

大豆蛋白质 生产与应用

王凤翼 钱 方 等编著



中国轻工业出版社

大豆蛋白质生产与应用

王凤翼 钱 方 等编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大豆蛋白质生产与应用/王凤翼等编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2004. 3

ISBN 7 - 5019 - 4202 - 1

I. 大… II. 王… 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 (2003) 第 109567 号

责任编辑: 白洁

策划编辑: 熊慧珊

责任终审: 滕炎福

封面设计: 李云飞

版式设计: 丁夕

责任校对: 燕杰

责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号 邮编: 100740)

印刷: 北京市卫顺印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 2004 年 3 月第 1 版

2004 年 3 月第 1 次印刷

开本: 850 × 1168 1/32

印张: 11.375

字数: 295 千字

书号: ISBN 7 - 5019 - 4202 - 1/TS·2481 定价: 24.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010 - 65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010 - 88390721 88390722

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

30767K1X101ZBW

前 言

大豆蛋白食品是 21 世纪最受欢迎的食品，这一点无论在发达国家还是发展中国家都是毫无疑义的。这不仅因为大豆蛋白质可以作为优质蛋白质摄入量不足的补充，而且更重要的是大豆蛋白质食品具有多种生理调节功能。正因为如此，美国食品与医药管理局（FDA）于 1999 年 10 月批准了大豆蛋白质的健康认证，允许在含有大豆蛋白的食品包装上明确标明大豆蛋白质具有保健功能。我国政府从提高中华民族的健康水平出发，十分重视大豆产业的发展，并从 1996 年起开始实施“大豆行动计划”。这表明，伴随着新世纪的到来，大豆蛋白食品必将在全球范围出现新的高潮，并形成新的食品工业领域。为了适应大豆蛋白食品的发展需要，我们编著了《大豆蛋白质生产与应用》一书。

本书是在大连轻工业学院食品科学与工程专业本科生《植物蛋白》讲义、研究生论文和科研的基础上编著的。本书既注重技术理论探讨，又注重生产实际应用，内容丰富详实，可供从事食品工业科研与生产的工程技术人员、高等院校食品科学与工程专业师生以及相关工业领域的科技人员参考。

本书由王凤翼、钱方主编。参加编著的人员（分工）为：王凤翼（第一章、第四章至第七章）、季瑛（第二章）、孔繁东（第三章）、钱方（第八章）、姬德衡（第九章、第十章）。

由于我们水平有限，错误和不妥之处一定不少，恳请读者斧正。

王凤翼

目 录

第一章 绪论	1
第一节 蛋白食品的发展趋势	1
一、世界蛋白食品的发展趋势	1
二、中国蛋白食品的发展趋势	4
第二节 大豆蛋白食品的起源、现状和展望	9
一、大豆蛋白食品的起源	9
二、大豆蛋白食品的现状和展望	10
第二章 大豆的化学组成	15
第一节 大豆的一般组成	15
一、蛋白质	16
二、脂类	17
三、碳水化合物	21
四、无机盐	24
五、维生素	25
六、有机酸	26
七、呈味成分	27
第二节 大豆中的生物活性物质	29
一、酶类	29
二、胰蛋白酶抑制素	36
三、血球凝集素	41
四、低聚糖类	42
五、植酸	45
六、皂角苷	48
七、异黄酮	50

第三章 大豆蛋白质的性质	56
第一节 大豆蛋白质的化学性质	56
一、大豆蛋白质的含氮量	56
二、大豆蛋白质中的非蛋白质成分	57
三、大豆蛋白质的氨基酸组成	58
四、大豆蛋白质的一级结构	63
第二节 大豆蛋白质的物理性质	64
一、大豆蛋白质的溶解性	64
二、大豆蛋白质的分级组成	68
三、大豆蛋白质分子的高级结构	72
第三节 大豆蛋白的变性	76
一、蛋白质变性的基本概念	76
二、大豆蛋白质变性的影响因素	77
第四章 大豆蛋白质的功能特性	84
第一节 大豆蛋白质功能特性概述	84
一、大豆蛋白质功能特性的基本概念	84
二、大豆蛋白质功能特性的影响因素	85
第二节 大豆蛋白质的功能特性	91
一、水溶性	91
二、水合性	92
三、黏度	94
四、凝胶化性	96
五、乳化性	99
六、脂肪吸收性	100
七、起泡性	101
第五章 大豆蛋白质的营养价值	104
第一节 大豆蛋白质的必需氨基酸组成	104
一、人体蛋白质与必需氨基酸	104
二、大豆蛋白质的必需氨基酸组成	107

第二节 大豆蛋白质的营养评价	108
一、大豆蛋白质的消化率	108
二、大豆蛋白质的生物学价值	109
三、大豆蛋白质的净蛋白质利用率	110
四、大豆蛋白质的功效比	111
五、大豆蛋白质净比值	113
六、相对蛋白质值	114
七、大豆蛋白质的必需氨基酸分数	114
第六章 大豆蛋白质的品质改良	118
第一节 不良性物质的脱除	118
一、胰蛋白酶抑制素的脱除	118
二、低聚糖的脱除	122
三、植酸及植酸钙镁的脱除	124
四、豆腥味的脱除	127
五、苦涩味的脱除	138
第二节 功能特性的改良	140
一、化学法	140
二、酶法	147
第三节 营养价值的改良	154
一、蛋白质互补法	155
二、合成类蛋白法	156
第七章 大豆蛋白制品生产	168
第一节 大豆粉生产	168
一、全脂大豆粉	168
二、脱脂大豆粉	174
第二节 大豆浓缩蛋白的生产	175
一、大豆浓缩蛋白	175
二、全脂大豆浓缩蛋白	186
第三节 大豆分离蛋白生产	188

一、大豆分离蛋白生产工艺	189
二、大豆分离蛋白产品质量指标	195
第四节 大豆组织蛋白生产	196
一、挤压膨化法	196
二、纤维化法	202
三、凝胶化法	205
四、其他方法	206
第五节 大豆蛋白水解制品生产	211
一、水解大豆蛋白	211
二、复合氨基酸	214
三、大豆肽	216
四、大豆蛋白发泡粉	219
第八章 大豆蛋白在乳品工业中的应用	223
第一节 豆乳类	223
一、豆乳的概念及分类	223
二、豆乳的生产	224
第二节 发酵豆乳	244
一、发酵豆乳的概念与分类	244
二、发酵剂的调制	244
三、酸豆乳生产	247
第三节 速溶豆粉	254
一、速溶豆粉的概念与分类	254
二、速溶豆粉生产	254
三、速溶豆粉质量指标	262
第四节 婴幼儿配方食品	263
一、婴幼儿食品的概念与分类	263
二、婴儿配方乳粉 I 生产	264
三、婴幼儿断奶期辅助食品生产	267
第五节 其他含大豆蛋白乳制品	270

一、大豆炼乳生产	270
二、植物性干酪	275
三、大豆冰淇淋	278
第九章 大豆蛋白在肉制品、水产制品中的应用	287
第一节 大豆蛋白在肉制品中的应用	287
一、应用的目的与作用	287
二、使用方法及注意事项	288
三、应用实例	290
第二节 大豆蛋白在水产制品中的应用	319
一、应用的目的与意义	319
二、应用实例	319
第十章 大豆蛋白在面糖制品及其他食品中的应用	329
第一节 大豆蛋白在面糖制品中的应用	329
一、应用的目的与要求	329
二、应用实例	329
第二节 大豆蛋白在糖果中的应用	337
一、应用的目的与作用	337
二、应用实例	338
第三节 大豆蛋白在其他食品中的应用	345
一、方便食品	345
二、仿生食品	348
参考文献	350

第一章 绪 论

第一节 蛋白食品的发展趋势

蛋白食品通常是指肉类、蛋类、乳类、鱼类、贝类和大豆类等及其加工品。为人类提供蛋白质的除上述外，还有米类、面类以及水果、蔬菜等，但这些均不能算做蛋白食品，虽然，这些食物的消费量很大，提供蛋白质的数量很多，特别是在一些发展中国家是人们赖以生存的主要蛋白质来源，但是，其蛋白质含量毕竟较低。本节拟重点概述一下世界和中国蛋白食品的发展趋势。

一、世界蛋白食品的发展趋势

蛋白质和核酸是与生命直接相关的两大类物质。生命最基本的特征是能够进行新陈代谢和自我复制。在这一生命过程中，脱氧核糖核酸（DNA）当然是第一重要的，它是基因的载体。但是，如果没有各种蛋白质的作用，DNA 的复制、信息的转录、遗传密码的翻译都无从谈起。DNA 大分子是由糖、磷酸基团交替组成的长链，碱基连在糖环上，是两条互绕的双螺旋。DNA 的复制首先是两股链分开，然后以每股单链作为模板，以碱基配对原理形成新链，两股链精确地复制出四种碱基的特定顺序，产生了两个与原来完全相同的双螺旋。因遗传信息贮存于 DNA 碱基顺序之中，因此，每一世代必然保持这个顺序。DNA 分子并不直接支配蛋白质的生物合成，DNA 分子的遗传信息要转录到信使核糖核酸（mRNA）上，mRNA 成为蛋白质合成的直接模板。每一种氨基酸都分别结合于转移核糖核酸（tRNA）上，一个 tRNA 只能结合一个特定的氨基酸，此 tRNA 携带氨基酸在核糖体

上进行蛋白质的生物合成。上述过程的每一步都必须有酶的参与，而到目前为止，已知的酶没有一个不是蛋白质的。

生物体内的蛋白质种类极其繁多，分布极其广泛，所担负的任务也是多种多样的。除了上述过程涉及蛋白质外，构成生物体新陈代谢的几乎全部化学反应都是在活性蛋白质——酶的催化作用下进行的。运输氧气和营养物质的载体以及肌肉、骨骼、结缔组织、皮肤、毛发等也都是由蛋白质构成的。最近的分子生物学研究表明，在细胞膜的通透性、高等动物的记忆活动等方面，蛋白质都起着重要的作用。基于上述原因，有人把核酸称为“遗传大分子”，而把蛋白质称为“功能大分子”，这种叫法也不无道理。

由此可见，蛋白质对于包括人体在内的生物体来说是极为重要的。人体蛋白质如果得不到更新或补充，就会导致抗病能力下降、记忆力减退，导致早衰和短命。特别是儿童，如果蛋白质摄入量不足，势必要引起他们智力迟钝、发育不良，甚至过早死亡。正是由于这种原因，各国政府都十分重视食物中蛋白质的供给问题。

粮食是人类赖以生存和发展的基本食物，也是人类热量和蛋白质的主要来源。但是，随着世界人口的持续增长，粮食生产的发展却十分缓慢甚至出现负增长的情况（见表 1.1）。

表 1.1

世界谷物的产量

单位：Mt

年 度	1998	1999	2000	2001	增长率/%	
					1998 ~ 2001	2000 ~ 2001
全世界	1902.6	1890.1	1861.8	1901.2	- 0.07	2.12
发展中国家	1043.3	1040.6	1007.8	1004.5	- 3.72	- 0.33
发达国家	859.3	849.5	854.0	876.6	2.01	2.65

FAO（联合国粮食与农业组织）2002 年 8 月发表的“世界农业：面向 2015 ~ 2030 年”报告指出：今后 30 年中，世界人口的

平均增长率约为 1.1%，大大低于过去 30 年期间的 1.7%；到 2030 年世界人口将从目前的 60 亿增长至 83 亿，世界粮食产量必须在目前 19 亿 t 的基础上再增长 10 亿 t，由此可见，随着人口的增长，粮食短缺问题是十分严峻的。

不仅如此，世界各地区主要农畜产品的生产发展也是极端的不平衡，从而进一步加大了发展中国家与世界和发达国家人均水平的差距(见表 1.2)。可见，发展中国家谷物的人均水平仅相当于世界水平的 67.35%，发达国家的 31.4%；肉类为世界水平的 70.69%，发达国家的 34.14%；乳类为世界水平的 52.87%，发达国家的 19.43%；蛋类为世界水平的 85.79%，发达国家的 56.48%。

表 1.2 2001 年世界各地区农牧产品人均占有量

单位：kg/年

	人口总数/万人	谷物	肉类	乳类	蛋类
全世界	613413.8	309.94	38.65	96.34	9.29
发展中国家	481600.7	208.75	27.32	50.94	7.97
发达国家	131813.1	665.03	80.02	262.23	14.11
欧盟 15 国	377119.8	—	95.42	329.45	14.01

由于农畜生产发展的不平衡，导致蛋白质特别是动物性蛋白质的人均供给水平差异很大。据统计，1994 年世界人均蛋白质日供给量为 70.8g，其中动物性蛋白占 34.7%；美国等发达国家人均蛋白质日供给量为 90g 以上，其中动物性蛋白占 60% 左右；而中国等发展中国家，蛋白质人均水平仅 70g 左右，其中动物性蛋白仅占 25% 左右。印度等个别国家蛋白质人均水平仅为 58.1g，其中动物性蛋白仅占 16.4%。

这种严峻的局面，迫使世界各国政府不得不在大力发展农、牧、渔业的同时，以最新的科学技术致力于新的蛋白质资源的开发，特别是植物蛋白质资源的开发。开发新的蛋白质资源，早在 20 世纪 60 年代就已经成为联合国各种大型有关粮食资源会议的

议题，并且于 20 世纪 70 年代已经基本上步入了实用化阶段。在已经实用化的新蛋白质资源中，当首推大豆蛋白质资源的开发。20 世纪 90 年代以来，大豆产量逐年增加，2000 年产量较之 1991 年增加 6184 万 t，年平均增长速度达到 6.65%。大豆四大主产国中，除中国外，巴西、阿根廷、美国三国产量连创历史新高，其中巴西的产量较之 1991 年翻了一番还多。其他一些二线生产国如印度、巴拉圭的大豆产量也有了长足的进步（表 1.3）。

表 1.3 1991~2000 年世界大豆产量一览表

单位：万 t

国 别	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
欧盟 15 国	163	127	86	108	104	110	146	158	124	97
阿 根 廷	1087	1132	1105	1172	1213	1245	1100	1873	1800	1980
巴 西	1494	1918	2256	2491	2565	2356	2643	3137	3090	3200
中 国	972	1031	1532	1601	1351	1323	1474	1500	1370	1438
印 度	249	339	475	393	510	521	652	600	610	520
巴 拉 圭	140	162	179	180	221	239	267	286	330	360
美 国	5407	5961	5089	6845	5917	6478	7318	7460	7193	7800
其他国家	819	773	801	847	803	778	851	873	868	1120
合 计	10331	11443	11523	13637	12684	13050	14451	15887	15385	16515

二、中国蛋白食品的发展趋势

中国是一个发展中国家，拥有世界 22% 的人口，但耕地面积却仅占世界的 7%。尽管如此，经过党和政府 50 年的努力，特别是改革开放 20 多年来的努力，已经基本上解决了 13 亿中国人民的温饱问题，并且正在向“小康”水平迈进。但是，我国人民人均营养水平不仅低于美国等发达国家，而且还低于世界的人均水平。就蛋白质供给量而言，1994 年我国人均蛋白质日供给量为 67.4g，其中动物性蛋白质占 23.6%，较世界水平低 3.4g 和 11.1 个百分点。

20 世纪 90 年代后期, 我国部分地区典型监测表明, 居民人均摄入蛋白质 70.5g, 并且动物性蛋白所占比重有一定增长, 膳食结构有了进一步改善。表 1.4 为 1996~2000 年我国食品工业主要原料产品产量。

表 1.4 1996~2000 年我国食品工业主要原料产品产量

单位: 万 t

年 度	1996	1997	1998	1999	2000
粮 食	50453.5	49417.1	51229.5	50838.6	46217.5
谷 物	45127.1	44349.3	45624.7	45304.1	40522.4
稻谷	19510.3	20073.5	19871.3	19848.7	18790.8
小麦	11056.9	12328.9	10972.6	11388.0	9963.6
玉米	12747.1	10430.9	13295.4	12808.6	10600.0
豆类	1790.3	1875.5	2000.6	1894.0	2010.0
薯类	3536.0	3192.3	3604.2	3640.6	3685.2
油 料	2210.6	2157.4	2313.9	2601.2	2954.8
花生	1013.8	964.8	1188.6	1263.9	1443.7
油 菜 子	920.1	975.8	830.1	1013.2	1138.1
芝 麻	57.5	56.6	65.6	74.3	81.1
甘蔗	6687.6	7889.7	8343.8	7470.3	6828.0
甜菜	1672.6	1496.8	1446.6	863.9	807.3
烟叶	323.4	425.1	236.4	246.9	255.2
蚕茧	50.8	46.9	53.6	48.5	54.8
茶叶	59.3	61.3	66.5	67.6	68.3
水果	4652.8	5089.3	5452.9	6237.6	6225.1
肉 类	4584.0	5268.8	5723.8	5820.7	6125.4
猪肉	3158.0	3596.3	3883.7	3890.7	4031.4
牛肉	355.7	440.9	479.9	505.4	532.8
羊肉	181.0	212.8	234.6	251.3	274.0
乳 类	735.8	681.1	745.4	806.9	919.1
牛乳	629.4	601.1	662.9	717.6	827.4
蛋 类	1965.2	1897.1	2021.3	2134.7	2243.3
水 产 品	3288.1	3601.8	3906.5	4122.4	4278.5
海水产品	2012.9	2176.4	2356.7	2471.9	2538.7
淡水产品	1275.2	1425.4	1549.8	1650.5	1739.7

资料来源: 摘自《中国统计年鉴, 2000》

由表 1.4 可见, 在 1996~2000 年农、畜、水产品中, 蛋白质含量较高的产品增长幅度都很大。其中花生增长率为 42.4%, 平均年增长 8.5%; 肉类增长率为 33.6%, 平均年增长 6.7%; 乳类增长率为 24.9%, 平均增长 5.0%。这种发展速度在全世界也是绝无仅有的。

下面就我国主要蛋白食品的供给情况加以简要说明。

1. 肉类

近 10 年来, 我国肉类生产的发展速度快得惊人。1994 年我国肉类总产量已跃居世界第一位, 达 44814kt, 人均肉类占有水平为 39.3kg/年, 超过了当时世界的人均水平(33.0kg/年)。2001 年, 我国肉类总产量为 65471kt, 同 1994 年相比增长了 46.09%, 相当于世界第二产肉大国美国肉类总产量的 1.76 倍(见表 1.5)。

表 1.5 2001 年世界十国肉类产量

单位: kt

	肉类总产量	牛 肉	猪 肉	羊 肉	禽 肉
全世界	236335	56786	91965	15055	67240
中 国	65471	5337	43462	3943	12501
美 国	37282	11698	8790	102	16471
巴 西	15161	6671	1968	149	6125
法 国	6316	1571	2255	126	2036
德 国	6239	1363	3900	46	803
印 度	4916	1463	595	1168	575
墨西哥	4652	1410	1065	111	1847
俄罗斯	4518	1916	1620	138	755
阿根廷	4305	2950	214	68	1001
加拿大	4175	1250	1800	11	1065

由表 1.5 可见, 我国肉类总产量占世界肉类总产量的 27.7%。其中猪肉占世界猪肉产量的 47.3%, 羊肉占世界肉类产

量的 26.2%，均居世界首位；禽肉产量仅次于美国，居第二位。并且肉类（猪、牛、羊肉）结构也发生了较大的变化。表 1.6 为 1996～2000 年我国肉类产量和结构变化情况。

表 1.6 1996～2000 年我国肉类产量与结构变化情况

单位：kt

年度	总产量	猪肉		牛肉		羊肉	
		产量	%	产量	%	产量	%
1996	45840	31580	68.9	3557	7.6	1810	3.9
1997	52688	35963	68.3	4409	8.4	2128	4.0
1998	57238	38837	67.9	4799	8.4	2346	4.1
1999	58207	38907	66.8	5054	8.7	2513	4.3
2000	61254	40314	65.8	5328	8.7	2740	4.5

可见，猪肉在肉类中所占比重逐年下降，而牛、羊肉所占比重逐年上升。

2. 蛋类

从 1991 年起，我国蛋类的人均占有量已超过世界人均水平。2002 年我国蛋类生产量为 24193kt，相当于第二产蛋大国美国蛋产量的 4.7 倍。表 1.7 为 1996～2000 年我国蛋类生产量。

表 1.7 1996～2000 年我国蛋类生产量

	1996	1997	1998	1999	2000
总产量/kt	19652	18971	20213	21347	22433
增长率/%	—	-3.5	6.5	5.6	5.1

3. 乳类

同肉类和蛋类相比，我国乳类占全世界乳类总产量的份额少得可怜。2001 年世界乳类总产量为 584651.1kt，而我国乳类产量仅为 11229kt，仅为世界乳类产量的 1.9%。按人均占有量计，

2001 年世界乳类人均占有量为 96.34kg/年, 而我国仅为 8.79kg/年, 远低于世界的人均水平。但是, 我国乳类生产的发展速度是举世瞩目的 (见表 1.8)。

表 1.8 1996 ~ 2001 年我国乳类的产量

单位: kt

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
总产量/kt	7358	6811	7445	8069	8795	11229
增长率/%	—	-7.4	9.3	8.4	9.0	27.7

4. 水产类

我国水产品总产量, 1995 年为 25172kt, 2000 年为 42785kt, 5 年间增长 70.0%, 年平均增长率为 14.0%。水产品人均占有量 1995 年为 20.89kg/年, 2000 年为 33.87kg/年。

5. 大豆

我国大豆生产的发展相当缓慢。由表 1.3 可见, 1994 年我国大豆产量为 16010kt, 创历史最高水平, 居世界第三位。但 1995 年后产量锐减, 2000 年我国大豆产量为 14380kt, 与 1994 年相比减少 10.18%。而同期世界大豆产量却由 136360kt 增长至 165150kt, 增长 21.1%, 其中阿根廷增长幅度最大, 6 年间增长了 68.9%, 一跃而成为仅次于美国和巴西的世界第三大豆生产国, 使我国由世界第三位降至第四位。为了解决我国农村尤其是贫困地区人口蛋白质摄入量不足问题, 我国政府于 1996 年开始实施“大豆行动计划”并已收到了一定成效。这表明了我国党和政府对大豆蛋白资源开发利用的重视。这一行动的结果必将推动我国大豆生产的发展。