

功能性食品及其加工技术丛书

功能性大豆食品

李晓东 主编



Chemical Industry Press



化学工业出版社

化学与应用化学出版中心

功能性食品及其加工技术丛书

功能性大豆食品

李晓东 主编



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

功能性大豆食品/李晓东主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 12

(功能性食品及其加工技术丛书)

ISBN 7-5025-8100-6

I. 功… II. 李… III. 大豆-豆制品-食品加工
IV. TS214.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 154767 号

功能性食品及其加工技术丛书

功能性大豆食品

李晓东 主编

责任编辑: 王蔚霞

文字编辑: 温建斌

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

化学与应用化学出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 1/4 字数 216 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8100-6

定 价: 19.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

食品的功能第一是营养功能：它提供人体所需要的基础营养素，以满足人体生存的需要。第二是感官功能：它必须满足人们对色、香、味、形嗜好的要求，增强人们对食品的食欲。然而，随着社会的进步，人民生活水平的提高，人们对自身健康的重视和对长寿的追求越来越关注。另一方面，社会的发展，科技的进步也给人们的生存环境中的空气、水源、食品等带来严重的污染，从而导致各种疾病发病率的不断上升。在这种情况下，人们寻求一种既能满足营养和感官功能，又能增强机体免疫能力，调节人体生理节律，预防疾病或促进康复的具有特殊用途的食品，即既具有营养和感官功能又具有第三功能的食品。这种被称为具有特殊功能的功能食品（亦称健康食品）是食品营养与功能研究的热门课题，是当今的前沿与方向。

功能食品的第三功能在于功能食品中的活性成分对人体生理节律的调节。功能活性成分和功能食品的研究与生理学、生物化学、营养学及中医药等多种学科的基本理论相关。目前，国内外研究工作者应用多学科的知识、采用现代科学仪器和实验手段，以体内试验和体外试验相结合，从分子、细胞、器官等分子生物学水平上对功能食品进行了深入的研究，开发出一系列具有不同功效的功能食品。因此功能食品应是多学科交叉、融合的结晶。如果将各自的研究结晶向研究和开发功能食品的科技人员介绍，共同深入探讨，共同切磋，将有利于功能食品产业的飞跃和健康发展；特别是深入浅出，通俗易懂地将功能食品介绍给广大人民群众，为人民群众所理解和接受，得到人们的喜爱，对提高人们生活质量和健康水平的重要意义是不可低估的。

然而，目前我国认真地系列地介绍具有不同功效的功能食品书

籍还很缺乏。化学工业出版社组织编著和不断推出的《功能性食品及其加工技术丛书》，填补了这一空白。此系列丛书由我国研究功能食品的有关专家教授亲自编著而成。他们在积累了相当丰富文献资料的基础上，结合各自的研究成果，撰写出内容丰富，兼具科学性与实用性的系列丛书。该丛书既可供大众阅读，又可供研究功能食品的科技人员、开发生产功能食品的生产管理人员借鉴和参考。它的出版，对提高人民的健康水平、生活质量，对我国功能食品的开发和产业的发展，将起到较大的推动作用。在此系列丛书不断问世之际，特向读者推荐，并作此序。

吴谋成 教授

2004 年 12 月于武汉狮子山

前 言

我国是大豆原产地，品种资源极为丰富，大豆的加工历史也十分悠久，早在 2000 多年前，我国就开始制作豆腐，在中华民族的繁衍与发展过程中，大豆制品具有不可磨灭的贡献。目前，大豆食品的加工呈现出非常好的发展趋势，伴随着世界大豆产量的持续上升，大豆食品加工业取得了新的进展，大豆食品以其独特的营养价值越来越受到消费者的喜爱，大豆的综合利用和深加工也不断拓展，大豆的营养保健功能更是有了新的发现。大豆食品加工业已经成为大豆各主产国的支柱产业。

作为大豆的故乡，我国更应该把大豆食品加工业发展成为现代化的产业。多年来，研究人员通过对大豆多种成分的研究分析，发现大豆具有许多特殊的生理功能特性，并且伴随着对大豆功能性成分研究的不断深入，大豆的综合开发和利用必将越来越广泛和深入。比如利用脱脂豆粕加工生产的食用大豆蛋白作为一种营养型和功能性蛋白质的原料在各种食品中广泛应用。伴随着人们对高质量和健康生活的追求，大豆中的生理活性物质也相继被开发和利用，大豆中生理活性物质主要有：大豆异黄酮、大豆皂苷、大豆低聚糖、大豆膳食纤维、大豆磷脂、大豆蛋白质和维生素类等，这些成分在功能性食品、药品和化妆品等领域的应用正在迅速扩大。如由于大豆磷脂可以调节血液中的脂质，降低胆固醇和甘油三酯，市场上的磷脂商品呈现增长势头。此外，大豆皂苷、大豆异黄酮和大豆低聚糖的研究也取得新的进展。

总之，从营养的全面性、食用的经常性、受益的长期性和消费群体的规模性来看，大豆产业是关系到民族兴旺的健康产业，符合中国膳食结构的特色，是非常有发展前途的产业。

编写此书是从我国大豆的深加工产业的发展出发，为研究我国

大豆中的功能性成分，为大豆深加工的研究人员和生产技术人员提供一部参考文献资料，为我国的大豆深加工产业尽一份微薄的力量。

本书由李晓东主编，马莺副主编参编人员为：李晓东（第一章，第二章和第九章部分内容）、马莺（第三章和第四章部分内容）、姜瞻梅（第六章和第八章）、崔旭海（第四章和第七章）、张萍（第三章和第五章）、韩雪（第九章），最后由李晓东统稿并定稿。本书作者均从事食品教学或研究工作多年，在大豆深加工领域有比较丰富的经验积累。书中有对研究工作的总结，同时也参阅了大量的国内、国外的文献。

本书可作为从事大豆食品的研究人员、生产技术人员以及大专院校师生作为教材或者参考资料使用。由于编写时间问题和作者思路的局限性，书中可能还存在错误或不妥之处，敬请读者批评指正！并向所有参考资料的作者表示感谢！

李晓东

东北农业大学 食品学院

2005年6月17日于哈尔滨

目 录

第一章 绪论	1
第一节 大豆中的营养成分和传统大豆食品	1
一、大豆营养成分的种类及含量	1
二、传统大豆食品概述	9
第二节 大豆中的功能性成分和大豆功能性食品	13
一、大豆功能性成分的种类和存在形式	13
二、新兴大豆食品和大豆功能性食品的开发和应用	18
第二章 大豆低聚糖	26
第一节 大豆低聚糖的性质	26
一、大豆低聚糖的来源、组成及理化性质	26
二、大豆低聚糖的生理功能特性	29
三、改性大豆低聚糖	30
第二节 大豆低聚糖的生产	35
一、大豆低聚糖制品的生产方法	35
二、大豆低聚糖制品的种类及质量标准	39
第三节 大豆低聚糖在食品中的应用技术	41
一、大豆低聚糖在酸奶中的应用	43
二、大豆低聚糖在乳酸菌饮料中的应用	43
三、大豆低聚糖在冰淇淋中的应用	44
四、大豆低聚糖在果汁饮料中的应用	44
五、大豆低聚糖在面包中的应用	45
六、大豆低聚糖在面条中的应用	46
七、大豆低聚糖在馒头中的应用	47
第三章 大豆磷脂	48
第一节 大豆磷脂的性质	48

一、大豆磷脂的来源、组成结构及理化性质	48
二、大豆磷脂的生理功能	55
第二节 大豆磷脂的生产	59
一、大豆磷脂的品种	59
二、大豆磷脂的分离提纯方法	60
三、浓缩大豆磷脂的生产方法	64
四、粉末状大豆磷脂的生产方法	64
五、高纯度磷脂(精制磷脂)的纯化方法	65
六、高纯度卵磷脂(PC)和脑磷脂(PE)的分离提纯方法	66
七、大豆磷脂的质量标准	68
第三节 大豆磷脂在食品中的应用	70
一、大豆磷脂在乳制品和巧克力中的应用	70
二、大豆磷脂在焙烤制品中的应用	72
三、大豆磷脂在面制品中的应用	73
四、大豆磷脂制作的保健食品	73
第四章 大豆异黄酮	74
第一节 大豆异黄酮的性质	74
一、大豆异黄酮的来源、组成结构及理化性质	74
二、大豆异黄酮的生理功能特性	79
第二节 大豆异黄酮产品的开发	85
一、大豆胚芽(或胚轴)的开发	86
二、富含异黄酮大豆蛋白的开发	86
三、高纯度异黄酮素材的开发	87
四、大豆异黄酮产品的市场前景	87
第三节 大豆异黄酮的生产方法	88
一、萃取法	89
二、吸附法	89
第四节 大豆异黄酮的应用	90
一、大豆异黄酮在保健食品中的应用	90
二、大豆异黄酮在医药中的应用	92
第五章 大豆皂苷	93
第一节 大豆皂苷的性质	93

一、大豆皂苷的来源、组成结构和理化性质	93
二、大豆皂苷的生理功能特性	100
第二节 大豆皂苷的生产技术	110
一、大豆皂苷提取和制备方法	111
二、大豆皂苷的提纯方法	114
第三节 大豆皂苷在食品中的应用	115
一、作为天然食品添加剂在食品中的应用	115
二、大豆皂苷保健食品	116
第六章 大豆多肽化合物	118
第一节 大豆多肽的性质	118
一、大豆多肽的来源、组成及理化性质	118
二、大豆多肽的营养与功能特性	125
第二节 大豆多肽的生产	129
一、大豆多肽的生产方法	129
二、大豆多肽的质量标准	136
第三节 大豆多肽在食品中的应用	137
一、大豆多肽在营养疗效食品中的应用	137
二、大豆多肽在功能性保健食品中的应用	137
三、大豆多肽在运动员食品中的应用	138
四、大豆多肽在发酵工业中的应用	138
五、大豆多肽在普通食品中的应用	138
六、老年食品	139
七、减肥食品	140
第四节 几种大豆多肽产品的生产技术	140
一、大豆多肽饮料的制作	140
二、大豆活性多肽口服液的制作	140
三、大豆多肽豆奶的生产技术	141
第七章 维生素 E	143
第一节 维生素 E 的一般性质	143
一、维生素 E 的理化性质与生理功能特性	143
二、维生素 E 缺乏与需要量	153

第二节 大豆中维生素 E 的提取方法	157
一、从大豆油的脱臭馏出物中提取天然维生素 E	159
二、从皂脚中提取天然维生素 E	160
第三节 大豆中维生素 E 应用与开发	161
第四节 大豆中维生素 E 的含量	163
一、大豆中维生素 E 的含量	163
二、加工过程对大豆中维生素 E 的影响	165
第八章 大豆纤维食品	168
第一节 大豆纤维的性质	169
一、大豆纤维的来源、组成结构及物化特性	169
二、大豆纤维的生理功能特性	176
第二节 大豆纤维的工业化生产方法	178
一、总膳食纤维的生产方法	178
二、可溶性膳食纤维的生产	182
三、水不溶性膳食纤维的生产	183
第三节 大豆纤维在食品中的应用	184
一、大豆纤维在烘焙食品中的应用	185
二、大豆纤维在面食制品中的应用	185
三、大豆纤维在挤压食品和休闲食品中的应用	185
四、大豆纤维在油炸食品中的应用	185
五、大豆纤维在饮料制品中的应用	186
六、大豆纤维在肉制品和乳制品中的应用	186
第四节 富含大豆纤维产品的生产技术	186
一、大豆纤维桃酥的生产	186
二、大豆纤维蛋糕的生产	187
三、大豆纤维月饼馅的生产	188
四、膳食纤维挂面的生产	188
五、豆渣纤维饮料的生产	189
六、豆渣膨化食品的生产	189
七、无糖大豆纤维饼干的生产	190
八、大豆皮纤维模压降解餐具的生产	190
九、高膳食纤维面包的生产技术	191

第九章 功能性大豆蛋白	195
第一节 大豆分离蛋白	195
一、大豆分离蛋白的存在形式、理化性质和生理功能	196
二、大豆分离蛋白的生产方法	206
三、大豆分离蛋白的质量标准	215
四、国内 SPI 生产存在的问题及对策	216
第二节 大豆分离蛋白制品在食品中的应用	217
一、大豆分离蛋白在面制品中的应用	218
二、大豆分离蛋白在肉制品中的应用	219
三、大豆分离蛋白在饮料中的应用	220
第三节 大豆浓缩蛋白	220
一、大豆浓缩蛋白的组成、理化性质和生理功能	221
二、大豆浓缩蛋白的生产方法	228
三、大豆浓缩蛋白的质量标准	234
第四节 大豆浓缩蛋白的应用	237
一、大豆浓缩蛋白在肉制品中的应用	237
二、大豆浓缩蛋白在面制品中的应用	240
三、大豆浓缩蛋白在饲料中的应用	240
参考文献	243

第一章 绪论

大豆原产我国，古称“菽”，属于豆科，蝶形花科，大豆属，一年生。大豆是我国饮食生活的传统食品之一，它富含天然的植物蛋白和不饱和脂肪酸，可以制作多种美味食品，是家庭餐桌上不可缺少的菜肴之一。大豆在我国加工历史悠久，早在 2000 多年前我国就发明了豆腐。我国大豆品种资源极为丰富，种植十分普遍，北到黑龙江，南到海南岛，都有种植。目前，我国的大豆产量位于美国、巴西、阿根廷之后，居世界第四位。根据美国农业部《世界油料形势和展望》发表统计资料表明，近年来世界大豆产量持续上升，大豆食品风靡世界，大豆的综合开发利用和深加工正在不断拓展，大豆营养保健功能有了更多的新发现。实践表明，大豆食品工业已经成为各大豆主产国的一大支柱产业。

第一节 大豆中的营养成分和传统大豆食品

一、大豆营养成分的种类及含量

(一) 一般营养成分

大豆营养成分的特点是蛋白质和脂肪含量较多，有“植物肉”之称。通常大豆中的主要成分为蛋白质 40%，脂肪 20%，碳水化合物 25%，水分 10%，纤维和灰分各含 4%~5% 左右，还含有多种矿物质和维生素。不同产地的大豆营养成分也不相同，如美国大豆的脂肪含量就高于日本大豆和中国大豆。大豆与米、面不同，几乎不含淀粉。大豆的一般营养成分组成见表 1-1。

表 1-1 大豆的一般营养成分组成/%

产 地	水分	粗蛋白 (N×6.25)	粗脂肪	可溶性无氮物	粗纤维	灰 分
中国	8.89	39.27	17.24	28.78	—	5.82
美国	7.74	35.00	20.37	26.57	4.53	5.79
日本	10.00	33.20	17.50	30.20	4.40	4.70
朝鲜	12.40	37.12	18.69	22.88	4.69	4.22
欧洲	9.94	34.30	17.62	28.04	4.79	5.31

大豆的品种很多,我国就有 936 个品种。由于栽培条件和大豆品种本身的遗传特性不同,大豆的物理性状和化学组成也各不相同,见表 1-2。

表 1-2 不同地区大豆的营养成分 (以 100g 干基计)

大豆名称	产地	蛋白质/g	碳水化合物/g	粗脂肪/g	灰分/g	钙/mg	磷/mg	铁/mg
黄豆	北京	40.7	33.7	20.6	5.0	411	640	12.0
黄豆	福建	44.3	34.9	16.1	4.7	303	443	13.5
青豆	北京	39.9	35.3	19.6	5.2	256	566	5.8
青豆	兰溪	44.4	31.4	19.3	4.9	215	588	7.2
黑豆	北京	54.0	28.1	13.1	4.8	271	488	11.4
黑豆	四川	46.9	27.9	20.4	4.8	252	529	9.2
MAUS-61	印度	39.5	35.0	20.0	5.5	238	690	—
MAUS-2	印度	39.8	33.5	21.7	5.0	238	685	—
UGM-47	印度	40.0	33.7	21.7	4.6	195	685	—
UGM-69	印度	40.0	33.0	21.8	5.2	198	705	—

大豆籽粒可分为种皮、子叶和胚三部分,其中,种皮约占 8%,子叶约占 90%,胚约占 2%。大豆种皮大部分都是由纤维素、半纤维素、果胶质组成,只是在糊粉层中含有一定量的蛋白质和脂肪,胚和子叶主要是由蛋白质、脂肪和碳水化合物组成。大豆不同部位的主要营养成分见表 1-3。

(二) 蛋白质

大豆蛋白质是存在于大豆籽粒中诸多蛋白质的总称,是大豆中

表 1-3 大豆不同部位的主要营养成分组成 (以干基计)/%

结构部位	粗蛋白 (N×5.71)	粗 脂 肪	碳水化合物 ^① (包括粗纤维)	灰 分
整粒	30.0~45.0	16.0~24.0	20.0~39.0	4.5~5.0
种皮	8.8	1.0	85.9	4.3
子叶	42.8	22.8	29.4	5.0
胚	40.8	21.4	33.4	4.4

① 碳水化合物主要为蔗糖、棉籽糖、水苏糖和多聚戊糖。

最重要的成分之一。因品种不同，大豆中蛋白质含量也有较大差异。我国的大豆蛋白质含量一般在 40% 左右，有些品种可以达到 50% 以上。按 40% 计算，1kg 大豆的蛋白质含量相当于 2.3kg 猪瘦肉或 2kg 瘦牛肉的含量，所以，人们将大豆誉为“植物肉”。

在大豆的蛋白质中，水溶性蛋白质约有 86%~88%。其中，球蛋白又是它的主要成分，约占水溶性蛋白质的 85%。大豆蛋白质经高速离心分离后，按分子量大小分为 2S, 7S, 11S, 15S 等 4 级。其中，2S 约占 22%，为胰蛋白酶制剂和细胞色素 C；7S 约占 37%，是大豆中含量最多的蛋白质组分，主要为血球凝集素、 β -淀粉酶、脂肪氧化酶以及 7S 球蛋白；11S 约占 31%，主要为 11S 球蛋白；15S 约占 11%，不是单纯蛋白质，由多种成分构成。

关于大豆蛋白质氨基酸的组成，已有许多分析结果报道。从分析结果来看，谷氨酸和天冬氨酸是主要的。酸沉淀的蛋白质（大豆球蛋白）、酸不沉淀的蛋白质（乳清蛋白质）、不溶残渣（碱不溶性蛋白质）和种皮的氨基酸分析，如表 1-4 所示，有些差异。酸沉淀的蛋白质赖氨酸含量较低而乳清蛋白质的含量较高，此外，碱不溶性蛋白质赖氨酸含量也稍低。但大豆蛋白质的氨基酸组成还是很完全的，与谷类比较，赖氨酸含量也较多，除蛋氨酸和半胱氨酸含量较少外，其余必需氨基酸含量均达到或超过了世界卫生组织推荐的必需氨基酸需要量水平。

(三) 脂肪

大豆脂肪在常温下为黄色液体，是半干性油。含量约占大豆籽

表 1-4 大豆和各种成分的氨基酸组成/(g/100g 蛋白质)

氨基酸	全脱脂大豆	酸沉淀蛋白	不溶残渣	乳清蛋白	种 皮
精氨酸	8.42	9.00	7.44	6.64	4.38
组氨酸	2.55	2.83	2.70	3.25	2.54
酪氨酸	3.90	4.64	3.30	4.67	4.66
色氨酸	1.28	3.01	—	1.28	—
苯丙氨酸	5.01	5.94	5.24	4.46	3.21
胱氨酸	1.58	1.00	0.71	1.82	1.66
蛋氨酸	1.56	1.33	1.63	1.92	0.82
丝氨酸	5.57 ^①	5.77 ^①	5.97 ^①	7.62 ^①	7.02 ^①
苏氨酸	4.21	3.76	4.67	6.18	3.66 ^①
亮氨酸	7.72	7.91	8.91	7.74	5.83
异亮氨酸	5.11	5.03	6.02	5.06	3.80
缬氨酸	5.38	5.18	6.37	6.19	4.55
谷氨酸	21.00 ^①	23.40 ^①	17.76 ^①	15.64 ^①	8.66
天冬氨酸	12.01	12.87 ^①	12.39	14.03 ^①	10.05 ^①
甘氨酸	4.52	4.56	5.21	5.74	11.05 ^①
丙氨酸	4.51	4.48	5.73	6.61	3.98
脯氨酸	6.28	6.55	5.35	6.55	5.76 ^①
羟基脯氨酸	0	—	0	—	7.56 ^①
赖氨酸	6.86	5.72	6.14	8.66	7.13
氨	2.05 ^①	2.20 ^①	2.61 ^①	1.53 ^①	1.55 ^①

① 加水分解时间为 0 时的外插值。

粒质量的 20%，主要是由甘油和脂肪酸形成的甘油脂肪酸酯所组成，因在常温下呈液态，故又称做大豆油。构成大豆脂肪的脂肪酸种类很多，达 10 种以上，由饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸组成，如表 1-5 所示。

大豆脂肪的特点是不饱和脂肪酸约占全部脂肪酸的 60%，因此易氧化。所以对大豆粉或其他易与空气接触的大豆制品必须注意脂肪的氧化问题。另外，大豆脂肪由于不饱和脂肪酸含量高，有防止血管中胆固醇沉积的效果。因此有必需脂肪酸之称。

大豆脂肪对大豆食品的营养、风味等方面起着重要的作用。例

表 1-5 大豆脂肪和脂肪酸的组成/%

	脂肪酸种类	含量范围	平均值
饱和脂肪酸	月桂酸(12:0)	—	0.1
	豆蔻酸(14:0)	<0.5	0.2
	棕榈酸(16:0)	7~12	10.7
	硬脂酸(18:0)	2~5.5	3.9
	花生酸(20:0)	<1.0	0.2
	山芋酸(22:0)	<0.5	—
	合计	10~19	15.1
不饱和脂肪酸	棕榈油酸(16:1)	<0.5	0.3
	油酸(18:1)	20~50	22.8
	亚油酸(18:2)	35~60	50.6
	亚麻酸(18:3)	2~13	6.8
	花生四烯酸(20:4)	<1.0	—
	合计	—	80.5

如，在豆腐和冻豆腐中含 30%，不仅在营养上，而且在香味上，都有很大的作用。但是，像酱油这类制品，需要经过剧烈的发酵过程，脂肪酶将脂肪水解，生成脂肪酸和甘油，压榨后脂肪酸漂浮到榨出液上面而被除去。因此，在酿造酱油时，利用脱脂大豆为原料是合理的。

此外，大豆中还含有丰富的磷脂，约为大豆脂肪含量的 1.8%~3.2%。大豆磷脂的组成成分主要包括卵磷脂、脑磷脂及磷脂酰肌醇等。卵磷脂具有良好的乳化性，因此，广泛用作食品乳化剂、抗氧化剂和营养添加剂，脑磷脂有加速血液凝固的作用。

在大豆油脂中，还含有不皂化物质，主要包括甾醇类（豆甾醇、谷甾醇）、维生素 E、类胡萝卜素及植物色素，总含量约为 0.5%~1.6%。

（四）碳水化合物

大豆中约含有 25% 的碳水化合物，是由相当复杂的成分组成，几乎完全不含淀粉，即使含有淀粉，其含量也是极微量的，这与水