

新农村建设丛书

林松毅 主编



豆制品加工技术



吉林出版集团有限责任公司
吉林科学技术出版社

新农村建设丛书

豆制品加工技术

林松毅 主编

吉林出版集团有限责任公司
吉林科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

豆制品加工技术/林松毅主编.

—长春: 吉林出版集团有限责任公司, 2007. 12

(新农村建设丛书)

ISBN 978-7-80762-010-5

I. 豆 ... II. 林 ... 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 (2007) 第 187159 号

豆制品加工技术

主编 林松毅

出版发行 吉林出版集团有限责任公司 吉林科学技术出版社

印刷 长春市东文印刷厂

2007 年 12 月第 1 版

2007 年 12 月第 1 次印刷

开本 850×1168mm 1/32

印张 4 字数 95 千

ISBN 978-7-80762-010-5

定价 6.00 元

社址 长春市人民大街 4646 号

邮编 130021

电话 0431—85661172

传真 0431—85618721

电子邮箱 xnc 408@163.com

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

《新农村建设丛书》编委会

主 任 韩长赋

副 主 任 荀凤栖 陈晓光

委 员 (按姓氏笔画排序)

王守臣 车秀兰 冯晓波 冯 巍

申奉澈 任凤霞 孙文杰 朱克民

朱 彤 朴昌旭 闫 平 闫玉清

吴文昌 宋亚峰 张永田 张伟汉

李元才 李守田 李耀民 杨福合

周殿富 岳德荣 林 君 苑大光

侯明山 闻国志 徐安凯 栾立明

秦贵信 贾 涛 高香兰 崔永刚

葛会清 谢文明 韩文瑜 靳锋云

责任编辑 司荣科 祖 航

封面设计 姜 凡 姜 旬 恂

总 策 划 刘 野 成与华

策 划 齐 郁 司荣科 孙中立 李俊强

豆制品加工技术

主 编 林松毅

副主编 刘静波 张铁华 武 军

编 者 (按姓氏笔画排序)

于亚莉 王作昭 刘静波 庄 红

邢贺钦 张鸣喆 张铁华 庞 勇

林松毅 武 军 宫新统 高 峰

潘风光

出版说明

《新农村建设丛书》是一套针对“农家书屋”、“阳光工程”、“春风工程”专门编写的丛书,是吉林出版集团组织多家科研院所及百余位农业专家和涉农学科学者,倾力打造的精品工程。

本丛书共分五辑,每辑 100 册,每册介绍一个专题。第一辑为农村科技致富系列;第二辑为 12316 专家热线解答系列;第三辑为普通初中绿色证书教育暨初级职业技术教育教材系列;第四辑为农村富余劳动力向非农产业转移培训教材系列;第五辑为新农村建设综合系列。

丛书内容编写突出科学性、实用性和通俗性,开本、装帧、定价强调适合农村特点,做到让农民买得起,看得懂,用得上。希望本书能够成为一套社会主义新农村建设的指导用书,成为一套指导农民增产增收、脱贫致富、提高自身文化素质、更新观念的学习资料,成为农民的良好益友。

目 录

第一章 概述	1
第一节 大豆子粒的结构	1
第二节 大豆的化学组成	3
第三节 功能活性成分	8
第四节 大豆中的酶类	13
第五节 大豆中的抗营养因子	17
第六节 大豆的豆腥味与苦涩味物质	19
第二章 大豆的贮藏及加工特性	21
第一节 大豆的基本生理活动	21
第二节 大豆的贮藏方法	23
第三节 大豆的加工特性	25
第四节 大豆的等级(质量)标准	29
第五节 大豆加工制品分类	32
第三章 豆浆与豆粉的加工工艺	33
第一节 豆浆加工的基本工艺	33
第二节 豆粉的加工工艺	41
第三节 豆粉的质量标准	47
第四章 腐竹的加工工艺	51
第一节 概述	51
第二节 腐竹的加工工艺	52
第三节 腐竹的质量标准	54

第五章 豆腐与豆腐乳的加工工艺	55
第一节 豆腐加工工艺	55
第二节 豆腐乳的加工工艺	67
第三节 豆腐与豆腐乳的质量标准	74
第六章 豆酱的加工工艺	77
第一节 概述	77
第二节 大豆酱生产中的微生物学和生物化学	78
第三节 大豆酱的加工工艺	82
第四节 大豆酱的质量标准	94
第七章 豆豉的加工工艺	96
第一节 概述	96
第二节 豆豉的加工工艺	98
第三节 豆豉的质量标准	108
第八章 纳豆的加工工艺	110
第一节 概述	110
第二节 纳豆生产中的微生物学和生物化学	112
第三节 纳豆的加工工艺	113
参考文献	115

第一章 概 述

第一节 大豆子粒的结构

大豆荚脱去其果荚后即为大豆子粒，有球形、扁圆形等。大豆子粒是典型的双子叶无胚乳种子，外层为种皮，其内为胚，种皮和胚之间为胚乳残存组织，成熟的大豆种子是由种皮和胚 2 部分组成。

1. 种皮 位于大豆子粒的外层，约占整个大豆子粒重量的 8%，是由胚珠发育而成的，对种子具有保护作用。大多数大豆品种的种皮表面光滑，有的有蜡粉或泥膜。种皮呈不同颜色，如黄、褐、青、黑等，其上还附有种脐、种孔和合点等结构。不同品种种脐的形态、颜色、大小略有差别。在种脐下部有一凹陷的小点称为合点，是珠柄维管束与种胚连接处的痕迹。脐上端可明显地透视出胚芽和胚根的部位，二者之间有一个小孔眼，种子发芽时，幼小的胚根由此小孔伸出，故称此小孔为种孔或珠孔、发芽孔。

大豆种子的种皮从外向内有 4 层形状不同的细胞组织构成。

(1) 栅状细胞组织 种皮的最外层为栅状细胞组织，由一层似栅栏状并且排列整齐的长条形细胞组成，细胞长 40~60 微米，外壁很厚，为外皮层。其最外层为角质层，其中有一条明线贯穿，决定种皮颜色的各种色素就在栅状细胞内。栅状细胞较坚硬并且互相排列紧密，一般情况下水较易透过，但若栅状细胞间排列过分紧密时，水便无法透过，使大豆子粒成为“石豆”或“死豆”，这种大豆几乎不能加工利用。

(2) 圆柱状细胞组织 靠近种皮的栅状细胞是圆柱状细胞组织，由两头较宽而中间较窄的细胞组成，长 30~50 微米，细胞间有空隙。当进行泡豆处理时，这些圆柱状细胞膨胀极大，使大豆体积增大。

(3) 海绵组织 圆柱状细胞组织的再里一层是海绵组织，是由 6~8 层薄细胞壁的细胞组成，间隙较大，泡豆处理时吸水剧烈膨胀。

(4) 糊粉层 种皮的最里层是糊粉层，是由类似长方形细胞组成，壁厚，而且还含有一定的蛋白质、糖、脂肪等成分。对于没有完全成熟的大豆子粒，其种皮的最里层（糊粉层之下）是一层压缩胚乳细胞。

大豆种皮除糊粉层以外都含有一定量的蛋白质和脂肪，其他部分几乎都由纤维素、半纤维素、果胶质等物质组成，食品加工中一般作为豆渣而除去。

2. 胚 大豆子粒中胚是由胚根、胚轴（茎）、胚芽和两枚子叶共 4 部分组成。胚根、胚轴和胚芽 3 部分约占整个大豆子粒重量的 2%。大豆子叶是大豆主要的可食部分，其重量约占整个大豆子粒的 90%。子叶的表面是由近似正方形薄壁细胞组成的表皮，其下面有 2~3 层稍呈长形的栅状细胞，栅状细胞的下面为柔软细胞，它们都是大豆子叶的主体。在超显微镜下可以观察到子叶细胞内白色的细小颗粒和黑色团块。白色的细小颗粒称为圆球体，直径为 0.2~0.5 微米，内部蓄积有中性脂肪；黑色团块称为蛋白体，直径为 2~20 微米，其中主要为蛋白质。

大豆的胚根、胚轴、胚芽、子叶则主要以蛋白质、脂肪、糖为主，富含异黄酮和皂苷。大豆子叶是由蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质和维生素等主要成分构成。

第二节 大豆的化学组成

大豆富含营养物质，大约含有蛋白质 40%、脂肪 20%、水分 10%、纤维 5% 和灰分 5%。大豆中两种人体必需脂肪酸——亚油酸和亚麻酸在大豆中的含量比较高，对治疗老年人心血管疾病有一定效果。大豆中还含有能促进人体激素分泌的维生素 E 和大豆磷脂，对延迟衰老和增强记忆力有一定作用。此外，大豆中铁、磷等多种元素的含量也比较丰富，而这些元素对维持人体健康有重要作用。

一、蛋白质

大豆中蛋白质含量位居植物性食品原料的含量之首，是小麦、大米等谷类作物中蛋白质含量的 2 倍以上，属完全蛋白质，其组成蛋白质的氨基酸有 18 种之多，含有 8 种必需氨基酸，且比例比较合理，氨基酸含量与动物蛋白相似，特别是赖氨酸含量可以与动物蛋白相媲美，接近鸡蛋的水平，而蛋氨酸和胱氨酸含量低于动物蛋白。表 1-1 所示为大豆蛋白质及其制品中氨基酸的组成。

表 1-1 大豆蛋白质及其制品中氨基酸的组成(单位:质量分数%)

氨基酸	FAO/ WHO 推荐值	大豆 蛋白质	大豆 球蛋白	大豆 浓缩蛋白	大豆 分离蛋白	大豆粕粉
异亮氨酸	4.0	4.2	6.0	4.8	4.9	5.1
亮氨酸	7.0	9.6	8.0	7.8	1.7	7.7
赖氨酸	5.5	6.1	6.8	6.3	6.1	6.9
蛋氨酸	3.5	2.4	1.7	1.4	1.1	1.6
胱氨酸	3.5	2.4	1.9	1.6	1.0	1.6

续表

氨基酸	FAO/ WHO 推荐值	大豆 蛋白质	大豆 球蛋白	大豆 浓缩蛋白	大豆 分离蛋白	大豆粕粉
苏氨酸	4.0	4.3	3.9	4.2	3.7	4.3
色氨酸	1.0	1.2	1.4	1.5	1.4	1.3
缬氨酸	5.0	4.8	5.3	4.9	4.8	5.4
苯丙 氨酸	6.0	9.2	5.3	5.2	5.4	5.0
酪氨酸	6.0	9.2	4.0	3.9	3.7	3.9
甘氨酸	—	—	4.0	4.4	4.6	4.5
丙氨酸	—	—	3.3	4.4	3.9	4.5
丝氨酸	—	—	4.2	5.7	5.5	5.6
精氨酸	—	—	7.3	7.5	7.8	8.4
组氨酸	—	—	2.9	2.7	2.5	2.6
天门冬 氨酸	—	—	3.7	12.0	11.9	12.0
谷氨酸	—	—	18.4	19.8	20.5	21.0
脯氨酸	—	—	5.0	5.2	5.3	6.3

1. 大豆蛋白 大豆中的蛋白质大部分存在于子叶中，其中80%~88%溶于水，一般称这部分为水溶性蛋白质。水溶性蛋白质又根据溶解性不同分为球蛋白和白蛋白2部分。

大豆中蛋白质根据其在子粒中所起的作用不同一般可分为贮存蛋白、结构蛋白和生物活性蛋白，其中贮存蛋白是大豆蛋白的主体，作为食物时也是主要利用大豆中的贮存蛋白。这些蛋白颗粒尽管其周围虽有磷脂质膜，但磷脂质膜容易破裂，所以能够利用水抽提法提取。

大豆蛋白生物活性主要表现在以下3个方面：

(1) 调节血脂，降低胆固醇和三酰甘油 对胆固醇含量正常的人，大豆没有促进胆固醇下降的作用，但若食用含胆固醇量高的蛋、肉、乳类等食品过多时，大豆蛋白有抑制胆固醇含量上升的作用；对胆固醇含量偏高的人，可降低有害胆固醇中低密度脂

蛋白 (LDL) 和极低密度脂蛋白 (VLDL) 胆固醇, 但不降低有益胆固醇高密度脂蛋白 (HDL) 胆固醇, 可认为食用大豆蛋白可使患心血管疾病的危险性降低 18%~28%。

(2) 防止骨质疏松 研究表明, 与优质动物蛋白相比, 大豆蛋白造成的尿钙损失较少, 当膳食中的蛋白质为动物蛋白质时, 每天的尿钙损失达 150 毫克, 而当膳食中的蛋白质为大豆蛋白时, 每天的尿钙损失仅 103 毫克。

(3) 抑制高血压 在大豆蛋白中的 11S 球蛋白和 7S 球蛋白中含有 3 个可抑制血管紧张肽原酶活性的短肽片段, 因此, 大豆蛋白具有抗高血压的一定功能。

2. 大豆球蛋白 大豆蛋白中 90% 以上是大豆球蛋白, 存在于大豆子粒中的储藏性蛋白的总称 (即为多组分蛋白), 约占大豆总量的 30%。作为蛋白质来源的大豆球蛋白, 以 140 克/日剂量连续摄取 1 个月, 可以改善并保持健康状况。若进一步过量摄取, 则会抑制铁的吸收。不过, 摄取量在 0.8 克/千克左右, 对 Fe、Zn 等微量元素的利用没有影响。

大豆球蛋白对血浆胆固醇的影响, 经临床应用已确认有下面 3 个方面的特点: 对血浆胆固醇含量高的人, 大豆球蛋白有降低胆固醇的作用; 当摄取高胆固醇食物时, 大豆球蛋白可以防止血液中胆固醇的升高; 对于血液中胆固醇含量正常的人来说, 大豆球蛋白可降低血液中 LDL/HDL 胆固醇的比值。

二、脂类

大豆脂类主要贮藏在大豆细胞内的脂肪球中, 脂肪球分布在大豆细胞中蛋白体的空隙间, 其直径为 0.2~0.5 微米。大豆脂类总含量为 21.3%, 主要包括脂肪、磷脂类、固醇、糖脂 (脑脂) 和脂蛋白。其中中性脂肪 (豆油) 是主要成分, 占脂类总量的 89% 左右。磷脂和糖脂分别占脂类总量的 10% 和 2% 左右。此外还有少量的游离脂肪酸、固醇和固醇脂。

1. 大豆油脂 大豆含有 16%~24% 的脂肪, 是人类主要的

食用油料作物，全球大约一半的植物油脂来自于大豆。大豆油脂主要特点是不饱和脂肪酸含量高，61%为多不饱和脂肪酸，24%为单不饱和脂肪酸。大豆油脂中还含有可预防心血管病的一种 ω -3脂肪酸—— α -亚麻酸。大豆油脂在常温下为液体，分毛油和精炼油。毛油为红褐色，精炼油为淡黄色。

2. 大豆类脂 分为可皂化类脂和不可皂化类脂 2 类。大豆中的类脂主要是磷脂和固醇。大豆中不可皂化物总含量为 0.15%~1.6%，除固醇外，还有类胡萝卜素、叶绿素以及生育酚类似物等物质。大豆中含 1.1%~3.2%的磷脂，在食品工业中广泛用作乳化剂、抗氧化剂和营养强化剂。大豆磷脂的主要成分是卵磷脂、脑磷脂及磷脂酰肌醇。其中卵磷脂占全部磷脂的 30%左右，脑磷脂占全部磷脂的 30%，磷脂酰肌醇占全部磷脂的 40%。卵磷脂具有良好的乳化性和一定的抗氧化能力，是一种非常重要的食品添加剂。从油脚中可以提取大豆卵磷脂。大豆中的固醇类物质是类脂中不皂化物的主要成分，占大豆的 0.15%，主要包括豆固醇、谷固醇和菜油固醇。在制油过程中，固醇转入油脚中，因而可从油脚中提取固醇。固醇在紫外线照射下可转化为维生素 D。

三、碳水化合物

大豆中的碳水化合物含量约为 25%，可分为可溶性与不可溶性两大类。大豆中含 10%的可溶性碳水化合物，主要指大豆低聚糖（其中蔗糖占 4.2%~5.7%，水苏糖占 2.7%~4.7%、棉子糖占 1.1%~1.3%），此外还含有少量的阿拉伯糖、葡萄糖等。大豆中含有 24%的不可溶性碳水化合物，主要指纤维素、果胶等多聚糖类，其组成也相当复杂，种皮中多果胶质，子叶中多纤维素。大豆中的不溶性碳水化合物——食物纤维，共性是都不能被人体所消化吸收。

此外，除蔗糖外的所有碳水化合物都难以被人体所消化，它们一经发酵就引起肠胃胀气，这是因为人体消化道中不产生 α -半乳

糖和 β -果糖苷酶，所以在胃肠中不进行消化，当它们到达大肠后，经大肠细菌发酵作用产生 CO_2 、氢气、甲烷而造成人体有胀气感。所以，大豆用于食品时，往往要设法除去这些不易消化的碳水化合物，而这些碳水化合物通常也被称为“胃肠胀气因子”。

四、无机盐

大豆中无机盐（也称大豆矿物质）总量为 5%~6%，其种类及含量较多，其中的钙含量是大米的 40 倍（2.4 毫克/克），铁含量是大米的 10 倍，钾含量也很高。钙含量不但较高，而且其生物利用率与牛奶中的钙相近。维生素 B 类、维生素 E 含量丰富，维生素 A 较少，但维生素 B_1 易被加热破坏。

大豆中的无机盐大约有 10 余种，多为钾、钠、钙、镁、磷、硫、氯、铁、铜、锌、铝等，由于大豆中存在植酸，某些金属元素如 Ca、Zn、Fe 和植酸形成不溶性植酸盐，妨碍这些元素的消化利用。

大豆的无机成分中，钙的含量差异最大，目前测得的最低值为 163 毫克/100 克大豆，最高值为 470 毫克/100 克大豆，大豆的含钙量与蒸煮大豆（整粒）的硬度有关，即钙的含量越高，蒸煮大豆越硬。

此外，除钾以外的大豆的无机物中磷的含量最高，其在大豆中的存在形式有 75% 植酸钙镁态、13% 磷脂态、其余 12% 是有机物和无机物。

五、维生素

大豆中含有多多种维生素，特别是 B 族维生素，但大豆中的维生素含量较少，而且种类也不全，以水溶性维生素为主，脂溶性维生素则更少。大豆中含有脂溶性维生素主要有维生素 A、 β -胡萝卜素、维生素 E 等，而水溶性维生素有维生素 B_1 、维生素 B_2 、烟酸、维生素 B_6 、泛酸、抗坏血酸等。就我国产的大豆来讲，每百克成熟的大豆中维生素含量（东北产 13 个品种平均值）如下：胡萝卜素 0.4 毫克、维生素 B_1 0.79 毫克、维生素 B_2 0.25

毫克、尼克酸（烟酸、维生素 B₃）2.1 毫克、维生素 B₆0.9 毫克、泛酸 1.7 毫克、维生素 C 20 毫克、叶酸 0.4 毫克。此外，还含有一定量的维生素 E，只是在大豆加热处理时绝大多数已破坏，转移到制品中去的很少。

六、有机酸

大豆中含有多种有机酸，其中枸橼酸含量最高，其次是焦性麸氨酸（在分析试样调制中生成的）、苹果酸和醋酸等。目前，在大豆综合加工中，已利用这些有机酸制成了清凉饮料。

第三节 功能活性成分

1. 大豆多肽 即“肽基大豆蛋白水解物”的简称，是大豆蛋白质经蛋白酶作用后，再经特殊处理而得到的蛋白质水解产物。大豆多肽的必需氨基酸组成与大豆蛋白质完全一样，含量丰富而平衡，且多肽化合物易被人体消化吸收，并具有防病、治病、调节人体生理功能的作用。大豆多肽是极具潜力的一种功能性食品基料，已逐渐成为 21 世纪的健康食品。

大豆多肽的生物活性主要表现在以下 8 个方面：

- (1) 具有吸收速度快和吸收率高的特性；
- (2) 降低血脂和胆固醇的效果更加明显；
- (3) 大豆多肽的抗原性较原大豆蛋白低，可以给易引起食品过敏的人提供一种比较安全的蛋白物料；
- (4) 大豆多肽能抑制血管中的血管紧张素转换酶的活性，防止末梢血管收缩，因而具有降血压作用，其降压作用平稳，不会出现药物降压过程中可能出现的大的波动，尤其对原发性高血压患者具有显著的疗效，对血压正常的人没有降压作用；
- (5) 增强肌肉运动力和加速肌红蛋白恢复的作用；
- (6) 促进脂肪代谢的效果，常作为减肥食品；
- (7) 大豆多肽对乳酸菌、双歧杆菌、酵母菌、真菌等微生物

有促进增殖的效果，并能促进有益代谢物的分泌；

(8) 对 α -葡萄糖苷酶有抑制作用，对蔗糖、淀粉、低聚糖等糖类的消化有延缓作用，能够控制机体内血糖的急剧上升，具有降低血糖的作用。

2. 大豆异黄酮 是大豆生长过程中形成的次级代谢产物，大豆子粒中异黄酮含量为 0.05%~0.7%，主要分布在大豆种子的子叶和胚轴中，种皮中极少。虽然大豆胚轴中异黄酮浓度约为子叶的 6 倍，但由于子叶占大豆子粒重的 95% 以上，因此，大豆异黄酮主要分布在大豆子叶中。

长期以来，大豆异黄酮被视为大豆中的不良成分。但近年的研究表明：大豆异黄酮对癌症、动脉硬化症、骨质疏松症以及更年期综合征具有预防甚至治愈作用。自然界中异黄酮资源十分有限，大豆是唯一含有异黄酮且含量在营养学上有意义的食物资源，这就赋予大豆及大豆制品特别的重要性。

大豆异黄酮生物活性主要表现在以下 9 个方面：

(1) 类雌激素和抗雌激素作用；

(2) 维持骨吸收和骨形成的平衡作用；

(3) 对骨代谢中细胞因子的影响；

(4) 抗癌作用 具有抗癌、抗恶性细胞增殖的作用，能诱导恶性细胞的分化、抑制细胞的恶性转化、抑制恶性细胞侵袭，并对肿瘤转移有明显的治疗作用；

(5) 抗氧化作用 能防止维生素 C 的氧化；

(6) 调节免疫功能作用；

(7) 对心血管的防护作用 在生理活性方面也与黄酮类物质相似，表现出对心血管的保健作用，如抗血栓和降血脂作用；

(8) 防治妇女更年期综合征的作用；

(9) 其他作用 哺乳动物妊娠后期在饲料中添加异黄酮，可促进乳腺发育，提高母乳品质与数量，促进胎儿生长，提高动物的初生体重。