



普通高等教育食品科学与工程类 “十三五” 规划教材

李 杨
主编

传统豆制品 加工工艺学

TRADITIONAL BEAN PRODUCTS
PROCESSING TECHNOLOGY

中国林业出版社

非
补
结

普通高等教育食品科学与工程类“十三五”规划教材

传统豆制品加工工艺学

李 杨 主编

中国林业出版社

内 容 简 介

本书主要分为两篇：第一篇为发酵豆制品，包括腐乳、酱油、豆豉和豆酱；第二篇为非发酵豆制品，包括豆腐、豆腐干、豆腐皮和腐竹。主要从原料、工艺及影响豆制品得率、质构的因素方面介绍了豆制品加工过程，在生产过程中常见的卫生质量问题和解决方法，HACCP 管理体系举例，以及地方特色豆制品等内容。

本书可作为高等院校农业、轻工业领域相关专业的教材，也可作为相关科研及生产部门技术人员的参考用书，同时可供传统豆制品加工企业、豆制品加工作坊、餐饮等部门从业人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

传统豆制品加工工艺学/李杨主编. —北京: 中国林业出版社, 2017. 4

普通高等教育食品科学与工程类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5038-8931-8

I. ①传… II. ①李… III. ①豆制品加工—高等学校—教材 IV. ①TS214.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 074527 号

中国林业出版社·教育出版分社

策划、责任编辑: 高红岩

电话: (010) 83143554

传真: (010) 83143516

出版发行 中国林业出版社 (100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010) 83143500

http: //lycb. forestry. gov. cn

经 销 新华书店

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

版 次 2017 年 4 月第 1 版

印 次 2017 年 4 月第 1 次印刷

开 本 850mm × 1168mm 1/16

印 张 11.25

字 数 245 千字

定 价 25.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

《传统豆制品加工工艺学》编写人员

主 编 李 杨

副主编 隋晓楠 齐宝坤 王中江 黄雨洋 谢凤英

编 者 (按姓氏笔画排序)

王中江 (东北农业大学)

王立峰 (南京财经大学)

王 欢 (东北农业大学)

王胜男 (渤海大学)

王海晴 (东北农业大学)

冯红霞 (贵阳学院)

毕 爽 (东北农业大学)

朱华平 (天津科技大学)

齐宝坤 (东北农业大学)

李 杨 (东北农业大学)

吴世佳 (江南大学)

谷惠琦 (哈尔滨市食品产业研究院)

张巧智 (东北农业大学)

张雅娜 (绥化学院)

周麟依 (东北农业大学)

赵城彬 (吉林农业大学)

胥 伟 (武汉轻工业大学)

黄雨洋 (黑龙江广播电视大学)

康立功 (哈尔滨市食品产业研究院)

隋晓楠 (东北农业大学)

谢凤英 (东北农业大学)

主 审 江连洲 (东北农业大学)

前言

在全球农业生产中，大豆占有非常重要的地位。据美国农业部发布的世界油籽市场贸易报告显示，2014—2015 年度全球大豆产量为 2.998 亿 t，达到创纪录的水平。同时，全球大豆制品的开发与利用引起了世界上许多国家的关注与重视。20 世纪下半叶以来，由于大豆制品的深入研究与开发，不少美味豆制品已享誉亚美，风靡世界，大豆制品被有关营养与食品专家预测为 21 世纪全球最受欢迎的健康食品。

传统豆制品主要分布于亚洲国家。近年来，大豆制品由于其营养保健功能日渐明晰，其产品已受到全世界人民的青睐。日本是接受豆制品最早的国家，发明了世界上第一条豆腐生产流水线。在新加坡、日本、美国和澳大利亚等国家，豆奶已经成为研究人员和企业关注的热点，早已实现了超高温灭菌的无菌包装豆奶生产，其产品可完全与牛奶产品相媲美。在韩国，系列婴儿豆奶产品可完全替代母乳和牛奶，将豆奶产品推向一个新高潮。韩国针对传统豆制品的研究成果较多，大部分集中在发酵豆制品的研究方面。美国学者通过流行病学和临床研究已发现，常食大豆食品不会得一些由于食用肉制品而引发的多种慢性疾病，如心血管疾病、癌症和骨质疏松症等。

我国是利用大豆制作豆制品历史最早的国家之一，是世界上公认的传统豆制品发源地，豆腐、豆酱、豆豉的记载历史已有 2 000 多年。中国传统豆制品具有口感和风味独特、营养丰富以及易于消化吸收等特点，是中国传统食品的“瑰宝”、东方食品的精华，在东方健康饮食中扮演着极为重要的角色，对中华民族的繁衍昌盛功不可没。中国传统食用豆制品可分为发酵豆制品与非发酵豆制品。发酵豆制品包括腐乳类、豆豉类、豆酱类和酱油等，发酵豆制品的生产均需经过一个或几个微生物发酵过程，在此过程中发生了一系列复杂的生化变化，使其制品具有特定的形态、风味和营养。现代医学和食品营养学的研究结果发现，发酵豆制品不仅营养丰富，而且具有降低胆固醇含量、降血压、预防骨质疏松症和降血糖等多种功能，是十分理想的健康食品。非发酵豆制品包括豆浆、豆腐、腐竹及由豆腐、腐竹进一步加工而成的各类豆制品素食制品（如卤制品、油炸制品和熏制品等），是补充蛋白质和微量元素的良好来源，如豆腐中蛋白质和钙的含量接近牛奶，而含铁量是牛奶的 10~20 倍。随着豆制品的“健康”功能不断被人们认识，豆制品的生产和市场出现了空前的繁荣。我国地域广阔，许多地方都有生产豆制品的传统，口味品种也逐渐系列化和多元化。

本书是为了满足新形势下人才培养模式转变及教学方法改革的需要，培养现代传统豆制品加工技术高级人才而编写的，旨在加速中国传统大豆食品加工的研发和产业化的进程，加强传统工艺必须与现代食品工程高新技术紧密结合，进而推动食用豆制品生产工艺向科学化、标准化、自动化和现代化的方向发展。

本书共分为两篇：第一篇为发酵豆制品，包括腐乳、酱油、豆豉和豆酱；第二篇为非发酵豆制品，包括豆腐、腐竹、豆腐干和豆腐皮。内容包括主要传统豆制品的原料要求、工艺流程与操作要点，影响豆制品得率和质构的因素、常见质量问题和解决办法，常见卫生质量问题和质量要求、HACCP 管理体系举例，以及地方特色豆制品等。

本书涵盖了国内当前传统豆制品加工领域的历史发展与最新研究现状、工艺技术方法、豆制品安全生产与控制，以及行业发展前景等。可作为高等院校农业、轻工业、商业等相关专业的教材，也可作为相关科研及生产部门技术人员参考用书，同时可供城乡居民家庭、传统豆制品加工企业、豆制品加工作坊、食品餐饮以及商业等部门从业人员使用。

本书由李杨任主编，隋晓楠、齐宝坤、王中江、黄雨洋、谢凤英任副主编。编写人员分工如下：第1章由李杨、隋晓楠、齐宝坤编写；第2章、第3章由黄雨洋编写；第4章由王胜男、冯红霞编写；第5章由谢凤英、张雅娜、谷惠琦编写；第6章由王立峰、朱华平、张巧智编写；第7章由吴世佳、胥伟、赵城彬编写；第8章由康立功、王欢、王中江编写；第9章由王海晴、毕爽、周麟依编写；全书由李杨统稿。

本书编写过程中参考引用了有关兄弟院校、研究院所和有关单位出版的教材、资料和学术论文。同时，丁俭、韩天翔、李秋慧、毛惠婷、张雷、董济萱、孙红波、王立敏等人参与了工艺制图、校稿及整理文稿工作。编者在此深致谢忱。

本书涉及面较广，加之编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请同行专家和广大读者批评指正，以臻完善。

编 者

2016 年 10 月

目 录

前 言

第1章 绪 论	(1)
1.1 大豆	(1)
1.1.1 大豆的形态及分类	(1)
1.1.2 大豆籽粒的结构	(2)
1.1.3 大豆籽粒的组成	(3)
1.1.4 大豆的物理特性	(3)
1.1.5 大豆的化学特性	(4)
1.1.6 大豆的加工特性	(7)
1.2 大豆制品	(11)
1.2.1 大豆制品的概念	(11)
1.2.2 大豆制品的分类	(11)
1.3 大豆制品的起源与发展	(14)
1.3.1 传统豆制品的起源与发展	(14)
1.3.2 新兴豆制品的起源与发展	(17)
1.4 我国豆制品加工现状	(19)

第1篇 发酵豆制品

第2章 腐乳加工	(25)
2.1 腐乳加工工艺	(25)
2.1.1 原料要求	(26)
2.1.2 腐乳生产的工艺流程	(27)
2.1.3 操作要点	(27)
2.2 影响腐乳品质的因素	(30)
2.2.1 影响腐乳制品得率和质构的因素	(30)

2.2.2	腐乳常见的质量问题和解决办法	(31)
2.3	腐乳质量标准	(33)
2.3.1	行业现状	(33)
2.3.2	腐乳生产的 HACCP 管理体系举例	(34)
2.4	特色腐乳	(36)
2.4.1	红腐乳	(36)
2.4.2	白腐乳	(37)
2.4.3	青腐乳	(37)
2.4.4	酱腐乳	(38)
2.4.5	花色腐乳	(38)
第3章	酱油加工	(40)
3.1	酱油加工工艺	(40)
3.1.1	主要原料要求	(40)
3.1.2	工艺流程	(41)
3.1.3	操作要点	(42)
3.2	影响酱油品质的因素	(47)
3.2.1	酱油常见质量问题	(47)
3.2.2	如何提高酱油质量	(50)
3.3	酱油质量标准	(52)
3.3.1	常见的卫生质量要求	(52)
3.3.2	酱油生产的 HACCP 管理体系举例	(55)
3.4	特色酱油	(56)
3.4.1	生抽酱油	(56)
3.4.2	老抽酱油	(57)
3.4.3	红烧酱油	(58)
3.4.4	海鲜酱油	(60)
3.4.5	虾子酱油	(61)
第4章	豆豉加工	(62)
4.1	豆豉加工工艺	(63)
4.1.1	原料要求	(64)
4.1.2	工艺流程	(64)
4.2	影响豆豉品质的因素	(68)
4.2.1	影响豆豉得率和质构的因素	(68)
4.2.2	豆豉常见的质量问题和解决办法	(69)
4.3	豆豉质量标准	(71)
4.3.1	常见的卫生质量问题和质量要求	(71)
4.3.2	豆豉生产的 HACCP 管理体系举例	(73)

4.4	特色豆豉	(77)
4.4.1	山东豆豉	(77)
4.4.2	杭州五香豆豉	(78)
4.4.3	永川豆豉	(79)
4.4.4	江西豆豉	(80)
第5章	豆酱加工	(82)
5.1	豆酱加工工艺	(82)
5.1.1	原料要求	(82)
5.1.2	工艺流程	(84)
5.1.3	操作要点	(84)
5.2	影响豆酱品质的因素	(86)
5.2.1	影响豆酱制品得率和质构的因素	(86)
5.2.2	豆酱常见的质量问题和解决办法	(87)
5.3	豆酱质量标准	(87)
5.3.1	常见的卫生质量问题和质量要求	(87)
5.3.2	豆酱生产的 HACCP 管理体系举例	(90)
5.4	特色豆酱	(92)
5.4.1	黄豆酱	(92)
5.4.2	豆瓣酱	(92)
5.4.3	蒜蓉辣酱	(92)
5.4.4	香辣酱	(93)
5.4.5	香其酱	(94)

第2篇 非发酵豆制品

第6章	豆腐加工	(97)
6.1	豆腐加工工艺	(97)
6.1.1	原料要求	(97)
6.1.2	工艺流程	(99)
6.1.3	操作要点	(101)
6.2	影响豆腐品质的因素	(102)
6.2.1	影响豆制品得率和质构的因素	(102)
6.2.2	豆腐常见的质量问题和解决办法	(103)
6.3	豆腐质量标准	(106)
6.3.1	常见的卫生质量问题和质量要求	(106)
6.3.2	豆腐生产中的 HACCP 管理体系及举例	(107)
6.4	特色豆腐	(111)

6.4.1	北豆腐	(111)
6.4.2	南豆腐	(112)
6.4.3	脱水冻豆腐	(113)
6.4.4	盐卤老豆腐	(114)
6.4.5	内酯豆腐	(115)
6.4.6	包装豆腐	(117)
第7章	豆腐干加工	(119)
7.1	豆腐干加工工艺	(119)
7.1.1	原料要求	(120)
7.1.2	工艺流程	(120)
7.1.3	操作要点	(120)
7.2	影响豆腐干品质的因素	(123)
7.2.1	影响豆腐干制品得率和质构的因素	(123)
7.2.2	豆腐干常见的质量问题和解决方法	(125)
7.3	豆腐干质量标准	(126)
7.3.1	常见的卫生质量问题和质量要求	(126)
7.3.2	豆腐干生产的 HACCP 管理体系举例	(129)
7.3.3	豆腐干加工 HACCP 实例	(131)
7.4	特色豆腐干	(132)
7.4.1	白豆腐干	(132)
7.4.2	五香豆腐干	(132)
7.4.3	卤汁豆腐干	(133)
7.4.4	鸡汁豆腐干	(134)
7.4.5	天竺香干	(135)
7.4.6	模型香豆腐干	(135)
第8章	豆腐皮加工	(137)
8.1	豆腐皮加工工艺	(137)
8.1.1	原料要求	(137)
8.1.2	工艺流程	(138)
8.1.3	操作要点	(138)
8.2	影响豆腐皮品质的因素	(139)
8.2.1	影响豆腐皮制品得率和质构的因素	(139)
8.2.2	豆腐皮常见的质量问题和解决办法	(141)
8.3	豆腐皮质量标准	(141)
8.3.1	常见的卫生质量问题和质量要求	(141)
8.3.2	豆腐皮生产的 HACCP 管理体系举例	(143)
8.4	特色豆腐皮	(145)

8.4.1	百叶	(145)
8.4.2	芜湖千张	(146)
8.4.3	豆片	(146)
8.4.4	白豆腐片	(147)
8.4.5	新兴豆腐皮	(148)
第9章	腐竹加工	(149)
9.1	腐竹加工工艺	(149)
9.1.1	原料要求	(149)
9.1.2	工艺流程	(150)
9.1.3	操作要点	(150)
9.2	影响腐竹品质的因素	(151)
9.2.1	影响腐竹制品产率的因素	(151)
9.2.2	影响腐竹质构和品质的因素	(152)
9.3	腐竹质量标准	(152)
9.3.1	腐竹常见的质量问题	(152)
9.3.2	腐竹中常见危害的检测与防控	(153)
9.4	特色腐竹	(155)
9.4.1	广西桂林腐竹	(155)
9.4.2	河南腐竹	(156)
9.4.3	陈留豆腐棍	(157)
9.4.4	家庭制作腐竹技术	(158)
参考文献		(160)

第 1 章

绪 论

大豆起源于中国，早在公元前 2560 年的黄帝时期就已种植，古称菽，与黍、稷、麦、稻一起被称为“五谷”，是一种种子含有丰富植物蛋白质的作物。在我国东北、华北、陕西、四川及长江下游地区均有出产，以长江流域及西南栽培较多，以东北大豆质量最优。

大豆被用来食用已有 5 000 多年的历史，明初《天工开物》中记载道“凡菽，果腹之功在人日用，盖与饮食相始终”。大豆可以加工豆腐、豆浆、腐竹等豆制品，还可以提炼大豆异黄酮。其中，发酵豆制品包括腐乳、臭豆腐、豆瓣酱、酱油、豆豉、纳豆等；而非发酵豆制品包括水豆腐、干豆腐(百叶)、豆芽、卤制豆制品、油炸豆制品、熏制豆制品、炸卤豆制品、冷冻豆制品、干燥豆制品等。另外，豆粉是代替肉类的高蛋白食物，可制成多种食品，包括婴儿食品。

1.1 大豆

1.1.1 大豆的形态及分类

大豆属一年生草本植物，高 30 ~ 90cm。茎直立或半蔓生；复叶，小叶 3 片；每片叶子有 3 ~ 4 片小叶，长 6 ~ 15cm，宽 2 ~ 7cm。大豆的叶子在果实成熟前即掉落。白色或紫色蝶状花，腋生或顶生；花期 6 ~ 7 月，果期 7 ~ 9 月。荚果肥大，稍弯，下垂，黄绿色，密被褐黄色长毛；种子 2 ~ 5 粒，椭圆形、近球形，种皮光滑，有淡绿、黄、褐和黑色等。

根据种子种皮颜色和粒形可将大豆分为 5 类：黄大豆、青大豆、黑大豆、其他色大豆(种皮为褐色、棕色、赤色等单一颜色的大豆)、饲料豆。其中，黄大豆是大豆中种植最广泛的品种，最常用来做各种豆制品、酿造酱油和提取蛋白质。

1.1.2 大豆籽粒的结构

大豆的果实为荚果，豆荚内含有2~5粒种子。大豆荚果脱去其果荚后即为大豆籽粒。大豆籽粒结构如图1-1左图所示。大豆种子的直径在5~5.98mm，正如在大多数其他豆科植物看到的，大豆种子基本没有胚乳，只有种皮和一个大的、发育良好的胚，因此，大豆属于双子叶无胚乳种子。一般种皮占种子的8%左右，胚占92%左右，由胚根、胚轴(茎)、胚芽和两枚子叶4部分组成。其中，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%。子叶中含有丰富的蛋白质和脂肪，子叶的细胞组织内几乎集中了大豆所含的全部油脂(图1-1右图)。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。

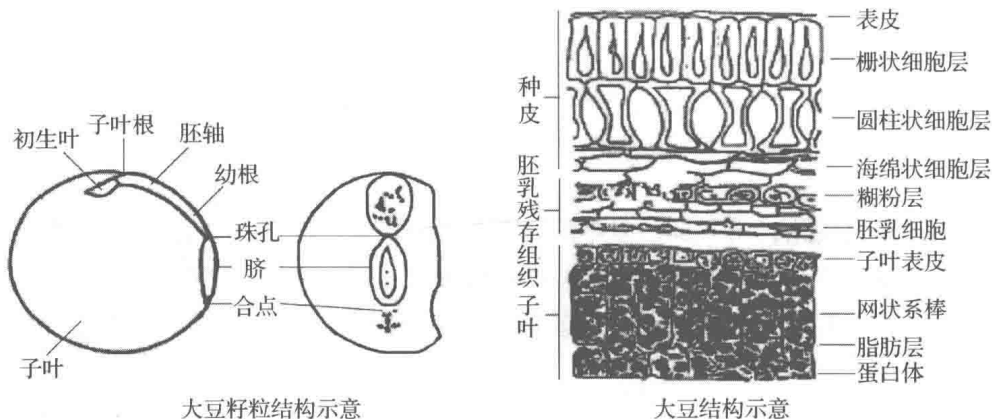


图 1-1 大豆籽粒结构

大豆和其他的有机体一样都是由大量的细胞组织组成，而且相比于棉籽和亚麻籽，其细胞最大，细胞的形状可呈球形、圆柱形、纺锤形、多角形等，一般单个细胞呈球形。

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。大豆种皮的色泽因品种而异，通常有黄、青、褐、黑及杂色5种，其上还附有种脐、种孔和合点等结构。黄色大豆数量最多，且含油量最高，主要用于制油。成熟的大豆种子表面光滑、完整、饱满，有的还具有光泽，光泽好的大豆往往含油量较高，不同品种种脐的形态、颜色、大小略有差别。大豆的种子有扁圆形、球形、椭圆形和长圆形等几种不同的形状，如图1-1左图所示。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1-1右图所示。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 $40\sim 60\mu\text{m}$,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,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 $30\sim 50\mu\text{m}$,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,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。

1.1.3 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。大豆种皮除糊粉层外均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所列。

表 1-1 整粒大豆及其各部分的化学组成

部位	成 分				
	粗蛋白* ($N\times 6.25$)	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

注: *粗蛋白含量是以含氮量 $N\times 6.25$ 计。

1.1.4 大豆的物理特性

大豆的组织构造基本决定了大豆的物理性质。这些性质包括大小、颜色、形状和吸水性等。大豆颗粒大小通常以百粒重来表示。45g以上为极大粒,35~45g为大粒,25~35g为中粒,15~25g为小粒,15g以下为极小粒。大豆的颜色则依种皮、子叶和脐的颜色不同呈现多样化,形状有球状、椭球形、扁平球形等。

1.1.5 大豆的化学特性

大豆蛋白质含量丰富,且除蛋氨酸外,其余必需氨基酸的组成和比例与动物蛋白相似,而且富含谷类蛋白质缺乏的赖氨酸,是与谷类蛋白质互补的天然理想食品。大豆含有18%~20%的优质脂肪,富含大脑吸收的必需脂肪中的益脑健脑的增智成分。大豆脂肪中的亚油酸、亚麻油烯酸等成分对减少体内胆固醇有明显作用。大豆中每100g约含钙367mg、磷57mg、铁11mg,分别为瘦猪肉的33倍、3倍和4倍左右,这类营养物质对正在生长发育的儿童和易患骨质疏松的老年人以及缺铁性贫血者有益。并含有人体必需的有机锌、铜和其他多种微量元素。大豆中含有多种维生素,尤其B族维生素比较丰富,每100g含维生素B₁0.79mg,维生素B₂0.25mg,烟酸21mg等。

大豆最主要的功能成分有大豆异黄酮、大豆皂苷、大豆低聚糖、大豆多肽等,可以防止过氧化脂质生成,延缓机体老化,降低乳腺癌、前列腺癌等疾病的发病率,缓解更年期因雌性激素减少而引起的停经期综合征和骨质疏松症等,并对防治老年性痴呆和记忆力减退有特殊功效。据资料报道,盛产大豆的地方,长寿的人多。所以,大豆是老人餐桌上不可缺少的食品,也是值得推荐的保健、长寿食品。

1.1.5.1 脂肪

大豆中含有18%的优质脂肪,大豆脂肪在常温下呈黄色液体,为半干性油,凝固点在-15℃。大豆脂肪在人体的消化率高达97.5%,在酶的作用下水解成脂肪酸和甘油,大豆脂肪以不饱和脂肪酸为主,如油酸、亚油酸、亚麻酸等,约占总脂肪含量的60%,易于氧化,也有利于阻止胆固醇在血管中沉淀,因此经常的食用豆制品或大豆油脂对身体是有益的,但是从大豆制品的贮藏加工特性来看,由于不饱和脂肪酸的稳定性较差,易氧化,因此不饱和脂肪酸的含量高又不利于大豆制品的贮藏加工。除了脂肪酸和甘油以外,大豆油脂中还含有1.1%~3.2%的磷脂,其中卵磷脂、脑磷脂和磷脂酰肌醇是大豆磷脂的主要成分。此外,大豆油脂中还含有不皂化物,包括甾醇等。大豆油脂中含有大量的亚油酸,它是人体必需脂肪酸,在人体中起着非常重要的生理作用。幼儿缺乏亚油酸皮肤会变得干燥,鳞屑增厚,生长发育迟缓;老年人缺乏亚油酸易患白内障。

1.1.5.2 蛋白质

蛋白质是大豆最重要的成分之一,大豆的品种不同,其蛋白含量也有变化。一般而言,大豆的蛋白含量在36%~42%之间,也有极个别品种蛋白含量在50%以上。以含40%的蛋白质计算,1kg大豆的蛋白质含量相当于2.3kg猪肉或者2kg瘦牛肉的蛋白质含量,因此,大豆被人们誉为“植物肉”。

大豆蛋白质是指存在于大豆种子中的诸多蛋白质的总称,并不是指某一种蛋白质而言。根据蛋白质的溶解性,大豆蛋白可以分为两类,即清蛋白和球蛋白。两者的比例因品种和栽培条件的不同而略有差异。清蛋白一般占大豆蛋白质的5%(以粗蛋白计)左右。

根据生理功能分类法,大豆蛋白可以分为贮藏蛋白和生物活性蛋白两类。贮藏蛋白是主体,约占总蛋白的70%(如7S、11S蛋白等),这些蛋白与大豆的加工特性密切

相关。生物活性蛋白包括的较多,如胰蛋白酶抑制剂、 β -淀粉酶、血球凝集素、脂肪氧化酶等,它们在总蛋白中的比例虽然不多,但对大豆制品的质量有着非常重要的影响。

大豆中的蛋白质有 86% ~ 88% 属于水溶性蛋白质,球蛋白是它的主要成分,占水溶性蛋白的 85%。大豆蛋白经过高速离心分离后,按照分子量大小可以分为 2S、7S、11S 和 15S 4 级,其中,7S 和 11S 是主要成分,分别占大豆蛋白质含量的 37% 和 31%,2S 占 22%,而 15S 占 11%。

组成大豆蛋白的氨基酸有 20 多种(表 1-2),大豆不同部位的蛋白质以及同一部位不同种蛋白质的氨基酸组成也会有差异,但无论是哪个部位或哪种蛋白质均含有人体自身不能合成必须从食物中摄取的 8 种必需氨基酸,并且比例合理。大豆中除蛋氨酸和半胱氨酸含量相对较少外,其他氨基酸含量均达到或者超过世界卫生组织推荐的氨基酸需要量水平。由此可见,大豆蛋白质是一种优质的完全蛋白质。大豆蛋白质所含的各种氨基酸中,赖氨酸的含量特别丰富,而赖氨酸是谷物中所缺少的氨基酸,所以营养专家提倡吃谷物食品时配以适当的大豆制品更有益人体的健康。1999 年,美国食品药品监督管理局发表声明:每天摄入 25g 大豆蛋白有减少患心脑血管疾病的风险。现在人们所需要的食品应该是既能引起食欲又无不良副作用,而且含有丰富的营养成分。现在食物类群中,具有上述条件、原料来源丰富的农作物莫过于大豆蛋白制作的饮品,被营养学家誉为“绿色牛奶”。

表 1-2 大豆蛋白质氨基酸的组成

氨基酸	大豆全蛋白 /%	大豆球蛋白 /%	酸沉淀蛋白质 /(g/16g N)	酸不沉淀蛋白质 /(g/16g N)	碱不溶性蛋白质 /(g/16g N)
组氨酸	2.9	1.4	2.83	3.25	2.70
酪氨酸	4.0	1.9	4.64	4.67	3.30
色氨酸	1.4	2.4	1.01	1.28	—
苯丙氨酸	5.3	3.9	5.94	4.46	5.24
胱氨酸	1.9	1.1	1.00	1.82	0.71
蛋氨酸	1.7	1.8	1.33	1.92	1.63
丝氨酸	4.2	—	5.77	7.62	5.97
苏氨酸	3.0	—	3.76	6.18	4.63
亮氨酸	8.0	8.5	7.92	7.74	8.91
异亮氨酸	6.0	—	5.03	5.06	6.02
缬氨酸	5.3	0.7	5.18	6.19	3.67
谷氨酸	18.4	19.5	23.4	15.64	17.76
天冬氨酸	5.2	3.9	12.87	14.08	12.39
甘氨酸	0.2	0.9	4.56	5.74	5.21
脯氨酸	5.0	2.8	6.55	6.66	5.35
赖氨酸	6.8	2.7	5.72	8.66	6.14
丙氨酸	3.3	—	4.48	6.62	5.73

1.1.5.3 碳水化合物

大豆中的碳水化合物含量在 26% 左右, 成分相对较为复杂。按照溶解性分为两种: 一种是不溶性碳水化合物——食物纤维素, 一般每 100g 大豆中含有 5g 左右, 主要存在于种皮中; 另一种是可溶性碳水化合物, 包括低聚糖(蔗糖、棉子糖、水苏糖)和多糖(阿拉伯半乳糖和半乳糖)。成熟的大豆几乎不含淀粉(含 0.4% ~ 0.9%), 青豆比成熟大豆淀粉含量高。大豆中各种碳水化合物含量见表 1-3, 这些碳水化合物大多难以被人体吸收利用, 但大豆中的膳食纤维对人体有着重要的作用, 被医学界和营养学界公认为预防高血压、冠心病、肥胖症的重要食物成分。

表 1-3 大豆中各部分碳水化合物含量

大豆中各部分	总碳水化合物含量	纤维素	多缩半乳糖	蔗糖	棉子糖	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

注: 各种碳水化合物的含量(%)以干基计。

1.1.5.4 维生素

大豆中的维生素含量较少, 且种类也不全, 以水溶性维生素为主, 脂溶性维生素含量更少。在加工过程中, 由于受热、精制或氧化被破坏或除去, 很少转移到产品中去。其维生素含量见表 1-4。

表 1-4 大豆中的维生素含量

维生素	含量	维生素	含量
维生素 B ₁	0.9 ~ 1.6	胡萝卜素	未成熟大豆 0.2 ~ 0.9
维生素 B ₂	0.2 ~ 0.3		成熟大豆 < 0.08
维生素 B ₆	0.6 ~ 1.2		其中 80% 是 β -胡萝卜素
泛酸	0.2 ~ 2.1	维生素 E	20
烟酸	0.2 ~ 2	(生育酚)	其中 δ -生育酚 30%
肌醇	0.229		γ -生育酚 60%
抗坏血酸	2.1		α -生育酚 10%

大豆生育酚是天然生育酚, 在生物活性和安全性上与合成生育酚相比有着明显的优势, 因此在药品、食品添加剂、营养剂和化妆品的生产上有着广泛的应用。目前, 世界上的总需求量为 5 000 ~ 6 000t, 而世界年产量仅 1 000 ~ 1 200t, 其中美国和德国占世界中产量的 90% 以上, 我国的维生素 E 生产起步较晚, 规模较小, 相关维生素的生产产业将是未来的朝阳产业。

1.1.5.5 无机盐

大豆中的矿物质以无机盐的形式存在, 种类有十多种, 其含量根据大豆品种的不