

全国“粮食工程”专业系列规划教材

植物蛋白工艺学

江连洲 主编



科学出版社

全国“粮食工程”专业系列规划教材

植物蛋白工艺学

江连洲 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共 6 章。第一章介绍主要的植物蛋白资源,包括一些油料作物、谷物作物、藻类蛋白和叶蛋白等;第二章阐述植物蛋白质结构与特征的基本理论和研究现状,特别介绍目前研究较多的大豆蛋白的结构与特征;第三章对植物蛋白功能特性的概念及应用进行详细讲解;第四章详述一些主要植物蛋白产品的生产工艺,包括原料的预处理、加工的工艺流程、加工设备等内容;第五章以传统大豆制品加工为例,介绍一些大豆产品的加工过程;第六章概述高新技术在植物蛋白加工中的应用。

本书可作为高等院校农业、轻工业、商业等相关专业的本科生、研究生教材,也可作为农业、食品、粮食、外贸等领域科研及生产部门技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

植物蛋白工艺学/江连洲主编. —北京:科学出版社,2011. 2
(全国“粮食工程”专业系列规划教材)
ISBN 978-7-03-030092-8

I. ①植… II. ①江… III. ①植物性蛋白-生产工艺-高等学校-教材
IV. ①TQ936. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 012827 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 2 月第一次印刷 印张:17

印数:1—3 000

字数:400 000

定价:34.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

植物蛋白工艺学是粮食工程专业本科学生的主修课程之一，也是食品科学与工程专业粮油加工方向的重要课程，是建立在工程学、生物化学、微生物学、食品工程原理以及粮油加工机械等多学科基础上的应用科学。

本书是为了满足新形势下粮食工程专业教学任务的需要，培养现代植物蛋白工程高级人才而编写的，旨在为满足我国蛋白质科学营养摄取的需求，为我国植物蛋白产业工业化、市场化开辟新思路，为我国农产品及食品工业生产布局提供分析、决策的依据。

本书共分6章，主要包括：植物蛋白资源概述，植物蛋白质的结构与特征，植物蛋白的功能特性，植物蛋白加工工艺，传统大豆制品加工，以及高新技术在植物蛋白加工中的应用。本书涵盖了国内外当前植物蛋白工业领域的最新研究现状、工艺技术方法，以及行业发展前景等。

本书重点介绍了蛋白质与人体健康的关系，主要油料蛋白、谷物蛋白的营养分析，国内外植物蛋白最新发展状况、工艺、设备新动态，植物蛋白的制取工艺和应用研究，并介绍了浓缩蛋白、分离蛋白、组织蛋白等大豆蛋白的加工工艺及其在食品工业中的应用。本书不仅可作为农业、轻工业、商业等高等院校有关粮食加工、食品科学、粮食物流等专业本科生、研究生的教材，也可作为农业、食品、粮食、外贸等领域科研及生产部门技术人员的参考书。

本书由江连洲教授任主编，于殿宇教授、张敏教授任副主编，石彦国教授担任主审。编写人员分工如下：江连洲教授、刘洁、魏冬旭编写绪论、第一章、第二章，张敏教授、孙莹、吴海波编写第三章，李杨编写第四章，胡少新编写第五章，于殿宇教授、黄莉、李丹编写第六章。全书由江连洲、张敏统稿。

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、资料和个人发表的论文，编者在此深致谢忱。

本书涉及面广，学科交叉较多，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

2010年10月

目 录

前言

绪论	1
一、植物蛋白加工的意义	1
二、国内外植物蛋白生产与加工现状	3
三、发展我国植物蛋白产品的建议	7
第一章 植物蛋白资源概述	9
第一节 主要油料蛋白资源	9
一、大豆蛋白质	9
二、花生蛋白质	17
三、芝麻蛋白质	20
四、其他油料蛋白质	22
第二节 主要谷物蛋白资源	27
一、小麦蛋白质	27
二、米蛋白质	30
三、玉米蛋白质	33
四、其他谷类蛋白质	34
第三节 新植物蛋白资源	36
一、藻类蛋白质	36
二、叶蛋白质	38
第二章 植物蛋白质的结构与特征	42
第一节 蛋白质的基本结构	42
一、一级结构	42
二、维持蛋白质构象的作用力	44
三、二级结构	46
四、超二级结构和结构域	50
五、三级结构	51
六、四级结构	53
七、蛋白质变性	53
第二节 油料蛋白质的结构与特征	58
一、大豆蛋白质的结构与特征	58
二、其他油料蛋白质的结构与特征	65
第三节 谷物蛋白质的结构与特征	67
一、小麦蛋白质	68

二、玉米蛋白质	70
三、大米蛋白质	71
四、荞麦蛋白质	73
第三章 植物蛋白的功能特性	75
第一节 概述	75
一、溶解性	76
二、水化作用	80
三、蛋白质与油、水之间的关系	82
四、凝胶性	84
五、黏度	85
第二节 大豆蛋白制品的功能特性及应用	85
一、大豆蛋白的功能性	86
二、影响大豆蛋白品质的成分	90
三、大豆蛋白质制品中气味的产生及防止	93
四、大豆蛋白制品的应用	95
第三节 其他植物蛋白制品的功能特性	99
一、花生蛋白的功能性	99
二、花生蛋白的应用	100
三、芝麻蛋白的功能特性	103
第四章 植物蛋白加工工艺	106
第一节 原料的预处理	106
一、种子油料的脱皮(壳)工艺	106
二、低温脱溶粕的制取工艺	117
第二节 大豆粉的生产	120
一、全脂大豆粉	120
二、速溶脱腥全脂豆粉	122
三、膨化全脂豆粉	125
四、脱脂大豆粉	127
五、豆乳及豆乳粉	129
第三节 新型大豆制品	136
一、大豆浓缩蛋白	136
二、大豆分离蛋白	143
三、大豆组织化蛋白	155
四、大豆多肽	163
第四节 其他植物蛋白的生产	168
一、面筋蛋白的生产	168
二、大米蛋白的生产	177
三、玉米蛋白的生产	178

四、叶蛋白的生产	180
第五章 传统大豆制品加工	182
第一节 非发酵大豆制品	182
一、理论基础及辅料	182
二、非发酵大豆制品的加工工艺	186
三、内酯豆腐的加工	199
四、腐竹的加工	202
第二节 发酵大豆制品	204
一、酱油的加工	204
二、豆酱的加工	214
三、豆豉的加工	219
四、腐乳的加工	224
第六章 高新技术在植物蛋白加工中的应用	239
第一节 挤压技术	239
一、食品挤压的原理及工作过程	239
二、挤压技术在大豆蛋白加工中的应用	242
第二节 膜分离技术	242
一、膜分离技术的原理	242
二、超滤膜在蛋白质工业中的应用	243
第三节 超高压技术	244
一、超高压技术的原理	244
二、超高压对大豆蛋白的影响	245
第四节 生物技术	246
一、生物技术的基本概念	246
二、生物技术在植物蛋白中的应用	247
第五节 超微粉碎技术	249
一、超微粉碎与超微粉体简介	249
二、超微粉碎过程的特点	250
三、超微粉碎技术在大豆加工中的应用	250
第六节 微波加热技术	251
一、微波加热技术的原理	251
二、微波加热的优点	251
三、微波加热技术在大豆蛋白生产中的应用	252
第七节 其他高新技术在大豆中的应用	253
一、高频电场技术	253
二、卧式喷雾干燥技术	254
三、辐照技术	254
参考文献	255

绪 论

食物中的蛋白质包括植物蛋白和动物蛋白。植物中的豆类、小麦（面粉）和稻谷都含有较多的植物蛋白（如大豆种子所含蛋白质的比例高达40%左右），而在各种肉类、奶制品、禽蛋中所含的蛋白质属动物蛋白。

虽然动物蛋白具有较多的优点，但植物蛋白同样可以给人类提供重要的营养源，对维持人类生存有着不可替代的重要作用。在世界人口迅速增长的情况下，各国都逐渐重视有限的植物蛋白资源的利用，用各种植物蛋白开发出更多安全、营养的食品。

《中国食物与营养发展纲要（2001～2010年）》强调健康食物的基本概念，即“80%植物性食物+20%动物性食物”。根据国家粮食生产水平和消费水平，我国人民的蛋白质供给水平还比较低，解决这一不足的办法之一，应当是以发展廉价经济的植物蛋白为主，同时适当发展动物蛋白。大力开发利用植物蛋白资源和发展植物蛋白工业，是适合我国国情的一种发展战略。此外，随着人们对动物相关疾病的关注和对健康的认识日益增加，人们逐渐开始注重植物蛋白食物的摄取。在国际上，素食正在成为一种饮食时尚。

一、植物蛋白加工的意义

（一）植物蛋白的定义

国外学术界把植物蛋白分为两类：一类称为 plant protein，指花、草、树木、灌木等植物中所含的蛋白质；另一类称为 vegetable protein，即指大豆、花生等可食性果实或油料中所含的蛋白质。在国内的文献中将两者统称为植物蛋白质或植物蛋白。

（二）植物蛋白开发加工的意义

我国是世界上最大的发展中国家，人均蛋白质摄入量低于世界平均水平。我国人多地少，不能生产更多的粮食作饲料来发展养殖业，增加动物蛋白的供应量，只能发展植物蛋白的加工和利用，提高植物蛋白的利用率，来增加我国人民的蛋白质供应量，缓解人均蛋白质摄入量不足的矛盾。

21世纪被称为植物蛋白世纪。人类对营养高品位和营养均衡合理结构的追求日益迫切，这主要体现在两个方面：一方面，发达国家的食品需求趋势正从单纯的动物蛋白向动植物蛋白科学合理搭配这种结构型调整和回归；另一方面，不发达国家和发展中国家正从温饱型向合理营养结构型发展。这两种发展趋势均要求植物蛋白工业给人们提供

高品质的植物蛋白产品。

1. 植物蛋白物美价廉

蛋白质是人体组成及代谢的物质基础,也是人类饮食结构的重要成分。伴随着生活水平的提高、现代文明病的出现,那些富含胆固醇、高热量的动物蛋白食物逐渐淡出人们的视线。为了补充对蛋白质的需求,人们将目光投向植物蛋白。开发植物蛋白同样具有重大的经济价值,有人曾推算过 1hm² 土地用于种草喂牛,从牛肉中可获得 26kg 蛋白质,而种大豆可获得 227kg 蛋白质,种玉米可以获得 147kg 蛋白质,种小麦可获得 82kg 蛋白质;如将谷类、大豆等饲养家畜,进行蛋白质转换生产,其蛋白质利用率仅为:肉牛约 12%、猪约 18%、鸡约 19%、鸡蛋约 21%、乳牛约 25%。可见生产植物蛋白的成本远低于生产动物蛋白。

2. 植物蛋白的生理功能

营养学观念一般认为植物蛋白的营养价值低于动物蛋白的,但近年研究发现,植物蛋白对人体健康发挥着动物蛋白不可比拟的作用,如对肝硬化患者的营养支持作用、降低胆固醇水平、减少癌症的发生、改善肾脏病和心血管疾病的症状等。

1) 对进行性肝硬化的营养支持作用

目前,我国的乙肝病毒感染率为 60%~70%,乙肝表面抗原携带率约占总人口的 7.18%,以此计算全国约 9300 万人携带乙肝病毒,其中乙肝患者 3000 万,肝炎后伴随发生的进行性肝硬化严重威胁着人们的健康。肝硬化导致机体蛋白质更新速率加快,合成与分解速率升高,由于分解速率上升更为突出,使体内蛋白质代谢处于负平衡,肝硬化患者消化吸收功能差,肝糖原贮存下降、供能不足,肝脏中支链氨基酸脱羧酶活力降低,支链氨基酸只能在外周组织中通过转氨基作用被分解消耗。植物蛋白含量丰富的支链氨基酸,口感好,有利于增加患者蛋白质的摄入,使机体处于正氮平衡,从而改善营养状态,有利于肝脏功能的恢复。

2) 降低胆固醇的作用

大量研究表明,许多植物蛋白的酶解产物都可显著降低血清胆固醇含量。有研究者指出,在饮食中用大豆蛋白代替动物蛋白,可有效降低血浆总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇的含量,抑制低密度脂蛋白胆固醇的氧化,而低密度脂蛋白胆固醇被氧化会诱发动脉粥样硬化。

3) 对心血管系统的影响

在发达国家,心血管疾病是导致死亡的主要原因,而发展中国家心血管疾病的发病率也急剧上升。众所周知,膳食因素是发病的重要原因之一。近年研究发现,用植物蛋白替代动物蛋白能够降低血脂浓度、增加低密度脂蛋白受体的表达、加速脂质的清除、减少动脉粥样硬化,从而降低心血管病的发生。可见,增加植物性蛋白质的摄入,可有效地降低高血压患者的血压和预防心血管疾病。

4) 抗肿瘤作用

1993 年有研究者证实从苦瓜中分离出的植物蛋白能抑制患白血病小鼠病情的发展,

有效率达 80%。还有研究发现,大豆分离蛋白能够增强雌性大鼠肝脏和乳腺的代谢,抑制致癌物质的活性,减少肝癌和乳腺癌的发生。

5) 对肾脏病的有益作用

随着人口老龄化,慢性肾病发病率上升,膳食调整对控制肾脏病患者病情和康复十分重要。肾脏病患者肾功能不全,如蛋白质摄入量过多,其代谢产生的含氮化合物在体内不断蓄积,这不仅是肾病症状的成因,还加速肾功能衰竭的发生。因此肾脏病患者膳食治疗的重要原则是低蛋白,但即使是在低蛋白条件下,肉、蛋、奶中的蛋白质仍会对肾脏产生不良影响。但在低蛋白饮食中,用大豆蛋白替代动物蛋白,可以降低肾脏过滤组织的渗透压和工作负荷,减少血液中白蛋白等有益成分随尿液丢失。

3. 植物蛋白产品的其他优势

从营养学方面,植物蛋白不含胆固醇,不会导致现代“文明病”的发生。在氨基酸的组成上,大豆蛋白中必需氨基酸接近人体所需的比例,仅含硫氨基酸含量略低;菜籽蛋白中氨基酸组成优于大豆蛋白,几乎不存在限制性氨基酸,尤其是蛋氨酸、胱氨酸含量高于其他植物蛋白,其蛋白质消化率为 95%~100%,而鸡蛋为 92%~94%,大豆蛋白为 88%~95%。从功能性质方面讲,植物蛋白具有溶解性、吸水性、吸油性、起泡性、乳化性、黏性及凝胶形成性等良好的加工特性,这为植物蛋白在食品工业中的应用奠定了基础。

二、国内外植物蛋白生产与加工现状

从 20 世纪 50 年代初开始,以脱脂大豆为原料的植物蛋白制品迅速发展。新型大豆制品的研究首先是为了解决食物蛋白质供应不足和粮食短缺等问题。在新型大豆制品工业领域中,美国和日本,无论在基础理论和应用研究,还是在生产和消费数量方面都处于领先地位。美国的新型大豆制品主要有大豆粉、大豆浓缩蛋白、大豆分离蛋白和大豆组织化蛋白,这些大豆制品广泛应用于各种食品的加工,如肉类制品、奶制品、焙烤制品等。美国是世界上最早进行大豆分离蛋白开发研究和实现工业化生产的国家:20 世纪 40 年代开始研究,50 年代就研究出大豆分离蛋白,60 年代开始生产,至 70 年代其生产技术逐渐趋于完善和成熟。Ralston Purim 公司是一家专门生产分离蛋白的公司,在植物蛋白生产技术上处于领先地位,他们进行了开发大豆蛋白资源对于国民经济效益的影响及植物蛋白生产的技术、营养、功能性等方面研究。目前,国际分离蛋白市场基本由美国垄断和控制,日本、德国、巴西等国也在国际市场上占有一定的份额。2008 年世界大豆分离蛋白的产量约 170 万 t,其中美国生产约 85 万 t。美国的新型大豆制品基本品种仅有 5~6 个,而派生出来的品种却有 50~60 多个,这些制品在功能和营养方面各有特点。

日本的新型大豆制品发展仅次于美国。1964 年世界食品技术协会在日本召开了油脂蛋白食品国际会议,不久,日本就通过引进技术生产大豆分离蛋白,1970 年开始生产一种纤维状的新型大豆组织化蛋白,大豆浓缩蛋白加工工艺也很快得到了应用;1975

年成立了“日本蛋白食品协会”，深入开展大豆蛋白的研究与生产，并制定了大豆蛋白的国家标准（日本农林标准，JAS）。大豆浓缩蛋白广泛应用于婴幼儿食品、烘焙食品、肉制品、乳制品和饲料等行业之中。浓缩蛋白因蛋白质含量高，且具有优越的功能性、经济性而受到消费者的青睐，尤其是功能性浓缩蛋白的问世，在性能上达到分离蛋白的标准，而成本大大低于分离蛋白，且无废水的排放，它可以改变食品的组织结构和功能性，增加食品的营养成分及物理性能。因此，大豆浓缩蛋白制品有着广阔的市场和良好的发展前景，可代替大豆蛋白粉在蛋白类添加剂方面得到应用。目前，在日本的食品加工中，已有 60%~70% 的产品不同程度地利用了大豆蛋白，其应用范围包括面包、面条、糕点、水产品 and 肉制品的生产领域。

发展中国家也积极努力研制适合本国人民饮食习惯的植物蛋白食品。我国对新型大豆制品的开发起步比较早，在 20 世纪 50 年代初就进行过这方面的探索，但由于饮食习惯和经济条件制约，发展极为缓慢。20 世纪 70 年代末期，随着人民饮食观念的改变，开发利用大豆蛋白资源的重要意义逐渐被人们所认识，许多科研单位、大专院校及生产企业都积极开展了这方面的研究和生产，并在较短的时间内取得了一定的成效。目前我国生产大豆蛋白制品的企业已经形成了一定的规模，通过引进德国、美国等发达国家 20 世纪 80 年代最先进的大豆综合加工技术与设备使生产的规模、工艺过程和设备、自动化程度都达到了较高的水平。1982 年吉林省前郭旗引进日本设备，建成年产 1200t 的大豆分离蛋白厂，目前已扩产达 2000t/年。1988 年黑龙江三江食品公司成立，引进德国和美国技术、设备，建成年产 3000t 的大豆分离蛋白厂。稍后，湖北云梦植物蛋白厂除引进日本离心分离机外，自行设计和研制成功年产 1000t 的大豆分离蛋白生产线，现已扩产达 2500t/年。截至 2008 年，我国已建成大豆分离蛋白厂 53 个，设计年生产能力达 60 万 t，实际产量为 20 万 t。2006 年 5 月由山西太子湖食品有限公司与北京康港食品开发总公司共同投资的年产 3 万 t 的大豆食品项目落户曲沃乐昌，生产的产品为大豆（黄豆）、黑豆、青豆方便面等。随着人们对植物蛋白生理活性的深入研究，现已经开发出很多具有更高生理活性的蛋白质和肽类产品。例如，2005 年，山东省济宁市春秋植物蛋白有限公司研发出 pH7.12 的高活性花生蛋白质；2007 年，奥地利埃利逊控股集团加拿大艾赛尔生物技术有限公司与陕西国萃生物制品有限公司联合投资 2.2 亿元人民币，建成年产万吨大豆蛋白生物生化小分子多肽产品“唐可肽”项目，实现利润 2.6 亿元人民币。

（一）植物蛋白加工的特点

大豆、谷物在中国已有几千年的栽培历史，而植物蛋白制品的发展是近几十年的事。随着科学技术的飞速发展，植物蛋白的加工技术与装备不断进步，产品质量逐步提高，应用领域不断扩大，产品品种日渐丰富。

1. 加工原料来源广泛、营养丰富

油料作物是目前工业化植物蛋白生产的主要原料。大豆中的蛋白质含量位居植物性

食品原料的首位,是大米、小麦等谷类作物的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。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。

油菜籽经脱油、脱毒(芥子苷、植酸等)后可提取20%~25%的全价蛋白质,几乎不存在限制氨基酸,尤其蛋氨酸、胱氨酸含量高于其他植物蛋白,其蛋白质效率比值(PER)为3~3.5,消化率(TD)为95%~100%(鸡蛋为92%~94%,大豆蛋白为88%~95%),属于优质蛋白,利用的关键是解决好脱毒问题。棉籽饼粕中蛋白质含量达50%左右,其组成除蛋氨酸稍低外,必需氨基酸均达到FAO/WHO的推荐标准。棉籽蛋白也要解决脱毒问题。花生蛋白中抗营养因素少,其单位面积产量比大豆高2~3倍,只是必需氨基酸组成不均衡,限制氨基酸较多。从营养角度考虑,需要动物蛋白搭配,才能使营养更为合理均衡。

谷物胚中含有较高蛋白质,必需氨基酸比较齐全,营养价值较高。小麦胚芽含蛋白质30%以上,其蛋白质效率比值为2.3~2.87(酪蛋白为2.50),属完全蛋白质。1kg麦胚蛋白的营养接近2.5kg鸡蛋蛋白或1.5kg牛肉蛋白;大米胚芽含蛋白质17%~26%,赖氨酸含量高于其他谷类种子;玉米胚芽含蛋白质13%~18%,其蛋白质效率比值为2.04~2.56。

蛋白质含量较高的干果主要有杏仁、核桃、腰果、夏威夷果、阿月浑子、榛子等。干果中除含有较丰富的多不饱和脂肪酸外,还含有相当数量的蛋白质,如我国核桃含蛋白质15.2%(带壳)。许多国家有消费核桃的习惯,美国的膳食指南将其与大豆归为同类食物。美国的干果生产量在世界上占有最大的份额,所占比例为扁桃65%、美洲山核桃74%、夏威夷果48%、核桃40%、阿月浑子25%、榛子4%。

食用菌作为另一种良好的植物蛋白资源,不但美国、英国、法国、意大利、德国、日本等发达国家发展较快,中国、印度尼西亚、越南、泰国等发展中国家也都掀起生产高潮。世界食用菌总产量,1965年仅35万t,1994年超过460万t,2008年我国食用菌产量达到1730万t,占世界的80%以上,实现产值820亿元,出口到119个国家和地区,创汇额14.25亿美元,已成为农产品加工的支柱产业之一。近年来每年的食用菌生产量递增10%左右,其中中国、美国、日本是最大的生产国。鲜食用菌中一般含蛋白质2%~4%,比蔬菜含量高;木耳、银耳、香菇等干菌的蛋白质含量为10%~20%。食用菌生产不占用耕地,利用多种场所立体栽培,不仅可以扩大蛋白质资源,而且能够创造可观的经济效益。

1974年联合国世界粮食会议确定螺旋藻为重要蛋白源,在几十年内就完成了从研究到产业化的进程。我国云南省程海湖是世界上三大蓝藻湖之一,1989年我国建立了第一座中试基地;1991年深圳蓝藻生物公司成为我国第一家工业化生产企业。我国现有螺旋藻研究开发的科研教学机构30余个,生产企业超过100多家,2009年产量约为2500多吨,我国已成为螺旋藻养殖大国。螺旋藻含有蛋白质60%~70%,消化率85%,易被人体吸收。其氨基酸含量均衡丰富,含有多种维生素、多糖、微量元素及生理活性物质,具有一定的保健作用。研究表明,1g螺旋藻原粉所含的蛋白质当量计算,相当

于 735.7 亩^①水稻、657.9 亩小麦、403.4 亩玉米或 300.3 亩大豆的年产量。

2. 加工产量不断增长

2006~2007 年度世界大豆加工量为 19 487 万 t (3897 亿斤^②), 较上年度增长 6.75%, 其原因是豆粕和豆油的需求增加。我国现有植物蛋白企业 100 余家, 传统豆制品企业 1100 余家, 年生产总量 800 万 t。

3. 高新技术与传统技术共同发展

美国、日本等发达国家开发的植物蛋白产品包括大豆蛋白食品、花生食品、婴儿食品、配方食品等, 植物蛋白产品种类繁多、应用范围广泛。美国大豆蛋白生产工艺设备先进, 不但很好地解决了脱腥和胀气问题, 且弥补了大豆蛋白赖氨酸含量低的不足, 并将钙溶于其中, 使其营养更完善; 在大豆综合加工的基础上, 根据不同用途生产大豆专用粉, 如高分散性、乳化性、溶解性专用大豆蛋白产品。我国少数企业引进国外设备加工大豆或生产分离蛋白。同时我国还自行研制配套豆粉、分离蛋白、组织蛋白、豆乳、豆腐的生产技术与机械。

4. 应用领域不断扩大, 产品品种日渐丰富

植物蛋白的应用领域也在不断扩展。一些发达国家超级市场上可以看到几千种大豆蛋白食品、花生食品, 从婴儿食品、配方食品到各种无胆固醇的美味菜肴, 可谓琳琅满目。

美国将大豆浓缩蛋白经过高温高压处理制成类似肉样的组织蛋白; 利用分离蛋白经配料、黏合、着色、调味制成培根状模拟肉制品; 将分离蛋白在肉类、禽类、鱼类、虾类、扇贝类、蛋类制品中应用, 制成多种菜肴, 品质与原食品较为接近或更好; 分离蛋白和功能性浓缩蛋白在乳制品中被广泛地应用, 制成了人造奶酪、人造奶、无奶冷冻甜食、咖啡伴侣、酸奶及各种豆奶。美国联邦政府每年投入大量经费研究大豆深加工, 以满足消费的需求。

我国大豆蛋白的应用逐年扩大, 在面制品、肉制品、冷饮中也有所应用, 婴儿乳品配方中也采用了大豆制品, 生产了各种豆奶粉、纯豆粉、豆腐脑粉、豆乳等产品。

近年来, 在藻类与食用藻的开发利用方面也有较大的进展, 通过加强其生理活性物质的研究, 开发了一些保健食品, 除螺旋藻粉、片、胶囊产品外, 还添加到面制品、饮料、乳制品中。

(二) 我国植物蛋白发展中存在的问题

1. 产量不足, 资源利用率不高

中国有悠久的大豆种植、加工历史, 但年总产量仅居世界第 4 位, 约 1500 万 t, 仅

① 1 亩 $\approx$ 666.67m²。

② 1 斤=500g。

占世界总产量的约 6%，原因是播种面积不足、单产水平不高。2009 年我国大豆平均亩产仅 226 斤，比美国低 131 斤。我国菜籽、棉籽、谷物产量均为世界第一，但加工利用率很低；面粉加工经过近几年的改造，许多企业装备了提取胚芽设备，但胚芽利用率却很低。花生、葵花籽、干果以及食用菌，大多为简单（烹饪）或直接食用，工业制品不多。我国在螺旋藻加工方面还处于低水平阶段。

2. 植物蛋白加工技术与装备有待提高

我国植物蛋白加工技术与设备与国外相比，在生产规模、工艺技术及自动化程度等方面仍有较大差距，从而限制了蛋白产品的质量、档次和品种的提高与发展。有人分析，目前中国最好的分离蛋白也只相当于美国 20 世纪 80 年代的产品。

3. 科技投入不足，科研深度不够

国外发达国家每年都投入大量充足的资金，从基础理论到生产实践开展广泛、深入、持续的研究与开发。而我国，大部分成果技术成熟度不高，企业的科技创新体系尚未形成，缺乏高新技术成果的支撑能力。

4. 企业的生产水平没有完全发挥出来

部分企业受资金与管理等因素所限，未能充分发挥其生产水平，使植物蛋白产品品种单一、功能性不强、市场供给不足。

5. 科技成果推广和宣传力度不够，应用范围尚需扩大

植物蛋白在食品生产中的应用还远远不够，部分企业没有认识到其重要性和优越性。

6. 植物蛋白产品的市场格局尚未稳定

国外产品不断打入中国市场，国内产品面临挑战，市场竞争激烈。

三、发展我国植物蛋白产品的建议

1. 提高植物蛋白单产、增加总产、充分利用国土资源

采用生物技术和基因工程及遗传工程等先进技术，选育并推广抗旱、抗病、优质、高产的优良品种，配以先进的栽培技术，提高作物单产，增加总产；进一步扩大核桃、杏仁、银杏等干果的开发利用，挖掘占我国国土 70% 的丘陵山地的潜力；扩大食用菌的生产，保持世界第一的位置。

2. 大力提高加工技术水平

实施科教兴国和持续发展两大战略。推动食品工业经济体制和增长方式的根本转

变。引进与自行开发相结合,科研、生产与设备制造企业相结合,下大力普遍提高植物蛋白分离及加工技术与装备水平,实现生产机械化、自动化、规模化,使产品的功能特性、稳定性尽快达到国际先进水平。

3. 加强科学研究,不断推出新技术成果

以基础理论为研究依据,以现代技术为手段,不断推出新工艺、新配方、新产品、新设备,使我国跻身于植物蛋白生产发达国家之列。

4. 大力推广植物蛋白的应用

推广成熟的工艺、配方,使各类植物蛋白在主食、副食、方便食品、快餐、学生餐中广泛应用,真正起到改善我国人民营养之作用。

5. 加强企业管理和质量管理

学习国外先进经验,完善各项标准及相关制度,实行标准化生产,确保产品质量,降低能耗与生产成本,提高生产效率及效益。

6. 提倡多项联合,走集团化发展的道路

科研单位与生产企业联合,原料市场与技术及资金联合,科工贸一体化,逐步向集团化过渡,实现由粗放型经营向集约化经营的转变,不断提高企业的发展能力与市场竞争能力。

7. 提高植物蛋白的贮藏运输和保鲜水平

加强现代物流技术研究与应用,减少污染和浪费,并拓宽市场,实现经济增长方式的转变。

8. 加强国际间的学术与信息交流

我国植物蛋白资源非常丰富,种类繁多,但每种蛋白质都有各自独特的结构特点与加工特性,了解与掌握这些基础理论知识将为充分利用植物蛋白的功能奠定基础,并能开发出新的产品以满足人民生活与生产的需要。应加强行业、企业、科研及市场间、国际间的交流与合作,促进行业与植物蛋白产业的迅速发展。

第一章 植物蛋白资源概述

植物蛋白是人类食用和动物饲料用的重要蛋白质资源，全世界蛋白产量的 80% 为植物蛋白。随着世界经济全球化和一体化发展，世界人均蛋白质的消费有所提高。表 1-1 是世界各国蛋白质消费情况。中国粮食、油菜籽、花生、棉籽总产量均占世界第一，唯有大豆为世界第 4。

表 1-1 人均蛋白质摄入量

洲或国家	每日人均蛋白质/g	动物蛋白	
		每日人均/g	占蛋白质总量的百分比/%
世界	70.8	24.6	34.7
亚洲	64.3	15.7	24.4
加拿大	96.1	57.4	59.7
美国	112.9	73.5	65.1
法国	116.0	77.8	67.1
德国	100.2	64.2	64.1
英国	91.2	52.3	57.3
中国	67.4	15.9	23.6
印度	58.1	9.5	16.4
埃及	87.3	12.9	11.8
墨西哥	78.7	31.3	39.8

资料来源：高艳华和王联洁，2003。

第一节 主要油料蛋白资源

一、大豆蛋白质

大豆因其独特的化学组成而成为最具有经济价值和使用价值的农产品之一。在谷物及其他豆科植物中，大豆的蛋白质含量最高（约为 40%），其他豆类的蛋白质含量为 20%~30%，而谷物类的蛋白质含量最高为 8%~15%。大豆还含有 20% 左右的脂肪，以及磷脂、维生素和矿物质等其他有价值的成分。此外，大豆还含有许多含量较低的成分，如胰蛋白酶、植酸、异黄酮和低聚糖，它们都具有生理活性，在抑制癌症和其他疾病方面具有重要作用。

（一）大豆蛋白质的营养价值

在当今许多国家，大豆是提供人类和动物营养的一种主要的植物蛋白来源。与其他

来源的蛋白质相同,大豆蛋白提供能量、必需氨基酸和氮。然而,蛋白质的营养特性是许多因素共同作用的结果,这些因素包括氨基酸组成、消化和吸收这些蛋白质的组织器官所需的氨基酸种类。优质蛋白是指那些能被完全消化且其氨基酸组成与消耗这种蛋白质的动物或人所需的氨基酸类型非常接近的蛋白质。

1. 大豆蛋白的营养价值

大豆中的蛋白质根据其在籽粒中所起的作用不同,一般可分为结构蛋白、贮存蛋白和生物活性蛋白,其中贮存蛋白是大豆蛋白的主体,大豆食物也是主要利用大豆中的贮存蛋白。尽管这些蛋白质颗粒的周围有磷脂质膜,但磷脂质膜容易破裂,所以可以利用水抽提法提取贮存蛋白。

大豆中 80% 的蛋白质在 pH4~5 的酸性条件下能从溶液中沉淀出来,这部分蛋白质称为大豆酸沉淀蛋白,主要成分是大豆球蛋白。这些蛋白质的等电点是 4.5 左右,但由于大豆中含有植酸钙、镁等成分,会在酸性条件下与蛋白质结合,所以从表面看来蛋白质的等电点是在 pH4.3 左右。达到等电点而不沉淀的蛋白质称为大豆乳清蛋白,约占大豆蛋白质总量的 6%~7%,这些蛋白质的主要成分是白蛋白。大部分大豆蛋白在偏离 pH4.3 时可溶于水,但受热,特别是当蒸煮等高温处理时,其溶解度急剧降低,因此在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。

大豆中的蛋白质是指存在于大豆中的蛋白质的总称,它不单指某一种蛋白质。组成大豆蛋白的氨基酸有 18 种之多,表 1-2 所示为大豆蛋白质及其制品中氨基酸的组成。

表 1-2 大豆蛋白质及其制品中氨基酸的组成 (单位:%)

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	4.2	4.2	6.0	4.8	4.9	5.1
亮氨酸	4.8	9.6	8.0	7.8	1.7	7.7
赖氨酸	4.2	6.1	6.8	6.3	6.1	6.9
蛋氨酸	2.2	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	2.8	4.3	3.9	4.2	3.7	4.3
色氨酸	1.4	1.2	1.4	1.5	1.4	1.3
缬氨酸	4.2	4.8	5.3	4.9	4.8	5.4
苯丙氨酸	2.8	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	2.0	—	7.3	7.5	7.8	8.4
组氨酸	2.4	—	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

注:“—”表示未给出推荐值,非必需的。

从表 1-2 中可以看出,大豆蛋白中含有 9 种必需氨基酸,分别是苏氨酸、缬氨酸、