

姜辣素对⁶⁰Co γ射线照射小鼠造血和抗氧化损伤的治疗作用研究

耿艳艳 谢振飞 周羽 曾宪垠

(四川农业大学生命理学院原子能农业应用研究室,四川雅安 625014)

摘要:研究了姜辣素对⁶⁰Co γ射线损伤小鼠造血和抗氧化功能的治疗作用。18只雌性健康昆明小鼠被随机分为3组,每组6只,分别为对照组、照射组、照射给药组。对照组不照射,连续灌胃5d蒸馏水;照射组和照射给药组分别用3Gy ⁶⁰Co γ射线进行照射,并分别在照射后30min内灌胃蒸馏水和姜辣素,连续5d。末次灌胃后48h内测定所有小鼠血液中白细胞(WBC)和红细胞(RBC)数量、脏器指数、肝脏超氧化物歧化酶(SOD)活性、总抗氧化能力(T-AOC)、丙二醛(MDA)含量及骨髓嗜多染红细胞微核(MN)数目。与对照组相比,照射组脾脏指数、WBC极显著降低($P < 0.01$),肝脏MDA含量、骨髓MN数目极显著升高($P < 0.01$);与照射组相比,照射给药组脾脏指数、T-AOC、SOD活性极显著升高($P < 0.01$),肝脏指数、WBC、RBC含量也有所升高,MDA含量、MN数目极显著降低($P < 0.01$)。结果表明,姜辣素对⁶⁰Co γ射线照射造成的小鼠造血、抗氧化功能损伤具有治疗作用。

关键词:姜辣素;辐照损伤;治疗作用;抗氧化;造血系统

THERAPEUTIC EFFECTS OF GINGEROL ON HEMATOPOIETIC AND ANTIOXIDATIVE DAMAGE OF ⁶⁰Co γ-RAYS IRRADIATED MICE

GENG Yan-yan XIE Zhen-fei ZHOU Yu ZENG Xian-yin

(Isotope research Lab, College of Life science, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014)

Abstract: 18 female Kunming mice were chosen and randomly divided into three groups, and the therapeutic effects of gingerol on hemopoietic and antioxidative system in liver of ⁶⁰Co γ-rays irradiated mice were developed in this study. Control group was given distilled water intragastrically once a day for five days. Mice in the irradiated group and irradiated + gingerol group were both irradiated at 3Gy of ⁶⁰Co γ-rays and were given distilled water and gingerol intragastrically within 30min after irradiation respectively, once a day for five days. The mice were sacrificed and sampled in 48 hours after intragastric administration. Compared with control group, the relative spleen index and WBC numbers significantly decreased ($P < 0.01$), and MDA content and MN numbers in bone marrow increased ($P < 0.01$) in irradiated group. The irradiated + gingerol group showed significantly higher spleen index, T-AOC and SOD activities ($P < 0.01$), lower MDA contents and MN numbers ($P < 0.01$) compared with irradiated group. WBC and RBC numbers in irradiated + gingerol group were also higher than those in irradiated group. The results indicated that the gingerol has the therapeutic effects on hematopoietic and antioxidative damage of ⁶⁰Co γ-rays irradiated mice.

Key words: gingerol; irradiation damage; therapeutic effect; antioxidation; hematopoietic system

收稿日期:2011-06-09 接受日期:2011-12-02

基金项目:教育部“长江学者和创新团队发展计划”创新团队项目(IRT0848)

作者简介:耿艳艳(1986-),女,山东德州人,生物物理学硕士,研究方向为辐射生物学。E-mail: gengyan.0202@163.com

通讯作者:曾宪垠(1966-),男,江西瑞金人,博士生导师,主要研究方向为核技术在畜牧兽医上的应用。Tel: 0835-2886138; E-mail: xyzeng@sicau.edu.cn

随着放射性物质在工农业及医学领域的广泛应用,电离辐射已成为严重危害人体健康的因素之一,大剂量电离辐射会导致骨髓造血功能障碍、胃肠道损伤或脑损伤。目前,已有的抗辐射药物虽然疗效明显,但用药量大,且具有很强的副作用,如恶心、呕吐、头痛等^[1,2]。生姜(*Zingiber Officinale* Rosc)是重要的中草药和日用调味剂,具有抗菌消炎、解毒、保护胃粘膜、促消化、增强免疫、预防动脉硬化等多种药理作用^[3~7]。大量研究表明,在辐射前给试验动物喂食生姜提取物,对辐射引起的恶心呕吐、造血抑制、免疫减弱、抗氧化损伤等具有保护作用^[8~12],本课题组之前的研究也证实了生姜提取物(剂量 800mg/kg 体质量)具有良好的辐射保护作用^[13,14],在此基础上,本文进一步研究了该剂量的生姜提取物对辐射损伤的治疗作用。这一研究可为今后开发临床应用的辐射防治药物奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

雌性健康昆明小鼠购自四川大学华西医学动物中心;姜辣素购于西安小草植物科技有限责任公司,批号:XC100510;总蛋白测定试剂盒、丙二醛(MDA)试剂盒、超氧化物歧化酶(SOD)试剂盒、总抗氧化能力(T-AOC)试剂盒、姬姆萨染液均购于南京建成生物工程研究所;小牛血清购于甘肃兰州溶海公司;无水乙醇、甲醇、二甲苯、冰醋酸均为分析纯级试剂。

1.2 仪器与设备

CR22F 低温高速离心机(日本 Hitachi 公司);血球分析仪(Abaous junior 公司);可见光分光光度计(上海秦迈仪器公司);紫外分光光度计(上海秦迈仪器公司);501A 型超级数显恒温水浴锅(上海浦东荣丰科学仪器有限公司)。

1.3 辐照处理

辐照在四川省农业科学院生物技术与核技术研究所⁶⁰Co γ 射线辐射源中进行。

1.4 试验方法

1.4.1 试验动物的选择、分组及处理 选取 18 只雌性健康小鼠,体重质量 26~30g,6~8 周龄,随机分成 3 组,分别为对照组、照射组和照射给药组,每组 6 只,分笼饲养。对照组不照射,连续 5d 灌胃蒸馏水;照射组及照射给药组用 3Gy⁶⁰Co γ 射线(剂量率 1.2Gy/min)进行照射,照射距离为 0.8m,照射容器规格:长×宽×高(5cm×5cm×12cm)。

照射组在辐照后 30min 内灌胃蒸馏水,连续 5d;照射给药组在照射后 30min 内灌胃姜辣素(剂量 800mg/kg B. W.),连续 5d。所有小鼠末次灌胃后 48h 内内眦静脉采血以测定红细胞和白细胞数量;小鼠颈椎脱臼处死,取肝脏、脾脏、股骨待测,肝脏 -70℃ 冻存。

1.4.2 红细胞(RBC)和白细胞(WBC)数量测定 采用内眦静脉采血法采取约 0.2ml 的血样,通过血球分析仪检测红细胞和白细胞含量。

1.4.3 脏器指数测定 小鼠称重后颈椎脱臼处死,取肝脏、脾脏,去除器官上面粘附的组织,用灭菌生理盐水洗去血液,吸水纸吸干后分别称重,用于计算脏器指数。脏器指数(mg/g) = 脏器重量(mg)/动物体质量(g)。

1.4.4 骨髓嗜多染红细胞微核数测定 参考 Schmid W 的方法^[15],取一侧股骨,用注射器吸取 1ml 灭活小牛血清,插入骨髓,将骨髓冲出,离心弃上清,留少量液体按常规方法推片,干燥后甲醇固定 5min,自然晾干,吉姆萨染液染色,油镜下进行微核计数。每张推片计数 1000 个嗜多染红细胞(PCE),结果以 1000 个 PCE 中出现微核(MN)的个数表示。

1.4.5 肝脏 SOD、T-AOC、MDA 含量测定 制备肝组织匀浆,离心取上清,测定肝脏 SOD 活性、T-AOC 及 MDA 含量。蛋白含量采用双缩脲方法测定,SOD 活力采用黄嘌呤氧化酶法测定,T-AOC 采用 ABTS 法测定,MDA 含量采用硫代巴比妥酸法测定,具体方法和结果计算参照相应的试剂盒说明书。

1.5 数据处理

试验结果用平均值±标准差($\bar{x} \pm s, n=6$)表示,数据的统计学分析用 SPSS 18.0 软件中的 Duncan 法进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理组小鼠脏器指数的差异

从表 1 可以看出,与对照组相比,照射组小鼠脾脏指数极显著降低($P < 0.01$),肝脏指数有所降低;灌胃姜辣素后,相比照射组,照射给药组小鼠的脾脏指数显著升高($P < 0.01$),肝脏指数也有一定升高。表明姜辣素对辐照后器官功能的重建有较好的促进作用。

2.2 不同处理组小鼠外周血 RBC 和 WBC 的差异

从表 2 可以看出,与对照组相比,照射组 RBC 数量有所降低($P > 0.05$),WBC 数量极显著下降($P < 0.01$),说明射线可损伤骨髓的造血功能,使得外周血

中血细胞数量降低;灌胃姜辣素后,照射给药组 RBC 和 WBC 含量均有一定程度的提高,表明姜辣素可促进辐照后骨髓造血损伤的修复。

表 1 不同处理组小鼠的脏器指数

Table 1 The relative organ weight of mice in different groups

组别 group	脾指数 relative spleen weight (mg · g ⁻¹)	肝指数 relative liver weight (mg · g ⁻¹)
对照组 control group	5.05 ± 0.10	45.62 ± 2.27
照射组 irradiated group	2.05 ± 0.19**	44.26 ± 2.79
照射给药组 irradiated + gingerol group	3.56 ± 0.32**△△	47.05 ± 2.65

注: * 和 ** 分别表示其他组别与对照组相比,相关指标存在显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$) 差异; △ 和 △△ 分别表示与照射组相比,相关指标存在显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$) 差异。下表同。

Note: * and ** means there were difference (at 0.05 level) and significant difference (at 0.01 level) between index of control group and other groups, respectively; △ and △△ means there were difference (at 0.05 level) and significant difference (at 0.01 level) between index of irradiated group and other groups, respectively. The same as the following tables.

表 2 不同处理组小鼠外周血中 RBC 和 WBC 数量

Table 2 RBC and WBC numbers of mice in different groups

组别 group	RBC (× 10 ¹² · L ⁻¹)	WBC (× 10 ⁹ · L ⁻¹)
对照组 control group	10.09 ± 0.22	4.59 ± 0.48
照射组 irradiated group	9.48 ± 0.43	1.79 ± 0.50**
照射给药组 irradiated + gingerol group	9.95 ± 0.34	2.65 ± 0.74**

表 4 不同处理组小鼠肝脏 SOD、T-AOC 活性和 MDA 含量

Table 4 SOD、T-AOC activities and MDA contents in liver of mice in different groups

组别 group	SOD (U · mgprot ⁻¹)	T-AOC (U · mgprot ⁻¹)	MDA (nmol · mgprot ⁻¹)
对照组 control group	209.07 ± 13.22	0.99 ± 0.15	0.52 ± 0.05
照射组 irradiation group	186.00 ± 16.37*	1.00 ± 0.09	0.86 ± 0.14**
照射给药组 irradiated + gingerol group	218.81 ± 20.74 ^{△△}	1.21 ± 0.10 ^{**△△}	0.62 ± 0.08 ^{△△}

3 讨论

造血系统具有很高的辐照敏感性。骨髓是机体主要的造血组织,骨髓中的造血干细胞不仅可以不断自我复制为相同功能的同级细胞,还可以不断增殖分化

2.3 不同处理组小鼠骨髓微核数目的差异

从表 3 可以看出,与对照组相比,照射组小鼠骨髓中微核数目极显著增加 ($P < 0.01$),说明辐照引起的自由基使 DNA 分子遭到破坏,从而使微核数目增加;照射给药组骨髓中微核数目相比照射组极显著减少 ($P < 0.01$),而与对照组差异不显著,这表明姜辣素可保护机体 DNA 免受自由基的攻击,进而降低微核数目。

表 3 不同处理组小鼠骨髓微核数目

Table 3 MN numbers in the bone marrow of mice in different groups

组别 group	MN (%)
对照组 control group	2.67 ± 0.52
照射组 irradiation group	6.58 ± 1.20**
照射给药组 irradiated + gingerol group	3.50 ± 0.54 ^{△△}

2.4 不同处理组小鼠肝脏 SOD、T-AOC 活性和 MDA 含量的差异

从表 4 可以看出,照射组小鼠肝脏中 SOD 酶活性显著降低 ($P < 0.05$),表明辐照后机体抗氧化能力下降,而照射给药组小鼠的 SOD 活性和 T-AOC 能力极显著高于照射组 ($P < 0.01$),且 SOD 活性与对照组差异不显著,表明姜辣素可以保护抗氧化酶和还原性物质免受自由基的攻击,从而提高机体的抗氧化能力。照射组 MDA 含量极显著升高 ($P < 0.01$),说明 γ 射线辐照后,机体脂质过氧化程度明显升高;灌胃姜辣素后,照射给药组 MDA 水平与照射组相比极显著降低 ($P < 0.01$),且与对照组差异不显著,表明姜辣素可降低辐照机体的 MDA 含量,减轻脂质过氧化水平。

为特定系统的下级细胞^[16]。外周血中血细胞数量的多少可反映骨髓造血功能的强弱。照射后小鼠外周血中白细胞、红细胞数量降低,说明辐照后机体造血功能降低,这可能与辐照降低造血干细胞增殖能力、诱发细胞凋亡、减少骨髓细胞生成数量有关^[17]。给小鼠灌胃姜辣素可提高辐照小鼠的白细胞、红细胞数量,说明姜辣素对辐射引起的造血系统损伤具有一定的治疗作

用。脏器指数是药理学研究的一个重要试验观测指标,在一定程度上可反映器官功能的强弱。结合脏器指数的结果,可以看出辐照能够影响器官的正常功能,而姜辣素可促进辐照损伤器官功能的重建。通过本研究结果还可得出,白细胞相对红细胞具有较强的辐照敏感性,这有可能是因为各种血细胞寿命不同,因而辐照后的变化也不同,其中白细胞寿命短暂,辐照后数量急剧下降,而成熟红细胞寿命较长,在辐照早期无明显下降^[18]。

电离辐射照射机体后,射线可电离水分子,生成氧化性极强的自由基($\cdot\text{OH}$),并引发氧化级联反应,这种电离辐射引起的氧化应激可导致 DNA 等大分子物质出现不可修复的错配,诱发微核的形成^[19],形成的微核可进一步对细胞产生毒害作用。微核数目的多少可反映机体 DNA 的受损伤程度。本试验中,灌胃姜辣素可使辐照小鼠骨髓嗜多染红细胞微核数量显著降低,说明姜辣素能够清除电离辐射引起的自由基,减少电离辐射对 DNA 分子的破坏,这与姜辣素的抗氧化活性、提高机体抗氧化系统功能、减少脂质过氧化反应有关^[20]。

超氧化物歧化酶是清除超氧阴离子自由基的特异性酶。T-AOC 反映了机体的抗氧化状态,由抗氧化酶体系与非酶体系组成。机体受到射线照射后,SOD 活性显著降低,而 T-AOC 变化不大,这可能与其体系的组成复杂有关。MDA 是自由基攻击生物膜上的磷脂分子产生的脂质过氧化产物,被认为是反映机体脂质过氧化水平的间接指标,其血清和组织水平可间接反映细胞和组织受自由基攻击的程度。本研究中,MDA 含量在照射后显著升高,而灌胃姜辣素可以显著降低受照射小鼠肝脏中 MDA 的含量。这可能是因为姜辣素可以阻断自由基链式反应,抑制辐射诱发自由基的产生,保护抗氧化系统免受自由基的攻击,从而使抗氧化酶的消耗和损失减少;同时,自由基的减少也减轻了脂质过氧化的程度,从而使脂质过氧化产物 MDA 的含量降低。

据文献报道,不同剂量生姜提取物对 X 射线损伤小鼠肝脏抗氧化功能、免疫功能的保护作用大小不同^[21,22]。本研究中,800mg/kg B. W. 姜辣素对 γ 射线辐照损伤小鼠具有一定的治疗作用,但对于不同程度的辐照损伤,所需姜辣素的最佳用量有待进一步研究。

4 结论

姜辣素可以提高⁶⁰Co γ 射线辐照损伤小鼠的脾脏和肝脏指数,提高血液中红细胞和白细胞数量,减轻辐

射对细胞 DNA 的损伤,提高机体抗氧化能力,并降低肝脏脂质过氧化水平,表明姜辣素对⁶⁰Co γ 射线造成的小鼠造血和抗氧化功能损伤具有治疗作用。

致谢:感谢四川省农业科学院生物技术与核技术研究所在试验过程中给予的帮助。

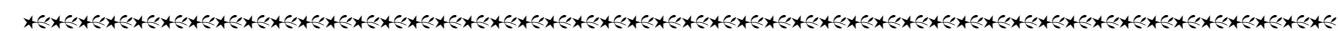
参考文献:

- [1] Ito H, Meistrch ml, Barkley H T, Thames H D, Milas L. Protection of acute and late radiation damage of the gastrointestinal tract by WR-2721 [J]. Int J Radiation Oncol Bio Phys, 1986, 12(2): 211 - 219
- [2] Andreopopolos D, Schleicher U N, Cotarello C L, Hand S, Ammon J. Radioprotection of human endothelial cells with amifostine [J]. Strahlenher Oncol, 1999, 175(4): 34 - 36
- [3] 李素民, 杨秀岭, 赵 智, 樊德厚. 干姜和生姜药理研究进展 [J]. 中草药, 1999, 30(6): 471 - 473
- [4] 黄寨康. 常用中药成分与药理手册 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1994: 17
- [5] Platel K, Srinivasan K. Influence of dietary spices on their active principles on digestive enzymes of small intestinal mucosa in rats [J]. Int J Food Sci Nutr, 1996, 47(1): 55 - 59
- [6] Bhandari U, Sharma J N, Zafar R. The protective action of ethanolic ginger (*Zingiber officinale*) extract in cholesterol fed rabbits [J]. J. Ethnopharmacol, 1998, 61(2): 167 - 171
- [7] Xiong Pingyuan. The Research of Ginger's Effect on the Immunological Function [J]. Journal of Mathematical Medicine, 2006, 3: 68 - 71
- [8] 曹兆丰, 陈忠岗, 郭 平. 生姜对超氧阴离子及羟自由基的清除作用 [J]. 中国中药杂志, 1993, 18(12): 750 - 750
- [9] Jagetia G, Baliga M, Venkatesh P. Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.), a dietary supplement, protects mice against radiation-induced lethality: mechanism of action [J]. Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals, 2004, 19(4): 547 - 561
- [10] Liu H, Zhou Y. Effect of alcohol extract of *Zingiber officinale* rose on immunological function of mice with tumor [J]. Wei Sheng Yan Jiu, 2002, 31: 208 - 209
- [11] 哈楠. 生姜提取物对造血系统辐射损伤的保护作用研究 [D]. 吉林: 吉林大学, 2006
- [12] Sharma A, Haksar A, Chawla R, Kumar R, Arora R, Singh S, Prasad J, Islam F, Arora M P, Sharma R K. *Zingiber officinale* Rosc. modulates gamma radiation - induced conditioned taste aversion [J]. Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 2005, 81: 864 - 870
- [13] Du Xiaogang, Pan Huaizhu, Zhang Chengyun, Zhang Huaiyu, Liu Hanmei, Chen Zhiyu, Zeng Xianyin. *Zingiber officinale* extract modulates γ - rays - induced immunosuppression in mice [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2010, 4(16): 1647 - 1655
- [14] 谢振飞, 周 羽, 耿艳艳, 曾宪垠. 姜辣素对⁶⁰Co γ 辐照小鼠白系细胞和骨髓细胞 DNA 的保护作用 [J]. 核农学报, 2012, (2): 306 - 310

(下转第 534 页)

- 分子材料科学与工程, 2002, 18(5): 31-35
- [7] 陈煜, 陆铭, 王海涛, 谭惠民. 壳聚糖接枝聚丙烯酸高吸水树脂的合成工艺[J]. 高分子材料科学与工程, 2005, 21(5): 266-269
- [8] 邢传波, 赵士贵. 丙烯酸型吸水性树脂的制备高及研究进展[J]. 合成技术及应用, 2007, 22(4): 45-48
- [9] 陈军武, 赵耀明. 反相悬浮聚合法制备高吸水树脂及其性能研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2000, 16(1): 67-69
- [10] 李建颖. 高吸水与高吸油性树脂[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005, 94
- [11] 龙明策, 王鹏, 郑彤, 兰江. 高吸水性树脂的微波辐射合成工艺及性能研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2002, 18(6): 205-208
- [12] Liu L, Li Y, Zhang W A, et al. Homogeneous graft copolymerization of chitosan with methyl methacrylate by gamma-irradiation via a phthaloylchitosan intermediate [J]. Polymer International, 2004, 53(10): 1491-1494
- [13] Mikehail G Z, Howard M C, Lionel G S. One-pot synthesis and characterization of soluble poly(aryl ether-ketone) shaving pendant carboxyl groups [J]. Macromolecules, 2003, 36(13): 4766-4771
- [14] 姚美芹, 买买提江·依米提, 司马义·努尔拉. 高耐盐性吸水树脂的紫外光引发合成及其性能[J]. 功能高分子学报, 2009, 22(2): 178-182
- [15] Ge H C, Pang W, Luo D K. Graft copolymerization of chitosan with acrylic acid under microwave irradiation and its water absorbency [J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 66(3): 372-378
- [16] Liu L, Li Y, Fang Y E, et al. Microwave-assisted graft copolymerization of ϵ -caprolactone onto chitosan via the phthaloyl protection method [J]. Carbohydrate Polymers, 2005, 60(3): 351-356
- [17] 谭德新, 王艳丽, 徐国财, 徐霞玲. 复合交联剂型高吸水树脂的超声制备与性能研究[J]. 涂料工业, 2009, 39(3): 41-44
- [18] 刘廷国, 陈艳, 李斌, 陈建, 黄劲松, 盛敏刚. 冻融循环对甲壳素凝聚态结构和脱乙酰反应的影响[J]. 农业机械学报, 2009, 40(10): 140-145
- [19] Baxter S, Zivanovic S, Weiss J. Molecular weight and degree of acetylation of high-intensity ultrasonicated chitosan [J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(5): 821-830
- [20] 龙明策, 王鹏, 郑彤, 陈传品. 高吸水性树脂溶胀热力学及吸水机理[J]. 化学通报, 2002, 73(10): 705-709
- [21] 王爱勤. 甲壳素化学——甲壳素、壳聚糖的接枝反应[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 331-442
- [22] 黄明德, 王海, 汪海明. 淀粉接枝丙烯酸吸水树脂的微波合成[J]. 分子材料科学与工程, 2003, 19(2): 221-223

(责任编辑 裴颖)



(上接第 526 页)

- [15] Ledebur M V, Schmid W. The micronucleus test methodology aspects [J]. Mut Res, 1973, 19: 109
- [16] 王东晓, 陈孟莉, 殷建芬, 刘屏. 鸡血藤活性成分 SS8 对骨髓抑制小鼠造血祖细胞增殖的作用[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(2): 152-155
- [17] 肖元梅, 曾令福, 王舟. 锌对小鼠骨髓造血细胞辐射损伤影响的研究[J]. 中国公共卫生, 2003, 19(9): 1081-1083
- [18] 邓乾春, 陈春艳, 段会珂, 汪兰, 谢笔钧. 白果清蛋白提取物对 γ 射线辐射损伤小鼠的保护作用研究[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2005, 23(6): 359-365
- [19] Salassidis K, Georgiadou-Schumacher V, Braselmann H, Müller P, Peter R U, Bauchinger M. Chromosome painting in highly irradiated chernobyl victims: a follow-up study to evaluate the stability of symmetrical translocations and the influence of clonal aberrations for retrospective dose estimation [J]. International Journal of Radiation Biology, 1995, 36(8): 257-262
- [20] Nirmala K, Krishna P, Polasa K. Alterations in antioxidant status of rats following intake of ginger through diet [J]. Food Chemistry, 2008, 106: 991-996
- [21] 杨湘山, 李景舜, 吕焱, 赵淑华, 杨晓光, 刘洪阳. 生姜提取物对 X 射线损伤小鼠肝脏脂质过氧化的影响[J]. 现代预防医学, 2007, 34(3): 436-437
- [22] 李景舜, 赵淑华, 王春华, 隋春生. 生姜提取物对 X 射线损伤免疫功能拮抗作用[J]. 中国公共卫生, 2006, 22(2): 171-172

(责任编辑 裴颖)