

专题研究专栏

编者按:载人航天工程是关系国家安全和体现国家综合实力的重大战略工程。保障航天员在太空健康生活和高效工作是载人航天工程的核心内容之一,然而航天特因环境(失重、狭小活动空间、辐射、昼夜节律改变等)会给航天员身心健康造成不良影响,科学合理的营养保障是其身心健康的基础。随着我国空间站工程的实施,超过180天的长期航天飞行对航天员身心健康的影响就会更加凸显。本期两篇文章分别从辐射和铁过载对机体的影响出发,开展了天然抗氧化剂的功能作用研究,这将为航天功能食品的研制提供重要参考。(主持人:陈斌研究员)

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2015.01.004

文章编号:2095-6002(2015)01-0018-07

引用格式:韩晓龙,宋锦萍,朱德兵,等.黑番茄冻干粉对小鼠辐射防护作用的研究[J].食品科学技术学报,2015,33(1):18-24.



HAN Xiaolong, SONG Jinping, ZHU Debing, et al. Radioprotective effects of black tomato powder in mice after whole body irradiation[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015,33(1):18-24.

黑番茄冻干粉对小鼠辐射防护作用的研究

韩晓龙¹, 宋锦萍², 朱德兵¹, 李红毅¹, 黄贱英¹

- (1. 中国航天员科研训练中心 航天营养与食品工程重点实验室, 北京 100094;
2. 中国航天员科研训练中心 航天医学基础与应用国家重点实验室, 北京 100094)

摘要:对黑番茄冻干粉的辐射防护作用进行探讨,同时对于其调控机制进行研究。⁶⁰Co γ 射线对ICR小鼠进行一次性全身照射5 Gy,黑番茄冻干粉1.5,3.0,4.5 g/(kg·d)⁻¹干预14 d。对于胸腺指数、脾脏指数、WBC、骨髓有核细胞计数、脾淋巴细胞、细胞因子水平和I- κ B和NF- κ B表达情况进行测定。4.5 g/kg组胸腺指数有明显升高($P < 0.05$)。3.0 g/kg组的骨髓有核细胞数与辐射对照组相比具显著性升高($P < 0.05$),1.5 g/kg组的脾淋巴细胞转化与辐射对照组相比,有显著差异($P < 0.01$)。4.5 g/kg组能够减缓辐射诱导的血清IL-1 α 和IL-10的增高趋势($P < 0.05$)。肝脏MDA水平在辐照后表现出明显的升高($P < 0.05$),4.5 g/kg组,肝脏和血清GSH-Px水平均有显著的增高($P < 0.05$)。3.0 g/kg组与辐射对照组相比表现出明显的增高。而其他两组并没有表现出显著的变化($P > 0.05$)。黑番茄冻干粉有一定的辐射防护功效,其机制可能通过对于NF- κ B与I- κ B两个基因表达情况的调节,进而对于炎症因子的分泌和免疫器官产生调节作用。

关键词:黑番茄冻干粉;辐射防护;I- κ B;NF- κ B

中图分类号:TS235.4;TS255.5;R151.3

文献标志码:A

辐射作用于人体或其他生物体时,通过电离作用使受照细胞被杀死或发生变异,导致各种健康危害,包括造血器官损伤、白内障、癌症、辐射遗传效应等^[1]。辐射主要通过以下方式发挥效应:辐射直接

作用于DNA、蛋白质和脂类,引起分子变性和细胞结构变性;作用于机体内水分子,使其电离激发,产生大量自由基^[2],间接使组织细胞变性、坏死,最终引起免疫、造血、神经和内分泌系统的损害^[3]。特

收稿日期:2014-12-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30471225);国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD27B09;2006BAD04A12);国家“863”计划项目(2007AA10Z320)。

作者简介:韩晓龙,男,助理研究员,博士,主要从事航天营养与生活保障方面的研究。

别是在肿瘤的放射治疗中,这种伤害更为严重^[4]。

免疫器官是生物体放射敏感的靶器官之一。免疫器官对辐射的反应,表现为免疫细胞数量减少、抗体形成抑制和细胞因子网络调节失常,最终导致免疫功能障碍,继而引起一系列并发症。

黑番茄原产自南美洲,因其果色黑红而得名,营养价值高,特别适合鲜食,还含有大量的茄红素及抗氧化剂。其番茄红素(28.04 mg/kg),花青素(89.71 mg/kg),维生素C(27.94 mg/g),维生素E(218.6 mg/g)质量比均比普通的番茄要高^[5]。

本实验拟通过评价黑番茄冻干粉对小鼠的辐射防护作用进行探讨,同时对于保护作用的调控机制进行研究。

1 材料与方法

1.1 实验动物与分组

6~8周ICR小鼠,体重18~22 g,共50只,均分为5组,每组10只。分别为:A,正常对照组;B,辐射对照组;C,辐射+黑番茄低剂量组(1.5 g/(kg·d)⁻¹);D,辐射+黑番茄中剂量组(3.0 g/(kg·d)⁻¹);E,辐射+黑番茄高剂量组(4.5 g/(kg·d)⁻¹)。黑番茄冻干粉购自甘肃大漠紫光生物科技有限公司,水溶后每天灌胃一次,正常对照组灌胃蒸馏水。

1.2 辐射种类与剂量

⁶⁰Co γ射线一次性全身照射5 Gy。除正常对照组,其他各组均进行辐射。照射前分别按分组设定剂量经口给予小鼠受试物14 d。

1.3 胸腺及脾脏称重及指数计算

拉颈处死小鼠,无菌取胸腺和脾脏,称量胸腺和脾脏质量,计算胸腺和脾脏指数;

胸腺指数 = 胸腺质量(mg)/体重(g);

脾脏指数 = 脾脏质量(mg)/体重(g)。

1.4 外周血白细胞(WBC)计数

血采至EDTA抗凝管中,利用CASY自动细胞计数仪进行外周血白细胞计数。

1.5 骨髓有核细胞计数

取一侧股骨,用2 mL生理盐水冲洗骨髓有核细胞至离心管中,裂解红细胞并稀释后,细胞计数仪计数,计算骨髓有核细胞总数。

1.6 脾淋巴细胞制备及培养

拉颈处死小鼠,无菌取脾,研磨过筛,制备脾淋

巴细胞悬液,离心去上清,加1 mL红细胞裂解液,吹散,室温放置2~3 min后,加培养基中止反应;用RPMI 1640培养液清洗细胞3次,进行计数,用RPMI 1640培养液悬浮细胞,调整细胞密度为 4×10^9 /L。

1.7 T淋巴细胞增殖的测定

取上述制备的小鼠脾淋巴细胞,加入96孔板,每样均分为对照组和刺激增殖组,刺激增殖组加ConA,终质量浓度为5 mg/L;每样加5个复孔,放至37℃、体积分数为0.05% CO₂培养箱中培养69 h。

CellTiter 96比色法测定T淋巴细胞增殖,加入CellTiter 96试剂,继续培养3 h,在酶标测定仪波长为492 nm处测定光密度(A)值。所得A值即表示淋巴细胞活性。

T淋巴细胞增殖(A) = 加ConA刺激孔A值 - 未加ConA对照孔A值。

1.8 血清中细胞因子水平的测定

基于微球技术的多参数检测技术(CBA)能够从单一样本中同时检测多种目的蛋白,操作简单,省时省力,样本需要量小,与以往的技术相比具有更高的灵敏度、更好的重复性和更宽的测量范围。由于本实验中可采集的小鼠血清量较少,用常用的检测方法(如ELISA法)最多能检测4~5种细胞因子,并不能够表现复杂的细胞因子免疫调节网络,故选用流式微球技术同时测定血清中细胞因子的水平。

采用流式微球矩阵(cytometric bead array, CBA)技术。使用Bender Medsystems试剂盒中的细胞因子标准品按照梯度法稀释成7种浓度加上空白对照管,制备细胞因子标准曲线。吸取待测血清25 μL置于待检管,同时加入25 μL捕获微球、50 μL Biotin结合抗体。室温避光孵育2 h后,洗2次,弃上清,加入50 μL PE。再室温避光孵育1 h后,洗2次,弃上清,加入300 μL洗液后,上流式细胞仪检测。使用BD CellQuest软件包收集数据。分别对IL-1α、IL-6和IL-10进行测定。

1.9 SOD、MDA和GSH-Px含量的测定

股动脉取血,用于检测血清SOD;取肝脏组织块制成体积分数为10%组织匀浆,离心机离心取上清液,冰箱冷藏,用于测定。血清和肝脏超氧化物歧化酶(SOD)、肝脏丙二醛(MDA)和肝脏谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)含量的测定依照试剂盒说明进行。

1.10 I-κB和NF-κB表达情况的测定

用TRIzol(invitrogen)提取总RNA,将匀浆样品

在 15 ~ 30 ℃ 放置 5 min。加入 0.2 mL 氯仿,盖好管盖,剧烈振荡 15 s,室温放置 3 min,离心取上清。等体积异丙醇沉淀 RNA,离心去上清,体积分数为 75% 酒精洗涤,风干后 DEPC 处理水溶解。RNA 含量的测定用 260 nm 吸光度 (A260),RNA 纯度用 260 nm 和 280 nm 吸光度的比值 (A260/A280) 来验证。其完整性使用琼脂糖凝胶电泳法进行验证。采用 ABI 7700 型 PCR 仪 (applied biosystems) 进行测定。先分别获得样本基因和参照基因 CT 的平均值即均值 CT,再按公 $Folds = 2^{-\Delta\Delta Ct}$ 计算各组的 Folds 值。

1.11 数据统计处理

数据均以平均值 ± 标准差表示,采用 SPSS 17.0 软件进行统计学处理和方差分析。

2 结果与分析

2.1 对胸腺指数与脾脏指数的影响

经 5 Gy ⁶⁰Co γ 射线照射后,除辐射 + 黑番茄高剂量组外,所有受辐射组小鼠胸腺指数与正常对照组相比均显著下降 ($P < 0.01$) (见表 1),4.5 g/kg 组与辐射对照组相比,胸腺指数有明显升高 ($P <$

0.05)。

表 1 对胸腺指数与脾脏指数的影响
Tab.1 Effect of black tomato powder on thymus and spleen indices of mice

	胸腺指数/(mg·g ⁻¹)	脾脏指数/(mg·g ⁻¹)
正常对照	3.619 ± 0.222 ^b	3.470 ± 0.409 ^b
辐射对照	2.121 ± 0.172 ^a	1.254 ± 0.194 ^a
1.5 g/kg	2.166 ± 0.259 ^a	1.319 ± 0.219 ^a
3.0 g/kg	2.324 ± 0.154 ^a	2.010 ± 0.247 ^{ab}
4.5 g/kg	2.936 ± 0.265 ^b	1.340 ± 0.267 ^a

a,与对照组比较, $P < 0.05$;b,与辐射对照组比较, $P < 0.05$

与之相似,经 5 Gy ⁶⁰Co γ 射线照射后,所有受辐射组小鼠脾脏指数与正常对照组相比均显著下降 ($P < 0.01$),3.0 g/kg 组与辐射对照组相比,脾脏指数有显著升高 ($P < 0.01$)。

2.2 对外周血 WBC 总数、骨髓有核细胞数和脾淋巴细胞转化的影响

经 5 Gy ⁶⁰Co γ 射线照射后,所有受辐射组小鼠外周血 WBC 总数、骨髓有核细胞数和脾淋巴细胞转化与正常对照组相比均显著下降 ($P < 0.01$),见表 2。

表 2 各组小鼠外周血 WBC 总数、骨髓有核细胞数和脾淋巴细胞转化的变化
Tab.2 Proliferation of splenocytes in mouse orally administered black tomato powder

	WBC (×10 ⁹ /mL)	骨髓有核细胞数(×10 ⁶)	脾淋巴细胞转化指数
正常对照	5.34 ± 2.22	15.92 ± 5.35	0.312 ± 0.04
辐射对照	0.66 ± 0.33 ^a	4.93 ± 3.19 ^a	0.052 ± 0.039 ^a
1.5 g/kg	0.82 ± 0.32 ^a	5.12 ± 4.60 ^a	0.066 ± 0.033 ^a
3.0 g/kg	1.72 ± 0.38 ^{ab}	9.18 ± 3.17 ^{ab}	0.120 ± 0.065 ^{ab}
4.5 g/kg	0.75 ± 0.15 ^a	6.46 ± 2.56 ^a	0.083 ± 0.037 ^a

a,与对照组比较, $P < 0.05$;b,与辐射对照组比较, $P < 0.05$

黑番茄冻干粉对辐射后小鼠上述 3 个指标均有一定提升作用,以下两组具统计学意义;3.0 g/kg 组的骨髓有核细胞数与辐射对照组相比具显著性升高 ($P < 0.05$)。

2.3 血清中细胞因子水平的测定结果

血清中细胞因子水平的测定结果如图 1。从结果来看,在进行辐照后,小鼠的血清 IL-1α、IL-6 和 IL-10 水平有显著的升高。在本实验中,黑番茄 4.5 g/kg 组能够减缓辐射诱导的血清 IL-1α 和 IL-10 的增高趋势 ($P < 0.05$)。

2.4 SOD、MDA 和 GSH-Px 水平的测定结果

肝脏 GSH-Px 水平在辐照后表现出明显的降低趋势 ($P < 0.05$),在 3.0 g/kg 和 4.5 g/kg 组 GSH-Px 水平表现出明显的增高趋势 ($P < 0.05$),但是与正常对照组相比仍然较低 ($P > 0.05$)。肝脏 MDA 水平在辐照后表现出明显的升高 ($P < 0.05$),在 3.0 g/kg 和 4.5 g/kg 组 MDA 水平表现出明显的降低趋势 ($P < 0.05$)。在辐射后血清和肝脏 SOD 的水平都有明显的降低 ($P < 0.05$),3.0 g/kg 和 4.5 g/kg 组肝脏 SOD 水平有明显的升高 ($P < 0.05$),血清

SOD 水平在 4.5 g/kg 组有显著的升高 ($P < 0.05$), 见图 2。

2.5 I-κB 和 NF-κB 表达情况的测定结果

对于 I-κB 和 NF-κB 表达情况而言,NF-κB 的水平在 3.0 g/kg 和 4.5 g/kg 组都有明显降低($P < 0.05$),

而辐射对照组表现出显著的增高($P < 0.05$)。对于 I-κB 而言辐照对照组表现出显著的降低 ($P < 0.05$),而 3.0 g/kg 组与辐射对照组相比表现出明显的增高(见图 3)。而其他两组并没有表现出显著的变化($P > 0.05$)。

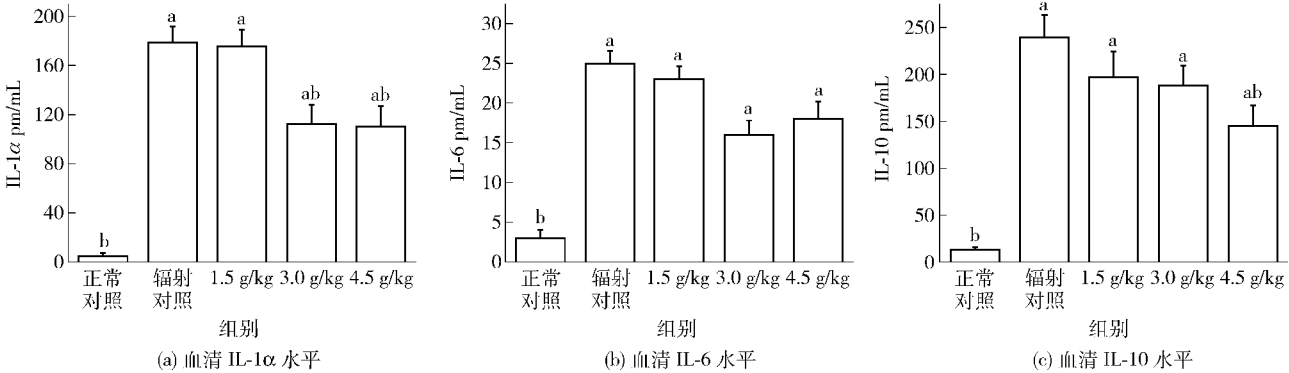


图 1 血清中细胞因子水平的测定结果
Fig.1 Serum cytokine secretion

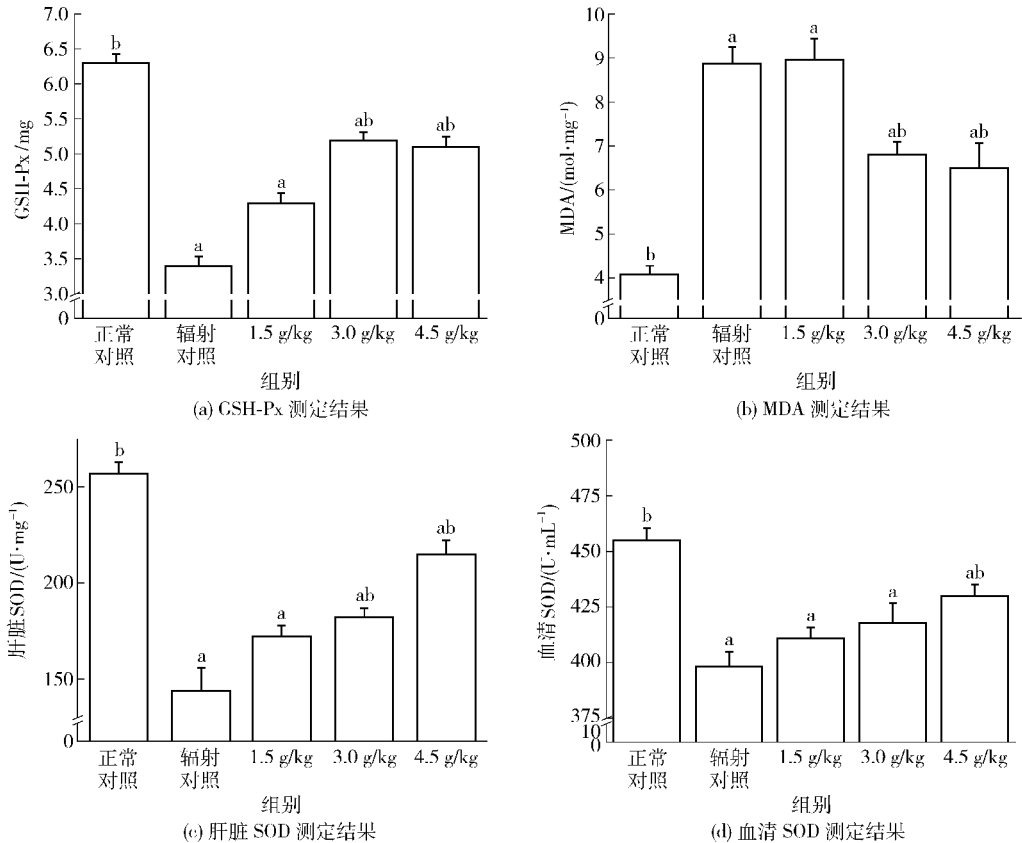


图 2 SOD、MDA 和 GSH-Px 含量的测定结果
Fig.2 Measurement of SOD, MDA and GSH-Px

3 结 论

造血组织和免疫组织是对辐射高度敏感的组

织,造血功能障碍和免疫功能下降是辐射损伤的最早和主要表现 [6-7], 本研究表明,小鼠受到 5 Gy ⁶⁰Co γ 射线照射后,胸腺指数、脾脏指数均显著下降,

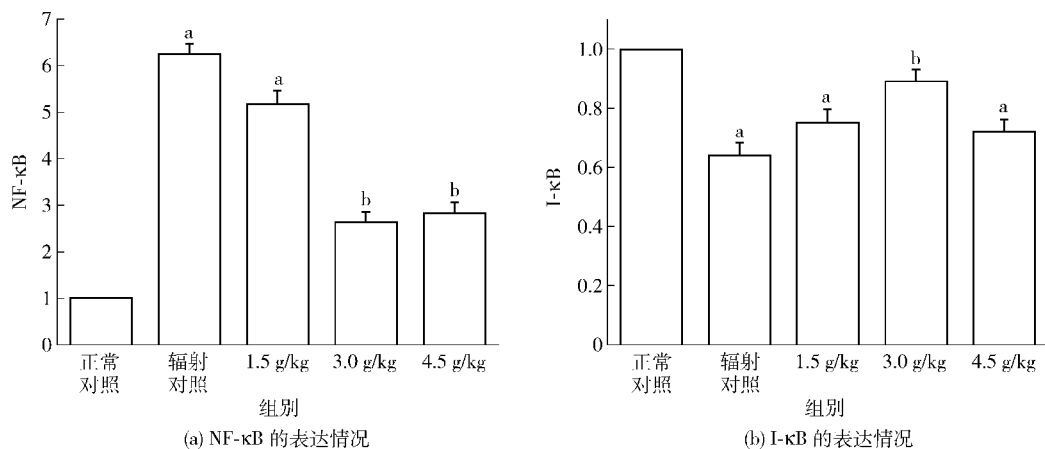


图3 I-κB 和 NF-κB 表达情况的测定结果

Fig. 3 mRNA levels of NF-κB p65 subunit and I-κB

表现出明显的辐射损伤效应^[8-9]。在进行黑番茄冻干粉干预后,4.5 g/kg 组与辐射对照组相比,胸腺指数有明显升高,3.0 g/kg 组与辐射对照组相比,脾脏指数有显著升高。以上结果说明黑番茄冻干粉可能具有一定的保护作用,主要的免疫器官得到了一定程度的保护。

辐射作用于机体后,出现形态变化最早的就是造血、血液系统,辐射对血液和骨髓造血系统的影响是放射生物学研究的一个十分重要的领域^[10-11]。造血系统损伤程度直接关系到辐射剂量的估算及辐射损伤的估算、治疗和预后。造血干细胞是产生各种血细胞的最原始的细胞,是维持机体正常造血、保障造血损伤后重建造血的关键细胞。由于造血干细胞对辐射具有很高的敏感性,受照后造血干细胞急剧减少,使外周血中成熟血细胞来源匮乏,故外周血中白细胞数会降低^[3-4]。本研究结果表明:黑番茄冻干粉对 5 Gy ⁶⁰Co γ 射线照射后引起的外周白细胞总数、骨髓有核细胞数和脾淋巴细胞转化下降均有明显保护作用,表明黑番茄冻干粉对于造血系统具有较为明显的保护作用。

本研究结果表明,3.0, 4.5 g/(kg·d)⁻¹ 连续 14 d 口服黑番茄冻干粉对 5 Gy ⁶⁰Co γ 射线照射后引起的胸腺指数、脾脏指数、外周白细胞总数、骨髓有核细胞数和脾淋巴细胞转化下降均有明显的提升作用,表明黑番茄冻干粉有一定的辐射防护作用。黑番茄富含花青素、番茄红素、VC、VE 等功能性成分,有明确的抗氧化和清除自由基作用,本实验选用的黑番茄冻干粉可能通过淬灭自由基,影响体内抗氧化酶系统等而发挥抗辐射活性。

自由基介导的间接损伤在电离辐射引发的生物

效应中占主要作用,约 80% 以上的电离辐射损伤均由自由基引起,其中羟自由基又是诱发损伤的主要自由基,由其介导的组织损伤约占 60% ~ 70%^[12]。如果在受照时或受照后能及时有效地清除自由基,便可以在很大程度上减轻电离辐射对机体的损伤作用^[2,12]。本研究结果表明:黑番茄冻干粉能够对 SOD 和 GSH-Px 进行调节,降低自由基对于机体造成的损伤。通过对于 MAD 水平的检测也从另外一个角度对以上结论进行了证明。

免疫细胞之间存在错综复杂的调节关系,细胞因子是传递这种调节信号必不可少的信息分子^[4]。细胞因子在辐射损伤过程中发挥保护作用的可能机制有:1)通过诱导线粒体酶的作用,降低辐射引起的过氧化损伤,如 IL1、TNF-α、IL-6;2)通过诱导 Bcl-2,降低细胞凋亡反应;3)诱导正常的 G0 期早期祖细胞进入细胞周期,到达相对辐射不敏感的 S 期晚期,如 IL-1、SCF;4)辐射后,造血细胞表面造血因子受体蛋白及基因表达水平升高;5)降低血管通透性,限制辐射后炎症反应所致的组织损伤^[13-14]。

IL-10 在辐射所致的免疫抑制中起着重要作用,它会在免疫应答及炎症反应时对免疫细胞活性产生抑制作用,并降低其表达的免疫分子产量,从而使免疫系统及个体水平保持平衡^[9]。IL-10 由激活的单核细胞、激活的 T 细胞、角质化细胞产生,可降低 APC 的共刺激功能以及抗原提呈细胞(antigen presenting cell, APC)分泌 IL-12,抑制细胞介导的免疫反应,导致外周耐受^[6,9]。用抗 IL-10 单抗可阻断辐射诱导的免疫抑制效应和致炎效应,上调主要组织相容性复合物(major histocompatibility complex, MHC),恢复 APC 功能,上调 IL-12,从而恢复机体免

疫功能,达到辐射防护的效果。IL-10 还能够通过改变抗原提呈及抑制 IFN- γ 的分泌影响 Th1 细胞的激活^[3, 9]。在本实验中,黑番茄 4.5 g/kg 组能够减缓辐射诱导的血清 IL-10 水平的升高趋势,从而抵抗 IL-10 的免疫抑制作用,从而对机体产生保护作用。大剂量化疗、放疗或感染,可使受体自身释放出许多炎性细胞因子如 TNF 和 IL-1 等,这些细胞因子主要引起组织相容性复合物和一些粘附分子的识别活性增加,造成输入的异体 T 细胞对供、受体间不同的识别能力增强^[6, 9]。因此我们还对血清中早期炎性反应细胞因子 IL-1 α 水平进行了测定,发现黑番茄 3 g/kg 组能够缓解辐射诱导的血清 IL-1 α 水平的升高,从而对于机体产生保护作用。

NF- κ B 是一个核内的转录因子,与其抑制蛋白 I- κ B 家族的成员结合并以复合物的形式存在于胞浆中。当被活化后,NF- κ B 与 I- κ B 解离,进入细胞核中,调节基因的表达。I- κ B 与 NF- κ B 是一条重要的信号途径,调控细胞内的炎症反应。实验结果显示 AD 大鼠组 I- κ B 表达量降低,NF- κ B 被活化表达增加,提示炎症反应的发生^[15-18]。黑番茄冻干粉作用后,表现为 I- κ B 表达量增加,NF- κ B 表达量降低,表明黑番茄冻干粉可以抑制 I- κ B—NF- κ B 这条信号通路,抑制由辐射所造成的炎症反应,起到了对机体和组织的作用。

综上所述,黑番茄冻干粉有一定的辐射防护功效,其机制可能通过对于 NF- κ B 与 I- κ B 两个基因表达情况的调节,进而对于炎性因子的分泌和免疫器官产生调节作用。

参考文献:

- [1] Perez C A, Mutic S. Advances and future of radiation oncology[J]. Rep Pract Oncol Radiother, 2013, 18(6): 329-332.
- [2] Riley P A. Free radicals in biology: oxidative stress and the effects of ionizing radiation[J]. International Journal of Radiation Biology, 1994, 65(1): 27-33.
- [3] Kulkarni S, Ghosh S P, Hauer-Jensen M, et al. Hematological targets of radiation damage[J]. Curr Drug Targets, 2010, 11(11): 1375-1385.
- [4] Harrington N P, Chambers K A, Ross W M, et al. Radiation damage and immune suppression in splenic mononuclear cell populations[J]. Clinical and Experimental Immunology, 1997, 107(2): 417-424.
- [5] Hao Qin, Tian Kailiang, Yu Changqing. Analysis on black tomato and its processing technology[J]. Cereal and Food Industry, 2012, 19(5): 35-38.
- [6] Peter W. Understanding immunology[M]. 2nd ed. Harlow: Pearson Prentice Hall, 2006.
- [7] Batista F D, Harwood N E. The who, how and where of antigen presentation to B cells[J]. Nat Rev Immunol, 2009, 9(1): 15-27.
- [8] Guckenberger M, Pohl F, Baier K, et al. Adverse effect of a distended rectum in intensity-modulated radiotherapy (IMRT) treatment planning of prostate cancer[J]. Radiotherapy and Oncology, 2006, 79(1): 59-64.
- [9] Janeway C. Immunobiology[M]. 6th ed. New York: Series Garland Science, 2005: 25-29.
- [10] Moroni M, Elliott T B, Deutz N E, et al. Accelerated hematopoietic syndrome after radiation doses bridging hematopoietic (H-ARS) and gastrointestinal (GI-ARS) acute radiation syndrome: early hematological changes and systemic inflammatory response syndrome in minipig[J]. International Journal of Radiation Biology, 2014, 90(5): 363.
- [11] Plett P A, Parker J, Macvittie T J, et al. Establishing a murine model of the hematopoietic syndrome of the acute radiation syndrome[J]. Health Physics, 2012, 103(4): 343-355.
- [12] Greenstock C L. Radiation and aging: free radical damage, biological response and possible antioxidant intervention[J]. Medical Hypotheses, 1993, 41(5): 473-482.
- [13] Neta R. Modulation of radiation damage by cytokines[J]. Stem Cells, 1997, 15(S2): 87-94.
- [14] Neta R. Modulation with cytokines of radiation injury: suggested mechanisms of action[J]. Environmental Health Perspectives, 1997, 105(S6): 1463-1465.
- [15] Hoesel B, Schmid J A. The complexity of NF-kappaB signaling in inflammation and cancer[J]. Mol Cancer, 2013(12): 86.
- [16] Napetschnig J, Wu H. Molecular basis of NF-kappaB signaling[J]. Annu Rev Biophys, 2013, 42: 443-468.
- [17] Oh H, Ghosh S. NF-kappaB: roles and regulation in different CD4(+) T-cell subsets[J]. Immunological Reviews, 2013, 252(1): 41-51.
- [18] Siomek A. NF-kappaB signaling pathway and free radical impact[J]. Acta Biochimica Polonica, 2012, 59(3): 323-331.

Radioprotective Effects of Black Tomato Powder in Mice After Whole Body Irradiation

HAN Xiaolong¹, SONG Jinping², ZHU Debing¹, LI Hongyi¹, HUANG Jianying¹

(1. Key Laboratory of Space Nutrition and Food Engineering, China Astronaut Research and Training Center, Beijing 100094, China;

2. State Key Laboratory of Space Medicine Fundamentals and Application, China Astronaut Research and Training Center, Beijing 100094, China)

Abstract: The radioprotective effects and molecular mechanisms of black tomato powder (BTP) in mice were investigated in this study. ICR mice irradiated by 5 Gy ⁶⁰Co γ were treated with BTP (1.5, 3.0, and 4.5 g/kg body weight). After 14 days' treatment, thymus and spleen indices, white blood cells' number (WBC), bone marrow cells' number, spleen lymphocytes, cytokine levels, NF- κ B, and I- κ B were investigated. The results revealed that the thymus index was significantly ($P < 0.05$) higher in mice treated by 4.5 g/kg BTP while mice in the 3.0 g/kg BTP treatment group had the significantly ($P < 0.05$) higher bone marrow cells' number compared with the irradiation (IR) control group. Compared with the IR control group, the spleen lymphocytes in the 1.5 g/kg BTP treatment group were significantly ($P < 0.01$) different. The 4.5 g/kg BTP treatment also inhibited the increasing of IL-1 α and IL-10. Moreover, the 3.0 g/kg and 4.5 g/kg BTP treatment decreased the hepatic MDA contents and increased the hepatic GSH-Px and SOD contents. Meanwhile, the 4.5 g/kg BTP treatment could also increase the serum SOD content. The radioprotective effects of BTP might be due to the modulation of the expression of NF- κ B and I- κ B, which could further modulate the proinflammatory cytokines release and immune responses.

Key words: black tomato powder; radioprotective effects; I- κ B; NF- κ B

(责任编辑:檀彩莲)

(上接第 17 页)

Quality and Safety Issues and Control Technique of Edible Sesame Oil

WANG Xuede, JU Yang, MA Suhuan, GAO Jinhong, ZHAO Yanru, REN Yong, LIU Shuai
(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Sesame oil is edible oil with rich nutrients. The varieties of production processes lead to discrepancies in product qualities and the lose of nutrients. Moreover, there were contradictory problems between dietary habits and product qualities of sesame oil. The management of the market was passive due to the timeliness and deviation of the detection technology. Building up the standards of the production process and product qualities was the effective method to solve the problems.

Key words: sesame oil; quality; detection technology

(责任编辑:李 宁)