

主要油料蛋白的制取和利用

粮食部科学技术情报研究所

一九八一年二月



目 录

概 述.....	(1)
一、蛋白质的一般常识.....	(1)
二、世界蛋白消费情况.....	(2)
三、我国发展油料蛋白制品大有可为.....	(4)
第一章 大豆蛋白.....	(7)
一、绪论.....	(7)
二、大豆的成分.....	(9)
I、大豆的一般成分.....	(9)
II、大豆的抗营养成分.....	(10)
(一) 胰脏酶阻碍因子.....	(10)
(二) 凝血素.....	(10)
(三) 皂角甙.....	(10)
(四) 肠胃产气因素.....	(10)
三、大豆蛋白的结构.....	(11)
四、大豆蛋白的变性.....	(12)
(一) 热变性.....	(12)
(二) 冻结变性.....	(13)
(三) 溶剂使大豆蛋白变性.....	(13)
(四) 极端的 pH 值使大豆蛋白变性.....	(13)
(五) 盐类使大豆蛋白变性.....	(14)

五、介绍几种脱溶工艺.....	(14)
(一) 美国的食用豆粕加工企业.....	(15)
(二) 己烷过热蒸气脱溶系统.....	(16)
(三) “闪蒸”脱溶系统.....	(16)
(四) 脱溶、烘干、冷却系统 (简称D.T.D.C 或T.T.K)	(18)
(五) DT型蒸烘机.....	(20)
六、几种大豆蛋白制品.....	(21)
(一) 粉状、粒状大豆蛋白的生产.....	(22)
(二) 浓缩大豆蛋白的制取.....	(23)
(三) 分离大豆蛋白的制取.....	(25)
(四) 组织状蛋白产品的生产.....	(28)
(五) 干燥豆乳的制取.....	(31)
(六) 纤维状大豆蛋白的制取.....	(31)
七、大豆蛋白在食品中的应用.....	(32)
(一) 用于一般食品.....	(32)
(二) 肉制品中添加大豆蛋白.....	(33)
(三) 粒状大豆蛋白在鱼肉制品中的利用.....	(33)
(四) 早餐食品.....	(33)
(五) 婴儿食品中加入大豆蛋白.....	(34)
(六) 饮料中添加大豆蛋白.....	(34)
(七) 其他用途.....	(34)
八、大豆蛋白的豆腥味及其脱除.....	(34)

第二章 花生蛋白	(37)
一、绪论	(37)
二、花生中的黄曲霉毒素及其他	(39)
三、花生蛋白的生产工艺	(39)
(一) 水溶法提取花生油和蛋白工艺	(39)
(二) 用等电法生产花生蛋白	(41)
四、花生蛋白在食品中的应用	(41)
第三章 菜籽蛋白	(43)
一、绪论	(43)
二、菜籽蛋白的营养特性	(44)
三、菜籽蛋白去毒制取工艺	(45)
(一) FRI—71工艺	(45)
(二) “发酵中和法”去毒工艺	(47)
四、菜籽蛋白的功能特性和感官特性	(48)
五、菜籽浓缩蛋白在食品中的应用	(49)
第四章 棉籽蛋白	(51)
一、绪论	(51)
二、普通棉籽的毒性研究	(51)
三、去毒制取棉籽蛋白的几种工艺	(52)
(一) 液体旋流加工工艺	(52)
(二) 添加化学药剂去毒工艺	(53)
(三) 用极性溶剂浸出棉酚去毒工艺	(54)
四、棉籽蛋白在食品中的应用	(54)

五、棉籽凝乳.....	(55)
附录一 世界蛋白质情况.....	(57)
附录二 日本食品植物性蛋白.....	(60)
主要参考资料目录.....	(61)

概 述

一、蛋白质的一般常识

维持人体生命有七大营养素：蛋白质、脂肪、糖类（碳水化合物）、无机盐、维生素、水和氧气。这七大营养素又可大体分成三类：一类是可塑性物质，包括蛋白质和矿物质；第二类是能量物质，包括脂肪、糖类；第三类是催化剂，包括维生素、氧气等。其中，蛋白质是最重要的，是生命的基础。正如恩格斯所说：“没有蛋白质就谈不到生命”，“生命的基本特征就是蛋白质的化学成分经常地自我更新。”

通过化学分析，我们知道蛋白质是数百种氨基酸中的若干种按一定的排列顺序通过肽键相连而形成的多肽链大分子化合物。蛋白质的化学性质主要由氨基酸的组成、氨基酸的连接方式、氨基酸的排列顺序及肽链数目所决定。人体吸收蛋白质的过程是一种复杂的化学变化过程，首先蛋白质在人体内通过各种酶的作用被分解为各种氨基酸，分解后的游离氨基酸又根据人体各部分的需要，按一定配比重重新组合，组成人体蛋白，补充到身体各部分。人能够在体内把矿物氮合成自身需要的大部分氨基酸，但有八种氨基酸人自身不能合成，必须从食物中直接摄取，这八种称为必需氨基酸，它们是：赖氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸和半胱氨酸（含硫氨基酸）、苯丙氨酸和酪氨酸（芳香氨基酸）、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸。人体是以最少的一种氨基酸为基础，按比例吸收利用各种氨基酸组织人体蛋白的。因此，这八种必需氨基酸中只要有一种含量不足就会影响其他氨基酸的吸收利用。而不能被吸收利用的氨基酸只能作为能源供应人体的热量消耗。从生物学价值看这些氨基酸是被浪费掉了。人体缺乏蛋白质会导致人体抗疾病能力下降和记忆力衰退；日粮中蛋白长期不足，会使成年人看上去象病人，出现早衰，大大缩短人的寿命。蛋白缺乏症在对蛋白需求特别多的儿童身上表现更为明显，严重的会使儿童死亡率增高（据统计，每年世界上约有五百万儿童因此而死亡），一般的会使儿童的智力迟钝、学习和接受能力差、身体发育不良。

衡量某种食品蛋白质的营养价值，主要是看这种食品蛋白质所含的八种必需氨基酸是否平衡，是否适合于人体的需要。一般说，动物蛋白含有的必需氨基酸比较平衡（其中以鸡蛋的蛋青为最佳），被称作“全价蛋白”，而植物蛋白往往有四种必需氨基酸含量不足：赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸、色氨酸。赖氨酸不足是谷物蛋白的特征（油料蛋白含赖氨酸较多）；蛋氨酸不足是油料蛋白的特征。例如：小麦蛋白主要是赖氨酸和苏氨酸不足；玉米蛋白主要是色氨酸、赖氨酸不足；棉籽蛋白主要是蛋氨酸不足；花生蛋白主要是蛋氨酸和赖氨酸不足。大豆蛋白除蛋氨酸和半胱氨酸含量比联合国粮农组织的推荐值稍低外（推荐值蛋氨酸为2.2，半胱氨酸为2.0；大豆蛋白含蛋氨酸1.3，半胱氨酸为1.2—1.6），其他氨基酸含量均不低于推荐值，即大豆蛋白的氨基酸组成基本是平衡的，接近于全价蛋

白，是稍次于动物蛋白的理想食品蛋白之一。其他油料蛋白，如棉籽、菜籽、向日葵等虽然氨基酸平衡比谷物蛋白好，但由于需脱毒制取或因加工成本较高，因而竞争能力均不及大豆。

人对氨基酸的需求及理想蛋白氨基酸的组成列表如下：

氨基酸名称	蛋白中的氨基酸含量				人体对氨基酸的需求			
	联合国粮农组织的推荐	蛋	人奶	牛奶	青年	儿童	女成人	男成人
组氨酸	—	—	2.2	2.7	2.4	—	—	—
赖氨酸	4.2	6.6	6.6	7.9	7.7	10.7	5.1	5.1
亮氨酸	4.8	8.8	9.1	10.0	10.0	8.0	6.1	7.0
异亮氨酸	4.2	6.6	5.5	6.5	6.8	5.3	4.6	4.5
蛋氨酸	2.2	3.1	2.3	2.5	4.8	—	3.5	1.3
半胱氨酸	2.0	2.3	2.0	0.9	—	—	2.1	5.1
含硫氨基酸	4.2	5.4	4.3	3.4	6.2	4.8	5.6	6.4
苯丙氨酸	2.8	5.8	4.4	4.9	6.6	4.8	2.2	1.9
酪氨酸	2.8	5.0	5.5	5.1	—	—	9.1	7.0
芳香氨基酸	5.6	10.8	9.9	10.1	—	—	11.3	8.9
苏氨酸	2.8	5.0	4.5	4.7	4.4	6.1	3.0	3.2
色氨酸	1.4	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
缬氨酸	4.2	7.4	6.3	7.0	6.7	5.9	6.6	5.2

注：组氨酸是青年人的必需氨基酸。

二、世界蛋白消费情况

根据联合国粮农组织的资料，由于世界粮食的增长率低于人口的增长，因此世界粮食的短缺越来越严重。这种情况在亚洲、非洲、拉丁美洲等广大发展中国家显得尤其突出。十年以前，发展中国家的人口增长率为2.30%，现已上升为2.36%，而世界粮食的增长率1965—1977年平均计算不足2%，1977年仅达1.5%。因此，目前世界上近15%的居民食品数量不足， $\frac{2}{3}$ 的居民蛋白摄入量不足，其中有四亿六千万人（有40%是儿童）严重缺乏蛋白质。即使发达国家也有三千万贫苦居民营养不良。在有些拉丁美洲国家50%的儿童因直

接或间接营养不良而夭折。据联合国粮农组织预测,到1985年还会有七亿人严重缺乏营养。

据粮农组织推荐值,每人每天蛋白的平均需要量在70—75克之间。按这个数字推算,全世界蛋白年需要量在九千万到一亿二千万吨间,而今天的实际供应量只有七、八千万吨。也就是说世界蛋白质的年短缺量为二、三千万吨。从世界各地消费蛋白质的情况看,大体可分三种:一种是水平高于80克的,如西欧、北美等地区,人口大约十二亿左右;第二种是中等水平的,日平均消费量在80—70克之间,如日本等国;第三种是低水平的,日平均消费量在60克上下,主要是广大发展中国家。按平均日消费量计算,发达国家1961—1963年为85.5克,1975年上升到89.4克;发展中国家1961—1963年为54.8克,1975年达到了61.3克。

为了解决蛋白不足的问题,有的也为了市场竞争和获取高额利润的需要,世界各国除致力于发展农业和畜牧业外,还尽力把最新科学技术应用到新的蛋白资源的开发和利用上,其中包括:

研究和生产酵母蛋白、甲醇蛋白、藻类蛋白及其他菌体蛋白等;

生产营养强化食品(或称营养增补食品)。即采取在食品中补充所缺氨基酸的办法。例如在小麦蛋白中添加0.3—0.4%的赖氨酸,在玉米蛋白中添加0.4%的赖氨酸和0.7%的色氨酸可以使它们的营养价值提高两倍;

生产配合食品。即把氨基酸成分能互补的蛋白食品原料搭配混合在一起,生产出近似全价蛋白的食品。例如在小麦蛋白或玉米蛋白中掺加一定量的大豆蛋白或奶类蛋白即可以大大提高其蛋白质的效价;

大力培育推广和发展那些蛋白含量高、营养价值丰富的新的农牧业产品的品种和数量;

采取积极措施,在农业生产中尽量扩大蛋白含量高、养活人口多的农作物的种植面积。据美国资料介绍:种牧草每公顷土地生产的牛肉只能供给一个人77天的蛋白需求;种小麦每公顷土地的收获能供一个人877天的蛋白需求;而种大豆每公顷土地的收获却能供一个人2224天的蛋白需求;

改变那种对蛋白资源的利用极不合理或浪费极大的传统使用方式,使之成为人类的消费发挥更大的效益。例如大豆、花生等油料饼粕过去只当饲料或做肥料,现在越来越多地采用先进的科学方法直接加工成供人类食用的蛋白食品;

科学合理地加工粮食(主要是谷物)及食品,减少加工生产过程中的营养损失。

在上述各条中,油料蛋白的生产和利用越来越受到各国厂商、公司和政府的重视。据统计,油料蛋白的生产量占世界蛋白生产量的15.8%,比各种动物蛋白的总产量还要高。在油料植物蛋白中从1961年到1976年的15年中增长速度最快的是大豆、油菜籽和向日葵。在1972年到1976年的4年中,大豆蛋白占油料蛋白总量的59.36%。

目前,对油料蛋白的研究和利用,不论从基础研究和应用方面,还是从生产及消费的数量方面美国和日本都是较先进的国家。以大豆蛋白为例,美国从52年开始研究,1960年投产,当时年产大豆食品仅6万多吨,1974年就达到了32万吨,1980年将超过110万吨,大约每年以25%的速度递增。日本从1968年开始生产,经过十多年的努力,大豆蛋白食品的品种和数量也有所增长,但数量不是很大。

三、我国发展油料蛋白制品大有可为

解放以来，我国人民的生活虽有显著改善，但由于人口多，经济基础薄弱，加上极“左”路线的危害，蛋白消费水平仍比较低，供应比较好的北京地区蛋白平均消费量也仍然不高。我国是大豆的原产地，且其他各种油料蛋白资源也较为丰富。尽管目前我们在食品营养的研究和油料蛋白利用方面落后于某些先进国家。但在人类食用的植物蛋白资源方面仍有很大的潜力。例如，长期以来我们习惯于把油料饼粕做饲料，甚至做肥料，造成了蛋白资源的极大浪费。要把我国的油料蛋白资源在人类食品的生产加工上得到充分利用，必须突破三关：

一是思想认识关。在中国阻碍油料蛋白食品大力发展的主要思想障碍之一是认为油料饼粕人畜争食的矛盾突出，担心如果油料饼粕都用来生产食用蛋白，生产饲用蛋白的精料会发生危机。实质上这种担心只看到了问题的一面，忽视了问题的另一面。

首先说油料植物蛋白对人体的好处。在国外，大豆等蛋白食品被称作“健康食品”“美颜食品”。因为它不象肉、蛋等动物蛋白那样含有大量的胆固醇和饱和脂肪酸，相反，它含有的豆固醇还可以对人体消化道吸收胆固醇起抑制作用，对防止高血压、心脏病等心血管疾病有辅助作用。

其次，油料蛋白制品含蛋白量高。据计算每斤含蛋白60%以上的脱脂豆粉约等于2斤半牛肉、2斤8两瘦猪肉或鸡肉、3斤鸡蛋或16斤牛奶的蛋白质含量。虽在氨基酸平衡上比动物蛋白稍次，但如搭配适当、加工合理其蛋白效价并不比动物蛋白低多少，例如，肉蛋等动物蛋白的效价为2.7—3.2，牛奶酪蛋白的效价为2.5，大豆蛋白的效价可达2.2以上，而小麦、玉米等谷蛋白的效价只有1左右。因此，某些发达国家宁可拿玉米甚至软、次麦生产配合饲料，也要回收油料饼粕生产食用蛋白。

另外，据研究，动物把植物蛋白转换成动物蛋白的转换率很低：猪的转换率为18.3%；菜牛为12.1%；乳牛为25.3%；蛋鸡为21%。也就是说一百斤植物蛋白只有20%左右被畜禽吸收利用变成20斤左右的动物蛋白，其余80%都被浪费掉了。而被转变成的20斤动物蛋白在宰杀和加工成食品过程中又丢掉不少，最后为人们食用的就所剩无几了。

当然，这样说并不是不要发展畜禽饲养业，而是要寻找更合适的饲料来代替油料饼粕，例如菌体酵母蛋白、营养价值低的鱼类、藻类蛋白、甲醇蛋白以及精制浓缩的植物秸秆粗蛋白等等。

二是工艺技术关。生产油料植物蛋白的关键技术是得到低变性的浸出粕并进行脱臭去毒及挤压组织化等工艺。这首先要求我们改造旧的油脂生产工艺和设备。目前我国生产油脂仍以机榨为主，浸出只占生产总量的30%左右。机榨出油率低，饼粕残油高不说，一般的机榨饼经高温蒸炒、压榨加工后所含蛋白已经基本变性，不能用来生产高质量的蛋白食品。因此，油脂浸出制取工艺是值得大力推广提倡的。在浸出工艺中要生产低变性的饼粕，脱溶是十分重要的一环。目前，国外一般采用“闪蒸”设备和工艺来脱除粕中含溶

(这在本材料正文中有详细叙述)，所得到的饼粕残溶既低，蛋白溶解指数又高，适于生产食用蛋白制品。

三为成本价格关。据国外资料报导，植物蛋白的生产成本要比动物蛋白低得多，其中最便宜的是大豆蛋白，约等于牛肉的五分之一，猪肉的三分之一。换算成纯蛋白质，大豆蛋白生产成本约等于动物蛋白质的10—20%，甚至更低。以美国为例，生产一磅脱脂豆粉约用0.11—0.14美元，而生产一磅牛肉要用3.26—5.18美元，牛奶要用2.34美元，小母鸡要用1.5—2美元。

根据国内资料计算，加工一市斤大豆蛋白产品成本费只有0.20—0.50元，而加工生产含蛋白相等的动物蛋白食品却要用2.5—4.2元。根据我国目前的生产生活水平，要在我国发展油料蛋白食品生产必须具备经济实惠的特点。从生产成本和价格来看植物蛋白，特别大豆蛋白是具备这些条件的。不过，目前我国油料植物蛋白的发展仅处于研究实验阶段，像溶剂耗、汽耗、电耗等经济技术指标过高，需要结合我们的实际情况学习吸收各先进国家的技术和经验继续研究、改革，切实加以解决。

生产经验证明，每2—2.5吨大豆、棉籽、菜籽等油料饼粕可以提取一吨蛋白粉。我国油料蛋白资源比较丰富，据不完全统计，全国年产食用油料饼粕600万吨左右，其中国营企业生产的就有400万吨。这400万吨中仅大豆饼粕就有150万吨左右，这些豆粕可以加工出70—80万吨蛋白粉，按人口平均计算，全国九亿人每人每天可增加两三克蛋白质。如果400万吨油籽饼粕全部用来加工生产蛋白粉，全国每人每天增加的蛋白质大约相当于一个鸡蛋的量；若是用这些蛋白粉来生产供应城镇居民的蛋白制品每人每月可增加两斤的供应量，这对我们豆制品供不应求的市场来说是一个多么具有吸引力的数字！

根据以上的分析，我们认为，要发展我国的植物蛋白（其中主要是油料蛋白）必须农业、粮食、轻工、商业等部门从推广良种、扩大高蛋白油料种植面积到蛋白制品的加工生产以至于蛋白食品的出售、消费进行通盘考虑、综合平衡，搞好联合协作，才能使之迅速发展起来。当然，这种发展不是盲目冒进、一哄而起，而是有计划有步骤科学合理地发展，为此，我们建议：

(一) 根据气候和自然条件国家有计划地建立起若干大豆生产基地，同时从全国范围内努力扩大大豆的种植面积。只有大力发展大豆的生产，全国人平均大豆蛋白消费量的增加才有丰富的原料基础，不然就是搞无米之炊，这是发展油料蛋白生产的基本条件；

(二) 国家必须十分重视引进和培育无毒油料品种，并大力宣传积极推广，逐步减少以致最后完全代替高含毒油料品种的种植，目前世界上有不少国家大面积种植无色素腺体棉花和低芥酸菜籽获得成功。如果我们全国种植的棉花的棉仁、菜籽、向日葵等禾本油籽均是不含毒、经简单加工即可食用的蛋白资源，这在实际上等于我国增加了成千上万亩良田，对缓和我国蛋白供产紧张情况有极大的意义；

(三) 分期分批地对我国现有油脂工业进行技术改造和设备更新，积极推广低温浸出制油新工艺，并突破生产低变性饼粕的工艺技术设备关，这是发展我国油料蛋白生产的关键条件之一；

(四) 加强植物蛋白的基础理论研究工作，并增加这方面的人才投资。目前我国搞油料蛋白的科技人员屈指可数，基础研究更几乎是空白，这方面的工作需要大力加强，建议在有关院校增设植物蛋白、油料蛋白方面的系科、专业。这是发展我国油料蛋白生产的首要

条件；

（五）利用价值规律，适当提高油料、蛋白制品及食品的价格，以促进油料蛋白生产的发展；

（六）加强宣传，把油料蛋白的生产、使用、营养等有关常识的普及教育从上到下开展起来以期引起领导和群众对这一问题的普遍注意和重视。

第一章 大豆蛋白

一、绪 论

大豆原产于我国北方，至今至少已有五千年的栽培历史，千年多以前传到日本等远东邻国，成为东方各民族的重要蛋白资源和油脂资源。大豆移植美国大约半个世纪左右，但发展极快，现已远远超过我国，成为世界最大的大豆生产国，年产量约占世界总产量的 $\frac{1}{3}$ 。1925年美国大豆的产量只有十三万三千吨，1977年生产大豆四千五百八十万吨，1979年产量猛增到六千一百七十八万九千吨。巴西近年来大量发展大豆生产，已超过中国。阿根廷发展也很快。高产的国家如美国、加拿大、巴西、墨西哥，亚洲国家虽有悠久的栽培历史，但单产不高。

从出口情况来看，美国也占世界之首位。1977年美国出口大豆一千三百六十万吨，出口大豆粕四百一十万吨，出口大豆油四百万零八千吨，1979年出口大豆已达三千零七十万吨，约占总产量的48%。

下面把美国、日本及世界大豆总的生产情况列表表示出：

国家 年份	单产（公担/公顷）			总产（百万吨）		
	1975年	1976年	1977年	1975年	1976年	1977年
美国	19.498	17.20	19.50	42.1	34.4	45.8
日本	14.50	13.20	12.10	0.1261	0.130	0.130
世界总产	—	—	—	69.10	61.50	76.30

为了增加食品的营养价值，改善质量，美国利用植物蛋白添加到许多食品里。据美国农业部的调查证明：仅十六种食品就添加蛋白四百万吨，其中一百四十万吨是用大豆蛋白代替。

日本与美国一样，近年来大力发展大豆蛋白生产。现有24家公司生产食用大豆粉、浓缩蛋白、分离蛋白，其生产量是20—30万吨食品。现在，日本生产添加有大豆蛋白营养制品的公司正在不断增加。

目前，大豆蛋白用于食品，主要有三种制品：脱脂大豆粉、浓缩大豆蛋白、分离大豆蛋白。

美国最先生产分离蛋白是1960—1961年间，而日本是在1965—1967年间。

1970年美国开始生产组织状蛋白（仿肉制品）无论在工业上还是在社会食品范围内都开辟了广泛利用大豆蛋白的可能性。1971年美国决定在学校里的食品中加入大豆蛋白。

粉状、粒状、浓缩、分离大豆蛋白在美国日本及其他发达国家越来越多地被应用于各种各样的食品中。这些蛋白的功能特性（水溶性、粘性、吸湿性、发泡能力等）使它们能

够被使用到肉食品、饮料、面包制品、点心制品、奶制品、人造奶油及甜食中的发泡剂及其他食品生产中去。

据计算, 1980年在美国和日本将有150种食品中加入大豆蛋白。

组织状大豆蛋白越来越广泛地在肉制品的添加料和副料上得到发展。最好是把它们添加进像碎牛肉、羊肉、猪肉这样的碎肉里。

分离大豆蛋白主要用作各种灌肠、香肠、压缩食品和火腿、罐头等的添加品。

美国和日本的面包工业对大豆蛋白的需要主要是用在生产高生物学价值的面包类和点心类产品上。在面包烤制行业脱脂豆粉的应用得到了特别大的发展, 把它添加进面包里以改善面包的营养价值。在美国, 加工小麦粉面包和甜面包时通常加入1—3%的豆粉, 这样可以改善面包的弹性, 并使其在保存期间保持良好的品质, 延长保存期。

大豆蛋白也被广泛应用于发泡奶乳、木斯(用果品或奶品打成的泡沫状甜食)、饼干及速冻肉、鱼盘菜的生产。

据统计, 目前世界上生产的含有大豆蛋白的食品已超过12670余种。

在日本大豆蛋白产品是生产酸奶品(奶、酸凝乳、奶油、干酪及其他)的主要原料, 并且大豆蛋白被广泛应用于日本风味菜里。

大豆蛋白产品在人类食品中应用这样广泛除大豆蛋白价格低、易制取、机能性质好外, 营养价值高是个重要因素。下表是几种大豆蛋白产品的化学组成:

成份%	脱脂大豆粉	浓缩大豆蛋白	分离大豆蛋白
蛋白质	56.0	72.0	96.0
类脂物	1.0	1.0	0.1
纤维	3.5	3.5	0.1
灰分	6.0	5.0	3.5
水溶性碳水化合物	14.0	2.5	0
非水溶性碳水化合物	14.5	15.0	0.3

几种大豆蛋白的必需氨基酸组成列于下表:

必需氨基酸	脱脂大豆粉	浓缩大豆蛋白	分离大豆蛋白
异亮氨酸	4.6	4.9	4.8
亮氨酸	2.7	8.0	7.8
赖氨酸	6.2	6.2	6.0
蛋氨酸	1.3	1.3	1.0
半胱氨酸	1.2	1.6	1.0
苯丙氨酸	5.3	5.3	5.5
苏氨酸	4.2	4.3	3.7
色氨酸	1.4	1.4	1.3
缬氨酸	4.9	5.0	4.8

二、大豆的成分

I、大豆的一般成分

大豆含外壳约8%，皮2%，仁90%，全大豆成分见表4，豆仁的 $\frac{2}{3}$ 为油与蛋白质，只有极少量的淀粉质。

油脂存在于无数的球状体中（直径为0.2—0.3 μ ），而蛋白质存在于较大的贮存细胞中（2—20 μ ），称为蛋白体或糊粉粒，蛋白体的98%为蛋白质和少量的脂肪及植酸，详见下表。

(%)

	水分	粗蛋白 (N $\times$ 6.25)	碳水化合物	粗脂肪	灰分
全粒	(5—19)	(36—50)	(14—24)	(13—24)	(3—6)
子叶	10.6	43.3	14.6	20.7	4.4
种皮	12.5	7.0	21.0	0.6	2.8
胚	12.0	36.9	17.3	10.5	4.1
全粒均值	9	40	17	18	4.6

在大豆蛋白质中，60%以上是球朊、谷朊、白朊是少量的。未变性的大豆蛋白90%左右可以用水抽提，抽提的蛋白质在其等电点时（pH值4.2—4.8）可以沉淀析出，称为酸沉淀蛋白或球蛋白。

大豆的脂肪70%以上是不饱和脂肪酸，在常温下呈液态。饱和脂肪酸主要是C₁₆酸，约占10—24%。

大豆含有的碳水化合物主要有蔗糖、水苏糖、棉籽糖及糊精、淀粉。其中除蔗糖、糊精淀粉之外，其他成分均不易被人体消化吸收。

大豆含有的纤维素、灰分总量不过5%左右，其溶液反应为碱性，大豆属碱性食品。

大豆含有的微量元素有矿物质、维生素等。其中钾的含量最大，其次是磷、镁、钙。含有的维生素有：B₁（量最大）、B₂、A、C等。

大豆除含有上述成分外，还含有一些抗营养物质。

I、大豆的抗营养成分

(一) 胰脲酶阻碍因子

大豆中含有的一种叫做胰脲酶阻碍因子的毒物是在1944年发现的，一年以后制取结晶体成功。

经试验证实，这种毒物阻碍作用的机制已经清楚。但这种试验只是在试管中进行的，没有做动物试验，所以对生物体来说是否如此尚不清楚。其毒性能引起胰脏肥大。在食品加工上这种物质的毒性不甚重要，因为湿热加工能使胰脲酶阻碍因子受到破坏。

(二) 凝血素

大豆中含有的凝血素于1951年被发现。其有凝固红血球的作用，这是试管试验得出的结论。从该物质在蛋白分解酶作用下容易丧失活性这一点来看，在人体消化作用下，可能会丧失活性。即使有一部分残存，也不能被肠壁吸收。凝血素和胰脲酶阻碍因子一样在湿热加工时容易被破坏。

(三) 皂角甙

脱脂大豆中含0.6%的皂角甙（皂草甙）。试管内试验对红血球显示有溶血作用。但是做小动物实验，皂角甙在胃和小肠中不被分解和吸收，在血液中无论皂角甙（皂草甙）或皂草元都没有检出。

(四) 肠胃产气因素

食用大豆会引起肠胃产气。在脱脂豆粉中，肠胃产气因素较多；如豆粉加工成浓缩物和分离物，则逐步减少。分离物和酪蛋白钠看来能抑制肠胃产气。肠胃产气的因素集中在制取浓缩物时获得的能溶于80%的乙醇的组分中和制取蛋白质浓缩物时那部分乳清固体组分中。

进一步研究指出，肠胃产气是低分子量的——密三糖（棉子糖）和水苏（四）糖的发酵引起的，这是因为人体消化道中不产生 α -半乳糖苷酶，所以这些糖不能被消化吸收。

也有人报道，因摄取组织状大豆粉而产生气体，但缺乏定量的数据。如要弄清楚肠胃产气的问题是不是妨碍这类产品的推广使用，需要以组织化材料的实际消费水平为基础作进一步的研究。用浓缩物代替豆粉是解决肠胃产气的一个办法，虽然这样要提高生产成本。

总之，大豆含有的抗营养成分在提取油和加工大豆蛋白制品时一部分被清除掉了，残留在蛋白中的部分也因湿热加工而使其丧失了活性。因而，不必担心抗营养因子对人体的危害。

三、大豆蛋白的结构

大豆蛋白分子的立体结构，是由近二十种氨基酸依一定的顺序相联系而形成的一个很长的多肽链。根据构成主链的氨基酸种类，不同的氨基酸残基侧链象树枝一样突出出来，这些氨基酸的种类及其连结方法就称为大豆蛋白分子的一级结构。在这些多肽链中，有一部分是不规则地折叠着，有一部分是借助于肽键中的氢键结合而有规则地折叠着，形成螺旋结构及 β 结构，这种螺旋结构和 β 结构就称为大豆蛋白分子的二级结构。从主链中突出出来的侧链，按照侧链的种类在侧链之间也有结合，由这种侧链间的结合而形成的结构，就称为大豆蛋白的三级结构。另外，从模式上所看到的蛋白质立体结构，一般认为是以亲水性氨基酸残基侧链的空壳所覆盖的。分子量很大的蛋白质就是集合了这样的构成单位而形成一个大豆蛋白分子。这种构成单位的结构就称为大豆蛋白分子的四级结构。

用超速离心法对大豆蛋白进行分离，可分成2S、7S、11S、15S四个部分。从免疫学的角度，又可以分为大豆球蛋白(glycinin)、 α —伴大豆球蛋白、 β —伴大豆球蛋白、 γ —伴大豆球蛋白四个部分。

大豆蛋白的主要部分是7S(β —伴大豆球蛋白)和11S(大豆球蛋白)，约占球蛋白总量的70%，约有80%的蛋白质分子量在10万以上。

2S部分占蛋白质总量的22%，它含有低分子蛋白质：几种胰酶抑制剂，细胞色素C，尿素酶和二种局部检定球蛋白。

7S部分占总蛋白质的37%左右，含有： β —淀粉酶、血球凝集素、油脂氧化酶和7S球蛋白。7S球蛋白有 β —伴大豆球蛋白和 γ —伴大豆球蛋白， β —伴大豆球蛋白在较低的离子强度下能可逆性地缔合成9S的二聚体。

7S球蛋白的分子量大约是18万，由9个平均分子量约为2万的构成单位所构成，各个构成单位分别由一条多肽链形成。它的二级结构与11S球蛋白几乎没有什么大区别。在三级结构中，一个分子只有3个色氨酸残基侧链，全部处于分子表面，35个酪氨酸残基侧链几乎全部处于分子内部的疏水区域，4个胱氨酸残基侧链中每2个结合在一块，形成—S—S—结合。

11S部分占总蛋白量的31%，这一部分到目前为止只发现一个11S球朊。它的一个分子量大约是36万，由3个羧基构成单位和3个氨基构成单位构成。在全部构成单位中，全部多肽链的5%是 α —单环结构，35%是 β 结构，其余60%则是折入到里面的不规则形状。在三级结构的一个分子中，有86个酪氨酸残基侧链和23个色氨酸残基侧链，其中有34—37个酪氨酸，10个色氨酸处于分子立体结构的表面，其余的则处于分子内部的疏水区域。另外，在一个分子中大约有44个胱氨酸残基侧链，其中一部分以—SH基形式存在，一部分以—S—S—形式存在。

7S和11S在氨基酸组成上没有大的区别，只是7S球蛋白中所含的色氨酸、蛋氨酸和胱氨酸比11S球蛋白的含量要稍少一些，但赖氨酸则比11S球蛋白中的含量要多一些。因此，可以说7S球蛋白更能代表大豆蛋白的氨基酸组成。在这二者之间关键性的差别是在

含糖量上。7S的含糖量约为5%，而11S的含糖量仅0.8%，且7S球蛋白中所含的糖是与蛋白质相结合的糖蛋白。解离聚合反应对于7S球蛋白来说是可逆的，但对11S球蛋白来说不可逆的因素则较强。

15S成分的区分占蛋白质总量的11%，它不像是唯一的一种成分，而是由多种成分构成的。在酸沉淀、透析间的沉淀时，15S成分首先沉淀，同时，11S成分沉淀时也发生共沉。15S成分经变性处理和11S成分同样发生裂解。

这一部分仍在研究中，有人认为是11S的多聚体。

上述这些大豆球蛋白，在含有一SH基的11S中，—SH基不活泼。11S和7S也可以用改变离子强度和调整pH值的方法进行解离聚合反应。如果使用尿素等变性剂的话，各构成单位就会解离开而且不可能再还原。经过这样处理变性的大豆蛋白，其立体结构即被破坏，各分子的反应性也会发生变化。因此，在加工食品过程中我们可以根据加工目的的需要，巧妙利用这些性质。

四、大豆蛋白的变性

如前所述，各种蛋白质分子都有自己特定的空间构型，若蛋白质变性时，蛋白质固有的空间结构就受到破坏，改变了原来的空间构型，这就是蛋白质变性的机制。

(一) 热变性

大豆作为食品利用时，几乎都要进行加热，这样其所含蛋白质就要受到热变性。胰酶酶阻碍因子、凝血素等有害物质受热也会丧失活性。如果这些有害物质也是一种蛋白质的话，丧失活力也就是一种变性。但是主要成分蛋白质的变性是溶解度的变化，因为，通常衡量蛋白质变性程度是用其水溶性的高低来表示的。大豆蛋白质分子量比较高而且分子也比较大，其在水溶液中，分子实际上成胶粒状态存在，所以大豆蛋白质在水中的溶解性也可称为分散性，而大豆蛋白质的溶液也称为溶胶。据试验，在一定浓度以下的大豆蛋白质溶液加热煮沸时，短时间内水溶性蛋白质含量因蛋白变性而降至最低，但继续加热则可溶性蛋白质含量又会有所增加，所以仅用大豆蛋白质的水溶物含量的多少作为变性程度高低的指标并不十分可靠。据分析，这种现象可能是这样引起的，即蛋白质溶液加热时间过长，有的高分子量的蛋白质会分裂成分子量较小的蛋白质单位，这种情况在蛋白质溶液较稀或加热过甚时表现得比较突出。

大豆蛋白质分子原来是一种卷曲较紧的结构，通过加热，蛋白质分子就从卷曲状舒展开来，原来包在卷曲结构内部的疏水性基团就暴露在外边，而原来在蛋白质分子卷曲结构外部的亲水性基团却相应减少，所以大豆蛋白变性后，其水溶物含量降低。与此同时，由于加热使蛋白质分子结构受到破坏，因而其分子处于自由运动、自由结合状态，这样彼此之间就联结起来形成聚集体网络，随着继续加热，网络又不断扩大，联接力不断加强，这