

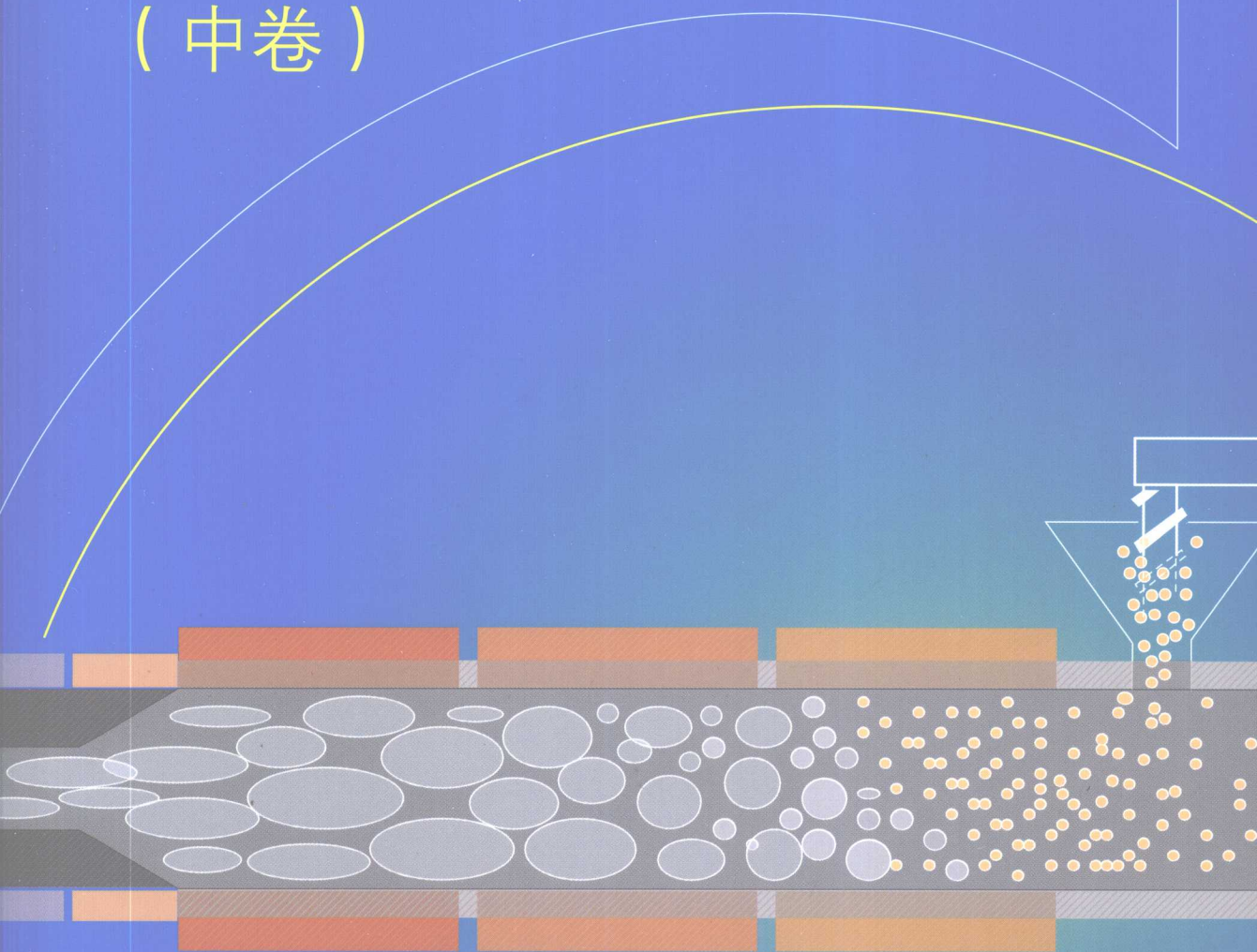
# FOOD EXTRUSION THEORY AND TECHNOLOGY

魏益民 康立宁 张余

著

## 食品挤压理论与技术

(中卷)



 中国轻工业出版社

# 食品挤压理论与技术

(中卷)

魏益民 康立宁 张 余 著

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

食品挤压理论与技术. 中卷/魏益民等著. —北京:中国轻工业出版社, 2009. 7

ISBN 978-7-5019-7009-4

I. 食… II. 魏… III. 挤压—食品工艺学 IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 089071 号

责任编辑: 李 佳

策划编辑: 李亦兵 责任终审: 唐是雯 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王培燕 责任校对: 李 靖 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: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2009 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 17.75

字 数: 410 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7009-4 定价: 50.00 元

邮购热线电话: 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](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

81196K1X101ZBW

## 序

食品挤压是指利用挤压改变食品原料结构、形态、组成的一项技术；作用为改善食品的质地、口感，提高营养成分的有效利用率或商品价值。食品挤压技术集原料的输送、压缩、混合、蒸煮、变性、脱水、杀菌、膨化、成型等多单元操作于一体，具有能量利用率高、原料适应性强、营养损失少、产品种类多等优点，被广泛用于食品加工领域，以满足食品工业发展和健康消费的新需求。

中国农业科学院农产品加工研究所食品工艺课题组于2002年在中国农业科学院杰出人才基金和国家“引进国际先进农业技术”项目的支持下，引进德国布拉本德食品仪器公司生产的双螺杆挤压实验室工作站（Brabender DSE-25 Extruder Lab Station），系统研究了小米、玉米、燕麦等谷物食品原料的挤压膨化技术，以及大豆蛋白、花生蛋白、小麦蛋白等植物蛋白原料的挤压组织化技术，特别是实现了植物蛋白的高水分挤压组织化技术；开发出了膨化小米、玉米、燕麦，组织化大豆蛋白、花生蛋白、小麦蛋白等一系列新产品；改善了传统食品口感差、营养物质吸收利用率低等缺点；探讨了植物蛋白高水分挤压组织化产品质地结构形成的机理。部分研究结果具有原创性和国际领先性，受到国内外同行和产业界的广泛关注，部分技术已被国内企业所采用。

《食品挤压理论与技术》是作者所率领的团队近几年来所从事挤压技术研究思路的全面阐述，研究方法的自我完善，研究结果的系统总结。特别值得一提的是，整套丛书贯穿着作者组建挤压质构重组技术平台的设想，体现了作者实践挤压质构重组技术平台建设的过程，以及在整个实验设计和实施过程中表现出的科学方法论思想。

《食品挤压理论与技术》是一套集理论研究和技术开发为一体的系列出版物，按谷物膨化技术、植物蛋白组织化技术和机械结构和组织化机理，分为上、中、下卷。整套丛书结构清晰，编排合理，便于读者查询和阅读。该套丛书的出版，必将对食品挤压质构重组技术的科学研究、技术开发和示范推广提供重要的理论依据和技术支撑。

魏益民

## 前 言

挤压组织化技术是一种集原料的混合、输送、熔融、挤压成型等多种加工单元于一体的非传统食品加工技术,具有高效、节能、清洁以及加工产品多样化等优势。通过挤压组织化技术可以改善蛋白质的质地、口感和营养价值,提高蛋白质的有效利用率。高水分湿法挤压组织化(物料含水率 $\geq 40\%$ )是国际上新兴的植物蛋白重组技术,使用带冷却模头的双螺杆挤压机生产的产品纤维化程度高、质地均匀一致、富有弹性和韧性,可直接加工成蛋白面、素鸡、素虾、工程肉等形态和风味多样的食品。

本书分别对大豆蛋白和花生蛋白的挤压组织化技术进行了系统的阐述:

第一篇,在对大豆蛋白挤压组织化国内外研究进展系统论述(第一章)的基础上,着重介绍了高水分挤压组织化过程中挤压条件与系统参数和目标参数的关系(第二、三章),挤压产品的综合评价和工艺参数优化(第四章),挤压条件对停留时间分布的影响(第五章),大豆异黄酮在挤压过程中的变化动力学(第六章),并从化学键、显微结构和蛋白质二级结构的变化等方面分析了挤压组织化机理(第七、八章),总结了大豆蛋白高水分挤压组织化技术的最新研究结果,并讨论了其应用前景(第九章)。本部分内容由魏益民教授统一设计、指导和审核,研究和文稿撰写工作主要由康立宁博士负责完成。

第二篇,在大豆蛋白挤压组织化技术研究的基础上,以花生蛋白为原料,研究了挤压参数对产品组织化质量的影响(第二章),挤压参数对物料停留时间的影响(第三章),原料特性对挤压产品质量和结构的影响(第四章),挤压对花生蛋白粉中的蛋白质、碳水化合物、油脂、氨基酸和矿物质等组分的影响(第五章),低温脱脂花生粉在挤压组织化过程中的美拉德反应及其产物(第六章)。在上述研究基础上,采用化学物质添加、化学键分析、花生蛋白酰化改性和蛋白酶酶解等方法分析挤压过程中纤维状组织化结构的形成机理(第七、八章),比较全面地阐述了脱脂花生蛋白粉的挤压特性及其组织化形成机理。本部分内容由魏益民教授统一设计、指导和审核,研究和文稿撰写工作主要由张余博士负责完成。

本书是在多篇研究论文的基础上撰写而成的,其研究内容、实验设计、工艺过程和产品评价具有原创性,在应用化学分析法解析植物蛋白质组织化结构的形成及产品特性方面具有独到之处,研究结果具有国际先进性。本书适合于从事食品分析、食品加工领域的工作人员、食品企业的研发人员、大中专院校研究人员以及食品科学与工程专业的学生使用。

愿本书的出版能为食品质构重组技术平台的建设和食品挤压技术的发展做出我们的贡献。由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者和同仁批评指正。

魏益民

# 目 录

## 第一篇 大豆蛋白挤压组织化技术

第一章 大豆蛋白及其挤压组织化技术综述	3
第一节 研究的目的和意义	3
第二节 国内外研究概况	4
一、大豆与大豆蛋白工业	4
二、食品挤压技术	8
三、大豆蛋白挤压组织化研究进展	10
四、挤压组织化机理研究进展	17
五、挤压过程中的停留时间分布和营养成分变化动力学	18
第三节 存在的问题	19
第二章 高水分挤压组织化过程中的系统参数模型研究	21
第一节 引言	21
第二节 材料与方法	22
一、试验材料	22
二、试验设备	22
三、挤压试验	22
四、系统参数的获得和推导	22
五、试验设计	23
六、统计分析方法	24
第三节 结果与分析	24
一、操作参数对压力的影响	24
二、操作参数对扭矩的影响	25
三、操作参数对单位机械能的影响	27
四、系统参数的回归模型	31
五、系统参数间的相关性	31
第四节 讨论	31
第五节 小结	33
第三章 高水分挤压组织化工艺参数对目标参数的影响	34
第一节 引言	34
第二节 材料与方法	34

一、试验材料 .....	34
二、试验设备 .....	34
三、试验方法 .....	35
四、试验设计 .....	36
第三节 结果与分析 .....	36
一、操作参数对组织化的影响 .....	36
二、操作参数对产品色泽的影响 .....	39
三、操作参数对产品硬度的影响 .....	40
四、操作参数对产品弹性的影响 .....	41
五、操作参数对产品咀嚼度的影响 .....	42
六、操作参数对产品黏着性的影响 .....	43
七、操作参数对产品吸水率的影响 .....	44
八、操作参数对产品含水量的影响 .....	45
九、操作参数对产量的影响 .....	46
十、系统参数与目标参数的相关性分析 .....	46
第四节 讨论 .....	47
第五节 小结 .....	48
<b>第四章 产品的综合评价与工艺参数优化 .....</b>	<b>49</b>
第一节 引言 .....	49
第二节 基于因子分析的综合评价模型 .....	49
一、因子分析模型 .....	49
二、基于因子分析的综合评价模型 .....	50
三、工艺参数的多目标优化 .....	51
第三节 结果与分析 .....	51
一、各产品特性指标间的相关关系 .....	51
二、挤压产品目标参数的因子分析 .....	51
三、综合评分的逐步回归模型 .....	54
四、基于综合评分的工艺参数的优化 .....	54
第四节 讨论 .....	55
第五节 小结 .....	55
<b>第五章 大豆蛋白高水分挤压的停留时间分布研究 .....</b>	<b>57</b>
第一节 引言 .....	57
第二节 材料与方法 .....	58
一、试验材料 .....	58
二、试验设备 .....	58

三、挤压试验 .....	58
四、RTD 的测定 .....	58
五、RTD 数据分析方法 .....	58
六、试验设计 .....	60
七、统计分析方法 .....	60
第三节 结果与分析 .....	61
一、操作参数对停留时间的影响 .....	61
二、RTD 模拟分析 .....	65
第四节 讨论 .....	67
第五节 小结 .....	68
<b>第六章 高水分挤压组织化过程中异黄酮含量的变化及其动力学分析</b> .....	69
第一节 引言 .....	69
第二节 材料与方法 .....	70
一、试验材料 .....	70
二、试验设备与试剂 .....	70
三、试验方法 .....	70
四、试验设计与数据处理 .....	74
第三节 结果与分析 .....	74
一、操作参数对大豆异黄酮含量的影响 .....	74
二、大豆异黄酮变化的动力学分析 .....	78
第四节 讨论 .....	82
第五节 小结 .....	83
<b>第七章 大豆蛋白高水分挤压组织化机理分析 (1)</b>	
——化学键和微观结构的变化 .....	84
第一节 引言 .....	84
第二节 材料与方法 .....	85
一、试验材料 .....	85
二、试验方法 .....	85
第三节 结果与分析 .....	86
一、挤压工艺对蛋白质溶解性的影响 .....	86
二、挤压工艺参数对大豆蛋白亚基的影响 .....	88
三、挤压过程中样品微观结构和蛋白质溶解性的变化 .....	89
四、高水分组织化蛋白显微结构 .....	92
五、大豆蛋白高水分挤压组织化机理假设 <sup>[238]</sup> .....	95
第四节 讨论 .....	95



第五节 小结·····	96
<b>第八章 大豆蛋白高水分挤压组织化机理分析 (2)</b>	
——挤压组织化对大豆蛋白二级结构的影响·····	97
第一节 引言·····	97
第二节 材料与方法·····	98
一、试验材料·····	98
二、试验方法·····	98
三、红外光谱数据处理技术·····	98
第三节 结果与分析·····	99
一、谱图处理·····	99
二、峰的指认·····	99
三、机筒温度对大豆蛋白二级结构的影响·····	99
四、物料水分对大豆蛋白二级结构的影响·····	101
五、喂料速度对大豆蛋白二级结构的影响·····	101
六、螺杆转速对大豆蛋白二级结构的影响·····	102
第四节 讨论·····	103
第五节 小结·····	103
<b>第九章 结论与展望</b> ·····	105
第一节 讨论·····	105
第二节 结论·····	106
一、操作参数对系统参数的影响·····	106
二、操作参数对目标参数的影响·····	107
三、产品的综合评价和工艺参数优化·····	107
四、大豆蛋白高水分挤压组织化的停留时间分布研究·····	107
五、大豆异黄酮含量的变化及其动力学分析·····	108
六、大豆蛋白高水分挤压组织化机理分析·····	108
第三节 创新·····	108
第四节 展望·····	109
<b>参考文献</b> ·····	110

## 第二篇 花生蛋白挤压组织化技术

<b>第一章 花生蛋白及挤压组织化技术综述</b> ·····	127
第一节 花生蛋白质的研究与应用·····	127
一、花生蛋白质的结构·····	128

二、花生蛋白质在食品工业中的应用 .....	128
第二节 植物蛋白挤压组织化技术及其应用 .....	130
一、植物蛋白挤压组织化技术发展概况 .....	130
二、挤压对物料组分及其营养价值的影响 .....	131
三、挤压加工对原料中抗营养物质的影响 .....	133
四、挤压过程中的美拉德反应及其分析评价方法 .....	134
第三节 植物蛋白挤压组织化机理研究 .....	136
一、植物蛋白低水分挤压组织化机理研究 .....	136
二、植物蛋白高水分挤压组织化机理研究 .....	137
三、花生蛋白挤压组织化研究 .....	137
第四节 存在问题 .....	138
第二章 低温脱脂花生粉挤压组织化工艺研究 .....	140
第一节 引言 .....	140
第二节 材料与方法 .....	140
一、试验材料 .....	140
二、试验设备 .....	141
三、试验方法 .....	142
四、数据处理 .....	145
第三节 结果与分析 .....	145
一、挤压参数对 TPP 产品质量的影响 .....	145
二、PF 挤压组织化工艺优化 .....	153
第四节 讨论与小结 .....	158
一、讨论 .....	158
二、小结 .....	159
第三章 挤压参数对物料停留时间的影响 .....	160
第一节 引言 .....	160
第二节 RTD 研究方法及相关理论 .....	160
一、RTD 研究方法 .....	160
二、RTD 理论 .....	161
第三节 材料与方法 .....	162
一、材料与设备 .....	162
二、试验方法 .....	162
三、数据处理 .....	164
第四节 结果与分析 .....	164
一、炭粉浓度与色差值之间的回归分析 .....	164

二、挤压参数对 RTD 的影响 .....	164
三、挤压参数对 MRT 的交互作用 .....	167
第五节 讨论与小结 .....	169
一、讨论 .....	169
二、小结 .....	170
<b>第四章 PF 原料特性对其挤压组织化产品结构的影响 .....</b>	<b>172</b>
第一节 引言 .....	172
第二节 材料与方法 .....	172
一、材料与设备 .....	172
二、试验方法 .....	173
三、数据处理 .....	174
第三节 结果与分析 .....	174
一、原料的理化性质 .....	174
二、蛋白质含量对 TPP 产品组织结构的影响 .....	175
三、原料粒度对 TPP 产品组织结构的影响 .....	177
四、原料 pH 对 TPP 产品组织结构的影响 .....	179
五、油脂含量对 TPP 产品组织结构的影响 .....	180
六、原料蛋白质 NSI 对 TPP 产品组织结构的影响 .....	182
第四节 讨论与小结 .....	185
一、讨论 .....	185
二、小结 .....	186
<b>第五章 挤压组织化对花生粕理化特性的影响 .....</b>	<b>187</b>
第一节 引言 .....	187
第二节 材料与方法 .....	187
一、材料与设备 .....	187
二、试验方法 .....	188
三、数据处理 .....	191
第三节 结果与分析 .....	191
一、挤压组织化对花生蛋白溶解性的影响 .....	191
二、挤压组织化对花生蛋白质亚基结构的影响 .....	193
三、PF 挤压组织化前后热力学性质分析 .....	195
四、淀粉、可溶性糖、还原糖和低聚糖含量在挤压过程中的变化 .....	197
五、脂肪含量在挤压过程中的变化 .....	198
六、氨基酸和矿物质在挤压过程中的变化 .....	199
第四节 讨论与小结 .....	201

一、讨论 .....	201
二、小结 .....	202
<b>第六章 PF 挤压过程中的美拉德反应及其产物分析 .....</b>	<b>204</b>
第一节 引言 .....	204
第二节 材料与方法 .....	204
一、材料与设备 .....	204
二、试验方法 .....	205
三、数据处理 .....	207
第三节 结果与分析 .....	207
一、添加 D-葡萄糖对挤压产品感官质量、质构及微观结构的影响 .....	207
二、机筒温度和 D-葡萄糖对挤压产品中 AL 含量的影响 .....	208
三、挤压和 D-葡萄糖对产品中 MRP <sub>s</sub> 的影响 .....	210
第四节 讨论与小结 .....	212
一、讨论 .....	212
二、小结 .....	213
<b>第七章 PF 挤压组织化机理探讨 (1)</b>	
——添加剂对挤压产品组织化质量的影响 .....	214
第一节 引言 .....	214
第二节 材料与方法 .....	215
一、材料与设备 .....	215
二、试验方法 .....	215
三、数据处理 .....	216
第三节 结果与分析 .....	216
一、低温脱脂豆粕对 TPP 产品质量的影响 .....	216
二、氯化钙和氯化钠对 TPP 产品质量的影响 .....	218
三、乳化剂对 TPP 产品质量的影响 .....	221
四、巯基氧化剂对 TPP 产品质量的影响 .....	222
五、二硫键破坏剂对 TPP 产品质量的影响 .....	224
第四节 讨论与小结 .....	225
一、讨论 .....	225
二、小结 .....	227
<b>第八章 PF 挤压组织化机理探讨 (2)</b>	
——挤压组织化过程中的化学键变化 .....	228
第一节 引言 .....	228

第二节 材料与设备	228
一、材料与设备	228
二、试验方法	229
三、数据处理	232
第三节 结果与分析	232
一、机筒温度对 TPP 产品感官质量的影响	232
二、机筒温度对花生蛋白质溶解度的影响	232
三、机筒温度和化学添加剂对花生蛋白质中巯基含量的影响	233
四、花生蛋白酰化改性对 TPP 产品质量的影响	235
五、PF 挤压前后傅立叶红外光谱 (FT-IR) 分析	237
六、花生蛋白酶解对挤压产品质量的影响	237
第四节 讨论与小结	241
一、讨论	241
二、小结	243
第九章 结论与展望	244
第一节 讨论	244
第二节 主要结论	245
一、挤压参数对 PF 挤压组织化产品质量的影响	245
二、挤压参数对物料停留时间的影响	245
三、PF 原料特性对其挤压组织化产品质量的影响	245
四、挤压组织化对 PF 理化特性的影响	246
五、PF 挤压组织化过程中的美拉德反应	246
六、PF 挤压组织化机理分析	247
第三节 创新	247
第四节 展望	248
附录一	249
附录二	250
参考文献	251
后记	262

# 第一篇 大豆蛋白挤压组织化技术



# 第一章 大豆蛋白及其挤压组织化技术综述

## 第一节 研究的目的和意义

我国可食用植物蛋白资源丰富,但有效利用率很低。2005/2006年度我国大豆粕的产量约2500万t,其中90%以上作为饲料用于畜产养殖业,约5%用于食品工业。

现代医学和营养学证明,大豆蛋白不含胆固醇,氨基酸平衡,为完全蛋白,并且还含有对人体生理机能有特殊作用的功能性成分,如大豆异黄酮、皂苷、低聚糖、膳食纤维等,能够预防诸多“现代文明病”的发生<sup>[1-3]</sup>。1999年10月,美国食品与药品管理局(FDA)健康声明宣布“每天食用20g大豆蛋白,可以降低患心脏病的风险”。虽然各种传统豆制品在我国具有悠久的历史,是我国人民重要的蛋白质来源之一,但根据2004年中国卫生部、科技部和统计局公布的《中国居民营养与健康现状》调查报告,我国居民豆制品和干豆类的合计摄入量仅为16g/(标准人·d)<sup>[4]</sup>,远低于FDA建议的标准。在我国优质蛋白资源长期处于短缺的状态下,大力开发植物蛋白资源,提高植物蛋白质的有效利用率是关系到国计民生的战略性问题。

蛋白质质构重组技术是食品工业中改善蛋白质质地、口感和营养价值,提高蛋白质有效利用率的重要方法。挤压法是适于工业化、连续化大生产,高效、节能的质构重组核心技术<sup>[5-8]</sup>。它能够将输送、压缩、混合、蒸煮、变性、脱水、杀菌、膨化、成型等多种操作单元同时完成,具有连续的高温高压加工、短时低损处理、高效的生化反应器特性、高质量和高效率的杀菌效果、挤压产品清洁卫生、品种多样等优点,因此被认为是食品工业中一种新的集约化单元操作形式,应用领域广阔。

由挤压法生产的组织化大豆蛋白是现代大豆蛋白工业的重要组成部分。美国组织化大豆蛋白年产量50万t,超过大豆浓缩蛋白和大豆分离蛋白的总和。产品广泛用于生产各种素肉、仿肉制品,以及作为营养补充剂、保水剂、吸油剂等,用于肉制品和冷冻面制品的加工。我国从20世纪80年代开始引进国际上成套生产线,进行组织化大豆蛋白的生产,至今年产量不足8万t。我国组织化大豆蛋白工业发展缓慢的主要制约因素是缺乏基础性研究、产品品种单一、更新换代慢、质量较低。

高水分湿法挤压组织化(物料含水率 $\geq 40\%$ )是国际上新兴的植物蛋白重组技术<sup>[8-15]</sup>。高水分挤压使用带冷却模头的双螺杆挤压机,其产品纤维化程度高,质地均匀一致,富有弹性和韧性,可直接加工成为蛋白面、素鸡、素虾、工程肉等形态和风味多样的食品;产品不需复水即可直接食用,具有即食即用的特点;加工温度较低,营养成分和生理活性成分损失少;可作为烹饪主菜,进行炒、煮、炖、烤、炸等多种形式的加工,极大地丰富了人们的餐桌。美国近年来以大豆分离蛋白为主要原料,添加部分小麦淀粉,生产出高水分的组织化大豆蛋白产品<sup>[12-14]</sup>。日本在20世纪90年代中期,曾



对全脂大豆的高水分挤压进行了较为系统的研究<sup>[16,17]</sup>。国内王洪武等以大豆蛋白、猪肉和淀粉等为原料,进行复合组织蛋白的共混挤压工艺研究<sup>[18,19]</sup>。但对以低温脱脂豆粕为原料的高水分挤压组织化研究国内外鲜有报道。2004年中国农业科学院农产品加工研究所在国家“948”项目的支持下,通过联合攻关,开发出以低温豆粕为原料的高水分大豆组织化蛋白产品,技术达到国际先进水平。

本研究的目的在于阐明高水分挤压过程中工艺参数、系统参数和产品特性间相互关系的基本规律,探讨主要生理活性成分在高水分挤压过程中的变化动力学,并从不同侧面揭示高水分挤压组织化机理。通过以上研究,为该项新技术在我国的应用和推广奠定理论基础,并提供技术支持,对提高我国大豆蛋白的有效利用率,丰富人们的餐桌,改善居民膳食结构,以及对大豆产业的健康和可持续发展具有重要的促进作用。

## 第二节 国内外研究概况

### 一、大豆与大豆蛋白工业

大豆属于蝶形花科,大豆属,别名黄豆,学名 *Glycine max* (L.) Merrill。我国自古就栽培大豆,商朝甲骨文中有着菽的象形文字。著于公元前6世纪的《诗经》中,便有“藿之荏菽、荏菽旆旆”的记载。据考证,从新石器时代栽培农业出现开始,大豆就是栽培的主要作物品种,由此推断我国大豆种植约有5000多年的历史。国际学者均认同栽培大豆起源于中国,但起源于中国何处则有多种假说,如华北起源说、黄河中下游说、长江流域说及多起源中心说等<sup>[20]</sup>。世界其他国家的大豆都是直接或间接从我国传播去的。公元前3世纪大豆由我国传入朝鲜,6世纪传至日本。约在300年前,大豆传入菲律宾、印度尼西亚。欧美认识大豆则在18世纪以后<sup>[21]</sup>。20世纪50年代以后,大豆的种植得到大规模发展,目前,世界上已有52个国家和地区种植大豆。

进入21世纪,世界大豆产量一直呈上升的趋势,年增幅5%左右。当前全球大豆主要产区为美国、巴西、阿根廷和中国。根据美国农业部(USDA)的统计数据,2005/2006年度,全球大豆总产量为2.21亿t,其中这4个国家的产量达1.92亿t,占全球总量的87%。中国大豆总产量占世界的8%。

#### (一) 大豆中的蛋白质

蛋白质是大豆最重要的成分之一。依品种不同,大豆蛋白质含量也有较大差异。我国大豆蛋白质含量一般在40%~50%,个别品种可达50%以上<sup>[22]</sup>。大豆中近90%的蛋白质是以贮藏蛋白的形式存在的,其中主要是大豆球蛋白和 $\beta$ -伴球蛋白,它们分别占总蛋白含量的40%和30%左右<sup>[23]</sup>。 $\beta$ -伴球蛋白是一种糖蛋白,为三聚体,分子质量150~200ku,沉降系数为7S,3个组成亚基分别为 $\alpha$ 、 $\alpha'$ 和 $\beta$ 。大豆球蛋白为六聚体,分子质量300~380ku,沉降系数为11S,每个大豆球蛋白分子的亚基成对存在,共6对,每对亚基均由一个酸性亚基(约35ku)和一个碱性亚基(约20ku)构成,并通过一个二硫键有机连接起来。蛋白质结构决定其功能性质, $\beta$ -伴球蛋白乳化性强,但热