

## 大豆小分子肽增强小鼠免疫力的实验研究

李 硕<sup>1</sup>, 陈宣钦<sup>1</sup>, 李茂辉<sup>2</sup>, 陈丽梅<sup>1</sup>, 李昆志<sup>1</sup>

(1. 昆明理工大学 生命科学与技术学院, 云南 昆明 650500; 2. 沈阳医学院 预防医学系 卫生检验中心, 辽宁 沈阳 110034)

**摘要:** 为通过动物实验检测大豆小分子肽(分子量 300 ~ 700 Da)对免疫系统的影响及其增强免疫力的作用, 分别给受试组小鼠经口灌胃低、中、高剂量(分别为 3、6、9 g·kg<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>)的大豆小分子肽溶液 30 d 后, 进行各项免疫指标的检测。结果显示: 大豆小分子肽能促进小鼠脾淋巴细胞的转化和迟发型变态反应, 提高抗体生成细胞数和血清溶血素水平, 增强腹腔巨噬细胞的吞噬能力; 但对小鼠的 NK 细胞活性, 单核-巨噬细胞的碳廓清能力, 体重及免疫器官重量均无显著影响。这表明, 大豆小分子肽具有增强机体免疫力的作用。

**关键词:** 大豆小分子肽; 增强免疫力; 小鼠

**中图分类号:** R151

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2012)03-0466-04

## Experimental Study on the Immunity-enhancement Capability of Soybean Minor Peptides in Mice

LI Shuo<sup>1</sup>, CHEN Xuan-qin<sup>1</sup>, LI Mao-hui<sup>2</sup>, CHEN Li-mei<sup>1</sup>, LI Kun-zhi<sup>1</sup>

(1. College of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, Yunnan; 2. Public Health Inspection Center of Shenyang Medical College, Shenyang 110034, Liaoning, China)

**Abstract:** To study and investigate the immunity-enhancement capability of soybean minor peptides (Molecular weight 300-700 Da) in mice. The immune indexes were determined after Kunming mice were orally fed soybean minor peptides at 3, 6, 9 (g·kg<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>) doses for consecutive 30 days. The results showed the ability of spleen-lymphocytes transformation and the number of phagocytizing chicken red blood cells in high-dose test groups was significant ( $P < 0.05$ ) higher than the control group. Compared with the control group, there were significant differences of the left and right ear weight and the number of the antibody-producing cells, as well as the antibody numbers in the high and medium dose group ( $P < 0.05$ ). These results demonstrated the soybean minor peptides could significantly stimulate proliferation and transformation of the spleen-lymphocytes; promote delayed type hypersensitivity; raise the quantity of antibody-producing cells and increase the level of blood-serum erythrocytolysin and the phagotrophic function of peritoneal macrophages. However, no significant immunoregulatory effect was found in the activity of NK cells, expurgation effect by mononuclear phagocytes, weight of the mice and their immune organs. In conclusion, the soybean minor peptides had the capability of enhancing immunity.

**Key words:** Soybean minor peptides; Immunity-enhancement; Mice

自 1902 年英国科学家 Buyliss 和 Starling 在动物的胃肠内第一次发现活性多肽物质以来, 人们已发现和分离出 100 多种存在于生物体内的多肽。近 30 a 来研究发现, 多肽物质除了具有一般蛋白质的营养作用外, 对人体还具有不可替代的调节作用, 这种作用几乎涉及到人体的所有生理活动, 例如: 神经、消化、吸收、代谢、循环、生长、生殖、内分泌等等<sup>[1]</sup>。

近期研究表明, 不同来源的多肽物质都具有多种生理功能, 如: 抗氧化及抗衰老, 降低机体的血压和血脂水平等。因大豆具有来源广泛、富含蛋白和成本低廉的特点, 越来越多的研究者开始以大豆为

原料来开发功能性多肽食品。大豆小分子肽作为大豆蛋白的水解产物, 具有易被机体消化吸收, 可迅速为机体供能, 不易变性, 分子量低, 易溶于水等特性。作为一种活性多肽, 是一种较为理想的功能食品<sup>[2]</sup>。

目前对于大豆蛋白中很多营养因子的结构和性质的研究已经比较深入, 但大豆多肽在实际应用中还存在着许多亟待解决的问题, 特别是有关其生理功能正受到越来越多的重视<sup>[3]</sup>。鉴于有关大豆小分子肽在增强机体免疫力作用方面的研究尚无报道, 本实验采用自主研发的大豆小分子肽, 通过动物实验来研究其增强机体免疫力的作用, 为多肽

收稿日期: 2012-02-24

基金项目: 云南省中青年学术技术后备人才培养基金(2006PY01-10); 云南省自然科学基金(KKSA201126058)。

第一作者简介: 李硕(1985-), 男, 在读硕士, 研究方向为植物营养生物技术。E-mail: shinji4@yeah.net。

通讯作者: 李茂辉(1957-), 男, 教授, 研究方向为生物制品与功能食品检测。E-mail: limaoahui555@yahoo.com.cn。

李昆志(1963-), 男, 教授, 研究方向为植物营养基因工程。E-mail: likunzhikm@yahoo.com.cn。

类功能食品的进一步研发工作奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

用来自辽宁省昌图县的大豆饼粕(蛋白质含量为 55.55%)制成小分子肽,其峰值分子量范围为 300~700 Da<sup>[4]</sup>。

1.2 实验动物管理

实验动物为昆明种小白鼠,由沈阳医学院实验动物中心提供。实验动物合格证号:SCXK(辽)2009-0016,昆明种小白鼠 240 只,雌雄各半,体重(20±2)g,实验动物房温度 22~25℃,相对湿度 55%~70%。按体重随机每 40 只小鼠为 1 组,共 6 组(每组设 1 个对照组和 3 个受试组)。分组后饲养观察 30 d 后剔除不合格个体,每天分别给受试组小鼠经口灌胃低、中、高(3、6、9 g·kg<sup>-1</sup>)3 种剂量的大豆小分子肽溶液,对照组灌胃适量(3.0 mL·d<sup>-1</sup>)去离子水,受试 30 d 后进行各项免疫指标的检测。实验期间,小鼠自由摄食及饮水<sup>[5]</sup>。

1.3 测定项目与方法

在每个对照组与受试组中各取小鼠 10 只,进

行各项免疫指标的检测:(1)体重及免疫器官/体重比值测定;(2)细胞免疫功能检测:ConA 诱导的小鼠脾淋巴细胞转化实验(MTT 法),DNFB 诱导的小鼠迟发型变态反应(DTH)实验(耳肿胀法);(3)体液免疫功能检测:抗体生成细胞检测(Jerne 改良玻片法),血清溶血素的测定(血凝法);(4)单核-巨噬细胞吞噬功能检测:小鼠碳廓清实验<sup>[6]</sup>,小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞实验;(5)NK 细胞活性检测(LDH 测定法)。上述项目操作方法见卫生部《保健食品检验与评价技术规范》中增强免疫力功能的检验方法和操作规程<sup>[7]</sup>。

1.4 数据统计分析

实验数据用 SPSS 10.0 软件进行单因素方差分析,统计数据用  $\bar{x} \pm s$  表示。组间比较用 *t* 检验,显著性水平为(*P*<0.05)<sup>[8]</sup>。

2 结果与分析

2.1 大豆小分子肽对小鼠体重及免疫器官/体重比值的影响

由表 1 可知,大豆小分子肽各受试组小鼠的体重及胸腺/体重、脾脏/体重比值与对照组的差异均无统计学意义(*P*>0.05)。

表 1 大豆小分子肽对小鼠体重及免疫器官/体重比值的影响

Table 1 Effect of soybean minor peptides on mice weight and immune organ/body weight ratio ( $\bar{x} \pm s$ )

灌胃液 Test solution	剂量 Doses/g·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	体重 Weight of mice/g	胸腺/体重 Thoracic gland/ mice weight/%	脾脏/体重 Spleen weight/ mice weight/%
生理盐水 Control	—	32.023±1.7683	0.232±0.0165	0.402±0.0775
肽液 Peptides	3.0	32.166±2.1904	0.232±0.0165	0.422±0.0777
	6.0	32.623±2.8867	0.237±0.0117	0.402±0.0575
	9.0	32.797±1.8815	0.236±0.0172	0.400±0.0972

2.2 大豆小分子肽对小鼠细胞免疫功能的影响

2.2.1 脾淋巴细胞转化能力 由表 2 可知,大豆小分子肽受试组中的 3 个剂量组与对照组相比,高剂量组小鼠脾淋巴细胞转化值显著高于对照组(*P*<0.05);中低剂量组与对照组相比虽有增加趋势,但差异无统计学意义(*P*>0.05)。

2.2.2 迟发型变态反应(DTH) 由表 3 可知,大豆小分子肽受试组中的 3 个剂量组与对照组相比,中高剂量组小鼠的左右耳片重量差值均显著高于对照组(*P*<0.05),低剂量组与对照组的差异无统计学意义(*P*>0.05)。

表 2 大豆小分子肽对小鼠脾淋巴细胞转化能力的影响

Table 2 Effect of soybean minor peptides on lymphocyte transformation capability in mice ( $\bar{x} \pm s$ )

灌胃液 Test solution	剂量 Doses /g·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	脾淋巴细胞转化值 Spleen lymphocyte cells transfor- mation capability(OD values)
生理盐水 Control	—	0.2370±0.04859
肽液 Peptides	3.0	0.2479±0.02886
	6.0	0.2593±0.04027
	9.0	0.2968±0.02622*

\* 和 \*\* 分别表示与对照相比存在显著(*P*<0.05)和极显著差异(*P*<0.01),下同。

\* and \*\* indicate significant(*P*<0.05 and *P*<0.01) difference, compared with CK. The same below.

表 3 大豆小分子肽对小鼠迟发型变态反应的影响

Table 3 Effect of soybean minor peptides on delayed type hypersensitivity in mice ( $\bar{x} \pm s$ )

灌胃液 Test solution	剂量 Doses /g·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	左右耳片重量差值 The difference of the left and right ear weight/mg
生理盐水 Control	—	8.7600 ± 0.9466
肽液 Peptides	3.0	8.7400 ± 0.7412
	6.0	10.0600 ± 0.6802 *
	9.0	10.3900 ± 0.9146 *

## 2.3 大豆小分子肽对小鼠体液免疫功能的影响

2.3.1 抗体生成细胞数 由表 4 可知,大豆小分子肽受试组中的 3 个剂量组与对照组相比,中高剂量组小鼠的抗体生成细胞数均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),低剂量组与对照组相比虽有增加趋势,但差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 4 大豆小分子肽对小鼠的抗体生成细胞数的影响

Table 4 Effect of soybean minor peptides on the number of antibody-producing cells in mice ( $\bar{x} \pm s$ )

灌胃液 Test solution	剂量 Doses/g·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	溶血空斑数 Number of antibody-producing cells/1 × 10 <sup>6</sup>
生理盐水 Control	—	159.06 ± 7.2526
肽液 Peptides	3.0	161.26 ± 7.1570
	6.0	166.82 ± 5.1229 *
	9.0	168.29 ± 6.0596 **

2.3.2 血清溶血素水平 由表 5 可知,大豆小分子肽受试组中的 3 个剂量组与对照组相比,中高剂量组小鼠的抗体积数均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),低剂量组与对照组相比虽有增加趋势,但差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 5 大豆小分子肽对小鼠血清溶血素水平的影响

Table 5 Effect of soybean minor peptides on blood-serum erythrocytolysin in mice ( $\bar{x} \pm s$ )

灌胃液 Test solution	剂量 Doses/g·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	抗体积数 Blood-serum erythrocytolysin antibody numbers
生理盐水 Control	—	147.20 ± 5.4445
肽液 Peptides	3.0	151.18 ± 3.2461
	6.0	154.48 ± 3.3651 *
	9.0	155.25 ± 4.3200 *

## 2.4 大豆小分子肽对小鼠单核—巨噬细胞吞噬功能的影响

2.4.1 碳廓清能力 由表 6 可知,大豆小分子肽各受试组小鼠的碳廓清吞噬指数 a 与对照组的差异均

无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 6 大豆小分子肽对小鼠单核—巨噬细胞碳廓清能力的影响

Table 6 Effect of soybean minor peptides on the capacity of carbon-clearance by mononuclear macrophage in mice ( $\bar{x} \pm s$ )

灌胃液 Test solution	剂量 Doses/g·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	碳廓清吞噬指数 a Devour coefficient of carbon clearance a
生理盐水 Control	—	6.0688 ± 0.7189
肽液 Peptides	3.0	6.4411 ± 0.5202
	6.0	6.6326 ± 0.5647
	9.0	6.6218 ± 0.5673

2.4.2 腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞能力 由表 7 可知,大豆小分子肽受试组中的 3 个剂量组与对照组相比,高剂量组小鼠腹腔巨噬细胞吞噬率显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),中低剂量组与对照组的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 7 大豆小分子肽对小鼠的腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞能力的影响

Table 7 Effect of soybean minor peptides on the capability of phagocytizing chicken red blood cells by peritoneal macrophage in mice ( $\bar{x} \pm s$ )

灌胃液 Test solution	剂量 Doses/g·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	小鼠腹腔巨噬细胞吞噬率 Phagocytizing chicken red blood cells/%
生理盐水 Control	—	35.800 ± 3.0111
肽液 Peptides	3.0	35.200 ± 3.5214
	6.0	39.200 ± 3.8239
	9.0	41.500 ± 2.0683 *

## 2.5 大豆小分子肽对小鼠 NK 细胞活性的影响

由表 8 可知,大豆小分子肽各受试组小鼠的 NK 细胞活性与对照组的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 8 大豆小分子肽对小鼠的 NK 细胞活性的影响

Table 8 Effect of soybean minor peptides on activity of NK cells in mice ( $\bar{x} \pm s$ )

灌胃液 Test solution	剂量 Doses/g·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	小鼠 NK 细胞活性 Activity of NK cells/%
生理盐水 Control	—	19.945 ± 1.3102
肽液 Peptides	3.0	19.833 ± 1.7755
	6.0	20.489 ± 1.6333
	9.0	20.925 ± 1.5924

## 3 讨论

免疫应答是一种生理功能,用于维持机体的动

态平衡,是由生物体内的活性物质所调节的。免疫系统是机体执行免疫应答的组织系统,它是由各种免疫器官、免疫细胞、抗体及补体等免疫分子构成的抵御病原体侵犯机体的防御性网络结构。它可以识别并清除侵入机体的外来病原体和异物<sup>[9-10]</sup>,以及由机体内基因突变而产生的癌细胞<sup>[11]</sup>。免疫功能包括细胞免疫、体液免疫以及由 NK 细胞和单核-巨噬细胞等参与的非特异性免疫<sup>[12]</sup>。

营养食品与机体免疫功能之间关系密切,饮食可直接影响机体免疫功能的相对稳定性。研究证明,机体能够通过摄取营养物质以保证其免疫系统的功能稳定,从而提高机体免疫力<sup>[13]</sup>。

本研究采用大豆蛋白的水解产物大豆小分子肽为实验材料,分别给受试组小鼠灌胃低、中、高(3、6、9 g·kg<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>)3 种剂量的大豆小分子肽溶液,持续 30 d 后进行各项免疫指标的检测。特异性细胞免疫功能结果显示中高剂量的大豆小分子肽会引起小鼠的迟发型变态反应,高剂量的大豆小分子肽能够增强脾淋巴细胞的转化能力。非特异性细胞免疫功能结果显示高剂量的大豆小分子肽能够增强腹腔巨噬细胞的吞噬能力,而对 NK 细胞活性以及单核-巨噬细胞碳廓清能力的影响不大。这说明不同剂量的大豆小分子肽对细胞免疫功能具有不同作用。

体液免疫功能结果显示中高剂量的大豆小分子肽会显著增加抗体生成细胞数及提高血清溶血素水平,且抗体生成细胞数与剂量成正相关。本实验中,大豆小分子肽对体重及免疫器官重量均无显著影响。结果表明,大豆小分子肽能够通过提高细胞及体液免疫功能从而提高机体免疫力,且并非依靠增加体重和免疫器官的重量来实现。

Jolles 等<sup>[14]</sup>研究发现,酪蛋白的水解产物中的小分子肽能够增强巨噬细胞的吞噬功能。酪蛋白的胃蛋白酶消化产物能够提高大鼠脾淋巴细胞的增殖与转化能力<sup>[15]</sup>。某些动物性小分子多肽能加快机体消化系统的发育,并且能促进肠道内益生菌的繁殖,从而增强机体的免疫力<sup>[16]</sup>。Brantl 等<sup>[17]</sup>报道  $\beta$ -酪蛋白的水解产物中的四肽和六肽具有阿片肽活性,可作为信号肽来刺激激素分泌从而发挥生理作用。McFarland 等<sup>[18]</sup>证实把衰老的细胞放在含有多肽的培养基中,这些细胞能恢复活力,同时展现年轻细胞的外形,并能进行再次分裂,生成排列有序的年轻的成纤维细胞,且多肽的含量越高,细

胞的分裂周期越长,分裂次数也越多。

虽然目前对于小分子多肽增强免疫力的作用机制并不十分清楚,但本研究证明,大豆小分子肽能够提高机体的细胞免疫功能及体液免疫功能,从而具有增强机体免疫力的作用。一方面对保持机体稳定,预防疾病有着重要意义,另一方面又为多肽类功能食品的进一步研发提供理论依据。

## 参考文献

- [1] 安毅. 酒用大豆蛋白多肽的生产工艺研究. [J]. 酿酒, 2004, 31(5): 29-29. (An Y. The study on the production technology of soybean protein peptides for brewing[J]. Liquor Making, 2004, 31(5): 29-29.)
- [2] 郭红, 李茂辉, 高素杰, 等. 大豆小分子肽抗氧化效应的初步研究[J]. 中华医学研究杂志, 2007, 7(3): 196-198. (Guo H, Li M H, Gao S J, et al. Preliminary study on anti-oxidative capacity of soybean minor peptides[J]. Journal of Chinese Medicine Research, 2007, 7(3): 196-198.)
- [3] 姚小飞, 石慧. 大豆多肽的功能特性及其开发应用进展[J]. 中国食品与营养, 2009(7): 21-23. (Yao X F, Shi H. Functional characteristics and applied progress of soybean peptides[J]. Food and Nutrition in China, 2009(7): 21-23.)
- [4] 葛盛东, 李茂辉, 高淑杰, 等. 大豆小分子多肽制备工艺和质量标准的研究[J]. 大豆科学, 2008, 27(5): 863-873. (Ge S D, Li M H, Gao S J, et al. Enzymatic hydrolysis technology and quality standards of soybean minor peptides[J]. Soybean Science, 2008, 27(5): 863-873.)
- [5] 李茂辉, 叶丽杰, 卢桂华, 等. 心肌多肽抗疲劳效应的实验研究[J]. 现代预防医学, 2006, 33(7): 1097-1099. (Li M H, Ye L J, Luo G H, et al. Experimental study on anti-fatigue effect and anti-oxidative capability of cardiac polypeptides[J]. Modern Preventive Medicine, 2006, 33(7): 1097-1099.)
- [6] 王红梅, 马玲, 姚小曼. 小鼠廓清实验方法的比较[J]. 中国食品卫生杂志, 2000, 12(3): 3-5. (Wang H M, Ma L, Yao X M. The comparison of the experimental method for carbon-clearance in mice[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2000, 12(3): 3-5.)
- [7] 卫生部. 保健食品检验与评价技术规范[M]. 北京: 卫生部, 2003, 10: 87-93. (Ministry of Public Health. Technical standards for testing and assessment of health food[M]. Beijing: Ministry of Public Health, 2003, 10: 87-93.)
- [8] 闫萍, 李茂辉, 郭红, 等. 大豆小分子肽抗疲劳效果评价[J]. 中国公共卫生, 2008, 24(2): 217-218. (Yan P, Li M H, Guo H, et al. Evaluation on anti-fatigue effect of soybean minor peptides[J]. Chinese Journal of Public Health, 2008, 24(2): 217-218.)
- [9] De Libero G, Mori L. Recognition of lipid antigens by T cells[J]. Nature Reviews Immunology, 2005, 5(6): 485-496.
- [10] Biron C A, Nguyen K B, Pien G C, et al. Natural killer cells in antiviral defense: function and regulation by innate cytokines[J]. Annual Review of Immunology, 1999, 17: 189-220.

的较低浓度下,绿豆发芽情况基本良好,而在  $0 \sim 6.00 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  的浓度下大豆的发芽情况基本良好。因此,通过溶液培养富硒法能较容易地实现无机硒到有机硒的天然转化,有望开发富硒绿豆和富硒大豆等新型富硒功能食品。

## 参考文献

- [1] Thomson C D. Assessment of requirements for Selenium and adequacy of Selenium status[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2004, 58: 391-402.
- [2] Paul Cotter. Dietary Selenium in cultured hybrid striped bass[D]. Blacksburg, Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2006: 3-15.
- [3] Swathy S S, Panicker S, Indira M. Effect of exogenous Selenium on the testicular toxicity induced by ethanol in rats[J]. *Indian Journal Physiology and Pharmacology*, 2006, 50(3): 215-224.
- [4] 李小迎, 郭雄, 王立新, 等. 成人大骨节病血清透明质酸、肿瘤坏死因子  $\alpha$ 、血管内皮生长因子、NO 和硒含量检测[J]. *南方医科大学学报*, 2007, 27(7): 941-944. (Li X Y, Guo X, Wang L X, et al. Serum hyaluronic acid, tumor necrosis factor- $\alpha$ , vascular endothelial growth factor, NO and Se levels in adult patients with Kashin-Beck disease[J]. *Journal of Southern Medical University*, 2007, 27(7): 941-944. )
- [5] Bonfig W, Gartner R, Schmidt H. Selenium supplementation does not decrease thyroid peroxidase antibody concentration in children and adolescents with autoimmune thyroiditis[J]. *Scientific World Journal*, 2010, 10: 990-996.
- [6] 吴正奇, 刘建林. 硒的生理保健功能和富硒食品的相关标准[J]. *中国食物与营养*, 2005(5): 43-46. (Wu Z Q, Liu J L. Relevant standards of the physiological health functions of selenium and selenium-rich foods[J]. *Food and Nutrition in China*, 2005(5): 43-46. )
- [7] 李丽辉, 林亲录. 我国富硒食品的研究进展[J]. *中国食物与营养*, 2007(2): 23-25. (Li L H, Lin Q L. Selenium-enriched foods research progress in China[J]. *Food and Nutrition in China*, 2007(2): 23-25. )
- [8] GB/T 20127. 10-2006 钢铁及合金-痕量元素的测定, 第 10 部分: 氢化物发生-原子荧光光谱法测定硒含量[S]. (GB/T 20127. 10-2006 Steel and alloy-determination of trace elements, Part 10: Hydride generation-atomic fluorescence spectrometry determination of selenium content[S]. )
- [9] GB/T5009. 93-2003 食品中硒的测定, 第一法: 氢化物原子荧光光谱法[S]. (GB/T5009. 93-2003 Determination of selenium in the food, method 1<sup>st</sup>: Hydride generation atomic fluorescence spectrometry[S]. )
- [10] 陈家厚, 王晓燕. 用微波消解和原子荧光法测定富硒产品中的硒[J]. *环境科学与管理*, 2008, 33(10): 170-171, 174. (Chen J H, Wang X Y. Selenium measurement in Selenium abundant foods with microwave digestion and atomic fluorescence spectrometry[J]. *Environmental Science and Management*, 2008, 33(10): 170-171, 174. )
- [11] 郭晓玲. 稀土对富硒豆芽富硒能力影响的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007: 11-14. (Guo X L. Effects of rare earth on the accumulation of Selenium in soybean sprouts[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2007: 11-14. )
- [12] 莫海珍. 高有机硒保存率蔬菜富集和加工机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007: 19-22. (Mo H Z. Selenium enrichment in vegetables and the effects of processing parameters[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007: 19-22. )
- [13] Hu Q H, Pan G X, Zhu J C. Effect of fertilization on Selenium content of tea and the nutritional function of Se-enriched tea in rats[J]. *Plant and Soil*, 2002, 238(1): 91-95.
- [14] Mo H Z, Zhu Y, Zhang M. Selenium enrichment pattern in flowering Chinese cabbage, cabbage and asparagus[J]. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 2006, 17(2): 39-42.
- [15] Sugihara S, Kondo M, Chihara Y, et al. Preparation of selenium-enriched sprouts and identification of their Selenium species by high-performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 2004, 68(1): 193-199.
- [16] Thavarajah D, Ruskowski J, Vandenberg A. High potential for Selenium biofortification of lentils (*Lens culinaris* L.) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56: 10747-10753.
- [11] Boissonnas A, Fetter L, Zeelenberg I S, et al. In vivo imaging of cytotoxic T cell infiltration and elimination of a solid tumor[J]. *The Journal of Experimental Medicine*, 2007, 204(2): 345-356.
- [12] 田鹏程, 黄国军. 扶正胶囊增强免疫力实验研究[J]. *医学导报*, 2008, 27(10): 1184-1186. (Tian P C, Huan G J. Experimental study on the immunity-enhancement capability of the fuzheng capsule[J]. *Herald of Medicine*, 2008, 27(10): 1184-1186. )
- [13] 王熙才, 左曙光, 邱宗海, 等. 艾舍尔软胶囊增强小鼠免疫力的实验研究[J]. *昆明医学院学报*, 2008, 29(6): 71-75. (Wang X C, Zuo S G, Qiu Z H, et al. Investigation of the immunity-enhancement capability of the Acer Capsule in mice[J]. *Journal of Kunming Medical University*, 2008, 29(6): 71-75. )
- [14] Jolles P, Henschen A. Comparison between the clotting of blood and milk [J]. *Trends in Biochemical Sciences*, 1982, 7(9): 325-328.
- [15] 周业飞, 孙镇平, 杭柏林. 外源性生物活性肽的营养与生理作用[J]. *动物医学进展*, 2003, 24(6): 58-60. (Zhou Y F, Sun Z P, Hang B L. Nutrition and physiological effects of exogenous active polypeptides[J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2003, 24(6): 58-60. )
- [16] Friedman M. Nutritional value of proteins from different food sources[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, 44(1): 6-29.
- [17] Brantl V, Teschemacher H, Henschen A, et al. Novel opioid peptides derived from casein( $\beta$ -casomorphins). I. Isolation from bovine casein peptone[J]. *Hoppe-Seyler's Zeitschrift fur Physiologische Chemie*, 1979, 360(9): 1211-1216.
- [18] McFarland G A, Holliday R. Retardation of the senescence of cultured human diploid fibroblasts by carnosine[J]. *Experimental Cell Research*, 1994, 212(2): 167-75.

(上接第 469 页)