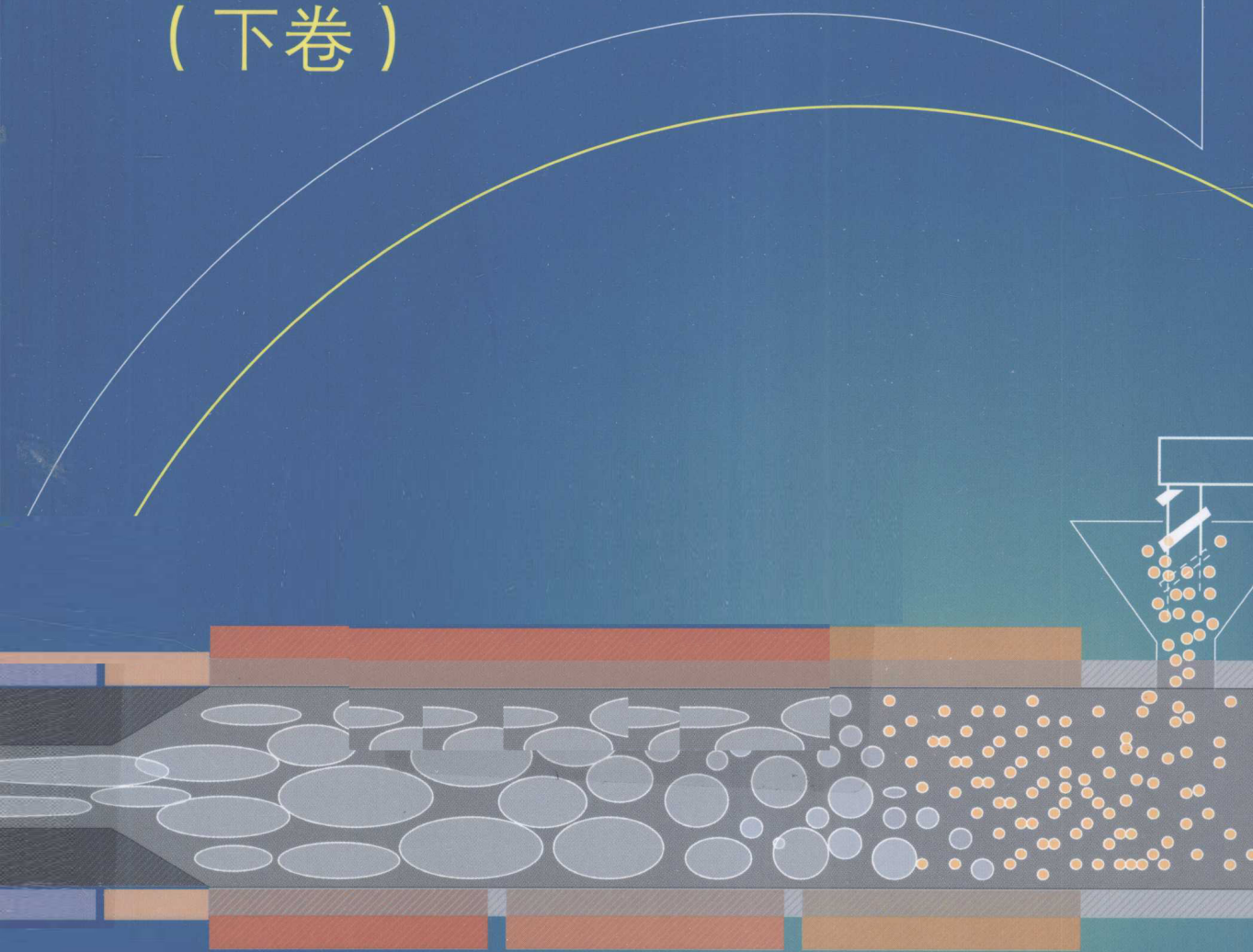


FOOD EXTRUSION THEORY AND TECHNOLOGY

魏益民
张波
陈锋亮

食品挤压理论与技术 (下卷)

著



食品挤压理论与技术

(下卷)

魏益民 张 波 陈锋亮 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. 下卷/魏益民, 张波, 陈锋亮著.

—北京: 中国轻工业出版社, 2011. 3

ISBN 978-7-5019-7939-4

I. ①食… II. ①魏… ②张… ③陈… III. ①抗压—
食品工艺学 IV. ①TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 226674 号

责任编辑: 李 佳

策划编辑: 李亦兵 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 燕 杰 责任监印: 张 可

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: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 14.25

字 数: 329 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7939-4 定价: 40.00 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

081197K1X101ZBW

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、机械结构和组织化机理，分为上、中、下卷。整套书结构清晰，编排合理，便于读者查询和阅读。该套书的出版，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

食品挤压工艺是温度、压力、机械剪切和水分因素共同作用的过程。螺杆是挤压机的核心部件之一，它与机筒、模头共同配合，以实现食品物料的输送、剪切、混合、加热、加压、成型等单元操作，不同构型的螺杆具有不同的加工性能，要科学合理地设计和配置螺杆，必须系统了解螺杆的作用。水分影响挤压操作的顺利进行，对挤压蛋白质品质构特性的形成有着重要作用，要分析高、低水分挤压技术生产纤维状模拟肉蛋白产品的本质差异，揭示高水分挤压蛋白质产品纤维化结构的形成机理，必须系统研究挤压过程中水分的作用。

本书分别对植物蛋白挤压组织化过程中螺杆和水分的作用进行系统阐述：

第一篇，在介绍双螺杆挤压机螺杆构型、螺杆作用表征及研究进展的基础上（第一章），重点讨论了螺杆作用表征研究中螺杆设计的原则和方案（第二章），分析了元件长度、元件与模头距离、元件间距和螺杆元件等螺杆构型参数对挤压组织化系统参数（第三章）和产品参数的影响（第四章），通过描述性统计分析、方差分析、相关分析、主成分分析、典型相关分析、逐步回归等统计分析方法，讨论了螺杆构型参数与系统参数、产品参数之间的关系（第五章），最后，对挤压组织化过程中螺杆作用的表征进行了讨论和总结（第六章）。本部分内容由魏益民教授统一设计、指导和审核，实验研究和文稿撰写主要由张波博士负责完成。

第二篇，在对植物蛋白营养与利用、食品挤压技术发展、挤压过程中物料变化的研究方法 and 水分分析技术系统论述基础上（第一章），以成分相对单一的大豆分离蛋白（SPI）为原料，以物料水分为重点和主要变量，在双螺杆挤压机可实现的最大水分范围内，系统地考察水分对挤压系统参数（第二章）、挤压产品中水分的形态和分布（第三章）、挤压产品的感官、质构（第四章）和蛋白质特性（第五章）的影响，以及水分对挤压机机筒内蛋白质特性动态变化的影响（第六章），最后，通过典型相关分析（第七章），对植物蛋白挤压过程中水分的作用进行系统讨论和分析，进而提出植物蛋白高水分挤压产品纤维化结构形成机理的理论模型（第八章）。本部分内容由魏益民教授统一设计、指导和审核，实验研究和文稿撰写主要由陈锋亮博士负责完成。

本书是在多个项目和多篇博士论文研究的基础上撰写而成的，是在植物蛋白挤压组织化工艺系统研究基础上，对螺杆构型、水分与挤压系统参数和产品特性之间的关系进一步研究的系统总结。本书在螺杆构型变量设计、水分形态和分布研究、植物蛋白质特性分析方面均具有一定的参考价值。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应有的贡献。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 双螺杆挤压机螺杆作用表征研究

第一章 文献综述	3
第一节 大豆蛋白挤压组织化机理	5
第二节 挤压系统分析模型	5
第三节 螺杆构型变量类型及分解	5
一、螺杆构型变量类型	5
二、螺杆元件类型及几何参数	6
三、螺杆的坐标系及元件位置	8
四、螺杆配置原则	8
第四节 螺杆作用的表征	9
一、系统参数	9
二、挤压产品参数	12
第五节 螺杆作用表征研究进展	15
一、不同构型螺杆对系统参数的影响	16
二、不同构型螺杆对产品参数的影响	18
第六节 小结	19
第二章 材料与方法	21
第一节 材料与设备	21
一、试验材料	21
二、挤压设备	21
第二节 挤压工艺	21
一、操作参数	21
二、试验操作	21
第三节 螺杆元件	22
一、输送元件	22
二、捏合元件	22
三、齿形盘	22
第四节 试验设计	23
一、试验设计原则	23
二、试验设计方案	23
第五节 数据分析	26

第三章 螺杆构型对大豆蛋白挤压系统参数的影响	27
第一节 材料与方法	28
第二节 系统参数测定	28
一、螺杆填充度	28
二、压力和扭矩	29
三、单位机械能耗	29
四、停留时间分布	29
第三节 结果与分析	30
一、螺杆构型对大豆蛋白挤压组织化螺杆填充度的影响	30
二、螺杆构型对大豆蛋白挤压组织化压力的影响	33
三、螺杆构型对大豆蛋白挤压组织化扭矩和单位机械能耗的影响	35
四、示踪剂浓度与样品色值色差的关系	39
五、螺杆构型对停留时间分布的影响	39
第四节 讨论	43
一、螺杆填充度分析	43
二、压力分析	43
三、单位机械能耗分析	43
四、停留时间分布分析	43
第五节 小结	44
第四章 螺杆构型对挤压组织化大豆蛋白产品参数的影响	45
第一节 材料与方法	46
第二节 挤压组织化大豆蛋白产品参数测定	46
一、色值色差	46
二、拉伸特性	47
三、硬度、弹性、聚结性和咀嚼度	47
四、蛋白质结合方式	47
五、可溶性蛋白含量	48
六、组织化大豆蛋白溶液特性黏度	48
第三节 结果与分析	49
一、螺杆构型对挤压组织化大豆蛋白色值色差的影响	49
二、螺杆构型对组织化大豆蛋白拉伸特性的影响	52
三、螺杆构型对组织化大豆蛋白质构特性的影响	55
四、螺杆构型对组织化大豆蛋白非共价键结合蛋白比例的影响	58
五、螺杆构型对组织化大豆蛋白溶液特性黏度的影响	60
第四节 讨论	61
一、产品颜色	61
二、产品质构特性	61
三、产品化学结合方式及特性黏度	62

第五节 小结	62
第五章 螺杆构型与系统参数及产品参数的关系	63
第一节 描述性统计分析	63
第二节 方差分析	64
一、螺杆构型对系统参数影响的方差分析	64
二、螺杆构型对产品参数影响的方差分析	65
第三节 相关性分析	66
一、系统参数相关性分析	66
二、产品参数相关性分析	66
三、系统参数与产品参数相关性分析	66
第四节 主成分分析	69
一、系统参数主成分分析	69
二、产品参数主成分分析	71
第五节 典型相关分析	72
一、螺杆构型与系统参数的典型相关分析	73
二、螺杆构型与产品参数的典型相关分析	74
三、系统参数与产品参数的典型相关分析	75
第六节 回归分析	76
一、螺杆构型与系统参数的回归关系	76
二、螺杆构型与产品参数的回归关系	77
第七节 讨论	77
第八节 小结	78
第六章 讨论和结论	80
第一节 螺杆构型的分解	80
第二节 螺杆作用的系统参数表征依据及其作用过程	80
第三节 螺杆作用的产品参数表征依据及其作用过程	81
第四节 结论	82
第五节 展望	83
参考文献	84

第二篇 植物蛋白挤压组织化过程中水分的作用

第一章 文献综述	97
第一节 植物蛋白的营养与利用	97
一、植物蛋白的营养和生理特性	97
二、植物蛋白加工利用现状	98
第二节 食品挤压技术	99
一、食品挤压技术的发展	99
二、中低水分和高水分挤压组织化技术	100

三、挤压过程中蛋白质特性的变化·····	101
第三节 食品挤压过程的研究 ·····	104
一、系统分析模型·····	105
二、食品挤压过程的模拟·····	105
三、在线检测技术·····	107
四、挤压机可视化技术·····	108
五、突然停机操作·····	109
第四节 水分分析方法及其与蛋白质的相互作用 ·····	110
一、食品加工过程中水分分析方法·····	110
二、水分与蛋白质的相互作用·····	113
第五节 食品挤压过程中水分的作用和变化研究 ·····	114
一、挤压过程中水分的运动和变化·····	114
二、水分对挤压过程系统参数的影响·····	115
三、水分对挤出产品特性的影响·····	116
第六节 研究切入点和技術路线 ·····	118
一、研究切入点·····	118
二、技术路线·····	118
第二章 挤压组织化过程中物料水分与系统参数的响应 ·····	120
第一节 引言 ·····	120
第二节 材料与方 法 ·····	120
一、实验材料·····	120
二、挤压设备·····	121
三、挤压实验·····	121
四、系统参数测定和计算·····	122
五、数据处理·····	125
第三节 结果与分析 ·····	126
一、挤压扭矩·····	126
二、挤压机4区和5区之间压强·····	126
三、挤压机模头处黏度·····	127
四、停留时间及其分布·····	128
五、单位机械能耗·····	129
六、系统参数对物料水分含量和机筒温度的回归分析·····	129
七、挤压过程中系统参数之间的相关分析·····	130
第四节 讨论 ·····	131
第五节 小结 ·····	132
第三章 物料水分与挤压组织化产品水分的形态和分布 ·····	133
第一节 引言 ·····	133
第二节 材料与方 法 ·····	134

一、实验材料	134
二、主要实验设备	134
三、实验设计和样品制备	134
四、DSC 分析	135
五、低场脉冲核磁共振 (NMR) 分析	135
六、数据分析	136
第三节 结果与分析	137
一、DSC 分析挤压产品水分的形态	137
二、NMR 分析挤压产品水分的形态	138
三、MRI 分析挤压产品中水分的分布	139
四、DSC 和 NMR 测得水分形态结果的相关分析	140
第四节 讨论	140
一、植物蛋白高、低水分挤压技术水分临界值划分的依据	140
二、挤压过程中不同形态水分作用初探	141
第五节 小结	141
第四章 物料水分与挤压组织化产品感官和质构特性的关系	142
第一节 引言	142
第二节 材料与方法	142
一、实验材料	142
二、主要实验设备	142
三、实验方法	143
四、数据处理	144
第三节 结果与分析	145
一、感官特性分析	145
二、色差 ΔE	146
三、断裂拉伸力	146
四、硬度	147
五、咀嚼度	147
六、剪切力	148
七、组织化度	148
八、挤压产品色差、质构参数对物料水分和机筒温度的回归分析	149
九、挤压产品色差和质构参数之间的相关分析	149
第四节 讨论	150
一、物料水分对 SPI 挤压组织化产品色差和质构特性的影响	150
二、植物蛋白挤压组织化产品的评价	151
第五节 小结	152
第五章 物料水分与挤压组织化产品蛋白质特性的关系	153
第一节 引言	153

第二节 材料与方法	154
一、实验材料	154
二、主要实验设备	154
三、实验方法	154
四、数据处理	156
第三节 结果与分析	156
一、蛋白质溶解度	156
二、蛋白质化学交联	156
三、蛋白质亚基	159
四、红外光谱分析	161
五、挤压产品蛋白质特性对物料水分和机筒温度的回归分析	163
六、挤压产品蛋白质特性之间的相关分析	164
第四节 讨论	165
一、挤压前后蛋白质特性的变化	165
二、水分对挤压产品蛋白质特性的影响	166
第五节 小结	167
第六章 挤压组织化过程中水分与蛋白质特性的关系	168
第一节 引言	168
第二节 材料与方法	168
一、实验材料	168
二、主要实验设备	168
三、实验设计	169
四、突然停机操作和样品收集	169
五、理化指标测定	169
六、数据处理	170
第三节 结果与分析	171
一、扫描电镜观察	171
二、蛋白质溶解度	172
三、蛋白质化学交联	173
四、蛋白质亚基	175
五、蛋白质分子质量及其分布	177
六、红外光谱分析	180
第四节 讨论	181
第五节 小结	182
第七章 植物蛋白挤压组织化参数之间的相关分析	184
第一节 引言	184
第二节 典型相关分析	184
第三节 结果与分析	185

一、物料水分与系统参数和产品特性之间的相关分析	185
二、系统参数与产品特性之间的相关分析	186
三、物料水分、系统参数和产品特性之间的典型相关分析	187
第四节 讨论	189
第五节 小结	189
第八章 结论与展望	191
第一节 讨论	191
一、挤压过程中水分的作用	191
二、植物蛋白挤压产品纤维化结构形成机理	192
三、存在问题和不足	194
第二节 主要进展	194
第三节 结论	195
第四节 展望	195
参考文献	196
附录	206
后记	208

第一篇 双螺杆挤压机螺杆作用表征研究

第一章 文献综述

食品挤压技术集原料输送、混合、剪切、蒸煮、成型为一体，具有原料适用范围广、产品种类多、能量利用率高等优点（Harper, 1981）。

食品挤压技术的发展历史大约经历了两个阶段。第一个阶段是在 20 世纪 40 年代以前，主要以成型为目的，如使用活塞式或柱塞式挤压机制作灌肠、饴饬、通心粉等。第二个阶段是 40 年代以后，挤压被认为是高温短时的生物反应过程，可以对多种原材料进行改性，生产中间或最终产品，如挤压组织化蛋白、变性淀粉、改性纤维等（Wiedmann, 2004；刘洪武, 2000；Unlu, 1998）。从第二个阶段开始，挤压技术才成为一项重要的食品加工技术。

食品挤压机是实现食品挤压技术的主体设备载体。食品挤压机是由动力模块、挤压模块、控制模块等组成（图 1-1-1）。其中，动力模块包括电机、变速箱等；挤压模块包括喂料器、机筒、螺杆、模头、切割装置、温度控制系统等；控制模块包括各种传感器、计算方法和程序等（耿孝正, 2003；Senanayake, 1999）。

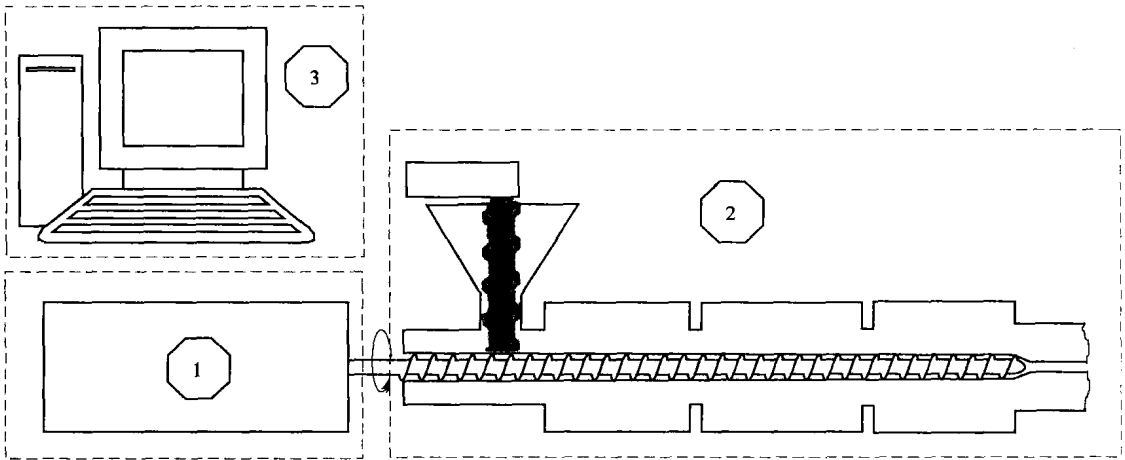


图 1-1-1 挤压机示意图

1—动力模块 2—挤压模块 3—控制模块

从 20 世纪 40 年代开始，单螺杆挤压机开始在谷物膨化加工中得到应用；60 年代，单机生产能力得到很大发展，可以达到 5t/h。70 年代，多台单螺杆挤压机联用，并出现双螺杆挤压机。双螺杆挤压机因其良好的输送、混合性能，可变螺杆组合设计、相对较高的能量利用效率和更广泛的适用性等优点，到 80 年代后，开始呈现出取代单螺杆挤压机的趋势（张裕中等, 1998；Mercier, 1989）。

双螺杆挤压机的种类较多(文东辉等, 1999)。耿孝正(2003)在综合前人经验的基础上认为, 可以根据双螺杆啮合程度、啮合区螺槽开放形式、螺杆转向等对双螺杆挤压机进行分类。根据螺杆啮合程度将双螺杆挤压机分为非啮合型、全啮合型、部分啮合型等类型。非啮合型双螺杆挤压机(Non-Intermeshing Twin Screw Extruder)的特点为螺杆轴线间距离(L)不小于两螺杆外径(R_i)之和; 啮合型双螺杆挤压机(Intermeshing Twin Screw Extruder)的特点为螺杆轴线间距离(I)小于两螺杆外径(R_i)之和; 当 L 等于螺杆外径和螺杆根径(R_o)之和时, 为全啮合型; 当 L 在 $R_i + R_o$ 和 $2R_i$ 之间时为部分啮合型。啮合区螺槽的开放形式决定了物料在啮合区螺槽内的流动形式。物料不能沿着螺槽由一根螺杆流动到另一根螺杆, 则称为纵向(Lengthwise)封闭; 反之则称为纵向开放; 物料可以从一个螺槽流到另一根螺杆相邻的两个螺槽中, 则称为横向(Crosswise)开放; 反之, 则称为横向封闭; 如果横向开放, 则纵向也必然开放。根据螺杆转向可以将双螺杆挤压机分为同向旋转、异向旋转。同向旋转是指挤压机两根螺杆的旋转方向相同, 异向则相反。在食品加工中比较常见的为全啮合、纵向开放、横向封闭、同向双螺杆挤压机, 常被称为同向啮合双螺杆挤压机。

螺杆是挤压机的关键部件之一。物料通过它完成输送、混合、剪切、熔融、成型并挤出的过程(Harper, 1981)。螺杆元件在芯轴上的排列与组合被称为螺杆构型。用于描述或表示螺杆。不同构型的螺杆具有不同的功能。根据研究方法, 螺杆研究可以分为两种, 一是从螺杆几何参数出发, 运用物理学、流变学理论, 建立螺杆的物理模型, 通过理论推导总结出螺杆的数学模型(Li, 2001)。这种方法称为“白箱”模型, 在聚合物挤出中应用较多(Yerramilli et al., 2004; Bakalis et al., 2002)。二是将挤压过程视为“黑箱子”, 采用试验的方法, 运用化学、流变学理论及数理统计, 分析挤压前后物料的变化, 推测螺杆的作用, 称为“黑箱”模型(魏益民等, 2009; Popescu et al., 2001; Cayot et al., 1995)。由于食品原料成分复杂, 并且缺乏在剪切、温度和压力作用下流变学特性变化的基础数据, 因此, 目前仍然以“黑箱”模型研究为主, 即采用试验和数理统计分析的方法。

根据原料的不同, 挤压技术可以应用于富含淀粉谷物的加工, 如意大利面条(通心粉)、谷物早餐食品、休闲膨化食品, 也可以用于富含蛋白质原料的加工, 如组织化蛋白等(杨薇, 2001)。和前者相比, 植物蛋白挤压组织化机理仍不清楚, 尤其是高水分挤压组织化。高水分挤压组织化(物料含水率 $\geq 40\%$, 产品含水率 $\geq 35\%$)是国际上新兴的植物蛋白重组技术(刘克顺等, 2006; Akdogan, 1999)。与低水分挤压相比, 高水分挤压的优势在于产品具有组织化程度高, 弹韧性强, 质地更接近畜禽肉, 而且加工温度较低, 营养成分和生理活性成分损失少, 再结合清洁的包装技术, 产品可以长时间保存。目前, 大豆蛋白高水分湿法挤压小试工艺参数基本明确, 即挤压温度 $145 \sim 155^\circ\text{C}$, 挤压水分 $45\% \sim 50\%$, 螺杆转速 $90 \sim 160\text{r}/\text{min}$, 喂料速度 $20 \sim 40\text{g}/\text{min}$ (魏益民等, 2009)。这一结果为以高水分大豆蛋白挤压组织化为载体, 研究螺杆作用或功能的表征奠定了工艺基础。开展螺杆作用表征研究, 一方面可以完善高水分挤压组织化技术的理论; 另一方面也可以服务于新型大豆组织化蛋白的开发, 改进挤压组织化设备的设计与制造。

第一节 大豆蛋白挤压组织化机理

较早研究大豆蛋白高水分挤压的是日本国家食品研究所。Isobe 等 (1987) 认为, 双螺杆挤压机通过调整螺杆转向、螺杆元件类型和元件位置, 具有降低压力、减少漏流 (leakage flow) 的性能, 比单螺杆更适合加工水分含量高的物料。双螺杆挤压机的应用促进了高水分挤压技术的发展。和低水分挤压技术相比, 高水分挤压的产品具有即食性、特殊的质地, 以及便于工业化、规模化生产等特点。Isobe 等 (1987) 还提出高水分挤压需要解决物料的热传递效率和模头处挤出的不稳定性等问题, 并指出, 可以通过调整挤压工艺, 改进挤压机机筒、螺杆和模头等的设计加以克服。

早在 1981 年, Harper 等描述了大豆蛋白在挤压过程中的变化。天然球状结构的大豆蛋白在挤压机机筒内压力场、温度场、剪切力场以及高能水分的共同作用下, 维持其高级结构的各种化学键发生一系列的变化, 蛋白质失去天然结构, 沿流动方向定向展开“取向”, 在机头处受突然冷却和模头形状的作用, 形成纤维状的交联结构。

魏益民等 (2009) 系统研究了大豆蛋白高水分挤压组织化过程中挤压条件、系统参数和目标参数的关系, 挤压产品的综合评价和工艺参数优化, 挤压条件对停留时间分布的影响, 以及大豆异黄酮在挤压过程中的变化动力学, 并从化学键、显微结构和蛋白质二级结构变化等方面探索了挤压组织化的机理。

第二节 挤压系统分析模型

在挤压技术的研究中常采用挤压系统分析模型进行分析 (文东辉等, 1999; Meuser et al., 1987)。挤压系统分析模型将挤压过程的参数分为挤压参数 (X)、系统参数 (Y) 和产品参数 (Z)。挤压参数包括设备参数和工艺参数。设备参数包括螺杆构型、模头几何形状等。工艺参数包括螺杆速度、喂料速度、机筒温度、原料特性等。系统参数包括单位机械能耗 (Specific Mechanical Energy, SME)、熔融温度 (Melt Temperature, MT)、停留时间分布 (Residence Time Distribution, RTD)、压力、扭矩等 (Iwe et al., 2001)。产品参数包括感官特性、质构特性、流变学特性等。挤压参数通过剪切速率和剪切应力影响系统参数, 进而影响挤压物料分子结构, 形成特定的产品参数。可见, 螺杆构型属于挤压参数中的设备参数。如果将其作为自变量, 螺杆填充度 (Screw fill degree, FD)、SME (或扭矩)、压力、RTD、产品分子结构、感官特性、力学特性、流变学特性等则为因变量, 可以通过这些指标间接反映螺杆构型或螺杆的作用或功能, 即为螺杆作用的表征。

第三节 螺杆构型变量类型及分解

一、螺杆构型变量类型

螺杆构型的英文表述有 screw configuration 和 screw profile 两种, 前一种较常用。螺杆构型没有公认的定义, 由于双螺杆挤压机的螺杆是组合式设计的, 不同螺杆元件可以