网络出版时间:2015-11-11　16:16　　DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2015.12.004
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20151111.1616.008.html

含银耳多糖猕猴桃功能饮料的抗辐射性能研究

王阳阳,谢　春,段旭非,李家怡,严　成
(西南科技大学 生命学院,四川 绵阳 621010)

[**摘　要**]　【目的】研究含银耳多糖的猕猴桃饮料的抗辐射损伤性能,为猕猴桃功能饮料的开发提供参考。【方法】将 150 只昆明种小鼠随机分为 3 批,每批 50 只,再随机分为空白对照组、辐射对照组、低剂量饮料试验组(20.00 mL/kg)、中剂量饮料试验组(40.00 mL/kg)、高剂量饮料试验组(80.00 mL/kg),每组 10 只,对各饮料试验组小鼠用含银耳多糖的猕猴桃功能饮料灌胃 15 d 后,用^{60}Coγ 对各组小鼠进行一次性全身照射,观察不同剂量含银耳多糖的猕猴桃功能饮料对小鼠外周血白细胞总数、超氧化物歧化酶(SOD)活性、血清溶血素值的影响效应。【结果】辐照后 14 d,辐射对照组、中剂量饮料试验组、高剂量饮料试验组小鼠外周血白细胞计数分别为(5.04±1.39)×10^9、(9.20±1.93)×10^9 和(11.02±1.08)×10^9/L,表明与辐射对照组相比,辐照后的中、高剂量饮料试验组小鼠外周血白细胞总数有显著增加($P<0.05$);辐照后 14 d,辐射对照组、中剂量饮料试验组、高剂量饮料试验组小鼠肝脏 SOD 活性分别为(1 064.52±47.51)、(1 188.56±60.04)和(1 309.54±51.54) U/mg,表明与辐射对照组相比,辐照后的中、高剂量饮料试验组小鼠肝脏 SOD 活性显著增强($P<0.05$);辐照后 18 d,辐射对照组及中、高剂量饮料试验组小鼠血清溶血素值分别为 61.40±13.49,89.67±17.95 和 106.28±13.56,表明与辐射对照组相比,辐照后的中、高剂量饮料试验组小鼠血清溶血素值显著增强($P<0.05$)。【结论】饮用 40.00 和 80.00 mL/kg 剂量含银耳多糖的猕猴桃饮料对遭受辐射危害的机体具有辅助保护作用。

[**关键词**]　猕猴桃功能饮料;银耳多糖;抗辐射性能;小鼠试验
[**中图分类号**]　TS275.4　　[**文献标志码**]　A　　[**文章编号**]　1671-9387(2015)12-0018-05

Anti-radiation effect of kiwi beverage containing tremella polysaccharide

WANG Yang-yang, XIE Chun, DUAN Xu-fei, LI Jia-yi, YAN Cheng
(*College of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan* 621010, *China*)

Abstract:【Objective】This study investigated the anti-radiation effect of kiwi beverage containing tremella polysaccharide to provide basis for further development of kiwi functional beverage.【Method】150 Kunming mice were randomly divided into three batches with 50 mice in each batch. Each batch included blank control group, radiation control group, low dose group (20.00 mL/kg), middle dose group (40.00 mL/kg), and high dose group (80.00 mL/kg), with 10 mice in each group. After 15 days of gavage with kiwi beverage, the mice were irradiated with ^{60}Co ray for whole body at one-time, then the effects of different tremella polysaccharide doses on total number of peripheral blood leucocytes, activity of superoxide dismutase (SOD), and value of serum hemolysin were observed.【Result】14 days after irradiation, the numbers of peripheral blood leukocytes in the 40.00 mL/kg dose group and 80.00 mL/kg dose group were (9.20±1.93)×10^9 and (11.02±1.08)×10^9/L, respectively, significantly higher than the control group of

[收稿日期]　2014-04-24
[基金项目]　四川省大学生创新创业训练计划项目(201310619028)
[作者简介]　王阳阳(1989－),女,黑龙江饶河人,在读本科,主要从事食品科学与工程研究。E-mail:409341441@qq.com
[通信作者]　严　成(1963－),男,四川绵阳人,教授,主要从事食品化学与畜产品贮藏与加工研究。E-mail:332152842@qq.com

(5.04±1.39)×10^9/L. The activities of liver super oxide dismutase (SOD) of mice in the control group, 40.00 mL/kg dose group and 80.00 mL/kg dose group were(1 064.52±47.51),(1 188.56±60.04)and (1 309.54±51.54) U/mg, respectively, significantly different from those in the radiation control group. 18 days after irradiation, the values of serum hemolysin in the radiation control group, 40.00 mL/kg dose group and 80.00 mL/kg dose group were 61.40±13.49, 89.67±17.95, and 106.28±13.56, respectively. It shows that mouse serum hemolysin values in middle dose and high dose groups were significantly improved (P<0.05).【Conclusion】Drinking 40.00 or 80.00 mL/kg kiwi beverage containing tremella polysaccharide had auxiliary protection against radiation hazards.

Key words: kiwi beverage; tremella polysaccharide; anti-radiation; mice test

辐射存在于整个宇宙空间，分为电离辐射和非电离辐射两类，电离辐射可对机体产生严重损伤，引起机体组织、器官和细胞的代谢、形态及功能改变，其中的重要机制之一是引起机体自由基异常增加，进而引起生物大分子乃至整个机体的损伤，已严重影响到人们的身体健康，因此研究抗辐射保健功能食品具有重要的实际应用价值。

目前，国内外对抗辐射保健食品的研究较少，且现有的大多数研究仍停留在寻找具有抗辐射作用的天然资源或生物活性因子上[1]。许多研究者将工作重点集中于天然植物及微生物资源，包括许多中药及菌类、藻类，认为这些天然资源中存在的抗辐射活性物质包括皂甙、香豆素、生物碱和多糖[1]。其中关于多糖的研究较为活跃且生产技术发展迅猛。自1942 年 Hale 报道射线防护剂以来，现已开展了一系列化学抗辐射药物的研究，但某些化学抗辐射药物在治疗疾病的同时也对机体产生了一系列副作用[1]。因此人们开始重视天然产物抗辐射物质的探索，特别是关于灵芝抗辐射研究取得显著成果[1]。陈志强等[2]从木耳中分离纯化得到木耳多糖，于照射前 1 h 以每鼠 5 mg 剂量腹腔注射，结果显示能显著提高 8 Gy ^{60}Coγ 射线照射小鼠的 30 d 存活率。王艳丽等[3]用 125 mg/kg 的螺旋藻多糖分别于 7 Gy ^{60}Coγ 射线照射前和照射后给小鼠灌胃，发现照射后 0.5 h 给药可使小鼠 30 d 存活率提高 30%，但照射前给药对存活率无明显影响。

猕猴桃是各种水果中营养成分最丰富、最全面的水果，被称为“水果金矿”。近年来众多学者对猕猴桃的药理活性进行了研究，发现猕猴桃具有抗脂质过氧化[4]、清除活性氧自由基、降血脂[5-6]、抑制肿瘤细胞生长[7]、抗癌及提高免疫功能等药理活性。猕猴桃还有扶正祛邪、清热利水、散淤活血、促进正常细胞生长、抗多种细菌感染[8]等功能，是一种融营养和保健作用于一体的高级水果。银耳又称白木耳、雪耳，是一种经济价值高、营养丰富的胶质食用菌，在我国已有悠久的药用和食用历史，其主要化学成分为银耳多糖。大量研究表明，银耳多糖具有抗辐射、抗氧化、增强免疫力、增加白细胞、降血糖及抗肿瘤等作用[9]，可治疗高血压、高血脂、糖尿病、乙型肝炎等多种现代医学中的疑难病症[10]。综上可见，目前虽已有较多的关于猕猴桃和银耳营养功能的研究，但尚未见含银耳多糖的猕猴桃饮料的抗氧化功能的报道。

在保健食品的抗辐射功能研究中，建立辐射损伤动物模型是评价保健食品是否具有抗辐射功能的先决条件。由于动物机体损伤后有自身修复机制，为了能够灵敏反映保健食品的抗辐射功能，目前大多采用电离辐射来促成动物机体损伤。本试验通过动物学试验，灌胃含银耳多糖的猕猴桃功能饮料后，对辐射小鼠进行外周血白细胞计数并分析超氧化物歧化酶(SOD)活性及血清溶血素值的变化，以期研究含银耳多糖的猕猴桃功能饮料的抗辐射损伤作用，进而为该功能饮料的开发提供参考。

1　材料与方法

1.1　材　料

含银耳多糖的猕猴桃功能饮料，主要由红心猕猴桃原浆、体积分数 3%～8%糖浆，质量分数 0.53%～0.88%银耳多糖、质量分数 2.1%～3.2%酸味剂和适量纯净水，采用特殊提取制备工艺强化营养成分制得[11]。

人体推荐摄入量为每天 4.00 mL/kg，由此将小鼠每日灌胃含银耳多糖的猕猴桃功能饮料的剂量分为 20.00，40.00 和 80.00 mL/kg，相当于人体推荐摄入量的 5，10 和 20 倍，分别记为低、中、高剂量饮料组，另设空白对照组、辐射对照组，空白对照组和辐射对照组均给予 40.00 mL/kg 的蒸馏水。受试样品于照射前给予 15 d，照射后仍然继续给予。

1.2 试验动物

昆明种雄性小鼠150只,体质量18～22 g,由成都达硕动物科技有限公司提供。将小鼠随机分为3批,每批50只。将每批50只小鼠,随机按体质量相近的原则均分为空白对照组(CK_1)、辐射对照组(CK_2)和低(L)、中(M)、高(H)剂量饮料试验组,每组10只。试验期间室温控制在(22±3) ℃,相对湿度30%～73%,自由采食、自由饮水(蒸馏水),自然光照,定期更换垫料。

1.3 主要仪器和试剂

单道可调式移液器,北京大龙兴创实验仪器有限公司;U型单光束紫外/可见分光光度计,上海天美科学仪器有限公司;TDL-60B型低速台式离心机,上海安亭科学仪器厂;血球计数板,上海安信光学仪器制造有限公司;数显恒温水浴锅,常州奥华仪器有限公司;XSP-4C双目型生物显微镜,上海蔡康光学仪器有限公司;可调节高速匀浆机和快速混匀器(SZ-1),常州普天仪器制造有限公司金坛市晶玻璃实验仪器厂;超氧化物歧化酶(SOD)测定试剂盒,南京建成生物工程研究所。

辐射条件:^{60}Coγ辐射源,由西南科技大学国防学院提供,源皮距15 cm,剂量率为0.21 Gy/min。

1.4 试验方法

辐照试验开始后,除空白对照组外,对辐射对照组和低、中、高剂量饮料试验组按0.21 Gy/min的辐射剂量每天辐射24 h,然后于辐射0,3,14 d对第1批小鼠进行断尾取血,测定小鼠外周血白细胞含量;于辐射后第14天处死第2批小鼠,取肝脏测定SOD活性;于辐射后第18天取第3批小鼠眼球采血,测定血清溶血素值。按卫生部《保健食品检验与评价技术规范》(2003年版)[12]要求,分别对小鼠进行外周血白细胞计数及SOD活性、血清溶血素值的测定。

1.5 试验数据的统计与分析

采用SPSS Statistics 17.0软件对试验数据进行单因素方差分析,两两比较采用LSD法,数据以"平均数±标准误($\bar{x}\pm s$)"表示。

2 结果与分析

2.1 含银耳多糖猕猴桃功能饮料对辐照小鼠外周血白细胞计数的影响

自由基学说是辐射损伤的基础理论,机体受辐照后会产生大量自由基,引发脂质过氧化,进而对机体各器官和组织造成损伤[10]。骨髓是对辐射高度敏感的组织,而外周血白细胞总数是反映骨髓损伤的重要指标。^{60}Coγ辐射对不同处理组小鼠外周血白细胞计数的影响结果见表1。

表1 含银耳多糖的猕猴桃功能饮料对辐照小鼠外周血白细胞计数的影响($\bar{x}\pm s$,n=10)

Table 1 Effect of kiwi functional beverage containing tremella polysaccharide on number of white blood cells in mice($\bar{x}\pm s$,n=10) $\times10^9$/L

饮料剂量/(mL·kg^{-1}) Dose	照射后时间/d Time after irradiation		
	0	3	14
0(CK_1)	13.04±2.81	13.24±1.75	13.66±2.02
0(CK_2)	13.20±1.69	4.72±1.73**	5.04±1.39
20.00	13.18±1.44	5.58±1.15	6.26±3.63
40.00	13.38±1.68	6.28±2.40	9.20±1.93##
80.00	13.24±1.53	7.62±2.36#	11.02±1.08##

注:**表示与辐射前辐射对照组相比差异极显著($P<0.01$);#表示与辐射对照组相比差异显著($P<0.05$);##表示与辐射对照组相比差异极显著($P<0.01$)。下表同。

Note: ** means extremely significant difference compared to radiation control before radiation $P<0.01$; # means significant difference compared with radiation control ($P<0.05$); ## means extremely significant difference compared with radiation control ($P<0.01$). The same below.

由表1可知,辐照前各剂量组小鼠外周血白细胞总数与各对照组无显著差异($P>0.05$);辐射后3 d,辐射对照组(CK_2)小鼠的白细胞数与辐射前相比极显著降低($P<0.01$),可判定辐射损伤模型成立;辐照后14 d,40.00和80.00 mL/kg中、高剂量饮料试验组小鼠白细胞总数与辐射对照组相比极显著增加($P<0.01$),而与辐照前相比无明显差异,表明含银耳多糖的猕猴桃功能饮料能增加小鼠外周血白细胞总数。由此可见,40.00和80.00 mL/kg中、高剂量饮料试验组小鼠照射后14 d外周血白细胞计数即明显高于辐射对照组,且差异达极显著水平,可判定为阳性。本试验结果与徐文清等[13]、曹建国[14]的研究结果一致,说明含银耳多糖的猕猴桃功能饮料具有提高血液白细胞的作用。

2.2　含银耳多糖的猕猴桃功能饮料对辐照小鼠 SOD 活性的影响

肝脏中的 SOD 活性降低是一次性全身 γ 射线照射引起的辐射损伤的表现之一，在一定范围内，照射剂量与肝脏中的 SOD 活性成反比，恢复时间与 SOD 活性成正比，肝脏中的 SOD 活性可反映机体氧化还原系统受损的状况[12]。表 2 为辐射后第 14 天试验所得数据，由表 2 可知，与辐射对照组（CK_2）相比，40.00 和 80.00 mL/kg 中、高剂量饮料试验组小鼠肝脏 SOD 活性极显著升高（$P<0.01$），表明灌胃 40.00，80.00 mL/kg 含银耳多糖的猕猴桃功能饮料能有效增强肝脏的 SOD 活性，且差异均达极显著水平，可判定为阳性。该结果与李燕等[15]的研究结果相同，均表明含银耳多糖的猕猴桃功能饮料具有增强小鼠组织 SOD 活性的作用。

表 2　含银耳多糖的猕猴桃功能饮料对辐照小鼠肝脏超氧化物歧化酶（SOD）活性的影响（$\bar{x}\pm s$，$n=10$）

Table 2　Effect of kiwi functional beverage containing tremella polysaccharide on activity of SOD of mice（$\bar{x}\pm s$，$n=10$）

饮料剂量/（mL·kg^{-1}）Dose	SOD 活性/（U·mg^{-1}）Activity of SOD	饮料剂量/（mL·kg^{-1}）Dose	SOD 活性/（U·mg^{-1}）Activity of SOD	饮料剂量/（mL·kg^{-1}）Dose	SOD 活性/（U·mg^{-1}）Activity of SOD
0（CK_1）	1 339.87±76.68	20.00	1 097.87±71.71	80.00	1 309.54±51.54##
0（CK_2）	1 064.52±47.51	40.00	1 188.56±60.04##		

2.3　含银耳多糖的猕猴桃功能饮料对辐照小鼠血清溶血素值的影响

免疫系统是机体对辐射损伤较敏感的组织之一，血清溶血素值可以反映体液免疫系统的受损状况。在一定范围内，照射剂量与血清溶血素值成反比，恢复时间与血清中溶血素值成正比。表 3 为辐射后第 18 天试验所得数据，由表 3 可知，与辐照对照组（CK_2）相比，40.00 和 80.00 mL/kg 中、高剂量饮料试验组小鼠血清溶血素值极显著升高（$P<0.01$），可判定为阳性。该结果表明，含银耳多糖的猕猴桃功能饮料能增加小鼠的血清溶血素值。本试验结果与陈飞飞等[16]的研究结果一致，证实含银耳多糖的猕猴桃功能饮料可使小鼠溶血素生成量增加。

表 3　含银耳多糖的猕猴桃功能饮料对辐照小鼠血清溶血素含量的影响（$\bar{x}\pm s$，$n=10$）

Table 3　Effect of kiwi functional beverage containing tremella polysaccharide on level of hemolysin in mice（$\bar{x}\pm s$，$n=10$）

饮料剂量/（mL·kg^{-1}）Dose	血清溶血素（抗体积数）Serum hemolysin	饮料剂量/（mL·kg^{-1}）Dose	血清溶血素（抗体积数）Serum hemolysin	饮料剂量/（mL·kg^{-1}）Dose	血清溶血素（抗体积数）Serum hemolysin
0（CK_1）	178.81±10.53	20.00	80.86±15.89	80.00	106.28±13.56##
0（CK_2）	61.40±13.49	40.00	89.67±17.95##		

3　结　论

根据中华人民共和国卫生部颁布的《保健食品检验与评价技术规范》（2003 年版），在外周血白细胞计数试验、骨髓细胞 DNA 含量或骨髓有核细胞数试验、小鼠骨髓细胞微核试验、血/组织中超氧化物歧化酶活性试验、血清溶血素分析试验中，任何两项试验结果为阳性，可判定该受试样品对辐射危害具有辅助保护作用[12]。本试验中，与辐射对照组相比，辐照后的高剂量饮料试验组小鼠外周血白细胞数于辐照后第 3 天即表现出显著差异，第 14 天时中、高剂量饮料试验组外周血白细胞数与辐射对照组相比差异极显著；第 14 天时中、高剂量饮料试验组小鼠肝脏中超氧化物歧化酶（SOD）活性及第 18 天时血清溶血素值也均极显著高于辐射对照组。以上结果表明，含银耳多糖的猕猴桃饮料能显著增加小鼠外周血白细胞数、增强肝脏超氧化物歧化酶（SOD）活性、提高小鼠血清溶血素值，由此可以判定含银耳多糖的猕猴桃功能饮料对辐射危害具有辅助保护功能。

［参考文献］

［1］　李家明，李　丰. 抗辐射药氨磷汀合成工艺的研究［J］. 安徽化工，2000(2)：17-18.
Li J M，Li F. Radiation medicine phosphorus ammonia synthesis process of statins［J］. Anhui Chemical Industry，2000(2)：17-18.（in Chinese）

［2］　陈志强，舒　融，骆传环. 木耳多糖的制备及辐射防护作用实验研究［J］. 中华放射医学与防护杂志，2001，21(1)：46-47.
Chen Z Q，Shu R，Luo C H. Experimental study on preparation and radiation protection effect fungus polysaccharides［J］. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection，2001，21(1)：46-47.（in Chinese）

［3］　王艳丽，熊国林. 螺旋藻多糖的药理作用研究［J］. 生物技术通报，1999，15(5)：26-29.
Wang Y L，Xiong G L. Study on the pharmacologic functions of the polysaccharide of spirulina maxima［J］. Biotechnology Bulletin，1999，15(5)：26-29.（in Chinese）

［4］　王　华，曹　婧，翟丽娟，等. 猕猴桃果肉提取物抗氧化活性研

究[J].华北农学报,2013,28(2):144-149.
Wang H,Cao J,Zhai L J,et al. Investigation on the anti-oxidative activity of kiwifruits pulp extracts [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica,2013,28(2):144-149.(in Chinese)

[5] 曹兴亚,张菊明.猕猴桃果汁降血脂作用初步观察[J].中西医结合杂志,1991,11(8):493-495.
Cao X Y,Zhang J M. Preliminary lipid-lowering effects observed kiwi juice [J]. Chinese Journal of Integrated Traditional and Western Medicine,1991,11(8):493-495.(in Chinese)

[6] 何素琴,曹兴亚.猕猴桃果汁降血脂作用的动物试验[J].川北医学院学报,1999,14(3):20-24.
He S Q,Cao X Y. Kiwi juice lipid-lowering effect of animal experiments [J]. Journal of North Sichuan Medical College,1999,14(3):20-24.(in Chinese)

[7] 宋圃菊,Tannenbaums R.中华猕猴桃的防癌作用:中华猕猴桃汁阻断N-亚硝基吗啉合成[J].营养学报,1984(6):109-112.
Song P J,Tannenbaums R. The effects of *Actinidia chinensis* Planch in the prevention of cancer:The blocking effect of fruit juice on the Nitrosation of Morpholine-nitrite [J]. Acta Nutrimenta Sinica,1984(6):109-112.(in Chinese)

[8] 李加兴,陈双平,秦 轶,等.猕猴桃果汁保健功能研究[J].食品工业科技,2006(6):162-165.
Li J X,Chen S P,Qin Y,et al. The health function research of kiwi juice [J]. Science and Technology of Food Industry,2006(6):162-165.(in Chinese)

[9] 韩 英,徐文清,杨福军,等.银耳多糖的抗肿瘤作用及其机制[J].医药导报,2011,30(7):849-852.
Han Y,Xu W Q,Yang F J,et al. Tumor-inhibitory effect and mechanism of polysaccharide from *Tremella fuciformis* in mice [J]. Herald of Medicine,2011,30(7):849-852.(in Chinese)

[10] 崔蕊静,李凤英,李春华.银耳多糖的提取及其在饮料中的应用[J].中国食用菌,2003,23(2):39-41.
Cui R J,Li F Y,Li C H. Extraction of polysaccharides from *Tremella fuciformis* berk and the application in soft drink [J]. Edible Fungi of China,2003,23(2):39-41.(in Chinese)

[11] 严 成,单煜芝.猕猴桃饮料及其制备方法:中国,ZL2011103-6147.1[P].2011-11-15.
Yan C,Shan Y Z. Kiwi fruit beverage and its preparation method:China,ZL20111036147.1 [P]. 2011-11-15.(in Chinese)

[12] 中华人民共和国卫生部.保健食品检验与评价技术规范(2003年版)[S].北京:清华同方电子出版社,2003:97-101.
Ministry of Health,PRC. Technical standards for testing & assessment of health food(2003) [S]. Beijing: Publishing House of Tsinghua Tongfang Electronics,2003:97-101.(in Chinese)

[13] 徐文清,沈 秀,周则卫,等.银耳多糖对放射和化学损伤小鼠造血功能的保护作用[J].中草药,2006,37(7):1057-1058.
Xu W Q,Shen X,Zhou Z W,et al. Tremella polysaccharide on radiation and chemical damage the protective effects of hematopoietic function in mice [J]. Chinese Herbal Medicines,2006,37(7):1057-1058.(in Chinese)

[14] 曹建国.中药有效成分升高白细胞研究进展[J].江西中医学院学报,1997,9(3):45-46.
Cao J G. Chinese medicine effective component elevated white blood cell is reviewed [J]. Journal of Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine,1997,9(3):45-46.(in Chinese)

[15] 李 燕,蔡东联,胡同杰,等.银耳多糖对实验性衰老小鼠的保护作用[J].第二军医大学学报,2004,25(10):1104-1107.
Li Y,Cai D L,Hu T J,et al. Protective effect of tremella polysaccharides on experimental aging mouse model [J]. Academic Journal of Second Military Medical University,2004,25(10):1104-1107.(in Chinese)

[16] 陈飞飞,蔡东联.银耳多糖的主要生物学效用研究进展[J].中西医结合学报,2008,6(8):862-866.
Chen F F,Cai D L. Research advances in primary biological effects of tremella polysaccharides [J]. Journal of Chinese Integrative Medicine,2008,6(8):862-866.(in Chinese)