

# 用损益指数综合评价大豆营养保健功效及安全性

白佳利, 沈 秀, 王 浩, 王德芝, 王晓光, 唐卫生, 周则卫\*

(北京协和医学院中国医学科学院放射医学研究所, 天津 300192)

**摘 要:**目的: 通过玉米低营养饲料建立动物模型系统, 提出损益指数(BDI)的概念, 并进行累积积分(GS), 建立食品功效安全的 BDI-GS 新评价体系。方法: 本体系以处于生长期正常 ICR 小鼠为研究对象, 综合评价食物的营养、保健功效及安全性。以单纯普通玉米饲料喂食小鼠作空白对照组, 大豆制成玉米掺和饲料为阳性受试物实验组, 通过动物整体实验, 取小鼠体质量、9 项脏器组织质量、系数及其 BDI 和 GS 等指标, 并进行血清生化指标分析测试, 考察 BDI-GS 评价体系在食物营养、保健功效及安全性综合评价方面的合理性、科学性和可行性。结果: 体质量变化趋势及体质量、脏器质量 BDI 大小, 可初步判定大豆有一定的营养功效; 脏器系数 BDI 和 BDI 累积积分说明大豆有保健功效, 尤其是胸腺系数 BDI, 随着剂量的增加有增加趋势, 且有显著性统计学差异( $P < 0.01$ )。结论: 通过本研究建立一种直观、全面、简单、经济的综合评价不同类别食物及饮品功效安全的新评价体系和方法。

**关键词:** 损益指数; 大豆; 营养; 保健; 功效安全; 评价体系

## Comprehensive Evaluation of Nutrition and Health Functions and Safety of Soybean by Benefit-Damage Index

BAI Jia-li, SHEN Xiu, WANG Hao, WANG De-zhi, WANG Xiao-guang, TANG Wei-sheng, ZHOU Ze-wei\*

(Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Tianjin 300192, China)

**Abstract:** Objective: In the present study, a novel BDI-GS evaluation system for the functions and safety of foods was established through accumulated general scores (GS) as well as benefit-damage index (BDI) from an animal model by feeding low-nutrient corn. Methods: Mice at the normal growth stage were used as test subjects to evaluate the comprehensive nutrition and health-promoting functions as well as safety of foods. Control mice were fed simply on common maize, and trial mice were fed on maize supplemented with soybean. Body weight, 9 viscera weights and indices, BDI, GS and serum biochemical parameters in mice were determined to analyze the rationality, scientificity and feasibility of BDI-GS evaluation system in nutrition and health-promoting functions as well as safety of foods. Results: Changes in body weight, viscera weight and BDI in mice could reflect the nutritional benefits of soybean. BDI and BDI accumulation index indicated health-promoting functions, especially thymus index BDI revealed an increase in a dose-independent manner and a significant difference ( $P < 0.01$ ). Conclusion: An intuitive, overall, easy, economical comprehensive evaluation system for the functions and safety of various foods and drinks has been established.

**Key words:** benefit-damage index; soybean; nutrition; health-promoting function; functions and safety; evaluation system

中图分类号: R151.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)17-0263-06

民以食为天, 食物为机体正常生理活动和维系健康提供必需的能量和营养成分。营养与健康密切相关, 没有日常饮食大量营养素的补给, 健康就无从谈起! 随着生活水平和健康意识的提高, 饮食营养、健康与安全成为人们日渐关注的焦点话题。中医讲食药同源, 《内经》亦有云: “五谷为养, 五果为助, 五畜为益, 五菜为充”。食无益则有害, 食物的营养作用应该重

视, 而保健功效和安全性同样值得关注。而目前食物营养学的评价方法偏重营养成分、功效的揭示<sup>[1-3]</sup>, 对保健功效及安全性评价却无从涉及。单纯食品安全评价是在超大剂量下进行的, 存在营养素过度堆积问题<sup>[4]</sup>。二者是单独进行的, 均无法应对频发食品安全事件的评价工作。

因此, 建立一种合理、科学、简单有效的食品营

收稿日期: 2011-07-21

作者简介: 白佳利(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为药物及功能食品。E-mail: jialibai@126.com

\* 通信作者: 周则卫(1966—), 男, 研究员, 硕士, 研究方向为药物及功能食品。E-mail: zhouzewei666@yahoo.com.cn

养保健及安全性综合评价方法已成为当务之急。本研究以人们熟知的大豆为阳性受试物,设计玉米饲料空白对照组和3个剂量大豆掺和饲料组进行研究评价。通过低营养动物模型,考察9项脏器组织+1项体质量(简称9+1)为生理指标的损益指数(benefit-damage index, BDI)和积分(general score, GS),揭示大豆的营养、保健功效及安全性,建立一种食品功效安全新评价体系,为日常的饮食营养健康提供指导,也可用于食品安全的监测评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

东北产大豆、本地普通黄玉米粉购自天津市某农贸市场。

7180型全自动生化分析仪 日本株式会社日立高新技术; Anke TGL-16G型台式离心机 上海安亭科学仪器厂; 1/100 SPN402F型奥豪斯电子天平 奥豪斯上海国际贸易; 1/1000 Mettler PL203型精密电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; YK 200B型高速粉碎机 山东省青州市益康中药机械有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 饲料的制备

以东北大豆为受试物,配制成5%、10%、15%混和玉米粉-玉米饲料为实验组。空白玉米饲料组为100%饲养玉米,所有实验组所用玉米均为市售普通黄玉米粉,实验组将大豆粉碎后过70目筛,准确称量后各自配制,均配制800g。将上述各组饲料加入适量水混匀成型蒸制10~15min,放凉后制成条状存入冰箱备用。

#### 1.2.2 动物分组与实验方法

取6~8周龄生长期正常的ICR雄性小白鼠32只,体质量18~22g,由中国医学科学院放射医学研究所动物中心提供,饲养环境为SPF级实验动物房。按体质量随机分成4组,每组8只,分别为玉米空白对照组,5%、10%、15%大豆实验组。实验开始即换用相应饲料,0、2、5、7、9、12d各称体质量一次,并加换新饲料。喂养12d,第13天称体质量,眼眶取血后脱臼处死、解剖,完整取出心、肺、胸腺、脾、胰腺、肝、双肾、性腺精囊、股骨<sup>[5-6]</sup>等脏器组织,称取湿质量,股骨为80℃烘干4h后称取干质量<sup>[7]</sup>,共计(9+1)项生理指标。取血液3000r/min离心10min,取上层血清用全自动生化分析仪检测生化指标,以辅助评价受试物对脏器组织的功效。

### 1.3 统计及评价方法

#### 1.3.1 脏器系数的含义

脏器系数是食品营养学研究中常用到的概念<sup>[1]</sup>。表

示单位体质量中,脏器所占的比重或份额;各脏器组织作为机体的重要组成部分,其营养健康对机体的健康至关重要。如果某食物能增加脏器质量,则说明该食物对该脏器有营养功效;如果食物增大脏器系数,则说明该食物对该脏器具有保健功效。脏器系数越大表示其对维系机体健康的贡献就越大;相反,脏器系数越小则表示其对机体健康越不利,存在安全隐患。

$$\text{脏器系数}/(\text{mg/g}) = \frac{\text{脏器质量}/\text{mg}}{\text{体质量}/\text{g}}$$

#### 1.3.2 BDI及其累积积分概念的建立

BDI是本评价系统首次提出的概念。某食物摄入机体内,对脏器组织都会产生一定的效应。由于食物成分的复杂多样性及抗营养素、有害成分的存在,同一食物对不同脏器会表现出损益不同的效应。因此,有必要引入不同效应的BDI的概念表示之。对于正相关指标,BDI为受试物实验指标统计均值结果与空白对照对应指标均值结果之比,对于负相关指标则为其倒数(本系统的评价指标均为正相关),以此来表示受试物对某脏器、组织指标的损益及程度。BDI又分为质量BDI代表受试物的营养功效评价指标,以及系数BDI代表受试物的保健功效及安全性评价指标。GS相应也分为质量GS(GS<sub>w</sub>)和系数GS(GS<sub>i</sub>),在BDI数据基础上各脏器的BDI累加之和,整体评价食物的保健功效和安全性。

#### 1.3.3 数据统计及分析评价方法

采用SPSS软件进行统计分析,以独立样本 $t$ 检验来检测组间显著性差异。作为实验指标的一种常规评价方法,统计学上显著性差异分析在各类研究报道中沿用已久,是必不可少的经典方法。但统计学上显著性差异容易受动物数量及个体差异的影响,用于食品功效安全的评价也显得有些苛刻,不够完善。

本系统引入BDI概念作为结果评价的一种分析方法,与 $t$ 检验可形成互补。一般而言,当BDI=1.0时,表示受试物对该脏器无损益;BDI>1.0时,食物对该指标有正效应,有所裨益;BDI>1.3时,正效应较明显,数值越大越有益;同样,当BDI<1.0时,食物对该指标为负效应;BDI<0.8时,损害已较明显,食物存在安全隐患,应引起注意。

BDI越大脏器组织对机体营养健康的贡献就越大,那么还可以以效应BDI为依据,通过BDI值的累加进行积分,作为食物综合效应评价的指标。BDI的累积GS值越大说明该受试物对机体的综合营养、保健功效越高。GS值或可作为食物的综合营养指数及综合保健指数,当食品的GS≤9.0时存在安全问题。

## 2 结果与分析

### 2.1 大豆营养价值的评价结果

#### 2.1.1 从小鼠体质量变化评价营养功效

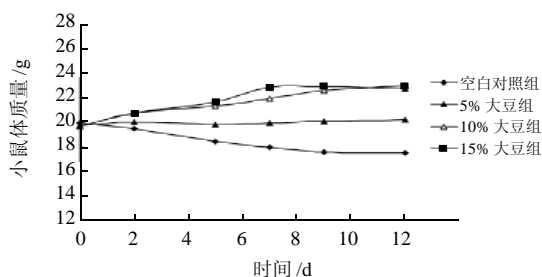


图1 小鼠体质量变化趋势图  
Fig.1 Changes in body weight of mice

由图1可知,空白对照组小鼠体质量呈一定下降的趋势,5%大豆组体质量围绕初始体质量波动,基本保持恒定,处于氮代谢平衡状态;而10%、15%大豆组体质量均有较明显增加。从体质量变化趋势及体质量BDI大小,可初步判定大豆的营养功效。从表1可以看出,小鼠终体质量大豆组与空白对照组比差异显著性有统计学意义( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ),结果见表1。

#### 2.1.2 从质量BDI评价营养功效

各脏器组织作为机体的重要组成部分,其营养对机体整体营养状况起着至关重要的作用。从脏器的质量BDI可直观评价大豆营养功效,结果见表1。BDI数值几乎均大于1,说明大豆能滋养五脏、三焦腺体等组织;随着剂量增加,胸腺质量BDI明显增大,提示大豆特别有利于该器官的生长发育,其次是胰腺、性腺精囊和股骨。对脾、肝也有较好的营养功效,而对心、肺、肾的营养功效稍差,特别是肺脏均无显著性差异,BDI值也均接近于1.0。BDI与统计检验 $P$ 值的结果基本

一致,但损益程度的评价更加直观、具体,二者结合进行评价相得益彰。

#### 2.1.3 从质量BDI累积积分( $GS_w$ )评价综合营养功效

从表1可得,5%、10%、15%大豆实验组质量BDI累积积分分别为: $GS_{w-5} = 11.86$ ,  $GS_{w-10} = 14.32$ ,  $GS_{w-15} = 15.19$ 。从 $GS_w$ 积分可以看出,三者均明显大于9.0无损益的基本标准积分(9项生理指标),在实验设计的剂量范围内,营养功效呈剂量依赖性增加,以15%大豆组综合营养功效最佳。但从统计学结果综合分析10%大豆组各指标的显著性差异,其功效可信度更高些。各指标综合分析,10%大豆为最佳营养剂量,可避免不必要的浪费和蛋白摄入过量。

### 2.2 大豆保健功效的评价结果

#### 2.2.1 从系数BDI直观评价保健功效

从表2系数BDI可见,胸腺、脾脏、胰腺、性腺、股骨指标大于1.0,说明大豆对相应指标有保健功效;同样随着剂量的增加,胸腺的系数BDI也明显增大,统计学有非常显著性差异,说明大豆增强胸腺免疫的保健功效确切。大豆中含有大量的蛋白、大豆磷脂、大豆低聚糖等成分<sup>[8]</sup>,为增强机体免疫力提供物质基础。

从表2还可以看出,同样是 $P < 0.01$ ,15%大豆组对心脏而言有损伤,而对胸腺却是显著有益,单从显著性差异不易判断食物对指标的损益及程度。然而从系数BDI看,心脏BDI < 1.0为轻损伤,胸腺BDI显著大于1.0为大有益,损益程度从BDI值大小可很好分辨。综合各指标分析,大豆对胸腺免疫指标不仅是保健,而且也具有了食疗的效果。

对于脾脏、胰腺、性腺精囊系数统计学差异虽不明显,但从系数BDI的变化趋势,也可看出其保健功效的变化趋势,长期服用累计对相关指标同样有较好的保健效果。大豆对肝脏的系数BDI均接近于1.0,基本

表1 大豆的营养功效评价( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=8$ )  
Table 1 Evaluation of nutrition functions for soybean( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=8$ )

项目	空白对照组	5% 大豆组		10% 大豆组		15% 大豆组	
	质量/mg	质量/mg	BDI	质量/mg	BDI	质量/mg	BDI
体质量/g	16.87 ± 1.65	20.39 ± 1.90**	1.21	23.01 ± 2.12**	1.36	22.75 ± 5.22*	1.35
心脏	0.101 ± 0.010	0.112 ± 0.013	1.11	0.119 ± 0.017*	1.18	0.111 ± 0.032	1.10
肺脏	0.152 ± 0.027	0.146 ± 0.021	0.96	0.163 ± 0.035	1.07	0.156 ± 0.033	1.03
胸腺	0.017 ± 0.012	0.037 ± 0.011**	2.18	0.051 ± 0.024**	3.00	0.069 ± 0.044*	4.06
脾脏	0.066 ± 0.013	0.080 ± 0.026	1.21	0.102 ± 0.043*	1.55	0.103 ± 0.033*	1.56
胰腺	0.064 ± 0.014	0.092 ± 0.023*	1.44	0.107 ± 0.030**	1.67	0.122 ± 0.058*	1.91
肝脏	0.701 ± 0.116	0.808 ± 0.087	1.15	0.946 ± 0.110**	1.35	0.927 ± 0.208*	1.32
肾脏	0.230 ± 0.037	0.266 ± 0.026*	1.16	0.294 ± 0.039**	1.28	0.283 ± 0.069	1.23
性腺	0.354 ± 0.127	0.531 ± 0.113*	1.50	0.645 ± 0.140**	1.82	0.577 ± 0.201**	1.63
股骨	0.020 ± 0.005	0.023 ± 0.003	1.15	0.028 ± 0.003**	1.40	0.027 ± 0.004**	1.35

注: \*与空白对照组相比,差异显著( $P < 0.05$ ); \*\*与空白对照组相比,差异极显著( $P < 0.01$ )。下同。

表 2 大豆的保健功效评价( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

Table 2 Evaluation of health-promoting functions for soybean ( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

项目	空白对照组	5% 大豆组		10% 大豆组		15% 大豆组	
	脏器系数/(mg/g)	脏器系数/(mg/g)	BDI	脏器系数	BDI	脏器系数/(mg/g)	BDI
心脏	6.035 ± 0.692	5.524 ± 0.549	0.92	5.190 ± 0.828	0.86	4.823 ± 0.544**	0.80
肺脏	8.411 ± 1.042	7.149 ± 0.715*	0.85	7.039 ± 1.104*	0.84	6.923 ± 0.991*	0.82
胸腺	1.001 ± 0.681	1.798 ± 0.497*	1.80	2.155 ± 0.854**	2.15	2.797 ± 1.247**	2.79
脾脏	3.878 ± 0.440	3.989 ± 1.420	1.03	4.454 ± 1.858	1.15	4.670 ± 1.797	1.20
胰腺	3.806 ± 0.639	4.525 ± 1.050	1.19	4.596 ± 1.021	1.21	5.123 ± 1.226*	1.35
肝脏	41.4 ± 3.96	39.79 ± 4.32	0.96	41.12 ± 2.10	0.99	40.97 ± 4.10	0.99
肾脏	13.57 ± 1.28	13.11 ± 1.37	0.97	12.83 ± 1.53	0.95	12.45 ± 1.58	0.92
性腺	20.68 ± 6.17	25.99 ± 4.39	1.26	28.39 ± 7.00*	1.37	28.48 ± 8.46	1.38
股骨	1.146 ± 0.216	1.141 ± 0.176	1.00	1.229 ± 0.237	1.07	1.229 ± 0.163	1.07

处于无损益状态。对心、肺、肾脏的损伤虽较轻,但已存在一定的安全隐患,正常人长期大量连续食用应引起适当注意。大豆负面效应与其所含的抗营养成分,如植物凝集素、植酸、蛋白酶抑制素等有一定的关系<sup>[2]</sup>。

2.2.2 从系数 BDI 累积积分(GSi)综合评价保健功效

从表 2 可知,5%、10%、15% 大豆实验组系数 BDI 累积积分分别为  $GS_{I-5} = 9.98$ ,  $GS_{I-10} = 10.50$ ,  $GS_{I-15} = 11.32$ 。从 3 个剂量系 BDI 的累积 GSi 分析,均大于 9.0 的基本积分,也就是说其综合保健功效评价是正性的,有益的。但是大剂量对心、肺及肾脏的负面效应也不容忽视,其风险正在于对心衰病人、肺心病、肺癆病人食用时可能会加重病情(但不包括心血管病患者<sup>[9]</sup>),此类病人不宜大量食用豆制品。少量大豆对肾脏健康影响不大,而大剂量对肾略有损伤,对肾病、肾衰病人也应适当注意。

2.3 大豆血清生化指标评价结果

表 3 大豆的血液生化评价( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

Table 3 Effect of soybean ingestion on serum biochemical parameters in mice ( $\bar{x} \pm s, n=8$ )

项目	空白对照组	5% 大豆组	10% 大豆组	15% 大豆组
ALT活力/(U/L)	42.00 ± 13.87	32.14 ± 8.44	45.29 ± 35.90	40.86 ± 14.12
AST活力/(U/L)	121.1 ± 24.2	105.7 ± 14.7	115.1 ± 34.0	101.1 ± 18.8
TP含量/(g/L)	45.01 ± 6.48	49.59 ± 3.84	52.46 ± 7.63*	50.09 ± 6.80
ALB含量/(g/L)	29.29 ± 2.75	31.43 ± 2.94	35.00 ± 2.94*	31.86 ± 6.64
GLOB含量/(g/L)	15.74 ± 6.11	18.16 ± 3.05	18.89 ± 7.39	18.23 ± 2.47
CREA含量/(μmol/L)	17.14 ± 6.62	12.86 ± 6.31	17.14 ± 6.89	14.86 ± 5.18
BUN含量/(mmol/L)	4.59 ± 0.77	4.41 ± 0.60	5.04 ± 0.82	5.94 ± 0.93

从表 3 可见,谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)活力没有显著性差异,对肝功能没有影响,与脏器保健评价结果一致;总蛋白(TP)和白蛋白(ALB)含量 10% 大豆组有显著性差异,球蛋白(GLOB)含量实验组也均高于对照组,均揭示大豆对蛋白的营养补充作用及免疫增强的功效;血肌酐(CREA)含量无显著性差异,辅助表明大豆对肝脏影响不大;尿素氮(BUN)随剂量增加有增高

趋势,但无统计学意义,与对肾脏的轻损伤增高趋势是一致的,辅助佐证大剂量大豆对肾存在轻度副作用。

3 讨 论

3.1 低营养饲料的选择

本实验选用单纯玉米饲料为低营养饲料,由于玉米味甘淡,性平,热量低,有很好的适食性。单食玉米可以维持机体基本的生理需求,但体质量会逐渐减轻,内脏器官及腺体逐渐缩小,免疫功能低下<sup>[10]</sup>,骨质轻度损伤。玉米饲料优势在于营养功效低,容易突出受试食物的功效。原本难以评价的食品,通过掺和喂食很容易评价功效,出现假性评价结果的概率很低。使用玉米饲料进行动物实验也并非本研究首创<sup>[11]</sup>。玉米中不含抗营养性成分,也未见有饮食禁忌的报道,不会影响受试物真实功效的反映,适用范围广。低营养饲料的选择是本评价系统设计的一个关键,标准饲料使受试物的营养保健功效易被掩盖而不易被评价。

3.2 脏器质量及系数内涵的辨析

体质量的增加是评价食物蛋白转化及营养价值的重要指标,而体质量的增加则是机体各个脏器、组织质量增加的结果,因此脏器组织的质量也可以用作食物营养的评价指标。致于脏器质量问题,疾病也能导致质量的增加,如肝硬化、肿瘤导致的脾大等,但本系统的研究对象是“处于生长期的正常小鼠”,不存在任何的疾病状态,在此情况下,脏器组织的质量增加完全源于食物的营养转化的正常生理的自然表现,完全是食物营养、蛋白转化的结果,因此可以用来表征食物的营养功效。

脏器系数是脏器质量对体质量的比值。机体在正常生长状态下,各脏器组织发育得越好,质量生长越大功能越强,同时占体质量份额越大承担负荷越轻,机体就越健康。对机体而言,各脏器组织各有分工负责,机体才能维持正常健康的生理功能,因此体质量过大不仅仅表现在心脏负担过重,各个脏器组织功能单位都会

增加负担,而带来相应的健康问题。机体的健康源于脏器、组织及腺体等生长发育健康的支持,而脏器组织的健康又源于食物内在保健功效的支持。因此,脏器系数可以表征食物的保健功效。

### 3.3 该方法与传统评价方法的比较

传统方法参考20世纪70年代联合国粮农组织和世界卫生组织<sup>[12]</sup>(FAO/WHO)推荐的标准物质——酪蛋白(casein)的营养功效进行比较,标准比较抽象。传统评价食物营养价值的方法,评价指标有能量密度、营养素密度、食物营养质量指数(INQ)、血糖生成指数,食物中蛋白质的质量(氨基酸组成)、功效优劣<sup>[1-3]</sup>,以及脂肪酸等的一些评价方法。INQ  $\geq 1$  为营养质量合格食品,INQ  $< 1$  为营养质量差的食物,以及对蛋白质、脂肪酸等的单纯评价,存在一定的片面性,均无法揭示食物在机体内的综合营养功效,更无从揭示食物内在的保健功效和可能存在的负面效应的安全隐患。

而传统的安全评价沿用了药物的LD<sub>50</sub>、90d喂养等评价方法,是在超大剂量下独立进行的,实验剂量数十倍甚至成百上千倍于常规食用剂量,动物不死亡即表明食物无毒是安全的。这样的评价存在营养素过度堆积引起营养不平衡而掩盖真正的毒性<sup>[4]</sup>,食物中占优势的抗营养素成分包含在大量营养素中其生理效应难以体现,往往导致评价结果失真。这样的评价只要食物中不含毒副成分,如牛奶中添加三聚氰胺,一般的食物很难评价出其对机体有害的结果,这样的评价指标很粗略,对饮食健康安全指导作用有限。要知道食物在超大剂量下不死亡,不等于在常规剂量下对机体无负面效应乃至损伤。食品安全的内涵也在于食用后对健康是否有益,会否生病,一般不至于到致死死亡的程度。

本模型BDI-GS评价系统的方法是以代表机体生理功能的脏器组织——五脏(心、肝、脾、肺、肾)、三焦主要腺体(胸腺、胰腺、性腺精囊)<sup>[13]</sup>、股骨为研究对象,指标全面、综合,同时以各脏器组织效应BDI值及其累加GS值作为受试物整体评价的指标,更能直观、全面地反映出受试物的具体作用、综合功效及安全性,比传统方法更具优势。指标的补肾、益脾、养心等符合养生保健习惯,易于接受。如BDI = 1.0时,代表食物在该指标上对机体无损益,BDI  $< 1.0$  时为损伤,BDI  $> 1.0$  时为有益;同理,GS = 9.0时,代表食物对机体综合效应无损益,以此类推。因此该方法的优点还在于除了营养保健功效的评价之外,同时可提示食物的安全隐患,从而有效避免食源性疾病,使饮食更安全健康。

### 3.4 对现实生活的指导作用

本模型系统的剂量设计理念是实验剂量折算后更接近人常规的实际食用量<sup>[14]</sup>,因而其功效安全评价结果更

接近于人体实际食用时的真实效应,对百姓饮食健康具有更直接、具体的指导作用。如本研究5%大豆按小鼠日食用剂量折合成人的食用量约为60g/d,10%大豆则相当于120g/d。一碗豆浆相当于15~30g大豆,豆制品做早点的豆浆、豆腐脑,菜品的香干、豆腐丝、腐竹等,食用量可达到60~120g。通过本研究推荐人营养保健的大豆最佳食用剂量为120g/d。

食品的功效是通过日久的累计发挥作用的,今天的饮食安全问题可能使我们在10年或15年后可能会出现某种慢性病。食品的作用相对缓和,特别是保健功效一般不具有统计学显著性差异。显著性差异的要求显然是对于短期应用(如药物),立竿见影式的治疗功效而要求的。对于普通食物,能使保健指标出现正效应,统计学具有显著性差异,且系数BDI  $> 1.3$  的脏器指标,说明该食物对这些指标就具有食疗功效。如大豆对胸腺、胰腺、性腺等指标就具有食疗意义,因而对免疫功能低下、肾虚的亚健康有良好的保健功效,对2型糖尿病有较好的防治功效<sup>[15]</sup>。当然,胸腺免疫监视机能的显著增强可大大降低患癌的风险<sup>[16]</sup>。

特别指出的是本研究表明大豆对骨质的营养、保健功效均是有益的确切的,表现在股骨的质量及系数BDI均大于1.0,常食豆制品对青少年骨骼发育及中老年防治骨质疏松均非常有益<sup>[17-18]</sup>,其功效会明显好过喝牛奶<sup>[19-20]</sup>。这与其高的钙含量及所含的植物雌激素有密切关系<sup>[20]</sup>,对人们普遍缺钙而又不知如何补钙的现状<sup>[21]</sup>非常有益。

## 4 结 语

本研究建立的BDI-GS评价体系作为食物营养、保健功效的新评价方法首先是对传统评价方法的有力补充,其次该方法可以揭示安全隐患,给出食物的安全警示,并给出综合评价的GS评价结果。因此,本评价方法具有集营养、保健、食疗及安全评价于一体的特点。提出了与以往营养、保健及食疗<sup>[22]</sup>理念不同的理念和更为细致的划分方法及内涵。本研究通过大豆为阳性受试物建立的BDI-GS评价体系,未来在普通食物及饮品的营养保健功效评价,应对食品安全事件,特别是转基因食品及功能性保健食品的功效及安全评价方面可望发挥重要作用,有一定的进步意义。

## 参考文献:

- [1] 刘素稳,张泽生,杨海延,等.马铃薯蛋白的营养价值评价[J].营养学报,2008,30(2): 208-210.
- [2] 傅翠真,常汝镇,邱丽娟.中国大豆品种营养品质评价[J].中国食物与营养,2000(3): 12-13.
- [3] PHILLIPS S M, TANG J E, MOORE D R. The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons[J]. J Am Coll Nutr, 2009, 28(4): 343-354.

- [4] 黄幸纾. 转基因食品安全性评价[J]. 浙江预防医学, 2000, 12(7): 1-3.
- [5] 李璞, 戴功瑾, 赵理. 骨密度与营养状况和生活方式的关系[J]. 现代预防医学, 2007, 34(11): 2161-2162.
- [6] 闫晶, 赵新华, 闫石, 等. 骨密度与营养状况及生活方式的相关性[J]. 河北医学, 2010, 16(2): 244-245.
- [7] 黄君红, 何中初, 陈琼, 等. 发酵型酸奶预防环磷酸胺导致小鼠骨质疏松作用的探讨[J]. 中国老年学杂志, 2008, 28(5): 459-462.
- [8] 郝征红, 李桂凤, 祁国栋, 等. 大豆功能性成分的价值综览[J]. 中国食物与营养, 1998(2): 29-30.
- [9] XIAO Chaowu. Health effects of soy protein and isoflavones in humans [J]. J Nutr, 2008, 138(Suppl 6): 1244-1249.
- [10] 黄丽, 杨君. 营养不良与免疫[J]. 中国食物与营养, 2006(9): 47-50.
- [11] 张聚真, 丁一凡, 袁宋良. 单纯玉米饲料对甲基苯基亚硝胺致癌的影响[J]. 河南肿瘤学杂志, 1995, 8(1): 7-9.
- [12] FAO/WHO. Energy and protein requirement[R]. Geneva: WHO, 1973: 63.
- [13] 孟媛, 于涛, 韩景献. 精与三焦关系浅析[J]. 江苏中医, 2010, 42(5): 6-8.
- [14] 黄继汉, 黄晓晖, 陈志扬, 等. 药理试验中动物间和动物与人体间的等效剂量换算[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2004, 9(9): 1069-1072.
- [15] VILLEGAS R, GAO Yutang, YANG Gong, et al. Legume and soy food intake and the incidence of type 2 diabetes in the Shanghai Women's Health Study[J]. Am J Clin Nutr, 2008, 87: 162-167.
- [16] NAGATA C. Ecological study of the association between soy protein intake and mortality from cancer and heart disease in Japan[J]. Int J Epidemiol, 2000, 29: 832-836.
- [17] HO S C, CHAN S G, YI Qilong, et al. Soy intake and the maintenance of peak bone mass in Hong Kong Chinese women[J]. J Bone Miner Res, 2001, 16: 1363-1369.
- [18] HO S C, WOO J, LAM S, et al. Soy protein consumption and bone mass in early postmenopausal Chinese women[J]. Osteoporos Int, 2003, 14: 835-842.
- [19] FESKANICH D, WILLETT W C, STAMPFER M J, et al. Milk, dietary calcium, and bone fractures in women: a 12-year prospective study[J]. Am J Public Health, 1997, 87(6): 992-997.
- [20] KUSHI L H, LENART E B, WILLETT W C. Health implications of mediterranean diets in light of contemporary knowledge. 1. Plant foods and dairy products[J]. Am J Clin Nutr, 1995, 61(Suppl 6): 1407-1415.
- [21] 李里特. 中国传统食品的营养问题[J]. 中国食物与营养, 2007(6): 4-6.
- [22] 冯婷. 鹰嘴豆营养保健价值及其应用[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(1): 67-69.