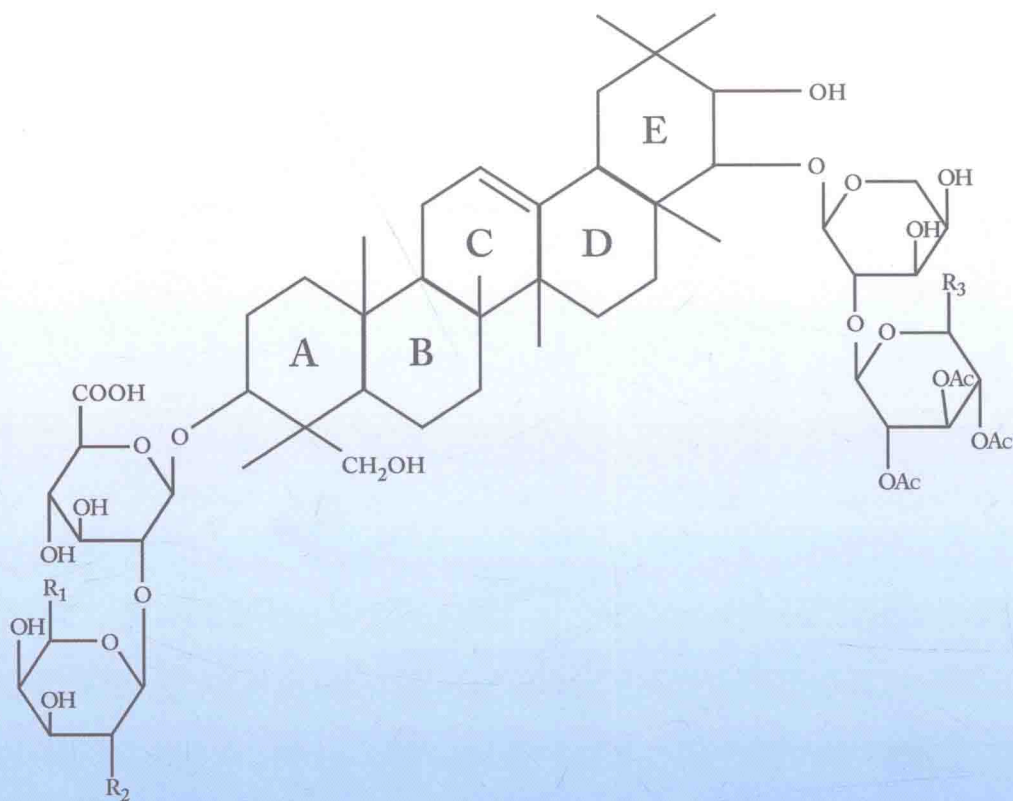


李荣和 姜浩奎 著

大豆深加工的 原理发现与技术发明

Principle Discovery and Technical Innovation of Soybean Deep Processing



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

大豆深加工的 原理发现与技术发明

李荣和 姜浩奎 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大豆深加工的原理发现与技术发明 / 李荣和, 姜浩奎著. —北京 : 科学技术文献出版社, 2016. 10 (2017. 3 重印)

ISBN 978-7-5189-2016-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 241026 号

大豆深加工的原理发现与技术发明

策划编辑: 孙江莉 责任编辑: 孙江莉 责任校对: 赵 瑗 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部 (010) 58882873
官 方 网 址 www.stdp.com.cn
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京教图印刷有限公司
版 次 2016 年 10 月第 1 版 2017 年 3 月第 2 次印刷
开 本 787×1092 1/16
字 数 450千
印 张 17.25
书 号 ISBN 978-7-5189-2016-7
定 价 86.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

序 Preface

人至暮年，常生活在回忆之中。遥想当年，大学时代本书作者就读于吉林农业大学，在北大荒五大连池地区生产实习时，随处可见豆田如海、黑土无际的景象。1960年大学毕业步入社会后，一直从事农业教学与大豆深加工产业工程化研发工作，一生目睹了我国大豆产业由“世界大豆故乡”的辉煌地位，退化为“世界大豆第一进口大国”的全部历程。

面对我国大豆产业日益萎缩退化的严峻局面，作为“国家科技成果重点推广计划大豆深加工技术研究推广中心”主任、“中国食品工业协会大豆与植物蛋白专业委员会”常务秘书长，本人深感责任重大。为将一生研究发现的大豆深加工原理与发明的工业工程化专利技术，奉献给大豆产业的振兴、实现光复我国“世界大豆故乡”优势地位的梦想，这便是作者著述本书的初衷。

大豆产业的兴衰直接关系到我国的国计民生，大豆不仅是人类最主要的优质蛋白与脂肪营养素的来源，而且是唯一一种能从大气中摄取氮素营养、改良耕地土壤结构的农作物。党中央、国务院再三强调我国耕地17亿亩的底线不能突破。17亿亩是一个量化概念，更重要的是17亿亩耕地的土壤质量优劣才是关乎粮食产量安全的关键因素。据调查，我国耕地质量退化面积已占耕地总面积的40%以上。2015年我国大豆种植面积约为1.02亿亩，仅占全国耕地总面积的6%，大豆种植面积急骤减少，使我国失去科学轮茬耕作的基础，而进口大豆量至2015年却高达8169万t，平均每个中国人分摊进口大豆近50kg，廉价进口大豆虽然可减少外汇支出、降低大豆制品成本，但却不能改善与提高我国国土耕地质量。东北黑土层已由50年前的100cm，退化至30cm以下，在东北再也见不到“满山遍野大豆高粱”的景象，造成如此触目惊心农业现实的主要因素之一是放弃种植大豆的后果。为给子孙后代留下一片肥沃的、耕层结构良好的国土资源，发展大豆种植业是任何历史时期绝不可忽视的重要国策。

作者在大豆深加工工业工程化实践过程中，自认为一部分有价值的加工原理发现与专利技术发明内容尚未充分转化为现实生产力，例如作者首次提出的大豆加工生物学特性中的“大豆蛋白分子高频降解原理”证明大豆蛋白经高频电场适宜剂量处理可由高分子向低分子转化、由非水溶性向水溶性转化。目前国内外大豆蛋白改性技术只能使大豆蛋白由低分子向高分子转化、水溶性向非水溶性改变，尚未见在大豆总蛋白含量不变的前提条件下能使水溶性蛋白含量提高的技术。而大豆加工制品，如豆腐、豆浆、分离蛋白等产品的主要成型原料物质均为水溶性大豆蛋白，高频降解提高大豆中水溶性蛋白含量（详见3.3.4节，3.3.6节）的原理发现，相当于在不增加农业投入、不增加大豆种植面积的前提下，使大豆加工制品得率提高、产品品质改善。

又如：大豆产业组成的最主要行业是大豆种植业，种植业兴衰的决定因素是农民，农民

有无种植大豆的积极性的关键在于收益高低。作者发明的“大豆功能因子连续提取”专利技术实施投产后，生产的“高纯度大豆低聚肽”出口离港价为 382 美元/kg，“高染料木苷含量大豆异黄酮”出口价为 1200 美元/kg，出口售价与成本价之比 $\geq 6:1$ 。如采取“工业反哺农业”的方式，由大豆功能因子加工企业与种豆农户组成“产、加、销一体化合作社”，从加工业的高附加值中提取部分利润，以“工业反哺农业”的方式让利于豆农，使种豆农田成为大豆加工业的“第一车间”，豆农为加工企业提供优质原料大豆，同时获得高额“反哺”。种豆收益如能高于种植玉米、水稻等农作物，在高效益刺激下，农民自然乐于种植大豆，大豆种植业的光复将指日可待（详见本书第 10 章）。

本书作者一生在大豆深加工领域曾获国内外发明专利授权 12 项、获国家与省级政府科技奖励 12 次，在评价这些专利与奖励的过程中，自然形成褒贬不一的分歧，作者不可能与评议专家学者逐一促膝深谈。本书出版后，将可作为“知我非我，其惟春秋”的一份具有实验数据与工程实践的、科学评价的文字凭证。

人的一生在大自然的历史长河中不过是短暂的一瞬，任何人都不可能在有限的一生中实现所有的梦想。采用本书作者发明专利技术生产的“高纯度大豆低聚肽”“高染料木苷（Genistin）含量大豆异黄酮”、大豆皂苷、大豆低聚糖、大豆复合功能因子等新产品，在试验与研发过程已显示出安全可靠的医疗保健功效，但根据我国的相关《法规》要求，目前上述新产品在未获保健食品或药品批准文号前，只能作为中间原料销售，大部分高额附加值被中间商与从事大豆终端产品深加工开发的国外终端产品加工者获取。本书作者在大学时代，从书本上曾读过“大豆养育了中华民族”的名言，作者为研究提取大豆中“养育中华民族”的有效成分，已耗尽毕生精力，如何将作者的发明专利技术提取的功效成分研发成医疗保健终端产品，使本书的“原理发现与技术发明”能科学地重现于人体保健、延长人类寿命、为“健康中国”战略作出实际贡献，这才是作者梦寐以求的目标与本书出版发行的真正价值所在。但今后究竟能开发出多少新药与保健食品已非本书作者所能预测。作者虽然作为“终身科技成就奖获得者”仍受聘工作于长春大学教学科研第一线，但在有生余年恐难以实现上述追求。本书蒙科学技术文献出版社不吝发行，此举对于作者的发明专利推广、产业工程化实施，将起到作者本人不可能完成的、积极的推动作用。读者如以本书介绍的发明专利技术生产的“中间原料”作为“攀登”的过渡阶梯，进一步研发大豆医药、保健终端产品，进行创新创业实践，必将取得事半功倍的收效。

本书著述的内容大部分为作者从事大豆深加工产业工程化实践获得的、国内外授权的发明专利技术与新发现的加工原理，少部分内容是为了体现本书内容的连续性、完整性，而引用的部分国内外有关文献，在本书即将问世之际特向有关文献编、著作者致以敬谢之意。本书作者将利用本书出版的难得机遇，诚恳地向有关专家、学者、工业工程化第一线生产实践工作者学习交流，在具有试验数据与工程实践基础上的争鸣中不断完善大豆深加工科研与工业工程化设计思维，为我国大豆产业的光复、振兴、发展做出实际贡献。

李荣和自序于长春大学

2016 年 6 月 6 日

目 录 contents

1 大豆加工生物学特性	1
1.1 大豆在自然界氮、碳循环过程的重要作用	1
1.2 大豆有机组分形成的“负相关规律”	4
1.3 大豆加工用原料品种的遗传生物学特性	5
1.3.1 具有蛋白、脂肪“相对双高”遗传生物学特性的大豆加工品种	6
1.3.2 具有“高蛋白”遗传生物学特性的大豆加工品种	7
1.3.3 具有“高油”遗传生物学特性的大豆加工品种	9
1.3.4 具有医疗保健功能因子含量高及其他适于加工生物学特性的大豆加工品种	13
2 大豆种子形态结构与加工的关系	15
2.1 大豆种子形态结构	15
2.1.1 大豆子叶	15
2.1.2 大豆胚	16
2.1.3 大豆种皮	16
2.2 大豆子叶细胞解剖形态与加工关系	16
2.2.1 大豆子叶细胞的解剖形态	16
2.2.2 “细胞粉碎”与“粉粒重组”的原理发现	19
2.3 大豆种皮细胞解剖形态与加工关系	25
2.3.1 大豆种皮细胞的解剖形态	25
2.3.2 大豆种皮的化学成分	26
3 大豆蛋白质的加工原理发现与技术发明	28
3.1 大豆蛋白质命名与检测方法的商榷	29
3.2 大豆蛋白质“热致变性”临界温度的研究	31
3.2.1 大豆蛋白质“热致变性”临界温度的确定	31
3.2.2 传统大豆加工应用“热致变性”的原理	33
3.3 大豆蛋白分子高频降解与改性的原理发现与技术发明	34
3.3.1 生产领域对大豆蛋白功能性的不同需求	34
3.3.2 “大豆蛋白分子高频降解改性设备”设计的原理依据	36

- 3.3.3 “大豆蛋白分子高频降解改性设备”说明 39
 - 3.3.4 高频降解改性技术对提高大豆水溶性蛋白的效应研究 41
 - 3.3.5 大豆蛋白高频降解改性技术的双向调节效应 42
 - 3.3.6 “大豆蛋白分子高频降解改性技术”在生产领域的应用意义 45
 - 3.3.7 “高蛋白速溶豆粉”生产工艺 48
- 3.4 改善公众大豆蛋白营养状况与“理想氨基酸比值”的关系 55
 - 3.4.1 氨基酸与“理想氨基酸比值” 56
 - 3.4.2 不同种类食物复配、改善“氨基酸比值”的实例 58
- 3.5 用于添加面制食品大豆粉的发明专利 59
 - 3.5.1 用于面制食品添加大豆粉的生产方法 59
 - 3.5.2 大豆蛋白粉的应用前景分析 60
- 4 大豆浓缩蛋白生产技术改进与技术发明 61
 - 4.1 大豆浓缩蛋白生产现状与存在问题 61
 - 4.2 醇法大豆浓缩蛋白工艺改进措施 63
 - 4.3 醇法大豆浓缩蛋白加工下游副产物——“废糖蜜”的开发利用 65
 - 4.3.1 “大豆复合功能因子”的有机化学成分分析 67
 - 4.3.2 人体对大豆复合功能因子建议摄入量的确定 69
 - 4.3.3 “大豆复合功能因子”的急性毒性试验 70
 - 4.3.4 大豆复合功能因子的类雌激素作用试验 71
 - 4.3.5 大豆复合功能因子调节免疫功能试验 71
 - 4.3.6 大豆复合功能因子对提高血清 SOD 活性的影响试验 72
 - 4.4 大豆复合功能因子的应用前景分析 73
 - 4.4.1 关于核酸的争辩及大豆核酸的应用前景分析 73
 - 4.4.2 大豆复合功能因子在保健化妆品与食品的应用优势 75
 - 4.4.3 大豆复合功能因子市场前景预测 75
 - 4.5 大豆浓缩蛋白与面粉复配型“高蛋白面粉” 76
 - 4.5.1 “高蛋白面粉”在面制食品加工领域的应用 77
 - 4.6 醇法生产的高变性大豆浓缩蛋白与普通熟化的大豆蛋白表观消化率的比较试验 79
- 5 大豆分离蛋白的生产技术改进与技术发明 82
 - 5.1 大豆分离蛋白的生产现状与存在问题 82
 - 5.1.1 大豆分离蛋白的分类 82
 - 5.1.2 大豆分离蛋白的技术缺陷 82
 - 5.2 杀灭大豆中有害生理活性蛋白与保持大豆蛋白加工功能性“理想平衡点”的原理发现 83
 - 5.2.1 大豆中的生理活性有害蛋白 83



5.2.2	大豆蛋白 NSI 值与加工功能的相关性	85
5.2.3	大豆生理活性有害蛋白与大豆蛋白加工功能性“理想平衡点”的选择	86
5.3	脲酶阴性、无豆腥味、可直接食用的大豆分离蛋白的生产方法	87
5.4	脲酶阴性、无豆腥味、可直接食用的大豆分离蛋白的科技进步作用	91
5.4.1	脲酶阴性、无豆腥味、可直接食用的大豆分离蛋白产品概述	91
5.4.2	“脲酶阴性、无豆腥味、可直接食用的大豆分离蛋白的生产方法”发明 专利的新颖性、创造性	92
5.4.3	“脲酶阴性、无豆腥味、可直接食用的大豆分离蛋白的生产方法”发明 专利的适用性	93
5.4.4	“脲酶阴性、无豆腥味、可直接食用的大豆分离蛋白的生产方法”发明 专利的技术优势	95
5.4.5	“脲酶阴性、可直接食用的大豆分离蛋白”的食用安全性与获奖情况	97
5.5	提高大豆分离蛋白生产得率的技术发明	100
5.5.1	在原料豆粕中蛋白含量不变的前提下,提高水溶性蛋白的技术发明	101
5.5.2	在美国获得发明专利授权的“酶解大豆蛋白”发明专利说明	102
6	大豆膳食纤维开发利用的原理发现与技术发明	105
6.1	大豆膳食纤维的开发利用现状	105
6.2	大豆膳食纤维的开发前景预测	106
6.3	大豆膳食纤维防治“现代生活方式疾病”的动物实验验证	108
6.3.1	试验方法与内容	108
6.3.2	大豆膳食纤维对血糖的影响	109
6.3.3	大豆膳食纤维对血脂的影响	109
6.3.4	大豆膳食纤维对血清尿素氮含量的影响	110
6.3.5	大豆膳食纤维对排便情况的影响	110
6.4	大豆加工湿豆渣预测生成量的数学公式设计	110
6.5	“无废渣、无废水、超微纳米大豆制品的生产方法”发明专利内容概述	112
6.6	无废渣、无废水“快餐豆腐脑粉”的生产工艺与原理分析	114
6.7	“无废渣、无废水盒装豆腐(或称‘内酯豆腐’)”的生产工艺与原理分析	123
6.8	无废渣、无废水速溶豆奶粉的生产原理与工艺	126
6.8.1	无废渣、无废水、高蛋白速溶豆奶粉产生的背景	126
6.8.2	无废渣、无废水速溶豆奶粉的生产优点	128
6.8.3	“湿法、去种皮、预熟化、无渣生产方法”生产“豆奶粉”的方法	129
6.8.4	“干法、无废渣、无废水豆奶粉”生产工艺	131

6.8.5	“湿法、不去皮、无废渣、无废水、全质豆奶粉”生产方法	132
6.8.6	大豆种皮深加工技术原理与工艺	133
7	“高纯度大豆低聚肽”加工的原理发现与技术发明	138
7.1	“大豆肽”与“高纯度大豆低聚肽”的概念	138
7.2	“肽”的医疗保健特殊功能	140
7.3	NSI 值 = 100% 的大豆肽的生产方法	142
7.3.1	通过蛋白煮沸变性, 生产 NSI 值 = 100% 大豆肽的方法	144
7.3.2	通过蛋白酸沉变性原理生产 NSI 值 = 100% 大豆肽的方法	145
7.4	无异味、高纯度大豆低聚肽的生产方法	146
7.4.1	以豆粕为原料生产无异味、高纯度大豆低聚肽的方法	147
7.4.2	以大豆分离蛋白为原料生产无异味、高纯度大豆低聚肽的方法	148
7.5	“高纯度大豆低聚肽”的产品理化指标评价	149
7.5.1	“高纯度大豆低聚肽”发明专利产品的理化指标与同类产品的比较	149
7.6	“高纯度大豆低聚肽”的实际应用效果	153
7.6.1	“高纯度大豆低聚肽”投产后的经济效益情况	153
7.6.2	“高纯度大豆低聚肽”在缓解疲劳方面的实际应用效果	153
7.7	“高纯度大豆低聚肽”医疗保健功效的动物试验验证	154
7.7.1	高纯度大豆低聚肽药物代谢动力学试验	155
7.7.2	长期服用高纯度大豆低聚肽实验动物负重游泳试验	156
7.7.3	口服高纯度大豆低聚肽短时间内抗疲劳效果试验	157
7.7.4	高纯度大豆低聚肽对血清尿素氮的影响试验	158
7.7.5	口服高纯度大豆低聚肽对小鼠肝糖元影响的试验	159
7.7.6	高纯度大豆低聚肽对小鼠血糖的影响试验	160
7.7.7	高纯度大豆低聚肽对小鼠血液黏度的影响试验	161
7.7.8	高纯度大豆低聚肽对小白鼠的急性毒性试验——LD ₅₀ 的测定	162
7.8	“高纯度大豆低聚肽”的生物学特性与应用前景分析	163
7.8.1	“高纯度大豆低聚肽”的快速吸收、高溶解性、高 NSI 值理化特性医疗保健方面的应用前景	163
7.8.2	“高纯度大豆低聚肽”非兴奋剂特性与食用安全性在快速提高体能方面的应用	164
7.8.3	高纯度大豆低聚肽的氨基酸组成与治疗高血压病的关系	165
7.8.4	“高纯度大豆低聚肽”的解酒防醉功效	167
7.8.5	大豆肽中不同氨基酸排序、组合与抗癌功效	168
7.8.6	“高纯度大豆低聚肽”在食品加工业与轻化工业的应用前景预测	170
7.8.7	“高纯度大豆低聚肽快速吸收快速转化体能”的特性在运动营养食品方面的应用前景	171



8 大豆异黄酮与“高染料木苷含量大豆异黄酮”的加工原理发现与技术发明	174
8.1 关于大豆异黄酮异构体种类与命名的商榷	175
8.2 大豆异黄酮医疗保健功能的文献引用综述	177
8.2.1 大豆异黄酮的类雌激素作用	179
8.2.2 大豆异黄酮的抗肿瘤作用	180
8.2.3 大豆异黄酮对人体的其他医疗保健功效	182
8.3 “高染料木苷含量大豆异黄酮”产生的背景	182
8.3.1 大豆异黄酮与人体雌激素具有“相似基本结构与功能”的理论未能指导 生产与应用实践	182
8.3.2 日本对大豆异黄酮产品质量的量化指标要求	183
8.3.3 国外关于大豆异黄酮不同异构体与雌激素受体结合能力差异的报道	185
8.3.4 目前市售大豆异黄酮产品类雌激素功效微弱的成因分析	185
8.3.5 高染料木苷含量大豆异黄酮类雌激素功效的人群实验验证	188
8.4 “高染料木苷含量大豆异黄酮”抗癌与防治心脑血管疾病的动物试验	189
8.4.1 高染料木苷含量大豆异黄酮对肝癌模型小鼠肿瘤的抑制作用	189
8.4.2 “高染料木苷含量大豆异黄酮”防治心脑血管疾病的动物试验	190
8.5 大豆异黄酮人均每日摄入量计算公式的设计	192
8.6 大豆异黄酮类雌激素功能的应用安全性讨论	193
8.6.1 医学实践关于雌激素致癌的歧见记载	193
8.6.2 大豆异黄酮食用安全性国内外的历史与现实鉴证	194
8.6.3 日本国以本书作者研制的大豆异黄酮(染料木苷 83.90%、大豆苷 10.30%, G:D=8.15:1)为试材,所作的安全性试验	195
8.7 “高染料木苷含量大豆异黄酮”有关生产原理的发现与生产技术发明	197
8.7.1 “高染料木苷含量大豆异黄酮”生产原理	197
8.7.2 “高染料木苷含量大豆异黄酮”的生产方法	201
8.7.3 提高普通市售大豆异黄酮医疗保健功效的措施	204
9 大豆功能因子连续提取的原理发现与技术发明	208
9.1 以豆粕为原料,连续提取大豆肽、大豆异黄酮、大豆皂苷、大豆低聚糖的生产 方法	210
9.2 以大豆加工废水为原料,连续提取大豆蛋白、核酸、低聚糖、异黄酮、皂苷的 方法	214
9.3 大豆低聚糖生产实践过程中发现的问题与解决建议	217
9.3.1 关于大豆低聚糖分类命名的商榷	218
9.3.2 分离提纯大豆低聚糖发现的问题与解决建议	220
9.4 大豆低聚糖生物学特性及其在食品加工与人体保健方面的应用	222
9.4.1 大豆低聚糖在食品加工方面的应用	222

9.4.2	以大豆加工黄浆水为原料提取大豆低聚糖	223
9.4.3	国内外关于大豆低聚糖医疗保健功能常识的综述	224
9.5	大豆皂苷的功效发现与技术发明	229
9.5.1	有关大豆皂苷的常识简介	230
9.5.2	几项值得进一步研究的大豆皂苷疗效特例	233
9.6	大豆皂苷的加工生物学特性及其在生产实践中的应用	234
9.6.1	大豆皂苷在大豆种子中不同部位的含量不同	234
9.6.2	大豆皂苷的溶解生物学特性在分离提取工艺上的应用	235
9.6.3	大豆皂苷两性分子亲水、疏水的加工生物学特性	236
9.6.4	大豆皂苷色泽、气味的生物学特性及其在生产上的应对措施	236
9.6.5	大豆皂苷医疗保健功效的常识简介	236
9.7	大豆皂苷医疗保健功效的动物试验验证	237
9.7.1	大豆皂苷对血清溶血素的影响试验	238
9.7.2	大豆皂苷的调节免疫功能试验	238
9.7.3	“益寿宁”延长果蝇寿命试验	239
9.7.4	大豆皂苷延缓衰老试验	240
9.7.5	大豆皂苷的安全性研究	241
10	本书作者的发明专利技术对光复我国大豆产业的作用	245
10.1	大豆在国计民生中不可取代的重要地位	245
10.1.1	人体必需的优质植物蛋白源	245
10.1.2	大豆的历史考证及其医疗保健功效综述	246
10.1.3	大豆在保护国土耕地资源方面的重要作用	249
10.2	古今中外关于大豆与大豆制品的法规定位及其对大豆产业的影响	251
10.2.1	我国应从国外大豆产业发展历程汲取的有益借鉴	251
10.2.2	大豆与大豆制品在我国不同历史时期的医疗保健地位	252
10.3	我国大豆产业的现状	257
10.3.1	我国大豆加工业面临的困局	258
10.3.2	我国大豆种植业面临生死存亡的危机	258
10.4	本书作者的发明专利技术对于提高种豆农民实际收益的作用	259
10.4.1	我国为振兴大豆产业采取补救政策的历史回顾	259
10.4.2	本书作者的发明专利技术对于提高种豆农民实际收益的作用	260

1 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 (Glycine max) 种群的统称。原产于我国的大豆野生原种与经过四千余年人工选育、在全球形成的、可作为生产资料栽种的品种至少在六千种以上, 不胜数的大豆品种虽然具有相同的种性, 但在大豆加工领域, 根据人类不同的加工目标要求, 为提高大豆加工品得率、改善大豆加工产品品质、获取高附加值的经济效益, 不同国家、不同地域的大豆加工实践工作者选用与加工目标要求相适应的、具有特定加工生物学特性的原料大豆品种却是一项具有重要生产意义的工艺措施。

本书涉及的大豆不是植物分类的种群概念, 大豆加工不是对大豆全植株 (包括根、茎、叶、花、种子等) 进行综合加工的技术, 本书涉及的加工内容仅限于对大豆种子进行加工, 无论加工层次如何延伸, 初始原料均为大豆种子。根据大豆加工生物学特性, 采取人为措施, 将大豆种子中有益于人类生命活动的成分有效提取或将大豆种子中的组分加工成制品, 即为大豆加工。

大豆加工学的“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、作为生产资料加工原料的籽粒。

本书作者根据科研与生产的实践经历, 首次提出“大豆加工生物学特性”概念, 例如大豆生物固氮功能与加工的关系、不同大豆品种的营养素含量、品种遗传特性与加工目标的关系、大豆种子中有机成分合成的负相关规律、大豆子叶细胞形态、大豆功能因子理化特性、大豆蛋白 *NSI* 值与大豆加工品的品质与得率的关系……大豆种子生产是大豆加工的“第一车间”, 根据不同终端产品的需求, 可采用不同遗传特性的大豆品种作原料。例如生产大豆分离蛋白或大豆低聚肽, 可在“第一车间”采用高蛋白大豆品种作原料, 所得产品中的蛋白或肽的得率则可相应提高, 在不增加农业原料生产用地与加工企业生产投资的前提下, 收到事半功倍的效果。

“大豆加工生物学特性”是加工技术的原理依据, 只有掌握大豆种子加工生物学特性, 才能形成正确的大豆加工技术思维与自主创新的工程设计、不断发明大豆加工新技术、创造大豆加工新产品。

1.1 大豆在自然界氮、碳循环过程的重要作用

光合作用是形成大豆产量最基本的生物学特性, 与其他植物一样, 光合作用的初始产

物——碳水化合物的组成成分中约 43% 来源于空气中的 CO_2 ，约 57% 来源于土壤中的水；其他次级有机化合物如脂肪、蛋白质、维生素、纤维素等都是由光合作用初始产物碳水化合物——葡萄糖经过复杂的生化反应转化而成，每形成 1g 脂肪需要转化 3g 葡萄糖，每形成 1g 蛋白质需要转化 2.5g 葡萄糖（图 1-1）。可见如欲育成蛋白与油脂“双高”的大豆加工品种，只有提高大豆光合利用效率，使光合作用合成的初始有机物——葡萄糖合成效率提高，以葡萄糖为基础原料的蛋白、脂肪等次级产物才能相应提高。

由于自然界的 CO_2 、氮、水等物质总量在生物循环过程，遵循物质守恒原理，永远保持一种动态平衡状态，光合作用与氮循环合成的有机物总量只有“最佳上限”，而不可能无限提高，通过提高施肥、灌水等人为农艺措施，虽然可提高大豆的产量，但这种人为提高大豆产量的外因农艺措施从属于大豆内因对肥料与水分“利用能力有限性”的遗传生物学特性。组成大豆有机物总量的种种化学组分相互间在外因“物质守恒”与本身“光合作用”“氮素合成”有限性的内因遗传生物学特性控制下，只能保持一种负相关的平衡状态，大豆总产量或单一营养素无限提高、“人有多大胆、地有多高产”是永远不可能实现的空想。近年来，大豆生产实践工作者已普遍认识到大豆蛋白与脂肪的含量不可能同时无限提高，在不降低大豆脂肪含量的前提下，提高蛋白质含量，已成为选育大豆加工品种实现“双高”的理想育种目标。

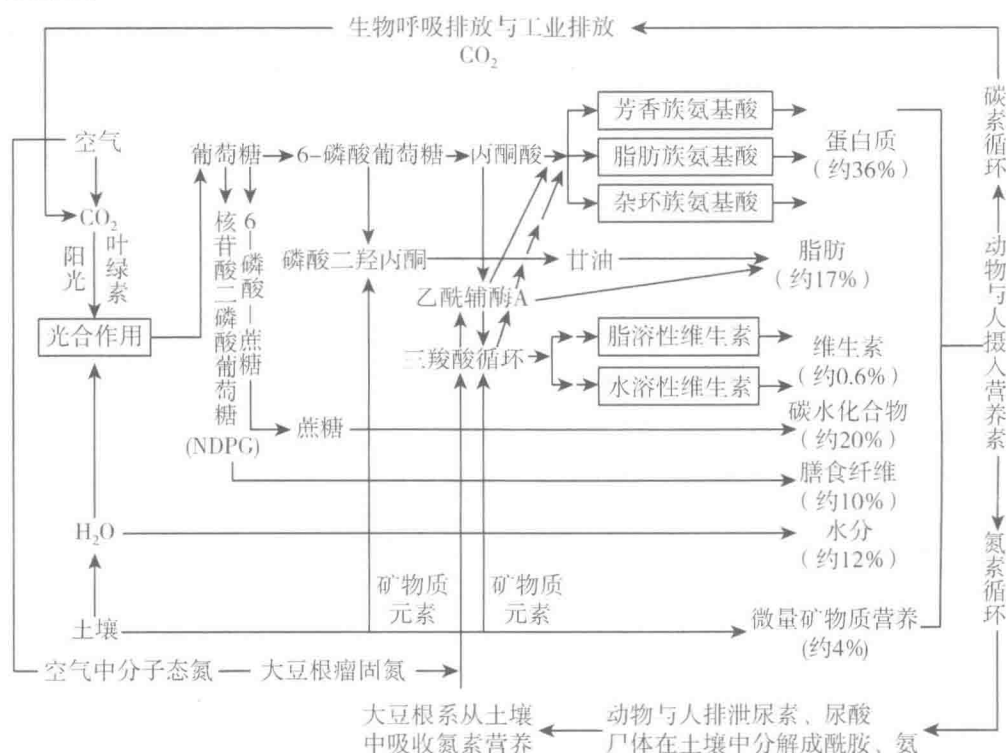
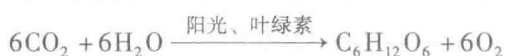


图 1-1 大豆体内与体外碳素循环与氮素循环示意图

“光合作用”作为一项常识，已为大豆加工领域的技术工作者熟知：





但是对于大豆根瘤“固氮作用”原理，却是多数大豆加工技术工作者可能感到陌生的、尚未普及的常识。

氮素在自然界空气中以氮气形式存量最多，总量高达 $3.9 \times 10^{15} \text{t}$ ，各种生物体虽然主要由蛋白质构成，但有机体含氮的总量仅为 $1.1 \times 10^{10} \sim 1.4 \times 10^{10} \text{t}$ ，是空气含氮量的三十万分之一；土壤中有机氮的总量约为 $3.0 \times 10^{11} \text{t}$ ，是空气含氮量的万分之一；海洋中的有机氮含量约为 $5.0 \times 10^{11} \text{t}$ ，是空气含氮量的八千分之一。可见如何有效利用含氮量最高的、空气中的氮是保证物质循环的重要环节。

自然界大多数植物均不具有直接利用空气中氮气的功能，唯独大豆却具有“生物固氮”的特殊功能。大豆及其他豆科植物的种子播入土壤、发芽生根后，根瘤菌从根毛入侵到根中，形成具有固氮功能的根瘤（图1-2），在固氮酶的参与下，根瘤菌能将大气中的、含量丰富的分子态氮转化为大豆可吸收利用的氨态氮，每个根瘤相当于一座“微型氮肥厂”，源源不断地将大气中的氮素供给大豆植株利用：

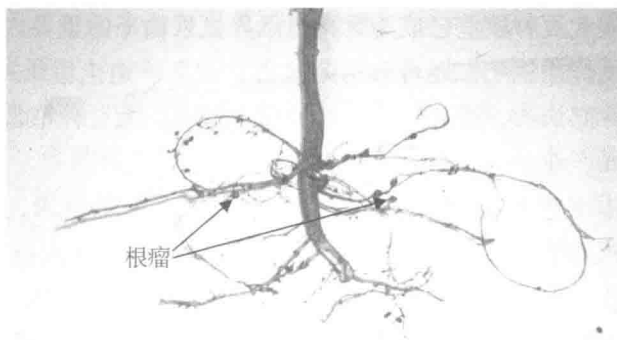
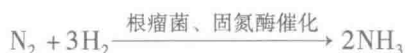


图1-2 大豆根瘤形态图

在自然界物质循环构成的环节中，大豆在“碳素循环”过程只是绿色植物中具有“光合作用”的普通物种之一，而在“氮素循环”过程大豆却是植物界不可取代的、具有“根瘤固氮”生物学特性的“特殊成员”。根瘤从空气中固定的氮素是根系从土壤中吸收的氮素量的二倍，每株大豆一生中固氮 $0.73 \sim 2.06 \text{g}$ ，种植一亩大豆，耕田可由“大豆固氮”、从空气中获得天然氮素营养 $3.0 \sim 10.5 \text{kg}$ ，根瘤通过固氮作用从空气中获得的氮素 90% 以上用于植株生长发育与种子形成，根瘤中留存量 $< 10\%$ ，全球每年施用化学合成氮肥中的氮素含量约为 $8 \times 10^7 \text{t}$ ，而自然界每年通过生物固氮获得氮素高达 $4 \times 10^8 \text{t}$ ，是化肥施用量的 5 倍。

农田施用化肥是以污染环境、破坏土壤结构为代价所取得的增产效应。目前农田施用的各种化肥，如： $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ （硫酸铵）、 NH_4NO_3 （硝酸铵）、 NH_4HCO_3 （碳酸氢铵）、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ （氨水）、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ （尿素）、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ （磷酸二氢铵）、 $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$ （磷酸二铵），栽培作物只将 NH_3 态氮吸收，而将酸根留在土壤，使土壤不断酸化，例如：



施用化肥不良后果，主要包括以下方面：

①栽培作物将氨态氮吸收后，留在土壤中的酸根，不断富集，使土壤酸化，耕层破坏；

②人工施用的化学合成氮肥流失率大于 50%，造成资源浪费、环境污染。

为克服化学合成氮肥的上述缺陷，实现既能增加粮食产量，又不损坏土壤耕层肥力的目的，建立完善的生物固氮体系已成为解决人类面临的人口、粮食、能源、环境等四大危机的重要农艺措施。历史上，在我国东北地区的轮茬耕作制度中，大豆是最重要的轮茬作物，一

般采取大豆→玉米→高粱或大豆→玉米→高粱→谷子轮作方式，轮茬作物中的玉米、高粱、谷子种类均可更改，唯独大豆不能更换，大豆种植面积以占旱田耕地总面积的 25% 为宜，目前世界大豆种植面积已占全球耕地面积的 20%，在一些人少地多的国家，如俄罗斯的耕作制度中甚至将豆科植物种植后不予收获，直接翻耕于耕地中，以增加耕地的氮肥含量。而我国大豆种植总面积却由 2004 年前的 1.4 亿亩至 2015 年减少至 1.02 亿亩，大豆种植总面积仅占我国耕地红线 17 亿亩的 6%。我国当前的丧葬制度将尸体火化不仅破坏了氮循环生物链，而且成为雾霾的主要来源之一；城市室内厕所的粪便排放，本应成为理想的有机肥料源，但与工业化学废水排放管道混合，却“变宝为废”成为环境的污染源。

面对我国过度开发良田用于基建、大豆种植面积日益减少以及人为造成的环境污染等严峻现实，加强保护发展大豆种植业已成为维持自然界氮素循环的重要内容，大豆根瘤固氮不仅为大豆体内循环提供优质氮肥，还具有培肥地力、改良耕地土壤结构、肥地养地的功能。为给子孙后代留下一片肥沃的、耕层结构良好的国土资源，大豆种植是任何国家、任何历史时期绝不可忽视的重要产业。

针对上述问题，本书作者建议：①研发高附加值大豆加工技术，以“工业反哺农业”的措施，提高大豆种植业效益，以“订单农业”方式，逐步形成大豆“产、加、销”一体化，增加种豆农户收益，刺激农民种豆积极性（详见本书 10.5.1 节），恢复科学轮茬制度，大豆种植面积应不少于当地旱田耕地总面积的 25%；②改革丧葬制度，“还尸归田”，埋葬深度可在耕层之下，人与动物尸体腐败后，产生的水溶性有机肥可随“毛细现象”、逐年缓释供给作物吸收。至于子孙祭奠，可采用地理坐标方式，确定位置，作物生长季节，用于农业生产，收获后，子孙后代，可按坐标位置，祭祀先人；③城市或农村新建小区排污管网应将粪便排放管道单设，粪便排至集粪池，经发酵腐败后，专供农田施用，“粪尿归田”措施既可使农田获得天然有机肥料，又可防止粪尿对江河湖海的污染。

1.2 大豆有机组分形成的“负相关规律”

大豆种子中的各种化学组分构成比例均遵循负相关的自然规律。例如：在美国加州大学收录的大豆品系中，异黄酮含量从 $300\mu\text{g/g}$ 至 $3000\mu\text{g/g}$ 不等，目前对调节大豆异黄酮的合成基因研究甚少，但最近研究证明，大豆异黄酮含量同大豆蛋白质含量呈负相关关系（图 1-3）。因此通过基因工程技术，调节异黄酮与蛋白质的合成水平，已成为选育高异黄酮含量大豆品种的预定目标之一。例如选育大豆高异黄酮含量品种，蛋白质含量将相对减少；高蛋白含量大豆品种，异黄酮含量不可能高。此项原理对于选育理想的、高异黄酮含量



大豆品种具有重要意义。

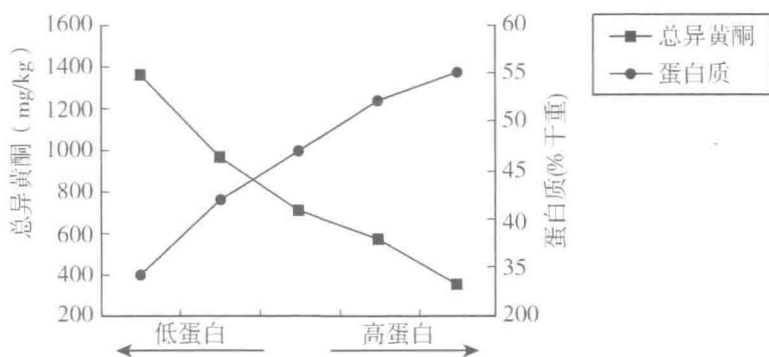


图 1-3 不同品种大豆总异黄酮含量与蛋白含量相关曲线

又如大豆是天然 V_E (生育酚) 的主要原料来源, 大豆脂肪中的 V_E (生育酚), 按抗氧化能力由弱到强排序分别为 $\alpha-V_E$, $\gamma-V_E$, 而 $\alpha-V_E$ 在维持生物正常繁殖生理功能方面活性最强。

试验结果证明, 大豆油脂中含“十八碳三烯酸”高的品系, $\gamma-V_E$ 含量高, $\alpha-V_E$ 含量低; 大豆油脂中“十八碳三烯酸”含量低的品系, $\gamma-V_E$ 含量低, 而 $\alpha-V_E$ 含量高 (图 1-4)。所以在大豆加工过程为获得“高抗氧化”能力的 $\gamma-V_E$ 原料品系, 则应通过遗传育种手段选育“十八碳三烯酸”含量高的大豆品系; 如为增加油脂的抗病、抗衰老、提高女性生育机能等生理活性功能, 则应选育“十八碳三烯酸”含量低, 而 $\alpha-V_E$ 含量高的大豆品系作为加工原料。

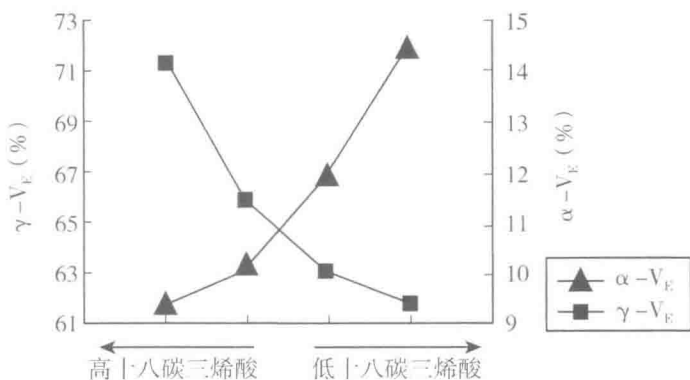


图 1-4 十八碳三烯酸含量与 $\gamma-V_E$ 、 $\alpha-V_E$ 含量的相关曲线

1.3 大豆加工用原料品种的遗传生物学特性

人类对大豆加工的目的主要是为获得蛋白与脂肪营养素, 其他碳水化合物、维生素、膳食纤维、微量元素等成分虽然在大豆中含量也很丰富, 但并不是人类需求的主要来源, 例如: 人体所需的碳水化合物主要来源于主食米、面, 人体所需的维生素主要来源于水果、蔬

菜等。可见在人类所需的七种营养素中，大豆是供给人类蛋白、脂肪最重要的营养源。

原料种子生产是大豆加工的“第一车间”，大豆原料种子中的蛋白、脂肪含量、品质，直接影响大豆加工品的产量和品质，采用蛋白、脂肪高含量的大豆优良品种作原料加工生产蛋白或油脂，可收到事半功倍的加工效果。

但是我国目前大豆加工行业除大型油脂加工行业与蛋白加工行业外，其他大豆加工行业对大豆原料品种选择这一重要工序并未给予足够重视。

2015 年我国进口大豆 8169 万 t，国产大豆仅为 1100 万 t，我国大豆油脂加工年消耗大豆原料（包括民用食用油、出口食用油、工业用油原料）高达 7500 万 t 以上，大豆蛋白加工年消耗大豆约 400 万 t，民用豆制品加工用大豆约 1000 万 t，即大豆油脂、大豆蛋白与民用豆制品加工每年所需大豆原料近 9000 万 t，相当于我国大豆年产总量 1100 万 t 的 8 倍，国产大豆作为加工原料供应量不足部分主要由进口大豆补充。

进口大豆虽然可满足加工与食用对大豆的需求，但却无法弥补大豆生物固氮对土壤改良与培肥的作用。

我国年消耗大豆如定位于 9000 万 t，预测其中 6000 万 t 自产、进口 3000 万 t 为适宜比例，6000 万 t 相当于 4.8 亿亩耕地的大豆产量，我国耕地红线定为 17 亿亩，恰好适于种植大豆（生育期按 ≈ 120 天计）3~4 年轮作一次。所以从栽培大豆角度分析，17 亿亩耕地红线的界定是科学、理性的预测、也是国家规划的英明决策。

近年来我国已选育成功的高油、高蛋白、高异黄酮、高维生素 E、低脂肪氧化酶型、胰蛋白酶抑制素低含量型等多种加工专用型大豆加工品种。

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（如高营养素含量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，无需年年杂交制种，即可作为加工“第一车间”的原料，加工工艺明显简化。

为提高大豆加工的产品纯度和得率，应从大豆加工原料品种选择做起，将遗传性状稳定的品种定点生产，每年收获前按大豆加工企业需求的典型生物学性状（如高蛋白含量或高脂肪含量等），选择强壮丰产优良单株、混合脱粒，作为翌年大豆加工生产田用种。由于大豆属于自花授粉植物、具有种代间遗传相对无变异的稳定生物学特性，每年按加工需求，进行上述株选留种，即可为加工生产质量标准一致、产量稳定、不同用途的各种大豆加工制品，提供了有利的原料品种基础。

1.3.1 具有蛋白、脂肪“相对双高”遗传生物学特性的大豆加工品种

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、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。因为大豆与所有绿色植物一样，在有机成分合成过程，均具有适应光合作用规律的高度一致性，即有机物合成总量为常数，不同有机成分呈变量负相关关系，在遗传基因的制约下，大豆蛋白质与油脂含量的遗传性状即使同时有所提高，这种“提高”是与低技术、低生产力水平下