化物歧化酶(T-SOD)、过氧化物酶(GSH-Px)和总抗氧化能力(T-AOC)活性指标均有显著提高,丙二醛(MDA)和一氧化氮(NO)含量显著下降.可见,天然虾青素能增强运动后小鼠肝脏中抗氧化酶 T-AOC,T-SOD,GSH-Px 的活性,抑制氧化代谢产物 MDA 及 NO 的产生,具有抗氧化作用.

表 7 天然虾青素对肝脏中 T-AOC 活性,MDA 活性,T-SOD 活性,GSH-Px 活性和 NO 浓度的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

组 别	T-AOC 活性/ (U·mg ⁻¹)	MDA 活性/ (U·mg ⁻¹)	T-SOD 活性/ (U·mg ⁻¹)	GSH-Px 活性/ (U·mg ⁻¹)	NO/ (μmol·g ⁻¹)
蒸馏水对照组	1.66±0.14	25.73±1.64	93.25±12.45	220.52±9.05	9.61±1.15
蔗糖酯对照组	1.52±0.19	25.18±2.53	95.94±12.35	227.92±29.76	10.79±1.05
虾青素低剂量组(Ⅰ)	3.16±0.20*	18.28±2.67*	114.27±11.99	296.85±27.17**	5.17±0.99**
虾青素中剂量组(Ⅱ)	3.26±0.30*	18.26±1.63*	293.09±18.87**	518.17±18.83**	5.79±0.37**
虾青素高剂量组(Ⅲ)	4.87±0.67**	20.28±1.72*	296.54±21.96**	579.57±21.22**	6.03±0.55**

注:“*”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.05$,“**”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.01$.

2.8 天然虾青素对运动后小鼠血液抗氧化水平的影响

对小鼠游泳运动后血液的抗氧化指标进行检测,实验数据显示(表 8),蔗糖酯对游泳运动后小鼠的各项血液抗氧化指标无显著影响($p>0.05$).天然虾青素各剂量组小鼠血液的总超氧化物歧化酶(T-SOD)、过氧化物酶(GSH-Px)和总抗氧化能力(T-AOC)活性指标均有显著提高($p<0.01$),一氧化氮(NO)浓度显著下降($p<0.01$),但丙二醛(MDA)浓度无显著变化($p>0.05$).可见,天然虾青素能增强运动后小鼠血液中抗氧化酶 T-AOC,T-SOD,GSH-Px 的活性,抑制氧化代谢产物 NO 的产生,起到抗氧化作用.

表 8 天然虾青素对血液中 T-AOC 活性、T-SOD 活性、GSH-Px 活性、MDA 浓度、NO 浓度的影响($n=10, \bar{x} \pm s$)

组 别	T-AOC 活性/ ($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$)	MDA 浓度/ ($\text{nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$)	T-SOD 活性/ ($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$)	GSH-Px 活性/ ($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$)	NO 浓度/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)
蒸馏水对照组	1.22 ± 0.13	17.81 ± 1.27	133.02 ± 8.70	231.94 ± 11.35	34.48 ± 2.04
蔗糖酯对照组	1.27 ± 0.10	16.82 ± 1.82	127.01 ± 5.39	229.25 ± 11.63	32.00 ± 2.21
虾青素低剂量组(I)	$1.96 \pm 0.21^{**}$	14.36 ± 1.39	$158.91 \pm 5.26^{**}$	$342.39 \pm 26.12^{**}$	$18.54 \pm 1.87^{**}$
虾青素中剂量组(II)	$3.79 \pm 0.18^{**}$	14.91 ± 0.33	$166.06 \pm 6.33^{**}$	276.84 ± 23.26	$12.28 \pm 1.45^{**}$
虾青素高剂量组(III)	$4.54 \pm 0.19^{**}$	14.98 ± 0.50	$171.83 \pm 6.75^{**}$	$347.46 \pm 16.19^{**}$	$9.48 \pm 1.32^{**}$

注:“*”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.05$,“**”表示与蒸馏水对照组相比 $p<0.01$.

2.9 天然虾青素抗氧化与抗疲劳相关性的分析

将各个剂量组小鼠血液中的总抗氧化能力(T-AOC)活性作为横坐标,分别以全血乳酸(BLA)浓度、血清尿素氮(BUN)浓度、肝糖元(LG)质量比、肌糖元(MG)质量比为纵坐标作图,可得到血液中总抗氧化能力 T-AOC 活性与 BLA,BUN,LG,MG 的相关性图(图 1).图 1(a),(b)分别为 T-AOC 活性与 BLA 浓度,T-AOC 活性与 BUN 浓度的相关性图,可知小鼠体内 T-AOC 越强,运动产生的 BLA,BUN 量越少;图 1(c),(d)为 T-AOC 活性与 LG 质量比,T-AOC 活性与 MG 质量比的相关性图,可知小鼠体内 T-AOC 越强,运动后小鼠体内 LG,MG 质量比越高,即运动消耗的 LG,MG 越少.这表明小鼠体内抗氧化功能越强时,抗疲劳功能也越强.

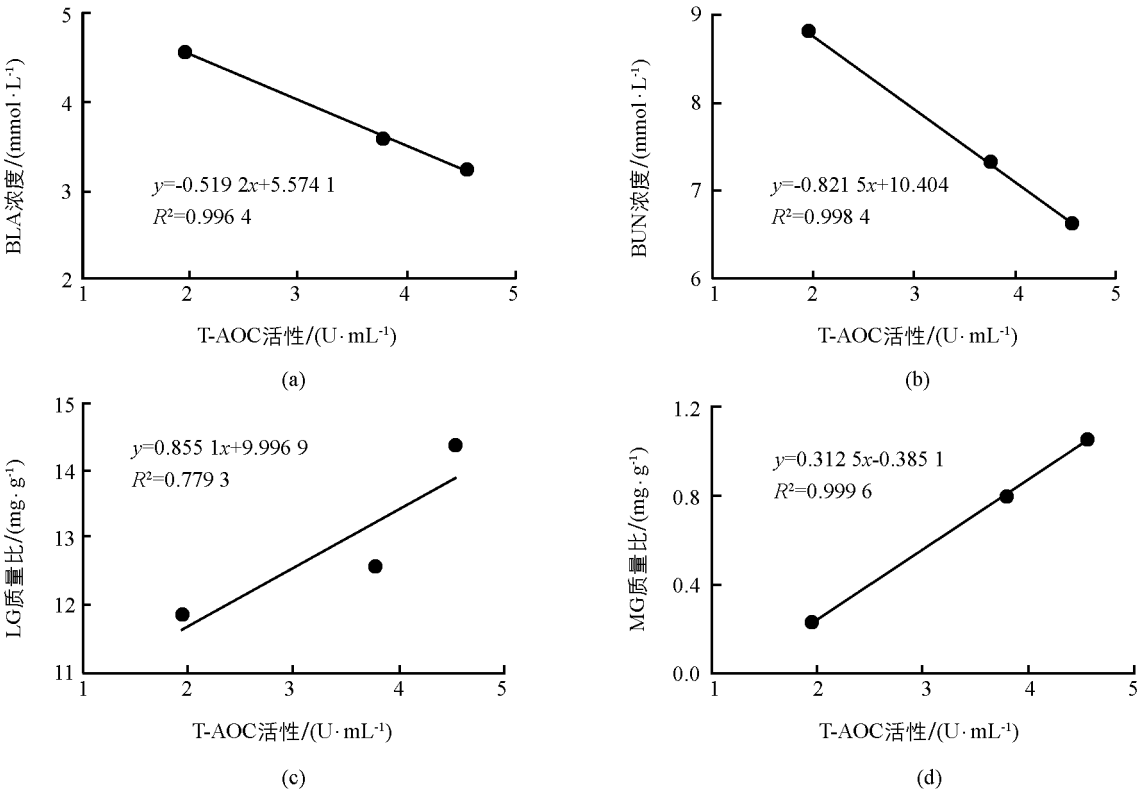


图 1 T-AOC 与 BLA,BUN,LG,MG 的相关性

另外,根据线性方程可以看出,总抗氧化能力对抗疲劳指标的影响从大到小为 LG 质量比,BUN 浓度,

BLA 浓度, MG 质量比. 因此, 当抗氧化能力越高时, 由于运动而引起小鼠产生的 BLA 和 BUN 量减少, 对 LG 和 MG 消耗量也减少, 从而提高小鼠的运动耐力, 增强其抗疲劳能力.

3 讨 论

抗疲劳作用包括延缓疲劳的产生和加速疲劳的消除两个方面, 常用的评价方法有两个: 运动耐力试验和生化指标的检测^[11]. 运动耐力的提高是抗疲劳能力加强最直接的表现^[12], 力竭游泳实验表明, 虾青素高剂量组能显著延长小鼠的力竭游泳时间, 从而提高小鼠的运动耐力. 长时间的剧烈运动会使机体相对缺氧, 需通过无氧酵解提供能量, 产生大量的乳酸, 从而影响机体内环境的酸碱平衡, 导致疲劳的产生^[13-14]; 同时, 体内蛋白质和氨基酸的分解也会随之增加, 最终产生尿素氮, 使 BUN 水平升高, 当机体对负荷适应能力越差, BUN 的增加越明显^[15]. 虾青素对游泳运动后的小鼠体内 BLA 和 BUN 指标的升高有显著的抑制作用, 可加快乳酸和 BUN 的清除速度, 使机体快速恢复, 从而提高小鼠的运动耐力. 体内糖元与运动耐力密切相关, 糖元储备越多、合成越快, 运动可持续的时间越长^[16]. 实验结果表明, 虾青素可提高小鼠运动后肝糖元的质量比, 提高糖元的储备能力, 加快糖元的回复速率, 增强抗氧化能力.

氧化应激是产生运动疲劳的主要因素, 当运动激烈时, 自由基产生并积累, 导致生物膜机能破坏, 线粒体受到自由基攻击, ATP 供给量减少, 肌肉工作能力减弱, 产生疲劳感^[17-18]. 在以有氧代谢为主的长时间的运动过程中, MDA 的升高反映了积累的自由基对组织细胞的损伤^[19-20]; 总抗氧化能力 T-AOC 的降低反映了机体抗氧化系统不足以对抗自由基的氧化作用^[21]; GSH-PX 是清除自由基和抑制自由基反应的作用酶, 其活力反映了机体抗氧化系统的活跃程度^[22]. 天然虾青素由于特殊的分子结构, 在清除自由基、降低过氧化物水平、强化机体抗氧化系统等方面功效显著^[23]. 结果表明, 虾青素能抑制运动后小鼠肝脏及血液中氧化代谢产物 MDA 的产生, 增强抗氧化酶 T-AOC, T-SOD, GSH-Px 的活性. 说明, 在剧烈运动引起的氧化应激情况下, 天然虾青素具有对抗自由基产生并加速自由基的清除作用, 显示出卓越的抗氧化功效. 并通过抗氧化与抗疲劳相关性的分析, 发现抗氧化能力的提高, 使抗疲劳能力得以增强, 两者相辅相成.

参考文献:

- [1] 胡爱军, 郑 捷. 虾青素及其开发 [J]. 粮食与油脂, 2002(8): 46—48.
- [2] 杨 艳, 周宇红, 徐海滨. 虾青素抗氧化活性机制研究进展 [J]. 2008, 35(4): 231—234.
- [3] 张晓丽, 刘建国. 虾青素的抗氧化性及其在营养和医药应用方面的研究 [J]. 食品科学, 2006, 27(1): 258—262.
- [4] 魏 东, 严小君. 天然虾青素的超级抗氧化活性及其应用 [J]. 中国海洋药物, 2001, 4(1): 45—50.
- [5] 郝秀梅. 甜菜红色素的分离纯化及抗氧化与抗疲劳活性的研究[D]. 黑龙江: 东北林业大学, 2011.
- [6] 王 茵, 胡婷婷, 吴成业. 虾壳中虾青素提取工艺条件的确定及优化 [J]. 福建农业学报, 2013, 28(10): 1045—1049.
- [7] UTHAYATHAS S, KARUPPAGOUNDER S S, TAMER S I, et al. Evaluation of Neuroprotective and Anti-Fatigue Effects of Sildenafil [J]. Life Sciences, 2007, 81(12): 988—992.
- [8] MICHAEL P C, STEFANIA L F, ROGER A F. Skeletal Muscle Lipid Deposition and Insulin Resistance: Effect of Dietary Fatty Acids and Exercise [J]. Am J Clin Nutr, 2007, 85(3): 662—677.
- [9] 韩雨梅, 邸慧君. 动物实验在抗疲劳中药研究中的应用现状 [J]. 首都体育学院学报, 2003, 15(1): 93—98.
- [10] 戴 艳. 关于运动性疲劳的研究 [J]. 吉林师范大学学报: 自然科学版, 2003, 24(3): 118—120.
- [11] 高 珊, 童 英, 吴少平, 等. 昆明种小鼠抗疲劳试验中若干参考值测定 [J]. 实验动物科学与管理. 2001, 18(1): 16—18.
- [12] 金 铁, 杨咏洁, 李铨军, 等. 高山红景天对小鼠抗疲劳及抗氧化作用的研究 [J]. 食品研究与开发, 2013, 34(19): 24—26.
- [13] MORGAN W P, BROWN D R, RAGLIN J S, et al. Psychological Monitoring of Overtraining and Staleness [J]. Br J Sports Med, 1987, 21(3): 107—114.
- [14] 刘 刚, 吴 京, 朱明君, 等. 云南柃木衣叶提取物片段抗氧化活性及成分分析 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2014, 39(9): 73—80.
- [15] 张颖捷, 杜万红. 国内外抗疲劳研究进展 [J]. 实用预防医学, 2012, 19(7): 1112—1116.
- [16] JIN H M, WEI P. Anti-Fatigue Properties of Tartary Buckwheat Extracts in Mice [J]. Int J Mol Sci, 2011, 12(8): 1611—1621.

4770—4780.

- [17] 杨少玲, 李来好. 抗疲劳肽研究现状 [J]. 湛江海洋大学学报. 2006, 26(6): 77—80.
- [18] 陈园园, 施用晖, 乐国伟. 不同分子量大豆低聚肽抗氧化活性与抗疲劳关系研究 [J]. 氨基酸和生物资源. 2008, 30(2): 59—62.
- [19] ARUOMA O I. Characterization of Drugs as Antioxidant Prophylactics [J]. Free Radical Biology and Medicine. 1996, 20(5): 675—705.
- [20] 桂志胜, 刘 娟, 杜林林, 等. 复方参苓对防止心肌细胞免受犬细小病毒损伤的保护和抗氧化作用 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(7): 27—31.
- [21] 史亚丽, 朱宇宏. 耐力运动与机体抗氧化酶综述 [J]. 北京体育大学学报. 1999, 22(1): 34—36.
- [22] THOMAS J P, GEIGER P G, GIROTTI A M. Lethal Damage to Endothelial Cell by Oxidized Low Density Lipoprotein: Role of Selenoperoxidases in Cytoprotection Against Lipid Hydroperoxide and Iron-Mediated Reactions [J]. Journal of Lipid Research, 1993, 34(37): 479—490.
- [23] LORENZ R T, CYSEWSKI G R. Commercial Potential for Haematococcus Microalgae as a Natural Source of Astaxanthin [J]. Trends in Biotechnology, 2000, 18(4): 160—167.

Study on the Anti-Fatigue and Anti-Oxidant Effects of Natural Astaxanthin

WANG Yin, LIU Shu-ji, SU Yong-chang,
Hu Ting-ting, WU Cheng-ye

Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen Fujian 361012, China

Abstract: Objective: To verify the anti-fatigue and anti-oxidant activity of natural astaxanthin. Methods: Extracting natural astaxanthin from shrimp with ethanol. Choosing KM mice as the experimental animals and dosing continuously lasting up to 30 days and recording their weight changes. Measuring exhaustion swimming time and activity of the anti-oxidant enzyme system (T-SOD, GSH-Px, T-AOC, MDA and NO) of the liver tissue of the mice through loaded-swimming test. Determining the changes of BLA, BUN, LG and MG in the blood and measuring blood sugar levels and the activity of the antioxidant enzyme system after 20 min swimming. According to the linear equation, analyzing the relationship between anti-fatigue and anti-oxidant activities of natural astaxanthin. Results: Natural astaxanthin could increase the swimming time of mice, reduce BLA and BUN levels after swimming, improve LG and MG, and blood sugar levels, and raise the contents of T-SOD, GSH-Px and T-AOC and other activity indicators in the liver and the blood, and reduce the contents of MDA and NO. Correlation analysis showed that the contents of BLA and BUN were reduced and the contents of LG and MG increased with increasing T-AOC activity. Conclusion: Natural astaxanthin has significant anti-oxidant and anti-fatigue effect, and anti-oxidant capacity is positively associated with anti-fatigue capacity.

Key words: natural astaxanthin; anti-fatigue; anti-oxidation; animal experiment

责任编辑 潘春燕

