

高等学校教材

大豆食品工艺学

殷涌光 刘静波 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大豆食品工艺学/殷涌光, 刘静波主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 11
高等学校教材
ISBN 7-5025-7900-1

I. 大… II. ①殷…②刘… III. 大豆-豆制品-食品加工-高等学校-教材 IV. TS214. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 137803 号

高等学校教材

大豆食品工艺学

殷涌光 刘静波 主编

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 周 侗

责任校对: 李 林

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(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
北京市彩桥印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 13¼ 字数 317 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7900-1

定 价: 24.00 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

《大豆食品工艺学》

编写人员

主编 殷涌光 刘静波

编者 殷涌光 刘静波 林松毅 武 军

张铁华 于亚莉 高 峰

前 言

大豆富含营养物质，除优质蛋白质和优质植物油外，还含有多种具有生理功能的物质，如大豆多肽和寡肽、大豆异黄酮、大豆低聚糖、大豆皂苷等，其研究开发与应用已经受到越来越多国内外有识之士的重视，并已由单一食品工业逐步拓展到化工、环保、医药、军工等领域。

本教材是由长期从事大豆教学与科研的专家、学者集多年教学、科研经验和丰富研究成果，充分吸收现有文献和教材的长处，改变已有大豆加工制品教材结构模式，着眼于21世纪大豆科研创新和人才培养实用性的要求，集体编撰而成。本书由大豆基础理论、传统大豆制品生产技术、新型大豆制品生产技术、大豆功能性成分的制备及其应用、大豆加工副产品综合利用以及废水综合处理等6个方面构成基本框架，以传统大豆制品的生产技术和新型大豆制品的生产技术为主线，阐述大豆教学基本内容，侧重对大豆加工中传统大豆制品和新型大豆制品生产作分析介绍，特别是增加了对当前国内外大豆制品生产的最新技术和理论成果的介绍。在对大豆研究的热点——大豆寡肽、低聚糖等功能性成分的制备工艺进行阐述的同时，还对这些功能性成分在各方面的应用进行了详细的介绍。

本教材力求知识结构严谨、内容新颖、应用性强，贴近新形势下大豆生产工艺教学与科研实际，适应和满足“综合型和技能型”人才培养的教学需要。本书既可以作为食品科学与工程及其相关专业的不同层次学生（本科生和研究生）的必选课教材，也可作为食品科学工作者及企业生产实验技术人员的实用参考书。

本教材是在殷涌光教授和刘静波教授指导下编写而成。具体编写分工如下：第一章由刘静波编写；第二章和第五章由林松毅编写；第三章由张铁华、于亚莉、高峰编写；第四章由武军编写；第六章由殷涌光编写。

由于编者水平所限，疏漏和不足在所难免，衷心期待专家、学者的批评指正。

编 者
吉林大学
2005年8月

目 录

第一章 大豆的基础理论	1
第一节 大豆籽粒的结构和组成	1
一、大豆籽粒的结构	1
二、大豆籽粒的组成	2
第二节 大豆的化学组成	2
一、蛋白质	2
二、脂类	6
三、碳水化合物	7
四、酶类	8
五、无机盐	12
六、维生素	13
七、有机酸	13
第三节 大豆的贮藏及加工特性	13
一、大豆的物理特性和贮藏特性	13
二、大豆的加工特性	17
第四节 大豆的功能成分	21
一、大豆多肽	21
二、大豆异黄酮	24
三、大豆低聚糖	27
四、大豆磷脂	29
五、大豆皂苷	31
六、大豆膳食纤维	33
第五节 大豆的抗营养因子	34
一、胰蛋白酶抑制素	34
二、血球凝集素	36
三、致甲状腺肿素	37
四、植酸	37
五、大豆的豆腥及苦涩味	37
参考文献	38
第二章 传统大豆制品的加工	39
第一节 豆腐和腐竹	39
一、豆腐	39
二、腐竹	51
三、豆腐与腐竹的质量标准	53
第二节 豆腐乳	53

一、概述	53
二、豆腐乳生产中微生物学和生物化学	54
三、豆腐乳的生产工艺	54
四、豆腐乳的质量标准及技术指标	62
第三节 豆豉	64
一、概述	64
二、豆豉的生产工艺	65
三、豆豉的质量标准	74
第四节 豆酱	75
一、概述	75
二、大豆酱生产中微生物学和生物化学	75
三、大豆酱的生产工艺	78
四、大豆酱的质量标准	86
第五节 酱油	87
一、概述	87
二、酱油生产中微生物学和生物化学	88
三、酱油的生产工艺	91
四、酱油的质量标准及技术指标	102
第六节 天培	106
一、概述	106
二、天培生产中微生物学和生物化学	106
三、天培的生产工艺	109
第七节 纳豆	111
一、概述	111
二、纳豆生产中微生物学和生物化学	112
三、纳豆的生产工艺	112
参考文献	113
第三章 新型大豆制品的加工	115
第一节 豆粉	115
一、速溶豆粉	115
二、速溶豆浆粉	119
三、豆乳粉	119
四、膨化全脂豆粉	122
第二节 大豆蛋白	123
一、大豆分离蛋白的生产	123
二、浓缩大豆蛋白的生产	127
三、大豆组织蛋白的生产	131
四、大豆蛋白在食品工业中的应用	134
第三节 大豆油脂	138
一、色拉油	139

二、调和油	141
三、大豆磷脂	142
四、人造奶油	147
第四节 大豆饮料	152
一、发酵饮料	152
二、非发酵饮料	154
第五节 高新技术在大豆制品中的应用	159
一、高新技术在大豆蛋白生产中的应用	159
二、高新技术在大豆饮料生产中的应用	162
三、高新技术在大豆油脂生产中的应用	164
参考文献	167
第四章 大豆功能性成分的制备及其应用	168
第一节 大豆多肽	168
一、大豆多肽的制备工艺	168
二、大豆多肽的应用	169
第二节 大豆异黄酮	172
一、大豆异黄酮的制备工艺	172
二、大豆异黄酮的应用	174
第三节 大豆低聚糖	174
一、大豆低聚糖的制备工艺	175
二、大豆低聚糖的应用	178
第四节 大豆磷脂	178
一、大豆磷脂的制备工艺	179
二、大豆脑磷脂和卵磷脂的应用	181
第五节 大豆皂苷	182
一、大豆皂苷的制备工艺	183
二、大豆皂苷的应用	184
第六节 大豆膳食纤维	185
一、大豆膳食纤维的制备工艺	185
二、大豆膳食纤维的应用	186
参考文献	188
第五章 大豆加工副产品的综合开发	190
第一节 黄浆水的综合利用	190
一、黄浆水制备酵母	190
二、黄浆水生产白地霉粉	192
三、黄浆水生产维生素 B ₁₂	193
第二节 豆渣的综合利用	193
一、豆渣蛋白的提取	193
二、利用豆渣生产水解植物蛋白	194
三、豆渣发酵生产核黄素	195

四、豆渣发酵调味品·····	195
五、豆渣膳食纤维的制备·····	197
第三节 豆粕的综合利用·····	197
一、脱脂大豆制豆乳·····	197
二、大豆异黄酮强化大豆蛋白制品·····	199
参考文献·····	199
第六章 大豆生产工业废水的综合处理·····	200
一、食品工业废水特性·····	200
二、废水的水质污染指标·····	200
三、废水的处理程度·····	201
四、废水的处理方法·····	201
五、大豆生产废水的生物处理·····	202
参考文献·····	203

第一章 大豆的基础理论

第一节 大豆籽粒的结构和组成

一、大豆籽粒的结构

大豆荚果脱去其果荚后即为大豆籽粒。大豆籽粒有球形、扁圆形等，其结构如图 1-1 所示，大豆籽粒是典型的双子叶无胚乳种子。大豆籽粒的外层为种皮，其内为胚，种皮和胚之间为胚乳残存组织，如图 1-2 所示。成熟的大豆种子由种皮和胚两部分组成。

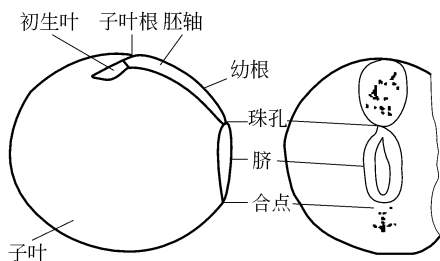


图 1-1 大豆籽粒结构示意图

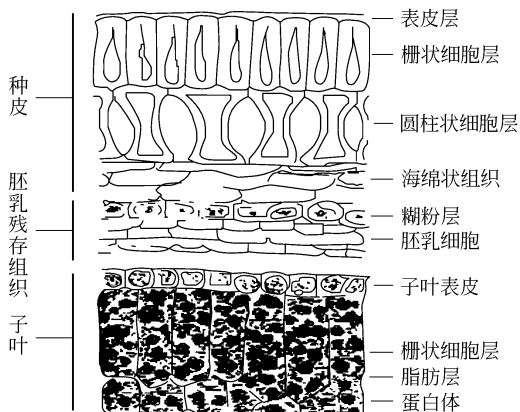


图 1-2 大豆结构示意图

1. 种皮

种皮位于大豆籽粒的外层，约占整个大豆籽粒质量的 8%，是由胚珠被发育而成的，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由 4 层形状不同的细胞组织构成（如图 1-2 所示）。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，细胞长约 $40\sim 60\mu\text{m}$ ，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，使大豆籽粒成为“石豆”或“死豆”，这种大豆几乎不能加工利用。靠近栅状细胞的是圆柱状细胞组织，由两头较宽而中间较窄的细胞组成，长约 $30\sim 50\mu\text{m}$ ，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。圆柱状细胞组织的再里一层是海绵组织，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。最里层是糊粉层，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籽粒，其种皮的最里层（糊粉层之下）是一层压缩胚乳细胞。

2. 胚

大豆籽粒的胚由胚根、胚轴（茎）、胚芽和两枚子叶 4 部分组成。胚根、胚轴和胚芽 3 部分约占整个大豆籽粒质量的 2%。大豆子叶是大豆主要的可食部分，其质量约占整个大豆籽粒的 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 μm ，内部蓄积有中性脂肪；黑色团块称为蛋白体，直径为 2~20 μm ，其中主要为蛋白质。

二、大豆籽粒的组成

大豆籽粒的各个组成部分由于细胞组织形态不同，其构成物质也有很大差异。大豆种皮除糊粉层以外都含有一定量的蛋白质和脂肪，其他部分几乎都是由纤维素、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。而胚根、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。整粒大豆及其各部位的化学组成情况如表 1-1 所示。

表 1-1 整粒大豆及其各部位的化学组成

%

成 分	粗蛋白 ^① (N×6.25)	碳水化合物 (包括粗纤维)	粗脂肪	水分	灰分
整粒	38.8	27.3	18.6	11.0	4.3
子叶	41.5	23.0	20.2	11.4	4.4
种皮	8.4	74.3	0.9	13.5	3.7
胚(根、轴、芽)	39.3	35.2	10.0	12.0	3.9

① 粗蛋白含量是以含氮量×6.25 计。

第二节 大豆的化学组成

大豆富含营养物质，大约含有 40% 的蛋白质、20% 的脂肪、10% 的水分、5% 的纤维和 5% 的灰分。大豆中的蛋白质含量是小麦、大米等谷类作物的 2 倍以上，而且组成蛋白质的氨基酸比例较接近人体所需的理想比例，尤其是赖氨酸的含量特别高，接近鸡蛋的水平，因此大豆蛋白的质量优越。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。中国部分产地大豆的化学成分如表 1-2 所示。

一、蛋白质

大豆中的蛋白质是指存在于大豆中的诸多蛋白质的总称，它不是单指某一种蛋白质。大豆中的蛋白质含量位居植物性食品原料的含量之首，一般情况下，大豆中蛋白质含量高达 40% 左右，其中有 80%~88% 是可溶的，在豆制品的加工中主要利用的就是这一类蛋白质。组成大豆蛋白的氨基酸有 18 种之多，表 1-3 所示为大豆蛋白质及其制品中氨基酸

表 1-2 中国部分产地大豆的化学成分

mg

产地	部分及质量/g	水分/g	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	热量/kJ	灰分/g	钙
北京	食部 100	7.4	43.8	16.8	23.1	1751.42	4.6	166
湖南	食部 100	10.0	37.8	17.2	24.6	1688.72	5.4	232
江苏	食部 100	8.7	40.5	20.2	21.0	1789.04	5.0	190
陕西	食部 100	10.0	39.6	17.1	23.9	1705.44	4.2	263
福建	食部 100	20.0	35.4	12.1	23.3	1437.92	4.6	242

产地	部分及质量/g	磷	铁	胡萝卜素	硫胺素	核黄素	尼克酸	粗纤维
北京	食部 100	582	6.5	—	0.64	0.23	1.8	4.3
湖南	食部 100	518	4.9	0.12	—	0.24	1.7	5.0
江苏	食部 100	631	10.2	—	—	—	—	4.6
陕西	食部 100	502	6.6	0.39	—	0.24	1.6	5.2
福建	食部 100	354	10.8	—	—	—	—	4.6

表 1-3 大豆蛋白质及其制品中氨基酸的组成 (质量分数)

%

氨基酸	FAO/WTO 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	大豆豆粕
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
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

的组成。从表 1-3 中可以看出,大豆蛋白中含有 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。但是,大豆蛋白中的蛋氨酸和胱氨酸含量低于动物蛋白。

(一) 大豆蛋白

1. 大豆蛋白的组成及分类

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两部分,其中球蛋白占 94%,这部分又是由 78.5% 的大豆球蛋白和 21.5% 的菜豆蛋白组成;白蛋白占水溶性蛋白质的 6%,这部分又是由 78.8% 的豆蛋白和 21.2% 的大豆豆蛋白组成。

大部分蛋白质在 pH4~5 范围内从溶液中沉淀出来,称这部分蛋白质为大豆酸沉淀蛋白,占全部大豆蛋白的 80% 以上(主要是大豆球蛋白)。这些蛋白质真正的等电点在 pH4.5 左右,但由于大豆中含有植酸钙镁,其在酸性条件下与蛋白质结合,所以表面看来蛋白质的等电点是在 pH4.3 左右。在等电点不沉淀的蛋白质称为大豆乳清蛋白,约占大豆蛋白质全量的 6%~7%,这些蛋白的主要成分是白蛋白。大豆蛋白大部分在偏离 pH4.3 时可溶于水,但受热,特别是当蒸煮等高温处理时,其溶解度急剧减小,因此在此

豆腐和大豆分离蛋白加工中，白蛋白一般在水洗和压滤过程中流失掉。

此外，大豆中的蛋白质根据其在籽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。

2. 大豆蛋白的生物活性

大豆蛋白的生物活性主要表现在以下几个方面。

(1) 调节血脂，降低胆固醇和甘油三酯 大豆蛋白能与肠内胆固醇类相结合，从而妨碍固醇类的再吸收，并促进肠内胆固醇排出体外。已知大豆蛋白与胆固醇之间有如下关系：①对胆固醇含量正常的人，大豆没有促进胆固醇下降的作用（一定量的胆固醇是人体维持生命的必要物质）；②对胆固醇含量正常的人，如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；③对胆固醇含量偏高的人，有降低部分胆固醇的作用；④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。经研究，食用大豆蛋白后，血清中胆固醇浓度降低 9.3%，LDL 胆固醇降低 12.9%，血清中甘油三酯浓度降低 10.5%，而血清中 HDL 胆固醇浓度增加了 2.4%。由于胆固醇浓度每降低 1%，患心脏病的危险性就降低 2%~3%，因此可以认为，食用大豆蛋白可使患心血管疾病的危险性降低 18%~28%。

此外，大豆蛋白对胆固醇的降低作用与胆固醇的初始浓度高度相关。食用大豆蛋白后，对于胆固醇浓度正常的人，LDL 胆固醇只降低 7.7%，而对血清胆固醇浓度严重超标的人，LDL 胆固醇降低了 24%。因此，正常人食用大豆蛋白不必有任何顾虑，而胆固醇浓度越高，大豆蛋白的降低效果越显著。并且只要每天食用大豆蛋白 25g 左右，就足以达到降低胆固醇的作用。1998 年 10 月 26 日美国食品药品监督管理局（FDA）在华盛顿召开记者招待会，确认摄取大豆蛋白与降低患心脏病危险性呈正相关，并可在含大豆蛋白食品的标签上标明健康标志。

因此，FDA 认为可按下列标示在标签上标明：“每日食用 25g 大豆蛋白可作为降低饱和脂肪酸、胆固醇饮食的一环，可减少患心脏病的危险性，该产品（制品名）每份含有××克大豆蛋白”。

(2) 防止骨质疏松 人的骨骼处于高度的新陈代谢中，每年新生的骨骼占总骨骼的 15%，每天有大约 7000mg 的钙进出骨骼组织，一部分钙会随尿液排出体外。若尿钙损失 50mg，就必须摄入 200~250mg 的钙（假设钙的吸收率为 20%~25%），因此减少尿钙损失比摄入钙更为重要。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 150mg，而当膳食中的蛋白质为大豆蛋白时，每天的尿钙损失仅 103mg。

此外，大豆中的大豆异黄酮可抑制骨骼再吸收，促进骨骼健康。因此常食大豆食品对防止骨质疏松非常有益。

(3) 抑制高血压 血管紧张肽原酶对稳定血液循环和血压起着重要作用。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，大豆蛋白具有一定的抗高血压功能。

(4) 大豆蛋白属完全蛋白质 大豆蛋白所含的必需氨基酸可满足 2 岁以上人体对各种

必需氨基酸的要求。按 WHO 和 FDA1993 年所采用的“蛋白质消化率校正后的氨基酸得分” (PDCAAS), 大豆蛋白质为满分 (1.0 分), 与鸡蛋清蛋白相同 (1.0 分), 高于牛肉 (0.95 分)、花生粉 (0.52 分)、小麦面筋 (0.24 分) 等, 即相当于动物蛋白, 优于一般植物蛋白。图 1-3 所示的是大豆蛋白氨基酸组成与人体需要示意。

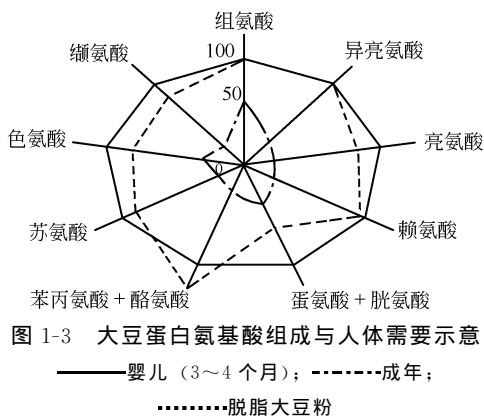


图 1-3 大豆蛋白氨基酸组成与人体需要示意

——婴儿 (3~4 个月); - - - - -成年;
脱脂大豆粉

(二) 大豆球蛋白

1. 大豆球蛋白的组成

大豆蛋白中 90% 以上是大豆球蛋白 (glycinin)。大豆球蛋白是存在于大豆籽粒中的贮藏性蛋白的总称 (即为多组分蛋白), 约占大豆总量的 30%。

构成大豆球蛋白四级结构的亚基数不同, 故其相对分子质量大小也不相同, 经超速离心机沉降分析, 大豆球蛋白依据其相对分子质量大小可以分为 2S、7S、11S、15S (S 为沉降系数, $1S=10^{-13}s=1$ Svedberg 单位) 4 种组分, 其中主要为 11S 球蛋白 (相对分子质量约 35 万) 和 7S 球蛋白 (相对分子质量约 17 万)。对于生物机体, 几乎所有的外来蛋白质都可以作为抗原, 而且每种蛋白质都能诱导特异性抗体的产生。免疫学分析表明, 大豆球蛋白至少是由大豆球蛋白 (glycinin)、 β -伴大豆球蛋白 (β -conglycinin)、 α -伴大豆球蛋白以及 γ -伴大豆球蛋白 4 种不同的蛋白组成的。表 1-4 所示的是大豆球蛋白主要组分及其含量和相对分子质量。

表 1-4 大豆球蛋白主要组分及其含量和相对分子质量

蛋白组成		含量/%		相对分子质量/ $\times 10^3$
超离心分析法	免疫分析法	超离心分析法	免疫分析法	
2S	α -伴大豆球蛋白	15.0	13.8	18~33
7S	β -伴大豆球蛋白	34.0	27.9	180~210
	γ -伴大豆球蛋白	34.0	3.0	105~150
11S	大豆球蛋白	41.9	40.0	300~350
15S	实际是大豆球蛋白的聚合体	9.1	—	600

① 2S 蛋白体: 2S 蛋白体相对分子质量为 8000~215000, 占蛋白质总量的 20%。在酸沉淀蛋白中, 分离出了相对分子质量为 26000 的 2S 蛋白, 其 N-末端结合有天冬氨酸。在 2S 成分中还含有胰蛋白酶抑制因子、细胞色素 C 等。

② 7S 蛋白体: 7S 蛋白体是含有 3.8% 的甘露糖和 1.2% 葡萄糖的糖蛋白, 相对分子质量在 61000~110000, 占蛋白质总量的 1/3。含有脂氧合酶、血凝集素、 β -淀粉酶和 7S 球蛋白 4 种不同的蛋白质。

③ 11S 蛋白体: 11S 蛋白体结合有低于 1% 的糖, 相对分子质量为 350000, 占蛋白质总量的 1/2。11S 蛋白体是大豆中含量最多的蛋白质成分, 等电点 pI5.0。11S 蛋白体最大的特征是冷却后发生沉淀。将脱脂大豆的水提取液放在 0~2℃ 的环境下会有蛋白质沉淀析出, 11S 成分大约有 86% 发生沉淀。

④ 15S 蛋白体: 15S 蛋白体由多种成分构成, 相对分子质量达 600000, 占蛋白质总

量的 1/10。用酸沉淀或用透析法沉淀时, 15S 成分首先沉淀出来。

2. 大豆球蛋白的营养价值

大豆球蛋白的氨基酸模式, 除了婴儿以外, 自 2 周岁的幼儿至成年人, 都能满足其对必需氨基酸的需要。将大豆球蛋白与牛肉相混合, 不论将大豆球蛋白与牛肉按什么比例混合, 其蛋白质利用率都没有什么差别。也就是说, 在保持氮平衡的情况下, 即使用大豆球蛋白代替部分牛肉, 其整体营养水平与用牛肉没有多大差别。

3. 大豆球蛋白对血浆胆固醇的影响

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。

① 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。大豆球蛋白对高胆固醇血症患者的降胆固醇作用如图 1-4 所示。

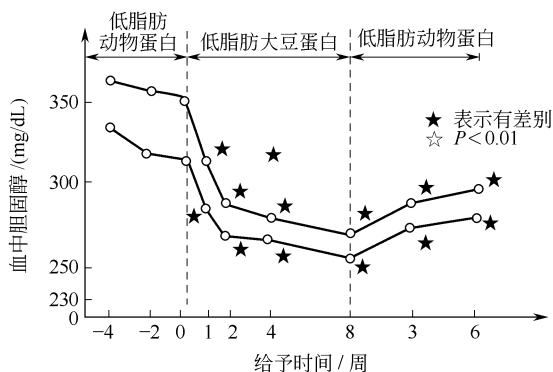


图 1-4 大豆球蛋白对高胆固醇血症患者的降胆固醇作用

② 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。

③ 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。

作为蛋白质来源的大豆球蛋白, 以 140g/天剂量连续摄取 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 Fe 的吸收。不过, 摄取量在 0.8g/kg 左右, 对 Fe、Zn 等微量元素的利用没有影响。

图 1-5 所示的是鸡蛋蛋白与大豆球蛋白对血浆胆固醇的影响情况。

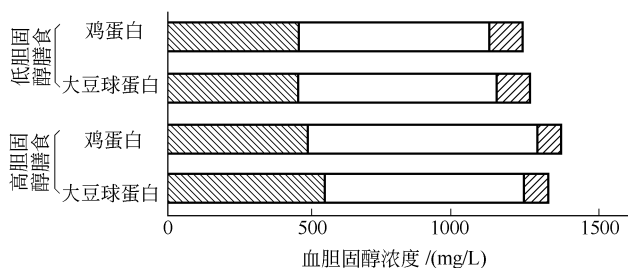


图 1-5 鸡蛋蛋白与大豆球蛋白对血浆胆固醇的影响

▨ HDL; □ LDL; ▨ VLDL

二、脂类

大豆的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 μ m。

大豆中脂类总含量为 21.3%, 主要包括脂肪 (甘油酯)、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. 脂肪 (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。大豆油脂的物理和化学指标如表 1-5 所示。表 1-6 所示的是大豆油脂中脂肪酸的组成。

表 1-5 大豆油脂的物理和化学指标

相对密度 $d(20^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C})$	0.9150~0.9375	碘 值	120~137
凝固点/ $^{\circ}\text{C}$	-18~-15	皂化值	188~195
总脂肪含量/%	94~96	硫氰值	81~84

表 1-6 大豆油脂中脂肪酸的组成

脂肪酸种类		含量/%	平均值/%	脂肪酸种类		含量/%	平均值/%
饱和脂肪酸	月桂酸(12:0)	0.1	0.1	不饱和脂肪酸	棕榈油酸(16:1)	<0.5	0.3
	豆蔻酸(14:0)	<0.5	0.2		油酸(18:1)	20~50	22.8
	棕榈酸(16:0)	7~12	10.7		亚油酸(18:2)	35~60	50.8
	硬脂酸(18:0)	2~5.5	3.9		亚麻酸(18:3)	2~13	6.8
	花生酸(20:0)	<1.0	0.2		花生四烯酸(20:4)	<1.0	—
	山芋酸(22:0)	<0.5	—		合计	—	80.7
	合计	10~19	15.0				

2. 类脂

大豆中的类脂分为可皂化类脂和不可皂化类脂两类。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。

(1) 磷脂 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、脑磷脂及肌醇磷脂。其中卵磷脂占全部磷脂的 30%左右，脑磷脂占全部磷脂的 30%，肌醇磷脂占全部磷脂的 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。

(2) 固醇 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%，其组成如表 1-7 所示。大豆中碳水化合物成分比较复杂，主要为蔗糖、棉籽糖、水苏糖、毛蕊花糖等低糖类和阿拉伯半乳聚糖等多糖类。成熟的大豆中淀粉含量甚微，约为 0.4%~0.9%，青豆（毛豆）比成熟大豆淀粉含量多。另外，在成熟的大豆中也没有发现葡萄糖等还原性糖。

表 1-7 大豆各部分的碳水化合物组成（以干基计）

%

大豆中各部分	各种碳水化合物的含量					
	总碳水化合物	纤维素	多缩半乳糖	蔗糖	棉籽糖	水苏糖
子叶	29.4	—	—	6.6	1.4	5.3
种皮	85.6	—	—	0.6	0.13	0.41
胚轴	43.4	—	—	7.0	1.9	7.7
全粒	25.7	3.3	1.6	5.2	1.0	3.8

大豆中的碳水化合物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%、棉籽糖占 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，如表 1-8 所示。种皮中多果胶质（如表 1-9 所示）。子叶中多纤维素。大豆中的不溶性碳水化合物——食物纤维，共性就是都不能被人体所消化吸收。

表 1-8 大豆中不溶性碳水化合物

种 皮	子 叶	胚 轴	种 皮	子 叶	胚 轴
外种皮： 果胶质 半纤维素	细胞间质： 果胶质 半纤维素	阿拉伯 半乳糖	内种皮： 纤维素	细胞壁： 纤维素	

表 1-9 大豆种皮中的不溶性碳水化合物

种 类	提 取 方 法	含 量 / %
半乳甘露聚糖 I	室温水提取	9~10
半乳甘露聚糖 II	60℃ 水提取	9~10
果胶质	50% 草酸铵提取	10~12
木聚糖	10% 氢氧化钾提取	9~10
甘露聚糖	10% 氢氧化钠+4% 硼酸提取	—
纤维素	10% 氢氧化钠+4% 硼酸提取并提取残渣	40

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 CO₂、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消化的碳水化合物，而这些碳水化合物通常也被称为“胃肠气胀因子”。

四、酶类

在大豆中已经发现了 30 多种酶。与大豆制品加工有关的主要有脂肪氧化酶、脂肪酶、淀粉酶和蛋白酶。表 1-10 列出了从大豆中发现的酶类。

表 1-10 大豆中发现的酶类

酶 类	中 文	酶 类	中 文
allantoinase	尿酸素酶	lipase	脂肪酶
amylase	淀粉酶	lipoper oxidase	脂过氧化物酶
arylamine-N-giucosyltransferse	芳氨基-N-葡糖酶转移酶	lipoxygenase	脂氧合酶(脂肪氧化酶)
ascorbicase	抗坏血酸酶	malic acid dehydrogenase	苹果酸脱氢酶
catalase	过氧化氢酶	mannosidase	甘露糖苷酶
cbaicone-flauanone isomerase	黄烷酮异构酶	peroxidase	过氧化物酶
coenzyme Q	辅酶 Q	phosphatase	磷酸酯酶
cytochrome C	细胞色素 C	phosphorylase	磷酸化酶
glucan synthetase	葡聚糖合成酶	phytase	肌醇六磷酸酶
glycosyl transferase	糖基转移酶	proteinase	蛋白酶
glycosidase	糖苷酶	steryl-glucoy itransferase	糖基转移酶
glyoxalase	乙二醛酶	transaminase	转氨基酶
hexoRinases	己糖激酶	urease	尿素酶
invertase	蔗糖酶	uricase	尿酸酶
lactic acid dehydrogenase	乳酸脱氢酶		

