

“十一五”国家重点图书出版规划项目



服务三农·农产品深加工技术丛书

大豆深加工技术

李荣和 姜浩奎/主编

“十一五”国家重点图书出版规划项目
服务三农·农产品深加工技术丛书

大豆深加工技术

李荣和 姜浩奎 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大豆深加工技术/李荣和, 姜浩奎主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 9

“十一五”国家重点图书出版规划项目
(服务三农·农产品深加工技术丛书)

ISBN 978-7-5019-7716-1

I. ①大… II. ①李… ②姜… III. ①大豆-食品加工 IV. ①TS214. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 123990 号

责任编辑: 涂润林

策划编辑: 李亦兵 责任终审: 张乃柬 封面设计: 伍毓泉

版式设计: 王超男 责任校对: 晋洁 责任监印: 马金路

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: 北京华正印刷有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2010 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 850 × 1168 1/32 印张: 13. 375

字数: 354 千字

书号: ISBN 978-7-5019-7716-1 定价: 24. 00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

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邮购联系调换

061132K1X101ZBW

本书编委会

主 编：李荣和 姜浩奎

编著者：（按姓氏笔画排序）

马红霞	王志敏	王俊国	朱振伟
刘 辉	刘 蕾	毕艳春	李 丹
李荣和	谷耀周	邱金文	吴淑清
陈 星	陈 红	张雁南	张玺麟
杨 帆	周鼎玲	周少龙	孟广明
郭 英	邹险峰	姜 勇	姜浩奎
赵春燕	赵玉红	高长城	徐厚君
梁洪祥	雷海容		

编写分工

- 第一章 国家大豆深加工技术研究推广中心 李荣和教授
- 第二章 吉林工商学院生物工程系 王俊国教授
长春大学农产品加工生物技术省重点实验室 陈星教授
国家大豆深加工技术研究推广中心 刘蕾高级工程师
东北林业大学食品科学与工程学院 赵玉红副教授
- 第三章 国家粮食储备局西安油脂科学研究设计院 杨帆研究员
长春大学食品科学与工程学院 李丹教授、吴淑清副教授
通榆益发合大豆制品公司 张雁南高级工程师
吉林农业大学食品科学与工程学院 陈红博士
长春金川榨油机械有限公司 谷耀周高级工程师
- 第四章 长春大学农产品加工生物技术省重点实验室 高长城教授
国家大豆深加工技术研究推广中心 朱振伟高级工程师
哈尔滨市亚泰轻工食品设备厂 孟广明高级工程师
- 第五章 吉林农业大学食品科学与工程学院 陈红博士
河北豆豆集团 张玺麟高级工程师
- 第六章 国家大豆深加工技术研究推广中心 李荣和教授
中国食品工业协会大豆及植物蛋白专业委员会 姜浩奎高级工程师
长春大学食品科学与工程学院 李丹教授
内蒙古科然生物高新技术公司 王志敏高级工程师
吉林大学 赵春燕教授
吉林农业大学 马红霞教授
吉林大学 郭英教授
长春中医药大学 邱全文教授
长春大学 毕艳春副教授、邹险峰博士
营口渤海天然食品有限公司 姜勇助理工程师
华北煤炭医学院 徐厚君博士
- 附 录 国家大豆深加工技术研究推广中心 刘蕾高级工程师、周少龙
高级工程师、雷海容工程师收集
中国食品工业协会大豆及植物蛋白专业委员会 周鼎玲高级工
程师、刘辉工程师、梁洪祥助理工程师收集

前 言

2007 年初，本人接受中国轻工业出版社之邀，编写《大豆深加工技术》，深感责任重大。因为近代大豆加工技术发展日新月异，如何编写本书，使之自立于国内外大豆加工论著之林，成为编著者反复思考、论证的内容。为使本书独具特色，编著者在书中突出了以下内容：

第一，为振兴我国大豆产业，提供大豆加工高附加值产品生产高新技术。

我国已由大豆的故乡退化为大豆第一进口大国，大豆自给率仅为 30% 左右，与世界大豆总产量相比不足 6%。2009 年，仅从美国进口大豆量即高达 2000 万 t，2010 年 4 月进口大豆到港分销价格为 3200 ~ 3300 元/t，比国产大豆每吨便宜 500 元左右。由于进口大豆价格明显低于国产大豆，使我国民族大豆产业遭受重创，2009 年我国大豆总产量已降至 1450 万 t，仅为 2008 年大豆总产量的 93.3%。

大豆是关系国计民生的重要作物，只有大豆加工取得高附加值，以大豆加工业的高效益反哺农业，服务“三农”的目标才能成为现实。围绕提高效益的目标，本书提供的大豆加工技术大部分属于大豆加工领域适用性强、附加值高的技术。

第二，深入讨论大豆加工生物学特性，为大豆深加工技术提供原理依据。

作为一本 30 多万字的读物，本书很难使读者全面、实际地掌握大豆加工的技术方法，而读者深入了解大豆加工生物学特性，将有助于自主创新研制新产品，发明新技术，在研发工作中少走弯路，缩短新产品、新技术的研发周期。

第三，为提高大豆加工综合效益，本书重点介绍了提取大豆中具有医疗保健功能成分的新技术。

自第二次世界大战以来,至今已有 60 余年全球未发生大规模战争,在和平安定的环境条件下,全人类生活水平普遍提高,然而“现代生活方式病”——肥胖病、心脑血管疾病、癌症、糖尿病等非传染性慢性疾病日益增多,生命质量与寿命受到严重威胁的人类又开始寻求既能有效预防“文明病”,又没有药品毒副作用的安全、绿色、回归自然型的保健食品。

在众多的天然植物类群中,大豆既具有安全可靠的保健作用,又无任何毒副作用。大豆产业飞速发展的重要原因大豆的保健作用得到了全人类的公认。本书主编在科研与工程实践过程中,努力探索大豆功能成分的生产加工技术,完成了“以高、低温豆粕为原料,连续提取高纯度大豆低聚肽、高染料木苷含量大豆异黄酮、大豆复合功能因子、大豆皂苷、大豆低聚糖”的研发工作,并取得了相应的发明专利。

从承担编著任务时起,三年来在完成每项大豆加工工程后,都感到有新的实践内容需要向本书补充,可见伴随大豆科学与工程的高速发展,书中内容可能很快落后,但在近几年内,至少可为大豆加工领域增添几分新意。

本书由本人与姜浩奎高级工程师负责统稿、审订、修改、补充等工作,共经三次修改。书中介绍的内容包括编著者的工程实践与发明专利,也有部分内容引自文献。引用的文献虽不属于作者自有技术,但对读者开阔加工设计思维将有所帮助。为使读者能读得懂、用得上,在大豆加工工程实践中,如遇到实际问题,可直接与本书作者联系。

在本书即将出版之际,深感其与中国轻工业出版社《“十一五”国家重点图书出版规划项目》的要求还有相当的差距,希望在争鸣中能得到读者、专家的批评指正。在向同行专家学习的过程中,我们将会不断完善科研与工程设计思维,为我国大豆产业的振兴、发展作出实际贡献。

目 录

第一章 大豆加工生物学特性	(1)
第一节 大豆加工用原料品种遗传生物学特性	(1)
一、加工用大豆品种的选择	(2)
二、大豆营养素的合成规律与加工用良种繁育	(7)
第二节 大豆加工生物学特性	(10)
一、大豆形态结构	(10)
二、大豆不同部位与加工的关系	(11)
三、大豆感官形态与加工的关系	(16)
第三节 大豆的营养素、大豆功能因子与加工的关系	(17)
一、大豆中的营养素含量与加工的关系	(17)
二、大豆功能因子与加工的关系	(20)
第四节 大豆的有害生理活性成分	(24)
一、大豆有害生理活性成分概述	(24)
二、大豆中主要有害生理活性成分对人体的危害	(25)
三、大豆有害生理活性成分的消除	(27)
第二章 大豆油脂加工技术	(29)
第一节 油脂加工原料大豆的选择与预处理技术	(30)
一、油脂加工用原料大豆的选择	(30)
二、预处理技术	(31)
第二节 大豆油脂压榨法加工技术	(39)
一、大豆油脂压榨法加工技术概述	(39)
二、大豆油脂热榨技术	(40)
三、大豆油脂冷榨技术	(42)

第三节 大豆油脂浸出法加工技术	(43)
一、大豆油脂浸出工业用溶剂种类	(44)
二、浸出法大豆混合油加工技术	(45)
三、浸出法大豆原油加工技术	(47)
四、浸出法大豆食用油的加工技术	(49)
第四节 高温脱溶豆粕与低温脱溶豆粕的加工技术	(52)
一、高温脱溶豆粕与低温脱溶豆粕概述	(52)
二、高温脱溶豆粕加工技术	(53)
三、低温脱溶豆粕加工技术	(56)
第五节 溶剂消耗与安全防护	(59)
一、溶剂正常消耗与异常泄露	(59)
二、安全防护	(60)
第六节 大豆油脂生产副产物的加工利用技术	(61)
一、大豆脂肪酸的加工技术	(61)
二、大豆磷脂的加工技术	(64)
三、大豆维生素 E 的加工技术	(68)
四、大豆甾醇的加工技术	(70)
第三章 大豆蛋白加工技术	(73)
第一节 大豆蛋白粉加工技术	(74)
一、大豆蛋白粉的种类	(74)
二、大豆蛋白粉加工技术	(76)
三、大豆蛋白粉脱腥技术	(80)
四、大豆蛋白粉的应用与发展趋势	(81)
第二节 大豆浓缩蛋白加工技术	(88)
一、大豆浓缩蛋白的概念	(88)
二、醇法大豆浓缩蛋白加工技术	(89)
三、醇法大豆浓缩蛋白副产物——“糖蜜”的 加工利用	(96)
四、醇法薄层大豆浓缩蛋白生产线设备简介	(98)
五、酸法大豆浓缩蛋白加工技术	(101)

第三节 大豆分离蛋白加工技术	(103)
一、大豆分离蛋白有关概念说明	(103)
二、大豆分离蛋白加工技术概述	(104)
三、碱溶酸沉法大豆分离蛋白生产线设备介绍	(108)
第四节 大豆组织蛋白加工技术	(111)
一、大豆组织蛋白概述	(111)
二、大豆组织蛋白的加工技术	(112)
三、大豆组织蛋白的应用	(116)
第五节 大豆蛋白质的改性技术	(118)
一、改性大豆蛋白的定义	(118)
二、蛋白质的改性方法	(119)
三、大豆蛋白功能性在生产上的应用	(135)
第六节 大豆蛋白加工效益分析	(142)
一、全脱脂大豆蛋白粉效益分析	(142)
二、醇法大豆浓缩蛋白效益分析	(144)
三、碱溶酸沉法大豆分离蛋白效益分析	(145)
第四章 豆奶与豆奶粉加工技术	(147)
第一节 豆奶加工技术	(147)
一、豆奶的概念	(147)
二、豆奶的分类	(148)
三、豆奶与豆浆、牛奶、人奶的比较	(150)
四、豆奶生产加工技术	(152)
第二节 豆奶粉加工技术	(163)
一、豆奶粉概述	(163)
二、速溶豆奶粉的加工技术	(167)
第三节 豆奶与豆奶粉市场前景与效益分析	(178)
一、豆奶与豆奶粉市场前景分析	(178)
二、豆奶生产效益分析	(179)
三、豆奶粉生产效益分析	(180)

第五章 传统大豆制品现代加工技术	(182)
第一节 非发酵大豆制品现代加工技术	(182)
一、豆腐加工技术	(182)
二、豆腐干与干豆腐加工技术	(200)
三、腐竹加工技术	(206)
四、豆芽加工技术	(208)
五、大豆素食品加工技术	(210)
第二节 发酵大豆制品现代加工技术	(213)
一、豆豉加工技术	(213)
二、腐乳加工技术	(220)
三、豆酱加工技术	(235)
四、酱油加工技术	(246)
第三节 传统大豆制品废渣废水加工处理技术	(256)
一、豆腐渣的加工处理技术	(256)
二、豆腐黄浆水的加工处理技术	(265)
第六章 大豆功能因子加工技术	(275)
第一节 大豆肽与高纯度大豆低聚肽加工技术	(275)
一、大豆肽与高纯度大豆低聚肽的概念	(275)
二、大豆肽理化性质与功能特性	(279)
三、大豆肽加工技术	(282)
第二节 大豆异黄酮与高染料木苷大豆异黄酮的 加工技术	(290)
一、大豆异黄酮与高染料木苷大豆异黄酮的概念	(290)
二、高染料木苷大豆异黄酮的双向调节作用	(292)
三、大豆异黄酮理化性质与功能特性	(297)
四、大豆异黄酮的加工技术	(297)
第三节 大豆皂苷的加工技术	(301)
一、大豆皂苷的结构与分类	(301)
二、大豆皂苷理化性质与功能特性	(303)
三、大豆皂苷的加工技术	(304)

第四节 大豆低聚糖的加工技术	(307)
一、大豆低聚糖的概念	(307)
二、大豆低聚糖理化与功能特性	(311)
三、大豆低聚糖加工技术	(313)
第五节 大豆功能因子连续提取技术	(315)
一、大豆功能因子连续提取技术概述	(315)
二、大豆功能因子连续提取实施范例	(316)
第六节 以大豆加工排放废水为原料提取大豆 功能因子	(326)
一、大豆加工排放废水提取功能因子技术概述	(326)
二、大豆加工排放废水提取功能因子与营养素的 技术实施范例	(327)
第七节 大豆功能因子与振兴大豆产业的关系	(329)
一、我国大豆产业现状	(329)
二、大豆功能因子与振兴大豆产业的关系	(332)
三、大豆功能因子发展前景分析	(336)
附录 大豆加工制品主要成分的测定方法	(348)
附录一 大豆加工制品中营养素的测定方法	(348)
一、大豆加工制品中蛋白质的测定方法 (GB/T 5009.5—2003)	(348)
二、大豆水溶性蛋白质测定方法 (GB 5511—1985)	(354)
三、大豆加工制品中脂肪的测定方法 (GB/T 5009.6—2003)	(356)
四、大豆加工制品中还原糖的测定方法 (GB/T 5009.7—2003)	(359)
五、大豆加工制品中蔗糖的测定方法 (GB/T 5009.8—2003)	(373)
六、大豆加工制品中水分的测定方法 (GB/T 5009.3—2003)	(375)

七、大豆加工制品中粗纤维的测定方法	
(GB/T 5009.10—2003)	(377)
附录二 大豆加工制品中功能性因子的测定方法	(379)
一、大豆肽相对分子质量的测定方法	
(GB/T 22492—2008)	(379)
二、大豆异黄酮的测定方法 (NY/T 1252—2006)	(387)
三、大豆皂苷含量的测定方法 (G/T 22464—2008)	(391)
四、大豆低聚糖含量的测定方法	
(GB/T 22491—2008)	(395)
附录三 大豆加工制品中生理活性有害因子	
测定方法	(398)
一、大豆制品中胰蛋白酶抑制剂活性测定方法	
(GB/T 21498—2008/ISO 14902: 2001)	(398)
二、大豆加工制品中脲酶的定性检验	
(GB/T 5413.31—1997)	(407)
附录四 大豆加工制品中其他成分的测定方法	(409)
一、大豆加工制品中灰分的测定方法	
(GB/T 5009.4—2003)	(409)
二、大豆粕中杂质与掺杂物的测定方法	
(GB/T 13382—2008)	(410)
参考文献	(413)

第一章 大豆加工生物学特性

大豆——植物界豆目（Fabales）豆科（Fabaceae）大豆属（*Glycine*）大豆种（*Glycinemax*）种群的统称。原产于我国的大豆，经过四千余年的人工选择与育种，已形成可作为生产资料栽种的品种与野生原种至少在六千种以上。

本书中涉及的大豆不是植物分类的种群概念，大豆深加工不是对大豆全植株（包括根、茎、叶、花、果实、种子等）进行综合加工的技术，而是仅限于对已形成的大豆植物种群的大豆种子进行加工，无论加工层次如何延伸，初始原料均为大豆种子。大豆加工学中的种子系指大豆花器中的精子与卵细胞交配受精后，在子房内发育而成的、作为加工原料的子粒。大豆加工生物学特性是大豆生物学特性中的重要组成部分，但是大豆具有本身特有的加工生物学特性，根据大豆加工生物学特性，采取适当措施，将大豆中有益于人类生命活动的成分有效提取或将大豆组分加工成制品，即为大豆加工。可见大豆加工生物学特性是加工技术的原理依据，只有掌握大豆加工生物学特性，才能开展正确的大豆加工技术思维与自主创新的工程设计，才能不断发明大豆加工新技术、创造大豆加工新产品。

第一节 大豆加工用原料品种遗传生物学特性

原料种子生产是大豆加工的“第一车间”，加工所需的原料种子既应具有能满足栽培需求的优质高产性状，又应具有能满足加工特殊需求的遗传生物学特性。原料的营养素与医疗保健功能成分的含量、风味、得率等生物学特性是大豆加工技术、经济指标的决定因素，原料种子选择是大豆加工的重要工序，做好大豆

原料选择，可达到事半功倍的加工效果。目前，大豆加工行业除油脂加工业外，大部分企业对大豆原料选择这一重要的工序未予重视。

大豆属于自花授粉作物，大豆种子与玉米、水稻不同，同一品种的大豆种代间基本无显著变异，只要某种加工品质性状（如营养成分含量高或医疗保健功能成分含量高）选育成功，后代的遗传性状相对稳定，即无需年年杂交制种，可使作为加工“第一车间”的原料加工工艺明显简化。

一、加工用大豆品种的选择

（一）高油大豆加工品种

大豆是人体所需的脂肪与蛋白营养素的主要来源，目前大豆播种面积已超过全球耕地的 20%。大豆油脂工业是我国大豆加工领域的最大行业，年加工量约 3000 万吨，是我国大豆年总产量的 2 倍。普通大豆含脂肪在 16% ~ 18%，我国育成的高油大豆品种如吉林 35、黑农 41、嫩丰 2、合丰 40、嫩丰 4、黑农 4、晋遗 19、冀黄 13、中豆 32、湘春豆 14、东农 46、黑河 27、吉育 89、晋豆 19、冀 NF58、邯豆 4 号、中黄 20、齐黄 30、铁丰 18、黑农 26、绥农 14、黑农 16、黑农 21 等，脂肪含量高达 22.6% ~ 23%，比我国通用的传统大豆栽培品种脂肪含量高 6% ~ 7%。油脂加工企业采用高油大豆作原料，在相同工艺设备条件下，与普通大豆原料相比，可提高油脂加工得率 5% 以上。

我国今后用于油脂加工的大豆育种创新目标为：脂肪含量 $\geq 24\%$ ，其中亚油酸甘油酯含量为 90% ~ 92%，亚麻酸甘油酯含量为 1% ~ 2%。

（二）高蛋白大豆加工品种

20 世纪 30 年代以来，大豆蛋白产业发展突飞猛进，国际营养学界已公认大豆是人类优质蛋白最主要的供给源。

大豆蛋白质含量是大豆加工品种主要遗传特性之一，受多种基因控制。生产实践证明：野生大豆蛋白质含量比现有栽培品种

高 4% ~ 6% , 以野生大豆与栽培大豆为亲本杂交已选育出蛋白质含量 $\geq 45\%$ 的新品种, 我国育成的吉林 26、东农 36、通农 9、铁丰 28、辽豆 16、京黄 1 号、豫豆 25、南农 242、豫豆 22、豫豆 19、黑农 35、东农 42、通农 10、科新 3 号、冀豆 12、浙春 12、中黄 22、东农 33、长农 1 号、苏豆 1 号等高蛋白品种, 蛋白质含量达到 43% ~ 45% , 比普通栽培大豆蛋白质含量高 5% ~ 10% 。

蛋白质是人体所需第一营养素, 大豆是人体蛋白营养素的主要供给源, 蛋白质组成的基本单位为氨基酸, 但是大豆中蛋氨酸 ($C_5H_{11}NO_2S$) 含量极低, 蛋氨酸是人体内不能自行合成的、需要外源摄入的必需氨基酸, 任何一种必需氨基酸缺乏都会妨碍其他氨基酸的吸收与合成机体蛋白, 使人体生长发育受阻, 健康状况恶化, 甚至发生各种病变。蛋氨酸缺乏能引起脂肪在肝中积聚、妨碍胰岛素的合成、引发糖尿病、形成脂肪肝甚至肝硬化等系列病变, 所以蛋氨酸对人体健康十分重要。

联合国粮农组织 (FAO) 建议人类在不同发育时期每日应摄入的蛋氨酸量如表 1-1。

表 1-1 人体不同发育时期蛋氨酸建议摄入量

发育时期	婴儿时期	少年时期	成年女子	成年男子
蛋氨酸每日建议摄入量/mg	45	800	350	200 ~ 1000

大豆中蛋氨酸含量极低, 仅占大豆蛋白总量的 0.35% ~ 1.7% , 成年男子每日摄入 50g 大豆蛋白, 仅相当于摄入蛋氨酸 500mg 左右。

在“加工第一车间”选用大豆原料加工品种时, 种子中蛋氨酸含量即使提高 1% , 对大豆加工业都具有改善产品营养价值的特殊重要意义。为进一步大幅度提高大豆加工制品的营养价值, 大豆加工育种已将高蛋氨酸含量作为高蛋白大豆品种重要的选育目标。

我国加工用大豆高蛋白育种创新目标为: 蛋白质含量为 54% ~

55%，其中蛋氨酸等含硫氨基酸含量为 4.0% ~ 4.2%。2009 年我国已确定高蛋白大豆国家收购标准为蛋白含量应分别达到 44%、42%、40% 三个级别。2009 年 9 月 1 日实施的大豆国家标准，明确规定高蛋白大豆的蛋白质应 $\geq 40\%$ ，“高油大豆”脂肪含量应 $\geq 20\%$ 。

（三）蛋白质、脂肪“双高”大豆加工品种

伴随世界大豆栽培育种业与大豆加工业的发展，大豆加工专家在努力寻求具有高蛋白、高脂肪的“双高”特征大豆品种，甚至追求具有高蛋白质、高脂肪、医疗保健功能成分高含量的“多高”大豆加工品种，但是经一个多世纪的努力，这一理想并未圆满实现。在当前大豆杂交制种尚有相当困难，近期内不能像杂交玉米、杂交水稻作为生产资料广泛用于生产的形势下，大豆加工企业不必一味追求将高蛋白质、高脂肪品质兼具的“双高”品种应用于实际生产，不同的大豆加工企业、只要根据不同的产品结构、不同的加工目的，选择合适的加工原料大豆品种，就可实现高得率、高纯度的加工目标。例如大豆蛋白加工企业选用高蛋白大豆品种，即可获得高蛋白含量的大豆制品；大豆油脂加工企业可选用高脂肪含量的大豆品种作为加工原料，即可达到提高油脂得率的需求。

现代大豆油脂工业，为延伸产业链、提高综合加工效益，常在浸油后，对豆粕进一步深加工生产分离蛋白、浓缩蛋白、大豆蛋白粉、大豆肽等产品，这类企业以选用蛋白与脂肪相对“双高”的大豆加工品种为宜。例如目前已在大豆加工领域推广的沧豆 7 号，蛋白质含量 $\geq 43.37\%$ 、脂肪含量 $\geq 19.94\%$ ，黑农 26 号也是推广多年的相对“双高”品种。

（四）“低生理活性有害因子”的大豆加工品种

大豆中含有有利于大豆自身生存发展，但对于人类与动物却属于有害成分——“大豆生理活性有害因子”，大豆加工所需的原料种子，应具备“生理活性有害因子”含量低、经加工后对人畜无害的生理特性。例如大豆种子中含有的抑制动物胰蛋白酶功能的