

# 大豆加工产品中若干抗癌物质的含量及其效应<sup>\*</sup>

孙军明 丁安林

(中国农业科学院作物育种栽培研究所 北京 100081)

## THE CONTENT AND EFFECTS OF SOYBEAN ANTICARCINOGENS IN SOYBEAN PROCESSING PRODUCTS

Sun Junming Ding Anlin

(*Institute of Crop Breeding and Cultivation CAAS, Beijing 100081*)

### 摘 要

大豆不仅含有丰富的蛋白质,而且也含有一些传统上认为是抗营养因子的生物活性物质,包括异黄酮、皂甙、胰蛋白酶抑制剂、植酸等。最近的研究认为这些成份又具有一定的抗肿瘤活性。本文综述了大豆及其加工产品中生物活性物质的含量和抗肿瘤效果,同时探讨其综合利用的价值。

**关键词** 大豆;加工产品;抗癌物质;含量;效应

当今世界普遍认为高脂肪、低纤维素食品是引起人类癌症发生的主要原因,而以植物为基础的富含谷类、豆类、水果蔬菜的食品对人类健康具有重要的保护作用。大豆原产中国,栽培历史悠久,资源相当丰富。它不仅含有丰富的植物蛋白和植物脂肪,而且还富含对人体有益的生物活性物质。

#### 一、大豆异黄酮 (Soybean isoflavone)

大豆异黄酮是大豆生长过程中形成的一类次生代谢产物。它是产生大豆食品的苦涩味因子之一。大豆异黄酮主要由于十二种化合物组成,九种葡萄糖苷结合体和三种配糖体。

长期以来,大豆异黄酮在食品中作为一种抗营养因子,但最近由于其雌激素特性而使大豆异黄酮的抗肿瘤活性得到人们的广泛关注。据《美国新闻和世界报道》提到了美国科学家最近以大量的科学研究成果揭示了大豆抑制癌症的奥秘,他们发现了一种特殊的防癌物质—三羟基异黄酮 (genistein) 晶体在恶性肿瘤的孕育中可有效地阻滞血管增生的

<sup>\*</sup> 本文于 1996年 8月 7日收到

This paper was received on Aug. 7, 1996.

生理过程,断绝养料来源,从而延缓或阻止肿瘤病变成癌症。他们调查了美国人和日本人的食谱发现,豆类食品是日本人癌症发病率低的主要原因,尤其是乳腺癌和前列腺癌的发病率美国人是日本人的4倍(Coword等1993)。同时大量的实验证实了大豆异黄酮还可有效地抑制白血病、结肠癌、肺癌、肝癌、胃癌等的发生(Barnes,1995)。

大豆及其加工产品(除豆油外)都含有异黄酮化合物,只不过含量有很大差异(El-dridge等1982,1983)(表1)。中国大豆种子中的异黄酮含量达0.5~1%,在种子下胚轴中的含量较高,而子叶中相对较低,种皮中的含量就更少了(Kudou等1991)。

表1 大豆及其加工产品中的异黄酮含量<sup>1,2</sup>

大豆及其产品	中国大豆	美国大豆	豆粉	分离蛋白	浓缩蛋白	组织化蛋白
异黄酮含量 (mg/100g)	50~700	120~420	201.4	60~100	7.3	229.5
传统大豆食品	烘烤食品	豆腐	丹贝	豆酱	腐乳	速溶饮料
异黄酮含量 (mg/100g)	266.1	53.1	86.5	64.7	43	160~200

1.参考Wang和Murphy(1994),孙军明等(1995)

2.异黄酮含量系指总含量

大豆加工产品中经脱脂、去豆粕,研磨的大豆粉基本上含有与大豆原料相当的异黄酮,豆奶、豆腐、豆酱中的异黄酮含量相对较少,主要以葡萄糖苷的形式存在。分离蛋白中的异黄酮含量(60~100mg/100g)也是较低的,主要因含水的加工过程使异黄酮流失的缘故。浓缩蛋白中的异黄酮含量(7.3mg/100g)更低的原因是由于加工过程中异黄酮溶解于乙醇中而大部分流失所致。传统的大豆食品中非发酵食品以葡萄糖苷类型为主,发酵食品则含有较多的配糖体类型,非发酵食品中的异黄酮浓度大约是发酵食品中的2~3倍(Wang等1994)。

二、大豆皂甙(Soybean Saponin)

大豆皂甙为甙类化合物的一种,属多环类化合物,由糖分子环状半缩醛上的羟基与非糖化分子中羟基失水缩合而成,可水解成多种糖类和配糖体。它也是引起大豆食品产生苦涩味的因子之一。大豆皂甙主要由皂甙群A皂甙群B皂甙群E三部分组成,在食用豆中皂甙群B含量很丰富,而皂甙群A仅存在于下胚轴中。皂甙群E很不稳定,是皂甙群B的前体(Shiraiwa等1991)。皂甙的结构和组成十分复杂,因而导致分析相当困难,目前主要以高效液相色谱(HPLC)技术分析较为普遍(Kudou等1993)。

最近的研究发现大豆皂甙同样具有抗肿瘤活性。大豆皂甙可明显抑制肿瘤的生长,对肿瘤细胞的DNA合成和细胞转移有抑制作用,能直接杀伤肿瘤细胞,破坏其表面结构和功能,特别是对人类白血病细胞的DNA合成有很强的抑制作用(Messina等1991),同时对人类免疫性缺乏症(HIV)的致病力和传染性具有抑制效果(Nakashima等1989),大豆皂甙对X-射线具有防护作用,因此对肿瘤病人放疗、化疗引起的副作用有很好的抵抗作用,还可加强人体的免疫力(Maharaj等1986)。

大豆皂甙在种子中的含量达0.1~0.3%(表2),子叶中含量为0.2~0.3%,下胚轴中高达2%。但下胚轴在整个种子中只占2%,因此对整个种子中的皂甙含量影响很小。种

皮中几乎不含有皂甙 ( Kudou等 1993)。非加热和加热处理的全脂豆粉约含 0. 3% 皂甙 ,表明其具有热稳定性。经乙醇提取的浓缩蛋白中没有检测出皂甙成分 ,分离蛋白约含 0. 8% 皂甙 ,主要因皂甙可能与蛋白质紧密结合 ,在分离过程中与蛋白质一起保存下来。传统的大豆食品 (豆奶 ,豆腐等 )皂甙含量变化范围为 0. 3~ 0. 4% ,与大豆中的含量相当 ,发酵食品中含量相对较低约为 0. 15~ 0. 25%。

表 2 大豆及其加工食品中皂甙含量

类 别		皂甙含量 ( g/100g干重 )	参考文献
大豆及其加工产品	大豆	0. 22~ 0. 33	Kitagawa等 1984
	大豆	0. 53	Ireland, 1986
	子叶	0. 21~ 0. 27	Taniyama等 1988
	胚轴	1. 67~ 1. 98	Taniyama等 1988
	种皮	0	Taniyama等 1988
	全脂豆粉	0. 47~ 0. 53	Ireland等 1986
	浓缩蛋白	0	Ireland等 1986
	分离蛋白	0. 81	Ireland等 1986
传统食品	豆奶	0. 39	Kitagawa等 1984
	豆腐	0. 30~ 0. 33	Kitagawa等 1984
	豆酱	0. 15	Kitagawa等 1984
	纳豆	0. 25	Kitagawa等 1984

三、蛋白酶抑制剂 ( Protease inhibitors)

大豆中蛋白酶抑制剂主要指的是胰蛋白酶抑制剂 ,由 2种低分子量的蛋白质组成:一种是库尼兹胰蛋白酶抑制剂 ( Kunitz trypsin inhibitor) ,另一种是包曼—伯克胰蛋白酶抑制剂 ( Bowman-Birk trypsin inhibitor)二者总和占贮藏蛋白总量的 6% (丁安林等 1994)

虽然长期以来认为大豆胰蛋白酶抑制剂是一种抗营养因子 ,它可引起动物的胰脏肿大 ,抑制胰蛋白酶的活性等 ,但最近的研究证实它也具有抗肿瘤活性。大豆包曼—伯克胰蛋白酶抑制剂 ( BBI)可抑制或阻止诱导结肠癌的发生 ( Stclair等 1990)。其抑制肿瘤的效果主要来自于抑制胰凝乳蛋白酶的活性 ( Yavelow等 1985)。蛋白酶抑制剂虽然对癌细胞没有直接的杀伤效果 ,但它在离体条件下可阻止正常细胞向恶性转化 ,甚至在癌症晚期亦如此 ( Kennedy等 1985)。

大豆中的胰蛋白酶抑制剂的含量为 17~ 27mg /g (表 3)。大豆中贮藏蛋白约占 40% ,因此大豆蛋白中约含有 35~ 123mg /g胰蛋白酶抑制剂。经脱皮 ,脱脂处理后的大豆 ,胰蛋白酶抑制剂没有丢失 ,反而增加到 28~ 32mg /g豆粉 ,且其在蛋白质中含量相应地变为 58mg /g。胰蛋白酶抑制剂是一种蛋白质 ,加热可使其钝化 ,因此经加热处理的烘烤大豆粉胰蛋白酶抑制剂活性便很低 ( 8. 0~ 10mg /g样品)。大豆浓缩蛋白经醇或水处理以后 ,大部分的寡聚糖和其他成份被去除但蛋白质保存下来 ,胰蛋白酶抑制剂含量为 5~ 7mg /g ,而分离蛋白中的胰蛋白酶抑制变化范围较大 ,约为 1~ 30mg /g。

传统的大豆食品中的胰蛋白酶抑制剂含量都很低 (表 3) ,经酶或酸水解的豆酱汁中

胰蛋白酶抑制剂含量仅为 0. 3mg /g,相当于 3. 3mg /g 蛋白质。经发酵生产的豆酱 ,其含量约为 4mg /g 豆腐是经加热的豆浆用 CaSO<sub>4</sub>沉淀而得到 ,胰蛋白酶抑制剂含量 ( 9mg /g 蛋白质 )接近烤制的豆粉 ( 16mg /g 蛋白质 )大豆婴儿食品来自分离蛋白 ,并加入一些辅加营养成分 ,其含量下降为 0. 3~ 3mg /g 样品。

四、植酸 ( Phytic acid)

表 3 大豆及其加工蛋白与传统食品中胰蛋白酶抑制剂含量

类 型		胰蛋白酶抑制剂活性	
		mg /g 样品	mg /g 蛋白质
大豆及其加工蛋白	大豆 <sup>1 2</sup>	16. 7- 27. 2	34. 7- 122. 6
	生豆粉 <sup>3</sup>	28- 32	57. 8
	烤制豆粉 <sup>3</sup>	7. 9- 9. 4	15. 9
	浓缩蛋白 <sup>4</sup>	5. 4- 7. 3	8. 4- 11. 2
	分离蛋白 <sup>3 4</sup>	1. 2- 30. 0	1. 4- 29. 4
传统食品	豆酱汁 <sup>5</sup>	0. 3	3. 3
	豆酱 (未提取) <sup>5</sup>	4. 1	22. 9
	豆腐 <sup>5</sup>	0. 6	9. 3
	大豆婴儿食品 <sup>4</sup>	0. 3- 2. 7	2. 2- 15. 5

参考文献: 1. Hafez ( 1983)      2. Kakade等 ( 1972)    3. Rackis等 ( 1985)      4. Peace等 ( 1992)    5. Doell等 ( 1981)

表 4 大豆及其加工食品中植酸含量

类 别	植酸含量	
大豆及其蛋白产品	大豆	1- 1. 47      Lolas等 ( 1976)
	种皮	0. 12- 0. 5      Sutardi等 ( 1985)
	下胚轴	0. 88      Thom pson等 ( 1982)
	子叶	1. 58      Beleia等 ( 1993)
	全脂豆粉	1. 51- 1. 81      Ranhotra等 ( 1974)
	脱脂豆粉	1. 62- 1. 85      Ranhotra等 ( 1974)
	组织化豆粉	1. 10- 2. 02      Davies等 ( 1979)
	浓缩蛋白	1. 25- 2. 17      Ranhotra等 ( 1974)
传统食品	分离蛋白	0. 97- 1. 69      Schuster等 ( 1980)
	豆奶	1. 68      Omosaiye等 ( 1979)
	豆奶	1. 83      Beleia等 ( 1990)
	豆腐	1. 5- 2. 5      V ander Riet等 ( 1989)
	豆腐	1. 96- 2. 88      Schaefer等 ( 1992)
	丹贝	0. 69- 0. 73      Sutardi等 ( 1985)

植酸又名肌醇六磷酸 ( Inositol hexaphosphate, IP<sub>6</sub>)它在植物界普遍存在 ,尤其在谷物和豆类中含量丰富。长期以来认为植酸只是干扰矿物质 ( Fe, Zn等 )吸收 ,最近的研究表明植酸也是一种肿瘤抑制物 ( Messina等 1991)。IP<sub>6</sub>比纤维素能更好地抑制结肠癌的发生

(Graf等 1985),同时 IP<sub>6</sub>也能抑制人类免疫性缺乏病毒(HIV)侵染细胞的致病作用,且抑制 HIV的特殊抗体在 MT-4细胞中的表达(Otake,等 1989)。

植酸在大豆中的含量因品种不同而有显著变化(1~2.3%)(表4)。大豆种皮中的含量为0.1~0.5%,下胚轴中为0.9%,子叶中含量高达1.6%。全脂豆粉主要来自大豆子叶,因此植酸含量变化范围为1.5~1.8%,脱脂豆粉、浓缩蛋白、分离蛋白需要额外的加工程序,植酸含量范围为1~2%。组织化的豆粉也在此范围内变化,表明植酸对加热是稳定的(Davies等 1979)。传统大豆食品中植酸含量0.5~3%,丹贝中含量最低(0.5~1%),豆腐中的相对较高(1.5~3%)。

### 五、植物甾醇(Phytosterols)

植物甾醇类在大豆中的含量也十分丰富。植物甾醇是一类三萜类化合物,它是许多生物,特别是动物维持生命所必需的。在结构上与动物胆固醇相类似,可抑制胆固醇的吸收,并且其大部分从粪便中排出,因此在体内很少吸收(Harwood等 1984)。Rao认为,植物甾醇与皂甙同样具有抑制结肠癌的作用。在大鼠食物中添加0.2%β-谷甾醇(β-sitosterol)可抑制结肠癌的发生(Raich等 1980)。在一定的剂量范围内植物甾醇可以减少结肠细胞增生(Deschner等 1982)。

人类食谱中大豆是甾醇类的主要提供者,尤其是β-谷甾醇含量可达90mg/100g。豆油中含有丰富的植物甾醇,但经精炼和氢化作用后,使甾醇类含量由315mg/100g降至132mg/100g(Weihranch等 1978)。东方人和西方人食物中摄入的甾醇类显著不同,西方人每天摄入量大约为80mg/天,而日本人和素食者摄入的甾醇含量高达345~400mg/天(Nair等 1984 Hirai等 1986)。

大豆是世界上重要的经济作物,大豆中的生物活性物质如异黄酮、皂甙、胰蛋白酶抑制剂等对人体健康的作用也越来越受到重视。研究表明,它们都对肿瘤具有一定的抑制作用,特别是异黄酮在临床上的试验显示了它具有很好的抗癌效果。因此,我们一方面可以分离抗癌化合物,应用于临床治疗各种癌症,另一方面可以研制防癌抗癌食品,尽快投入市场,改善和保护人类的身体健康,但作为添加剂补充入食品中可能产生积极和消极两种作用,必须进行大量试验调查,研究综合成份的抗癌、防癌食品。同时,也要提高分析方法,弄清大豆中各活性物质的准确含量。大豆中的生物活性物质虽然已证明其对肿瘤具有抑制作用,但在人体内的吸收、代谢、生理机理还不十分清楚,必须进行深入的研究,探索抗癌奥秘。由此看来,若能充分利用大豆中的这些活性物质,使其物尽其用,服务于人体健康,必将获得较大的经济和社会效益。

## 参 考 文 献

- [1] 丁安林等, 1994, 大豆科学, 13(1): 72~76
- [2] 孙军明, 丁安林等, 1995, 中国粮油学报, 10(4): 51~54
- [3] Barnes, S. 1995, J. Natl. 125: 7775~7835
- [4] Beleia, A. et al. 1990 Arq. Biol. Technol. 33: 623~629
- [5] Beleia, A. et al. 1993 J. Food Sci. 58: 375~377
- [6] Coward, L. et al. 1993 J. Agric. Food Chem. 41: 1961~1967

- [7] Davies, N. T. et al. 1979 Br. J. Nutr. 41 579~ 589
- [8] Deschner, E. E. et al. 1982 J. Cancer Res. Clin Oncol. 103 49~ 54
- [9] Doell, B. H. et al. 1981 Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr. 31 139~ 150
- [10] Eldridge, A. C. 1982 J. Agric. Food Chem. 30 353~ 355
- [11] Eldridge, A. C. 1983 J. Agric. Food Chem. 31 394~ 396
- [12] Graf, E. et al. 1985 Cancer 56 717~ 718
- [13] Hafez, Y. S. 1983 Nutr. Rep. Int. 28 1197~ 1206
- [14] Harwood, J. L. et al. 1984 London George Allen and Unwin pp23
- [15] Hirai, K. et al. 1986 J. Nutr. Sci. Vitaminol 32 363~ 372
- [16] Ireland, P. A. et al. 1986 J. Sci. Food Agric. 37 694~ 698
- [17] Kakade, M. L. et al. 1972 J. Agric. Food Chem. 20 87~ 90
- [18] Kennedy, A. R. 1985 Carcinogenesis 6 1441~ 1445
- [19] Kitagawa, I. et al. 1984 Yakugaku Zasshi 104 275~ 279
- [20] Kudou, S. et al. 1991 Agric. Biol. Chem. 55(9): 2227~ 2233
- [21] Kudou, S. et al. 1993 Biosci. Biotechnol. Biochem. 57 546~ 550
- [22] Lolas, G. M. 1976 Cereal Chem 53 867~ 871
- [23] Maharaj, I. et al. 1986 Can. J. Microbiol. 32 414~ 420
- [24] Messia, M. et al. 1991 J. Natl. Cancer Inst. 83 541~ 546
- [25] Nakashima, H. et al. 1989 AIDS 3, 655
- [26] Nair, P. P. et al. 1984 Am. J. Clin. Nutri. 40 927~ 930
- [27] Omosaiye, O. et al. 1979 Cereal Chem. 56 58~ 62
- [28] Otake, T. et al. 1989 J. Jap. Assoc. Inf. Dis. 63 676~ 683
- [29] Peace, R. W. et al. 1992 Food Res. Int. 25 137~ 141
- [30] Rackis, J. J. et al. 1985 Qual. Plant, Plant Foods Hum. Nutr. 35 213~ 242
- [31] Raicht, R. F. et al. 1980 Cancer Res. 40 403~ 405
- [32] Ranhotra, G. S. et al. 1974 J. Food Sci. 39 1023~ 1025
- [33] Schuster, E. M. et al. 1980 Fed. Proc. 39 659
- [34] Shiraiwa, M. et al. 1991 Agric. Biol. Chem. 55(2): 323~ 331
- [35] Sutardi K. A. et al. 1985 J. Appl. Bacteriol. 58 539~ 543
- [36] Taniyama T. et al. 1988 Yakugaku Zasshi 108 562~ 571
- [37] Thompson, D. B. et al. 1982 J. Food Sci. 47 513~ 517
- [38] Vander Riet, W. B. et al. 1989 Food Chem. 34 193~ 202
- [39] Wang, H. et al. 1994 J. Agric. Food Chem. 42 1666~1673
- [40] Weihrauch, J. L. et al. 1978 J. Am. Diet Assoc. 73 39~ 47
- [41] Yavelow, J. et al. 1985 Proc. Natl. Acad. Sci. USA 82 5395~ 5399