

大豆制品的加工

白至德 张振山 等编
轻工业出版社

大豆制品的加工

白至德 张振山等 编

輕工業出版社

内 容 提 要

《大豆制品的加工》一书是介绍大豆制品（非发酵制品）的生产基础知识。其内容包括：大豆原料 大豆蛋白质，传统豆制品的加工、制品的保存与卫生管理 理化与卫生检验，豆制品厂房、机械设备，新兴豆制品的加工以及国外大豆食品的发展等

本书可作为豆制品生产工人和管理人员的学习材料，并供有关科技人员参考。

大豆制品的加工

白至德 张振山等 编

轻工业出版社出版

（北京阜成路8号）

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 印张：6³/₈；字数：134千字

1985年9月 第一版第一次印刷

印数：1—10,000 定价：1.20元

统一书号：15042·1966

绪 论

豆制品是中华民族传统副食品的宝贵遗产。它是优质植物蛋白食品之一，不但宜于被人体吸收，并有其它食品所没有的许多营养成分的优点。

我国豆制品的生产虽然历史悠久，但因外侮内侵，机器工业发展迟缓，停滞于手工操作，生产设备简陋。解放后，特别是一九五六年工商业社会主义改造时，小型豆制品加工工场和作坊才进行了合并、整顿，促进了豆制品行业向前发展了一大步。此后豆制品产量不断增加，花色品种相应增多，生产工艺和生产设备也不断有所改进。党的十一届三中全会以后，国家多次拨出资金发展豆制品生产，部分大中城市的豆制品厂发奋图强，自力更生，摸索试制了一些机械设备，改进了一些工艺加工新技术，并引进国外的先进技术和机械设备，为我国豆制品工业化和现代化生产开辟了广阔的道路。在改进生产工艺的同时，努力改善经营管理，加速企业改造，加强技术力量培养训练，提高产品质量，搞好产品卫生，积极恢复和发展传统名特产品并不断增加新品种。豆制品行业在第七个五年计划将会预示着有更新更大的发展。

在农作物中大豆及其制品的蛋白质和脂肪的含量与小麦、玉米、大米相比分别高2~5倍和6~10倍以上。它含有多种氨基酸，尤其是人体必须具备而又不能合成的八种氨基酸，其中赖氨酸和色氨酸含量很高，并优于其他作物及其制品。蛋氨酸含量虽较动物少，但也优于其他作物。儿童所需的组氨酸在大豆中也含有2.3%。在我国人民的食物构成

中占有重要的地位。它是婴幼儿的优良营养食品之一。

大豆脂肪的成分主要由饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸组成。其中不饱和脂肪酸占87.7%，不含胆固醇，其中50%以上的亚油酸还能分解胆固醇，防止血管硬化，具有较大的营养价值。

大豆中还含有卵磷脂、脑磷脂和肌醇磷脂，为人体大脑、肝脏所必须的物质。大豆还含有钙、磷、铁等无机盐和各种维生素，同样都为人体必不可少的。综上所述，大豆加工豆制品和综合利用历来是人们所重视和研究的课题。就北京市来说，传统的豆制品就有上百种。全国各地加起来有数百种之多。

豆制品科学是生物学、化学和工程学等综合科学。大豆制品的资源开发，加工手段，加工方法的研究等都必须建立在对人、对豆制品的化学组成、性质以及内、外种种条件下的化学变化的基础上。所以，豆制品的加工必须注重大豆的选择，大豆蛋白的提取，大豆蛋白性质和应用。大豆蛋白加工手段及机械设备的采用以及豆制品的保存和包装等。并应始终与人体的摄取，消化营养等密切联系起来。

参加本书编写的除白至德、张振山之外，还有天津轻工业学院王福荣以及北京市食品酿造工业公司陈德明等同志。

天津轻工业学院姚国雄副教授、北京市食品工业研究所吴兴如高级工程师等分别对本书的有关章节进行了审阅和指导，还得到北京市食品酿造工业公司钟冠山、李良春等同志的大力支持，谨此表示感谢。

由于编者水平所限，本书中错漏之处欢迎读者批评和指正。

目 录

绪论

第一章 豆制品的主要原料——大豆…………… (1)

一、我国是大豆的故乡…………… (1)

二、大豆在我国的分布及种类…………… (3)

三、大豆生物学浅说…………… (4)

四、大豆的一般成分…………… (9)

第二章 大豆蛋白质…………… (14)

一、大豆蛋白质的化学组成…………… (14)

二、大豆蛋白质的理化性质和功能特性…………… (18)

三、大豆蛋白质及其相关的营养性质…………… (25)

第三章 传统豆制品的加工…………… (39)

一、传统豆制品的分类…………… (39)

二、豆制品生产中大豆蛋白的提取…………… (40)

三、豆腐制品生产中的成型…………… (47)

四、豆腐制品的生产加工…………… (52)

五、豆制品的质量标准…………… (91)

第四章 传统豆制品的保存与卫生管理…………… (94)

一、豆制品的变质原因与预防措施…………… (94)

二、各类豆制品的保存…………… (97)

三、豆制品的卫生管理…………… (99)

第五章 传统豆制品的理化检验与卫生检验…………… (103)

一、理化检验…………… (103)

二、卫生检验…………… (109)

第六章 建造豆制品生产车间…………… (113)

一、生产工艺流程·····	(113)
二、工艺布局·····	(115)
三、厂房建筑·····	(117)
四、生产设备的合理选配·····	(120)
五、工艺布局及建筑方案举例·····	(122)
第七章 豆制品生产加工机械·····	(125)
一、原料输送设备·····	(125)
二、原料清杂设备·····	(129)
三、原料浸泡设备·····	(133)
四、原料粉碎设备·····	(138)
五、浆渣分离设备·····	(142)
六、煮浆设备·····	(148)
七、豆干生产设备·····	(151)
八、豆片生产设备·····	(154)
九、熏制设备·····	(158)
第八章 新兴豆制品的加工·····	(161)
一、营养豆奶的生产加工·····	(161)
二、豆乳、豆炼乳和豆乳粉的生产加工·····	(164)
三、豆腐粉的生产加工·····	(177)
四、大豆组织蛋白的生产加工·····	(179)
第九章 国外大豆食品的发展·····	(183)
一、大豆原料·····	(183)
二、传统大豆食品·····	(183)
三、新兴大豆食品·····	(186)
四、大豆蛋白食品的发展状况·····	(189)

第一章 豆制品的主要原料——大豆

一、我国是大豆的故乡

我国是世界上大豆栽培历史悠久的国家，也是利用大豆作为副食的首创国家。在《辞海》中解释为“黄豆”、“青豆”和“黑豆”的统称。我国农业开创于新石器时代，当初栽培的主要作物中就有大豆，距今大约已有五、六千年了。我国古代称豆为“菽”，菽又从“尗”字而来。据考证，大豆的原产地为我国的西南地区，特别是云贵高原一带。它的原始野生种为野性大豆（亦称山黄豆、蔓豆或豇豆）。在商代的甲骨文上也发现了有关大豆的记载，在山西侯马曾出土过商代的大豆化石。在周代，大豆也占有相当的地位。春秋时期，齐桓公曾将北方山戎出产的大豆引进到中原地区栽培。《诗经》等诗篇和书文中记有“艺之荏菽，荏菽旆旆”，“七月烹葵及菽”，“中原有菽，庶民采之”，“采菽采菽，筐之筥之”。公元前五世纪的《墨子》文章中载有：“耕家树艺，聚菽粟。是以菽粟多，而民足乎食”。从这个时期的书文中常见菽粟连称，也说明当时菽粟种植的面积在增加，菽粟也成为百姓的主要粮食。豆饭和豆叶汤便成为一般人的主要饭食。公元前五至三世纪，已有对大豆的分布、形状、种类等较细致的描述。如《周书》中《职方解篇》记有“菽属北方”；《管子》中记有“有种大菽、细菽，多白食”；《吕氏春秋》中记有“得实菽菽，长茎而短足，其

荚二、七为簇，多枝数节”。秦汉以后，“大豆”一词代替了“菽”字，并广泛应用了。“大豆”一词最先见于《神农书》的《八谷生长篇》，其中载：“大豆生于槐。出于沮石之山谷中，九十日华，六十日熟，凡一百五十日成”。《汜胜之书》载：大豆保证有收获，容易种植。汜氏主张农民每人应种五亩大豆备荒。在汉代的其它文献中主张麦子和谷子或大豆轮种，可见当时大豆的播种面积已相当可观了。汉朝、唐朝、宋朝及以后的年代里，以大豆为原料，制作豆腐、豆皮、豆腐脑，酿造酱油、豆酱等发酵食品及榨油等其他制品，西汉曾有淮安王刘安做豆腐一说。到了明代，李时珍在名著《本草纲目》中记载：“豆酱，酱油的制法”。李曰华所著《蓬拢夜话》对酱豆腐的生产有所描述。从近代历史来看，大豆的种植和利用发展得很快，对于人民大众的生产和生活来看是极其紧密相关的。不但利用大豆的蛋白质和油脂为人类造福，还制成各种食品、副食品、调味品以及制取荷尔蒙、维生素、鞣酸蛋白等。此外还应用于印刷油墨、脂肪酸、肥皂、甘油、胶卷、卵磷脂、粘合剂等多种制品，用途极广。大豆又是我国传统出口的农产品，尤其是东北大豆在国际市场上享有很高的声誉。

我国是大豆的故乡，大豆由我国传到世界各地。公元一世纪前后，菽的种子由我国传到西域，后来又传到欧洲，就连俄文和英文的大豆发音都为“菽”的译音。当然传到亚洲各地，例如日本、朝鲜、印度等国就更早了。据日本学者讲，中国大豆于公元七世纪传入日本。欧洲种植大豆还是近几百年的事情。我国大豆1740年传入法国。1790年传入英国。1840年传入意大利。1870年传入德国，直到1874年俄国才有开始种植大豆的报告。美洲各国从1890年起才开始引种大豆，驯化和选育良种的工作。1908年起，巴西也引进大豆。其

他一些国家引种大豆的情况也就不一一列举了。世界大豆发展的历史清楚地表明：我国人民对世界大豆生产的发展有着卓越的贡献。

二、大豆在我国的分布及种类

大豆在我国的分布极普遍，主要产地有东北三省和河北、山东、山西、河南省等。大豆的种类也较多，按外形可分为球形、椭圆形、长椭圆形、扁圆形。鉴定其形状可以籽粒的长、宽、厚的相差数来作为标准。籽粒的长与宽相差在1毫米以内称为圆形；1.1~1.9毫米之间称为椭圆形；2毫米以上称为长椭圆形。

大豆籽粒的大小有两种表示法，即重量区分法和大小指数法，它们的指标要求见表1-1。

表 1-1 大豆籽粒大小表示法

指 标 粒 别	表示法	重量区分法 (习惯以百粒克重表示)	大小指数法 (籽粒长×宽×厚(毫米))
大 粒 种		20以上	301以上
中 粒 种		14~20	151~300
小 粒 种		14以下	151以下

大豆籽粒的分级标准见表1-2，这是以质论级。

在大豆的选择中，借用上述的籽粒大小和分级标准作为加工制作豆制品时的参考。但最主要的还是要选择大豆中蛋白质含量较高的品种，因为豆制品的生产主要是利用蛋白质。

表 1-2

大豆籽粒分级标准

指标 (%) 级 别	项 目	纯 度 不小于	净 度 不小于	发芽率 不小于	水 分 不大于	病虫害 粒 数	备 注
原 种		99	98	98	12	0	
一级良种		98	98	97	12	0	
二级良种		96	97	95	12	0	
三级良种		94	95	93	12		
后各种子		88		90	13.5		按粮食规定之杂质

注：品种纯度 = $\frac{\text{种子总粒数} - \text{异品种粒数}}{\text{种子总粒数}} \times 100$ (取样种500粒)

种粒净度 = $\frac{\text{取样重量} - \text{杂质}}{\text{取样重量}} \times 100$ (取样200克)

发芽率 = $\frac{\text{发芽种子数}}{\text{种子数}} \times 100$ (取样200克)

水分含量常采用种子水分快速测定仪或电热烘箱烘干法

病虫害率 = $\frac{\text{病虫害种子重}}{\text{种子重量}} \times 100$ (取样200克)

我国优良的大豆品种很多，主要有金大332、满地金、满仓金、小金黄一号、全元一号、紫花一号、紫花四号、丰地黄、福寿、丰收10号、黑龙10号或11号、徐州302、混选软条枝、58-161、南农493-1、湘豆3号等。

三、大豆生物学浅说

大豆在植物分类中属于豆科，蝶形花亚科，大豆属。种

分为栽培种和野生种。大豆栽培种是由野生种进化而来的，野生种在我国华北、东北和南方各省都有。大豆是一年生草本植物，植株由根、茎、叶、花、荚及种子各器官组成。

初步了解大豆的生长、大豆籽粒的形态结构以及其他有关大豆的植物学内容，对于豆制品的生产和科研都是相当有益的。

(一) 大豆的生长

大豆的生长发育，包括种子萌发、幼苗生长、花芽分化、开花结荚和鼓粒成熟五个阶段。

我国的大豆栽培，按其特点可分为四大区域，即春、夏、秋、冬大豆区。播种方法分为条播、穴播和点播三种。

(二) 大豆籽粒的形态结构

大豆籽粒是由受精的胚珠发育而成。大豆籽粒包括：种皮、子叶和胚三大部分。

1. 种皮 种皮为籽粒的最外部，由胚珠的内外珠被和珠心发育而成的。种皮上有一个明显的脐，为珠柄与籽粒连接处的残迹。脐上方有一个凹陷的小点，称为会点，为珠柄维管束与种脉相连接处的残迹。脐下方有一个小孔，称为珠孔，是胚的幼根萌发处，也称“发芽孔”。珠孔的下端有一个明显的幼茎透射处。另外还有脐结处，它与荚相连。

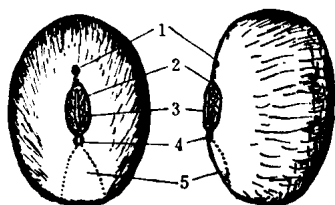


图 1-1 大豆籽粒示意图

1 会点 2 脐 3 脐结处
4 珠孔 5 幼茎透射处

大豆种皮的颜色可分为黄、青、褐、黑及双色五种。黄豆是我国产量最多的大豆品种。它具有丰富的蛋白质和脂肪，

是生产豆制品和炸油的重要原料。青豆、黑豆、褐豆和双色豆主要为人们直接食用或作牲畜饲料，一般不作为豆制品的原料。

大豆种皮对于整个大豆籽粒起到保护作用。大豆种皮从外向内有五层形状不同的细胞组织构成，其中包括：

①栅状细胞组织，是由一层似栅栏状并排列整齐的长条形细胞组成，细胞长约40~60微米，外壁很厚为外皮层。其最外层为角质层，有蜡质光泽，其中有一条明线贯穿。决定种皮颜色的各种色素就在于栅状细胞内。栅状细胞较坚硬并互相排列紧密，不便透水，如它们互相排列过分紧密时，水分便无法透过，使大豆籽粒成为“石豆”或“死豆”。这种豆不利于生产加工，但可经过清除，另作处理。

②圆柱状细胞组织，由两头较宽而中间较窄的细胞组成，长度约30~70微米，细胞间有空隙。在泡豆时，此细胞膨胀极大。

③海棉组织，是由6~8层薄细胞壁的细胞组成，间隙较大，泡豆时吸水剧烈膨胀。

④糊粉层，是由类似长方形细胞组成，壁厚，含有蛋白质、脂肪和糖。

⑤胚乳残余物，是由大豆籽粒中胚乳退化而养料转移到子叶部分后形成的胚乳残余物，紧附在种皮上。

种皮占整个大豆籽粒重量的8%，除去糊粉层和胚乳残余物中含有微少营养成分外，其它部分基本上不含营养成分，故在加工中可除掉。种皮的透水性优劣直接影响泡豆时间及泡豆质量。

此外，大豆种脐的颜色有黑、褐、黄、白等。其色泽深者含脂肪多，色泽浅者含蛋白质较多。豆制品加工主要利用

大豆中的蛋白蛋，故应选用白色或黄色种脐的大豆籽粒为最佳。种脐的颜色对于豆制品的品色也有影响。

2. 子叶 子叶又称豆瓣或豆渣，约占整个大豆籽粒重量的90%。子叶的内部由长条状薄壁细胞构成。其中的营养成分有蛋白质、脂肪、糖分和淀粉等。

大豆蛋白质主要分布于小颗粒的蛋白体中，约占蛋白体的90%左右。蛋白体颗粒径长3~8微米，主要含在子叶皮下层内的薄壁细胞中。大豆脂肪主要分布在子叶的薄壁细胞中，呈球形小油滴，径长为0.2~0.5微米，并均匀地分布在蛋白体颗粒之间。糖分和淀粉混置蛋白体颗粒与小油滴之间，糖分呈溶解状态，淀粉呈小颗粒状态。淀粉小颗粒集中于子叶阳面的皮下层的长形细胞中。子叶中所含营养成分除淀粉不溶于水外，糖分溶于水中，蛋白质、油滴与水分均匀混合并呈乳浊液状。

3. 胚 胚是由芽、茎、根三部分构成，约占整个大豆籽粒重量的2%。胚是具有活性的幼小植物体，当外界条件适宜便萌发。胚的结构示意图见图1-2。

(三) 大豆籽粒的基本生理活动

大豆籽粒内部一直不停地进行着生理活动，它是生命的有机体。

大豆籽粒的胚和糊粉层都存在着酶，因此，这两个主要部位的生物化学反应和生理活动都很活跃。其酶类主要有蛋白质水解酶、脂肪水解酶、淀粉水解酶、果胶水解酶及呼吸酶等。这些酶主要是催化大豆蛋白质水解为多肽、肽和氨基酸；催化大豆脂肪水解为脂肪酸和甘油；催化大豆淀粉水解为麦芽糖；催化大豆细胞壁的果胶质层水解而使细胞壁软化；催化大豆籽粒发生呼吸作用，进行氧化还原反应。上述五种

主要酶虽然催化作用的营养成分不同，但这些酶的活性增强

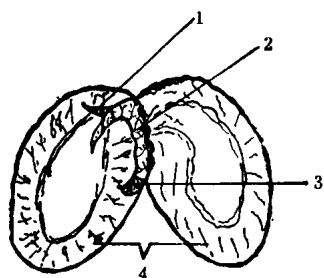
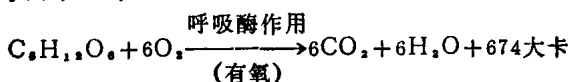


图 1-2 子叶胚的结构示意图

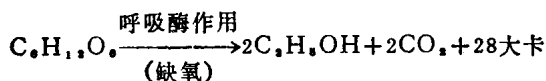
1胚芽 2胚茎 3胚根
4子叶

对大豆的营养成分起着分解作用。因此，在豆制品加工中应很好控制酶的活性，这主要通过控制酶促反应的条件（如温度和水分）来达到的。当大豆在20~50℃之间，酶促反应加速，而高于50℃或低于20℃时，酶的活性下降，高达70℃时酶被破坏。水分控制在12%以下时，酶的活性下降。因此，大豆需在水分12%以下，温度20℃以下贮存最佳。

大豆籽粒的呼吸作用是在籽粒的活细胞中进行的，呼吸作用是由呼吸酶的作用引起的细胞营养成分的氧化而被消耗的过程。在此过程中，首先受到氧化消耗的是大豆籽粒中的糖分，特别是葡萄糖。随着呼吸作用的进行，其它糖类、脂肪以及蛋白质等也被水解酶水解，进而参加呼吸作用被消耗掉。呼吸作用包括：有氧呼吸和缺氧呼吸两种类型。有氧（通风好、供氧充足）呼吸作用，使葡萄糖氧化，其反应如下：



缺氧（通风不良、缺氧，如长期浸入水中）呼吸作用，使葡萄糖不彻底氧化，产生乙醇，其反应如下：



大豆颗粒的发芽活动是在大豆得到充足水分和充分的氧气以后，在适宜温度下，籽粒的胚部和糊粉层的活细胞中各种

酶，特别是水解酶活性增强，这些酶又在子叶细胞中引起各种营养成分的水解。它们的水解产物又被胚吸收便开始萌发。

四、大豆的一般成分

大豆的一般成分主要是指蛋白质和脂肪。由于大豆的品种、产地、栽培条件等有所不同，蛋白质和脂肪的含量略有不同。一般的大豆，其蛋白质约为35%，脂肪约为18%，碳水化合物约为27%，粗纤维和灰分各为4~5%。

大豆就其籽粒来讲，种皮、胚和子叶三部分构成籽粒，籽粒的主要成分见表1-3。

表 1-3 大豆籽粒及其组成部分的主要成分表（干计%）

含 量 成分名称	结构名称	大豆籽粒	种 皮	胚	子 叶
粗蛋白质 (N×8.71)		30~45	8.84	49.76	42.81
粗 脂 肪		16~24	1.02	11.41	22.83
碳水化合物 (包括粗纤维)		20~30	95.88	43.41	20.37
灰 分		4.5~5	4.26	4.42	4.99

我国一些地区的大豆成分含量列表如下，请见表1-4。

大豆蛋白质将在下章详述，这里先就大豆的脂肪、碳水化合物、无机物、磷酸酯类、维生素、胰酶阻碍因子、凝血素、皂苷、异黄酮、酶、有机酸以及大豆的味成分等分别阐述，因为大豆的一般成分与大豆制品的加工关系较大。

表 1-4

我国一些地区的大豆成分含量表

(食部100克计)

含 量 成 分 地 区	食部 (%)	水分 (克)	蛋白质 (克)	脂肪 (克)	碳水 化合物 (克)	热量 (千卡)	粗纤维 (克)	灰分 (克)
北 京	100	10.2	36.3	18.4	25.3	412	4.8	5.0
陕 西	100	10	39.2	17.1	23.9	408	5.2	4.2
新 疆	100	7.0	35.0	17.3	31.1	420	4.9	4.7
江 苏	100	8.7	40.5	20.2	21.0	428	4.6	5.0
湖 南	100	10.0	37.8	17.2	24.6	404	5.0	5.4
贵 州	100	10.1	36.8	15.8	28.4	403	4.5	4.4
福 建	100	20.1	35.4	12.1	23.3	344	4.6	4.6
四 川	100	12.0	36.6	18.2	24.5	407	4.6	4.4

(一) 大豆脂肪

大豆的脂肪在常温下呈黄色液体，为半干性油。大豆脂肪在人体内的消化率高达97.5%，因此它为优质食用植物油。大豆脂肪可在分解酶的作用下水解成脂肪酸和甘油。大豆脂肪的特点是以不饱和脂肪酸为主，如油酸、亚油酸、亚麻酸等，约占总脂肪酸量的60%左右，因此易于氧化，也易于阻止胆固醇在血管中沉积，所以它们有必需脂肪酸之称。大豆脂肪进入豆制品中可改观其营养价值和风味。大豆脂肪酸的组成一般为2.4~6.8%的棕榈酸、4.4~7.3%的硬脂酸、0.4~1.0%的花生脂酸、32~35%的油酸、51.7~57%的亚油酸、2~10%的亚麻酸等。

除此之外，大豆脂肪中还含有不碱化物的物质，包括甾醇类（由豆甾醇、谷甾醇等构成）和维生素E等。生育酚类