

论著

白刺色素的安全性评价及抗氧化功能的初步研究

彭亮 赵鹏 杨俊峰 李彬 张洁宏 黄超培
(广西壮族自治区疾病预防控制中心, 广西南宁 530028)

摘要:目的 评价白刺色素的食用安全性,并初步研究其抗氧化功能。方法 采用急性毒性、Ames、小鼠骨髓细胞微核、小鼠精子畸形和大鼠 90 天喂养试验对白刺色素的安全性进行评价,并在 90 天喂养试验结束时,检测大鼠血清和肝组织中超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活性和丙二醛(MDA)含量。结果 白刺色素对雌、雄性小鼠经口 LD₅₀均大于30 000 mg/kg BW,属无毒级,3项遗传毒性试验结果均为阴性,大鼠 90 天喂养实验各项结果均未见明显毒性。各剂量组雌、雄大鼠血清和肝组织 SOD、GSH-Px 水平均显著高于对照组($P < 0.05$),MDA 含量则与对照组无显著性差异。结论 白刺色素在本实验条件下为无毒物,未显示有急性、亚慢性毒性及遗传毒性;血清和肝组织的抗氧化指标检测结果提示白刺色素具有一定的抗氧化功能,值得进一步研究。

关键词:白刺色素; 毒性; 抗氧化; 大鼠

中图分类号: 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2010)06-0506-05

**Toxicological Assessment and Preliminary Study on the Antioxidative Function of
Nitraria tangutorum Bobr Pigment**

PENG Liang, ZHAO Peng, YANG Jun-feng, LI Bin, ZHANG Jie-hong, HUANG Chao-pei
(Guangxi Autonomous Regional Center for Disease Control and Prevention, Guangxi Nanning 530028, China)

Abstract: Objective To assess the toxicological safety and to explore the antioxidative function of *Nitraria tangutorum* Bobr pigment. **Method** Acute toxicity, formation of micronucleus in born marrow cells and abnormality of sperm in mice, Ames test and 90-day feeding test in rats were used to assess the toxicological safety of *Nitraria tangutorum* Bobr pigment. The activities of SOD and GSH-Px and the content of MDA in serum and hepatic tissue were determined by the end of the 90-day feeding test in rats. **Results** The oral LD₅₀ of *Nitraria tangutorum* Bobr pigment in mice was more than 30 000 mg/kg BW, which indicated that it belongs actually to a non-toxicity substance. The results of Ames test, micronucleus test and sperm shape abnormality test in mice were negative. No obvious adverse effect was observed in the 90-day feeding test in rats. The activities of SOD and GSH-Px in serum and hepatic tissue for all dosage groups in rats were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$). There was no significant difference on MDA levels between test groups and the control group ($P > 0.05$). **Conclusion** *Nitraria tangutorum* Bobr pigment was not toxic tested by acute toxicity, subchronic toxicity and genotoxicity. There may be an anti-oxidative function of *Nitraria tangutorum* Bobr pigment and further evaluation is deserved.

Key words: *Nitraria Tangutorum* Bobr Pigment; Toxicity; Antioxidative Fuction; Rats

随着许多合成色素被证明对人体有慢性危害,充分开发利用天然食用色素已是大势所趋,而具有一定营养价值的天然多功能色素更是食用色素的发展方向。白刺色素提取自白刺果实,白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr)为蒺藜科(*Zygophyllaceae*)白刺属(*Nitraria* L.)是一种旱生、耐盐、喜沙的野生灌木,广泛分布于我国西北沙漠地区。白刺色素作为白刺果实的深加工产品,其天然属性以及良好的调色功

能使其拥有广阔的应用前景,但是其毒性及营养功能,目前尚未见报道。本实验拟通过急性毒性、Ames、小鼠骨髓细胞微核、小鼠精子畸形和大鼠 90 天喂养试验检测白刺色素的食用安全性,并对其抗氧化功能进行初步研究。

1 材料和方法

1.1 仪器与试剂

日立 KY2000 半自动生化仪,西森美康 XT1800i 全自动血球计数仪,西德莱兹 EHF 照相显微镜。SOD、GSH-Px 和 MDA 试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

收稿日期:2010-02-01

作者简介:彭亮 男 硕士 主管医师 研究方向为保健食品的毒理和功能学检验 E-mail: pengliang_79@sohu.com

1.2 实验动物

清洁级健康昆明种小鼠和 SPF 级 SD 大鼠,由广西医科大学医学实验动物中心和广东省医学试验动物中学繁殖,实验动物质量合格证号 0001129、0046674。实验动物使用许可证号 [SYXK 桂 2007-0003]。实验动物室温度:22 ~ 25 °C,相对湿度:55% ~ 70%。

1.3 菌株

鼠伤寒沙门菌组氨酸缺陷型 TA97、TA98、TA100、TA102 等 4 种菌株,由中国疾病预防控制中心营养与食品安全所提供。

1.4 样品

由西北某生物研究所提供的白刺色素,人口推荐用量为每人(成人)每日 200mg,成人体重按 60 kg 计算,折合剂量为 3.33 mg/kg BW。

1.5 试验方法

1.5.1 毒理学试验 小鼠急性经口毒性试验,Ames 试验,小鼠骨髓细胞微核试验,小鼠精子畸形试验,大鼠 90 天喂养试验,参照 GB15193.1-15193.21—2003《食品安全性毒理学评价程序和方法》^[1]相关章节进行。预实验时发现大鼠排斥掺入白刺色素的饲料,进食量的个体差异较大,故选择灌

胃法给药。

1.5.2 抗氧化功能试验 大鼠 90 天喂养结束时,取血分离血清,肝脏称重后取 0.5g 组织匀浆,按照南京建成试剂盒说明进行抗氧化功能相关指标的测定。

1.6 统计方法

应用 SPSS 13.0 统计软件对试验数据进行单因素方差分析和两两比较。

2 结果

2.1 急性经口毒性试验

以 0.2 ml/10 g BW 的体积给小鼠灌胃浓度为 500 mg/ml 的样品溶液 3 次(每次间隔 5 h),总剂量为 30 000 mg/kg BW,未见小鼠出现中毒症状,观察 14 d 无动物死亡。试验结束处死动物,大体解剖观察未见异常,样品 LD₅₀ 大于 30 000 mg/kg BW,据此判断该样品的急性经口毒性属无毒级。

2.2 Ames 试验

对 TA97、TA98、TA100、TA102 等 4 种试验菌株,在 2 次试验中,无论是否加入 S-9,样品各剂量组的回变菌落数均未超过自发回变菌落数的 2 倍,亦无剂量-反应关系,表明该样品无明显的致突变作用。结果见表 1、表 2。

表 1 白刺色素第 1 次 Ames 试验结果 ($n=3, \bar{x} \pm s$)

剂量组 ($\mu\text{g}/\text{皿}$)	TA97a		TA98		TA100		TA102	
	- S9	+ S9	- S9	+ S9	- S9	+ S9	- S9	+ S9
5000	131.7 ± 4.9	145.3 ± 17.2	35.7 ± 4.7	38.0 ± 2.6	142.7 ± 6.0	156.3 ± 19.7	275.7 ± 17.0	277.3 ± 15.0
1000	131.3 ± 23.2	139.7 ± 18.5	37.7 ± 3.8	45.7 ± 1.2	156.0 ± 11.4	159.3 ± 4.0	279.7 ± 9.6	276.3 ± 17.9
200	132.0 ± 11.8	151.3 ± 12.6	39.3 ± 6.1	42.3 ± 2.5	151.3 ± 16.3	166.3 ± 16.8	285.0 ± 10.1	289.3 ± 22.5
40	139.7 ± 17.8	129.0 ± 9.6	37.7 ± 6.4	41.0 ± 5.3	157.0 ± 8.5	158.7 ± 9.3	280.0 ± 17.5	282.3 ± 35.5
8	139.7 ± 21.2	144.7 ± 12.9	37.3 ± 2.5	42.0 ± 7.0	158.7 ± 6.5	161.0 ± 16.1	278.7 ± 16.7	283.3 ± 10.0
自发回变	124.3 ± 9.1	148.0 ± 20.4	39.7 ± 8.0	43.3 ± 4.5	160.3 ± 21.0	161.3 ± 23.7	267.0 ± 7.0	280.0 ± 9.5
溶剂对照	137.7 ± 23.4	146.3 ± 24.0	39.3 ± 1.2	40.7 ± 5.9	153.3 ± 10.0	161.0 ± 21.4	278.0 ± 13.7	281.3 ± 11.9
阳性对照	2868 ± 161	1752 ± 163	2822 ± 342	5978 ± 314	3179 ± 321	2926 ± 531	901.3 ± 66.7	891.0 ± 84.6

表 2 白刺色素第 2 次 Ames 试验结果 ($n=3, \bar{x} \pm s$)

剂量组 ($\mu\text{g}/\text{皿}$)	TA97a		TA98		TA100		TA102	
	- S9	+ S9	- S9	+ S9	- S9	+ S9	- S9	+ S9
5000	132.0 ± 17.7	146.7 ± 10.0	36.3 ± 4.5	33.7 ± 1.5	165.7 ± 13.1	150.3 ± 12.7	270.7 ± 11.7	286.3 ± 9.1
1000	146.3 ± 24.9	142.3 ± 22.0	40.3 ± 1.2	41.0 ± 5.3	169.0 ± 6.2	168.0 ± 2.0	279.7 ± 17.0	277.3 ± 9.5
200	145.7 ± 9.5	123.0 ± 7.5	36.7 ± 7.2	39.7 ± 6.5	166.0 ± 15.5	156.3 ± 17.5	264.7 ± 5.7	271.7 ± 9.6
40	138.7 ± 21.2	133.7 ± 23.7	33.0 ± 1.0	38.3 ± 5.5	153.7 ± 8.5	168.3 ± 26.3	266.7 ± 7.0	283.0 ± 11.4
8	140.7 ± 16.0	140.7 ± 10.7	41.3 ± 5.0	43.3 ± 4.2	149.3 ± 6.1	172.0 ± 10.5	273.7 ± 11.2	271.7 ± 12.0
自发回变	140.0 ± 15.6	135.3 ± 9.3	39.0 ± 5.0	34.7 ± 2.5	161.0 ± 13.2	158.3 ± 21.5	294.3 ± 4.2	281.0 ± 9.6
溶剂对照	138.3 ± 7.6	145.0 ± 10.5	39.3 ± 5.5	39.0 ± 4.6	156.0 ± 24.3	156.3 ± 17.5	270.0 ± 4.6	293.7 ± 2.1
阳性对照	2885 ± 70	1835 ± 234	3205 ± 270	6199 ± 280	3035 ± 344	3093 ± 476	951.7 ± 42.3	886.3 ± 98.2

注:1、以上结果(菌落数)均为 3 个平皿的均值 ± 标准差。2、阳性对照:TA97a + S9、TA98 + S9、TA100 + S9 采用 2-氨基芴(10 $\mu\text{g}/\text{皿}$); TA98 - S9 采用柔毛霉素(6 $\mu\text{g}/\text{皿}$); TA97a - S9、TA102 - S9 采用敌克松(50 $\mu\text{g}/\text{皿}$); TA100 - S9 采用叠氮钠(1.5 $\mu\text{g}/\text{皿}$); TA102 + S9 采用 1,8-二羟基蒽醌(50 $\mu\text{g}/\text{皿}$)。

2.3 小鼠骨髓细胞微核试验

雄性、雌性各受试组小鼠的微核率与阴性组相

比,差异均无显著性,表明该样品对小鼠的骨髓细胞染色体无断裂损伤作用。见表 3。

表3 白刺红色素对小鼠骨髓微核发生率的影响 (n = 5)

性别	剂量组 (mg/kgBW)	受检嗜多染红细胞数 (个)	含微核红细胞数 (个)	微核率 (%)	嗜多染红细胞 / 正染红细胞
雄	10000	5000	4	0.8	1.085
	5000	5000	5	1.0	1.087
	2500	5000	6	1.2	1.083
	0	5000	5	1.0	1.087
	40 (cp)	5000	133	26.6 ^a	0.977
雌	10000	5000	5	1.0	1.082
	5000	5000	6	1.2	1.083
	2500	5000	5	1.0	1.090
	0	5000	4	0.8	1.088
	40 (cp)	5000	130	26.0 ^a	0.982

注:阴性组受试物为蒸馏水,阳性组受试物为环磷酰胺(cp);^a表示该组与阴性对照组比较,差异具有极显著性(P < 0.01)。

2.4 小鼠精子畸形试验

3个试验组的剂量分别为10 000、5 000、2 500 mg/kg BW,阴性对照为蒸馏水,阳性对照为环磷酰胺(40 mg/kg BW),各组小鼠的精子畸形率依次分别为1.33%、1.30%、1.26%、1.23%和4.44%。样品各剂量组小鼠精子畸形率与阴性组相比,差异均无显著性,表明该样品对小鼠精子无损害作用。

2.5 大鼠90天喂养试验

实验期间各组大鼠生长良好,一般状况如行为、活动、毛色光泽、精神状况、饮水及粪便均未见明显异常。样品各剂量组大鼠每周及总的体重、增重、进食量和食物利用率与对照组比较,差异均无显著性,见表4,表明该样品对大鼠的体重增长和食物利用率无明显影响。

表4 白刺色素90天喂养试验各组大鼠体重变化及进食情况 (n = 10, $\bar{x} \pm s$)

性别	剂量组 (mg/kg)	初重 (g)	终末体重 (g)	总增重 (g)	总进食量 (g)	总利用率 (%)
雄	1000	77.8 ± 3.5	538.3 ± 32.4	460.5 ± 33.1	2542 ± 236	18.2 ± 1.0
	667	77.9 ± 4.4	556.5 ± 30.9	478.6 ± 29.3	2493 ± 254	19.3 ± 1.5
	333	78.8 ± 5.1	531.8 ± 21.1	453.0 ± 22.3	2528 ± 252	18.0 ± 1.6
	对照组	78.3 ± 4.4	542.4 ± 29.6	464.1 ± 31.7	2631 ± 202	17.7 ± 1.2
雌	1000	72.0 ± 3.9	304.6 ± 24.0	232.6 ± 22.6	2219 ± 289	10.5 ± 0.8
	667	72.6 ± 3.0	311.3 ± 23.0	238.7 ± 21.9	2143 ± 237	11.2 ± 1.4
	333	72.5 ± 5.0	299.0 ± 24.8	226.5 ± 21.1	2051 ± 232	11.1 ± 1.2
	对照组	72.7 ± 4.9	292.7 ± 19.7	220.0 ± 15.6	2138 ± 220	10.4 ± 1.0

试验中期和结束时,样品各剂量组大鼠的血红蛋白、红细胞总数、白细胞总数及其分类、血小板数与对照组比较,差异均无显著性,见表5、表6,表明该样品对大鼠的血常规指标无明显影响。

样品各剂量组大鼠的血清谷草转氨酶、谷丙转氨酶、尿素氮、肌酐、胆固醇、甘油三酯、总蛋白、白蛋

白、血糖与对照组比较,差异均无显著性,见表7,表明该样品对大鼠的血液生化指标无明显影响。

样品各剂量组大鼠的脏器重和脏器比与对照组比较,差异均无显著性,见表8,表明该样品对大鼠的脏器重量及脏器/体重比值无显著影响。

表5 白刺色素90天喂养试验中期各组大鼠血常规指标检查结果 (n = 10, $\bar{x} \pm s$)

性别	剂量组 (mg/kg)	红细胞 (10 ¹² /L)	血红蛋白 (g/L)	血小板 (10 ⁹ /L)	白细胞 (10 ⁹ /L)	白细胞分类 (%)		
						淋巴细胞	中性粒细胞	中间细胞
雄	1000	8.87 ± 0.82	163.2 ± 10.6	918.4 ± 222.5	9.80 ± 1.47	77.0 ± 4.1	16.4 ± 4.1	6.7 ± 2.2
	667	9.00 ± 0.76	164.8 ± 8.2	866.0 ± 171.2	9.40 ± 1.84	78.5 ± 3.9	14.6 ± 3.6	6.9 ± 2.0
	333	8.60 ± 0.69	157.6 ± 11.9	972.8 ± 128.1	8.75 ± 1.85	76.2 ± 6.5	16.3 ± 4.8	7.6 ± 2.8
	对照组	9.10 ± 0.85	165.0 ± 6.5	876.8 ± 202.4	9.06 ± 1.50	77.4 ± 5.7	15.6 ± 3.7	7.0 ± 2.9
雌	1000	8.05 ± 0.59	156.4 ± 12.5	1028.0 ± 153.8	6.82 ± 1.57	76.4 ± 4.7	15.7 ± 3.8	7.9 ± 2.8
	667	8.28 ± 0.68	158.8 ± 9.4	1036.6 ± 172.2	7.24 ± 1.36	74.2 ± 3.2	17.2 ± 2.8	8.6 ± 1.6
	333	8.38 ± 0.68	155.2 ± 9.1	992.2 ± 122.4	6.81 ± 1.25	77.1 ± 4.2	14.9 ± 3.9	8.0 ± 2.7
	对照组	8.13 ± 0.77	159.4 ± 11.1	1021.8 ± 163.9	7.06 ± 1.68	76.1 ± 4.0	16.1 ± 3.3	7.8 ± 2.5

表6 白刺色素90天喂养试验结束各组大鼠血常规指标检查结果($n=10, \bar{x} \pm s$)

性别	剂量组 (mg/kg)	红细胞 ($10^{12}/L$)	血红蛋白 (g/L)	血小板 ($10^9/L$)	白细胞 ($10^9/L$)	白细胞分类(%)		
						淋巴细胞	中性粒细胞	中间细胞
雄	1000	9.12 ± 0.77	159.2 ± 12.3	872.0 ± 250.6	10.57 ± 2.09	75.6 ± 5.1	17.8 ± 5.1	6.6 ± 2.4
	667	9.21 ± 0.41	160.4 ± 7.0	844.6 ± 125.5	9.75 ± 1.76	77.0 ± 3.5	16.5 ± 5.1	6.5 ± 2.7
	333	8.79 ± 0.64	154.0 ± 10.3	944.2 ± 124.7	9.21 ± 1.80	74.9 ± 6.1	17.6 ± 5.8	7.5 ± 2.8
	对照组	9.34 ± 0.50	160.2 ± 7.0	837.8 ± 161.3	9.20 ± 1.45	75.1 ± 5.0	18.1 ± 3.5	6.8 ± 2.6
雌	1000	8.14 ± 0.58	154.8 ± 11.1	993.6 ± 159.4	6.94 ± 1.60	75.1 ± 5.1	17.4 ± 4.2	7.5 ± 2.0
	667	8.42 ± 0.73	156.6 ± 7.8	1016.2 ± 166.4	7.48 ± 1.09	72.7 ± 4.2	18.3 ± 4.0	9.0 ± 2.4
	333	8.60 ± 0.61	151.4 ± 8.1	950.8 ± 121.2	7.05 ± 1.24	76.0 ± 4.4	16.1 ± 4.4	8.0 ± 1.7
	对照组	8.29 ± 0.58	154.6 ± 10.2	1006.8 ± 157.5	7.29 ± 1.42	74.4 ± 4.0	17.4 ± 3.6	8.3 ± 1.6

表7 白刺色素90天喂养试验各组大鼠血清生化指标检查结果($n=10, \bar{x} \pm s$)

性别	剂量组 (mg/kg)	谷草转氨酶 (U/L)	谷丙转氨酶 (U/L)	尿素氮 (mmol/L)	肌酐 ($\mu\text{mol/L}$)	胆固醇 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)	血糖 (mmol/L)	总蛋白 (g/L)	白蛋白 (g/L)
雄	1000	117.4 ± 19.6	46.7 ± 8.9	6.57 ± 0.38	36.21 ± 3.27	1.78 ± 0.34	0.90 ± 0.11	5.01 ± 0.71	76.9 ± 5.8	38.3 ± 2.4
	667	106.2 ± 17.4	43.6 ± 5.1	6.08 ± 0.52	37.73 ± 3.61	1.83 ± 0.33	0.91 ± 0.11	5.15 ± 0.58	76.0 ± 4.4	39.8 ± 2.5
	333	111.1 ± 17.9	44.0 ± 6.1	6.17 ± 0.63	37.23 ± 4.74	1.67 ± 0.27	0.95 ± 0.12	5.11 ± 0.46	74.3 ± 3.2	38.2 ± 1.1
	对照组	106.2 ± 15.8	44.1 ± 7.8	6.12 ± 0.59	34.52 ± 4.62	1.73 ± 0.35	0.96 ± 0.13	5.34 ± 0.43	74.1 ± 3.1	37.8 ± 1.2
雌	1000	109.9 ± 10.8	45.9 ± 6.7	7.43 ± 1.14	43.31 ± 6.95	2.08 ± 0.50	1.01 ± 0.15	5.44 ± 0.55	78.9 ± 6.2	38.1 ± 2.6
	667	97.4 ± 10.3	43.7 ± 5.4	6.72 ± 0.87	42.57 ± 6.62	2.22 ± 0.39	0.98 ± 0.13	6.15 ± 0.63	81.6 ± 6.7	39.8 ± 2.5
	333	109.0 ± 15.8	42.5 ± 6.8	6.99 ± 1.08	41.63 ± 6.35	2.19 ± 0.41	0.97 ± 0.06	5.71 ± 0.63	79.6 ± 6.9	40.6 ± 2.0
	对照组	102.4 ± 12.1	45.7 ± 7.2	6.99 ± 1.15	42.57 ± 6.24	2.30 ± 0.30	1.07 ± 0.08	5.85 ± 0.69	82.1 ± 4.0	39.4 ± 2.0

表8 白刺色素90天喂养试验各组大鼠脏器重量和脏器/体重比值($n=10, \bar{x} \pm s$)

性别	剂量组 (mg/kgBW)	肝脏		肾脏		脾脏		睾丸	
		重量(g)	肝体比(%)	重量(g)	肾体比(%)	重量(g)	脾体比(%)	重量(g)	睾体比(%)
雄	1000	13.20 ± 1.25	2.45 ± 0.15	3.15 ± 0.19	0.59 ± 0.03	0.92 ± 0.17	0.17 ± 0.04	3.73 ± 0.35	0.70 ± 0.09
	667	12.55 ± 0.85	2.26 ± 0.23	3.13 ± 0.27	0.56 ± 0.05	0.92 ± 0.16	0.17 ± 0.03	3.79 ± 0.40	0.68 ± 0.08
	333	12.58 ± 0.66	2.37 ± 0.18	3.07 ± 0.13	0.58 ± 0.04	0.93 ± 0.18	0.18 ± 0.03	3.67 ± 0.25	0.69 ± 0.05
	对照组	12.87 ± 0.90	2.37 ± 0.10	3.15 ± 0.18	0.58 ± 0.04	0.94 ± 0.18	0.17 ± 0.03	3.76 ± 0.29	0.69 ± 0.04
雌	1000	7.51 ± 0.67	2.47 ± 0.14	1.71 ± 0.19	0.56 ± 0.03	0.55 ± 0.06	0.18 ± 0.03		
	667	7.55 ± 0.89	2.43 ± 0.24	1.77 ± 0.19	0.57 ± 0.07	0.57 ± 0.08	0.18 ± 0.02		
	333	7.68 ± 0.90	2.58 ± 0.31	1.74 ± 0.28	0.58 ± 0.09	0.53 ± 0.10	0.18 ± 0.03		
	对照组	7.48 ± 0.48	2.56 ± 0.10	1.69 ± 0.17	0.58 ± 0.05	0.53 ± 0.06	0.18 ± 0.02		

实验结束解剖动物,大体观察各组动物均未发现明显病变,对高剂量组和对照组动物的主要脏器进行组织病理切片检查,结果显示,高剂量组有1只雌性、对照组有1只雄性大鼠的肝脏汇管区可见轻度的炎症细胞浸润,对照组有1只雌性大鼠的肾脏皮质部可见少量蛋白管型,高剂量组有1只雌性、对照组有1只雄性大鼠的胃粘膜下层可见炎症细胞浸润,以上组织病变属动物的自发病变,且两组动物的

肝脏和胃组织的病变程度相似,故可以排除是样品所致;其他脏器组织未见病理组织学改变,表明该样品对大鼠的上述脏器组织无损害作用。

2.6 抗氧化功效指标检测结果

样品各剂量组雌、雄大鼠的血清和肝组织SOD、GSH-Px值均高于对照组,差异有显著性($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),各组大鼠血清和肝组织MDA值相近,差异无显著性,见表9。

表9 白刺色素90天喂养试验大鼠抗氧化指标检测结果($n=10, \bar{x} \pm s$)

性别	剂量组 (mg/kg)	SOD		GSH-Px		MDA	
		血(NU/ml)	肝(NU/g)	血(NU/ml)	肝(NU/g)	血(nmol/ml)	肝(nmol/g)
雄	1000	466 ± 76 ^a	2135 ± 239 ^a	584 ± 68 ^a	916 ± 170 ^a	6.77 ± 0.98	188 ± 24
	667	453 ± 55 ^a	2035 ± 206 ^b	571 ± 88 ^a	862 ± 143 ^b	6.84 ± 1.19	201 ± 30
	333	397 ± 69 ^a	2073 ± 191 ^b	541 ± 77 ^b	858 ± 124 ^b	6.82 ± 0.76	195 ± 25
	对照组	304 ± 56	1810 ± 180	456 ± 69	688 ± 144	7.07 ± 1.08	209 ± 29
雌	1000	363 ± 68 ^a	1748 ± 204 ^a	511 ± 60 ^a	883 ± 163 ^a	6.90 ± 0.80	186 ± 27
	667	347 ± 59 ^a	1655 ± 258 ^b	497 ± 69 ^a	735 ± 139	7.02 ± 0.61	193 ± 20
	333	313 ± 50	1664 ± 217 ^b	493 ± 61 ^a	751 ± 119	7.26 ± 0.72	189 ± 33
	对照组	254 ± 53	1389 ± 231	390 ± 57	625 ± 125	7.21 ± 0.60	203 ± 23

注:^a和^b表示该组与阴性对照组比较, $P < 0.01$ 或 $P < 0.05$ 。

3 讨论

据《本草纲目》中记述,白刺“气味辛、寒、无毒。主治心绞痛、痛肿溃脓,止痛。补肾气,益精髓,疗腰痛,喉痹不通”^[2]。现代中医学认为,白刺“性味甘酸微咸温”,主治身体虚弱,气血两亏,月经不调,腰腹疼痛等症^[3]。有研究发现,白刺果实中含有丰富的维生素、不饱和脂肪酸、黄酮、生物碱及多种微量元素^[4],具有抗氧化、调节血糖和血脂功能^[4,5]。虽然白刺的生长范围局限于我国的西北沙漠地带,但是白刺果的深加工产品,如白刺籽油,白刺色素已经进入食品市场。

本实验对白刺色素的食用安全性进行了检测,人们每天平均摄入的色素一般不会超过100 mg,即1.7 mg/kg左右,在本研究中,白刺色素的小鼠急性经口LD₅₀大于30 000 mg/kg BW,达到了普通食品无毒标准(15 000 mg/kg BW)的2倍以上,表明该样品无急性毒性;3项遗传毒性试验结果均为阴性,表明该样品无遗传毒性;大鼠90天喂养试验属于亚慢性毒性试验中的一项,本项试验的各项结果均未显示样品有毒作用,最大未观察到有害作用剂量(NOEL)大于1 000 mg/kg BW。虽然白刺色素在本研究的各项毒性试验中结果均为阴性,但是作为新的食用色素种类,要保证其食用安全性,还需要对亚慢性毒性中的生殖毒性和代谢过程进行检测,并研究其慢性(致癌)毒性。

白刺果实中含有三大抗氧化成分,维生素E、硒和黄酮,对白刺色素的分析结果表明,该色素属于黄酮类色素^[6],所以推测,白刺色素同样具有抗氧化功能,本试验对白刺色素的抗氧化功能进行了初步探索。传统的抗氧化试验以老年大鼠或衰老模型大

鼠作为实验动物,本试验属探索性试验,本着动物实验“3R”原则,充分利用亚慢性试验结束时的大鼠,对其体内的抗氧化指标进行了检测。结果显示,各剂量组雄、雌大鼠血清和肝组织中SOD、GSH-Px活性均显著高于对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),提示白刺色素可以提高大鼠体内的抗氧化酶的活性;各组大鼠血清和肝组织中MDA含量无明显差异,可能是因为年轻大鼠体内的脂质过氧化反应程度较轻,导致反应产物MDA的本底值非常低,此时,抗氧化酶的活性提高,只是作为对氧化损伤的一种防御储备。

综合以上结果,可以认为在本试验条件下,白刺色素无急性毒性、遗传毒性和亚慢性毒性(大鼠90天喂养项),且具有一定的抗氧化功能,值得进一步研究和开发。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB15193.1-45193.21-2003 食品安全性毒理学评价程序和方法[S].北京:中国标准出版社,2003:17-58,86-88.
- [2] 李双福,张启昌,张起超,等.白刺属植物研究进展[J].北华大学学报:自然科学版,2005,6(1):78-81.
- [3] 潘振成,朱斌,阿芳梅,等.唐古特白刺资源开发和保护利用问题研究[J].青海环境,2003,13(3):93-96.
- [4] 索有瑞,王洪论,汪汉卿.柴达木盆地唐古特白刺果实降血脂和抗氧化作用研究[J].天然产物研究与开发,2004,16(1):54-57.
- [5] 索有瑞,汪汉卿.青海柴达木盆地唐古特白刺果实的降血糖作用研究[J].食品科学,2004,25(7):164-167.
- [6] 彭晓玲,高峰,林海荣,等.白刺果实红色素的提取及其鉴定研究[J].广东化工,2006,33(159):49-51.