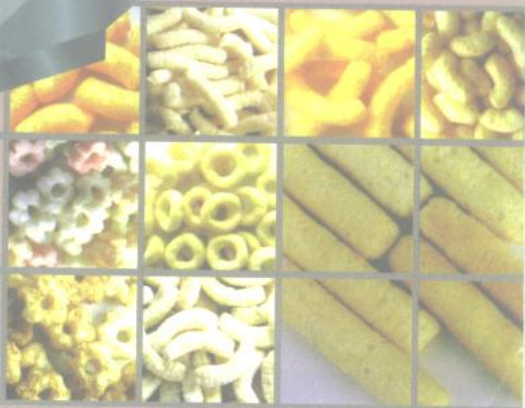
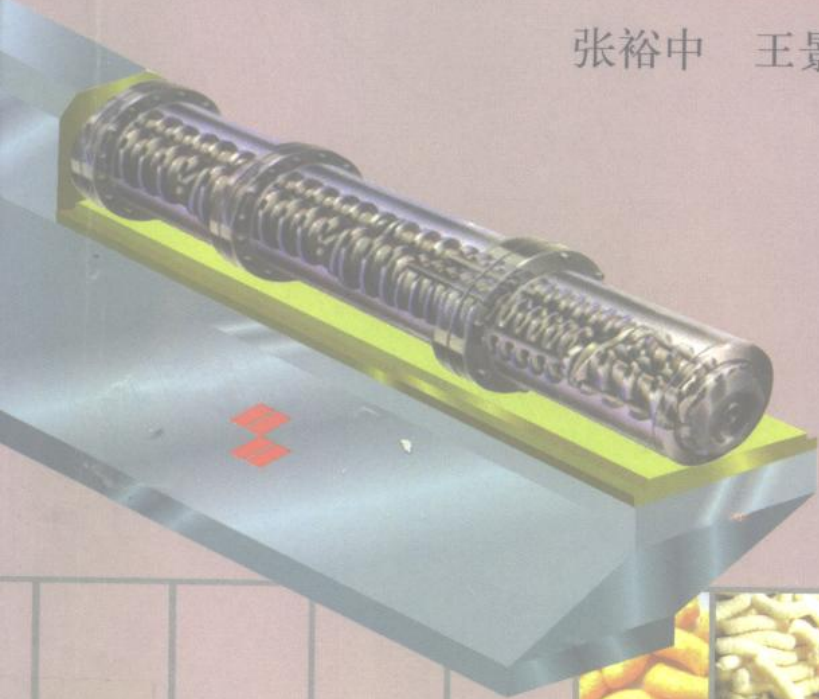



# 食品挤压加工技术 与应用

张裕中 王景 主编



 中国轻工业出版社

# 食品挤压加工技术与应用

张裕中 王 景 主编

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

食品挤压加工技术与应用/张裕中, 王景主编. —北京: 中国轻工业出版社, 1998.8

ISBN 7-5019-2258-6

I. 食… II. ①张… ②王… III. 食品加工-挤压-技术  
IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 19254 号

2025/02

责任编辑: 龙志丹

策划编辑: 龙志丹 责任终审: 滕炎福 封面设计: 李玉辉

版式设计: 丁夕 责任校对: 郎静瀛 责任监印: 徐肇华

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: 中国人民警官大学印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 1998年8月第1版 1998年8月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 10.375

字数: 269千字 印数: 1—4000

书号: ISBN7-5019-2258-6/TS·1405 定价: 23.00元

广告许可证: 京工商广临字 98120 号

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

# 前 言

食品挤压加工技术是集混合、搅拌、破碎、加热、蒸煮、杀菌、膨化及成型等为一体的高新技术，这一技术在我国应用时间不长，但由于它所具有的显著特点而迅速得到了推广应用。随着人民生活水平的不断提高和饮食结构的不断变化，随着对挤压机理研究的不断深入和新型挤压设备的研制开发，用挤压法加工高效节能、富含营养、风味多样化和美味化、食用方便的新型食品已成为我国食品工业在今后相当长一段时期内的发展重点。挤压食品以其自身所具有的无穷魅力深受广大消费者的喜爱，具有广阔的市场前景。

人们在食品挤压加工实践中需要了解食品挤压加工有关知识去指导新型食品开发、挤压设备设计和具体的生产操作，但目前国内有关介绍食品挤压加工技术内容的资料较为缺乏，作者想通过本书的出版，介绍和推广食品挤压加工技术，促进这一技术的研究、开发和应用，更好地为我国食品工业发展服务。若读者能从本书中得到一些启迪，我们将感到极大的欣慰。

本书由张裕中、王景两位同志主编，由张德成同志担任主审。本书共分九章，其编写分工为：第一章、第三章王景，第二章、第四章张裕中，第五章张军，第六章戴宁，第七章张业敏，第八章徐建华，第九章王电波。

本书内容取自于国内外专家、学者的有关专著、译著和论文，本科生、研究生的教材和讲义，以及食品工厂和食品挤压设备制造厂的生产实践。在本书编写过程中得到了不少专家、教授的关心与指导，得到了济南赛信机械有限公司的支持与帮助，并对本书提出了一些宝贵的修改意见和建议，在此谨向关心本书编

写出版的人们表示衷心的感谢。

鉴于作者水平所限，书中缺点错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

1998年1月

# 目 录

## 第一章 食品挤压加工概述

1.1 挤压加工技术应用与展望 .....	1
1.2 挤压加工原理与特点 .....	4
1.2.1 挤压加工原理 .....	4
1.2.2 挤压加工特点 .....	7
1.3 挤压加工系统主要结构 .....	9
1.3.1 挤压加工系统组成 .....	9
1.3.2 螺杆与机筒基本参数 .....	12
1.3.3 常用术语 .....	13
1.4 挤压加工设备分类与比较 .....	14
1.4.1 按挤压机螺杆数量分类 .....	15
1.4.2 按挤压机功能特点分类 .....	21
1.4.3 按挤压机热力学特性分类 .....	22

## 第二章 用于挤压加工的原料和成分

2.1 挤压用原料特点与分类 .....	24
2.2 淀粉 .....	27
2.2.1 淀粉的结构与特性 .....	27
2.2.2 淀粉的种类与作用 .....	29
2.2.3 淀粉的糊化与凝沉 .....	31
2.3 蛋白质 .....	33
2.3.1 蛋白质的作用 .....	33
2.3.2 谷物蛋白质 .....	34

2.3.3	植物蛋白的组织化	37
2.3.4	常用原料中蛋白质含量	43
2.4	水、脂肪与乳化剂	44
2.4.1	水及其作用	44
2.4.2	脂肪及其作用	45
2.4.3	乳化剂	48
2.5	维生素与无机盐	49
2.5.1	维生素及其作用	49
2.5.2	无机盐及其作用	53
2.5.3	微量元素及其作用	55
2.6	物料成分在挤压过程中的变化	58
2.6.1	植物蛋白在挤压中的变化	58
2.6.2	淀粉质在挤压中的变化	59
2.6.3	蛋白质在挤压中的变化	61
2.6.4	脂肪在挤压中的变化	63

### 第三章 挤压加工设备设计与操作

3.1	螺杆与机筒设计	66
3.1.1	螺杆结构设计	66
3.1.2	机筒结构设计	73
3.1.3	螺杆与机筒强度计算	81
3.1.4	螺杆与机筒的配合问题	90
3.2	其它主要装置设计	92
3.2.1	加热与冷却装置	92
3.2.2	加料与切割装置	101
3.2.3	模板与螺杆轴承装置	106
3.3	双螺杆挤压机设计	111
3.3.1	双螺杆的结构参数	111
3.3.2	传动系统与推力轴承布置	116

3.3.3	双螺杆挤压机生产能力计算 .....	118
3.4	螺杆与机筒磨损的分析研究 .....	120
3.4.1	磨损形式与材料寿命 .....	120
3.4.2	磨损试验 .....	122
3.4.3	磨损结果与分析 .....	124
3.4.4	提高使用寿命的措施 .....	133
3.5	挤压生产率与功率计算 .....	135
3.5.1	生产率计算 .....	135
3.5.2	功率计算 .....	143
3.6	挤压加工系统的操作 .....	146
3.6.1	开机前的准备 .....	146
3.6.2	启动操作 .....	148
3.6.3	稳定运行操作 .....	149
3.6.4	停机操作 .....	151
3.6.5	故障排除 .....	152
3.6.6	系统的控制 .....	154

## 第四章 休闲食品的挤压加工

4.1	休闲食品及其成分 .....	156
4.1.1	引言 .....	156
4.1.2	成分 .....	157
4.2	加工设备的配置 .....	162
4.2.1	混合设备 .....	162
4.2.2	进料器 .....	162
4.2.3	调质器 .....	163
4.2.4	挤压机 .....	163
4.2.5	干燥器 .....	164
4.2.6	油炸锅 .....	165
4.2.7	涂料机 .....	166



4.3	直接膨化型休闲食品加工 .....	167
4.3.1	加工过程描述 .....	167
4.3.2	油炸果的加工 .....	169
4.3.3	焙烤果的加工 .....	171
4.4	共挤压型休闲食品加工 .....	173
4.4.1	加工过程描述 .....	173
4.4.2	配料情况 .....	177
4.4.3	其它问题的讨论 .....	179
4.5	间接膨化型休闲食品加工 .....	180
4.5.1	颗粒球型食品 .....	180
4.5.2	片状型食品 .....	183
4.6	模板和切刀的设计 .....	186
4.6.1	模板 .....	186
4.6.2	模孔 .....	186
4.6.3	膨胀力效应 .....	186
4.6.4	分析举例 .....	187

## 第五章 早餐谷物的挤压加工

5.1	引言 .....	191
5.2	早餐谷物及其加工原理 .....	192
5.2.1	早餐谷物的定义 .....	192
5.2.2	早餐谷物基本情况 .....	197
5.2.3	早餐谷物加工过程 .....	198
5.2.4	早餐谷物加工原理 .....	199
5.3	蒸煮加工过程及设备配置 .....	204
5.3.1	沸水蒸煮器 .....	206
5.3.2	蒸汽蒸煮器 .....	207
5.3.3	绝热蒸煮挤压 .....	208
5.3.4	高剪切蒸煮挤压 .....	208

5.3.5	低剪切高压蒸煮	208
5.3.6	低剪切低压蒸煮	209
5.3.7	连续蒸汽预蒸煮	209
5.4	典型早餐谷物加工技术	210
5.4.1	片状谷物食品	210
5.4.2	挤压膨化的早餐谷物	216
5.4.3	焙烤膨化的早餐谷物	218
5.4.4	喷射膨化的早餐谷物	220
5.4.5	纤维状早餐谷物	222
5.5	其它讨论	224

## 第六章 糖果的挤压加工

6.1	引言	226
6.2	糖果挤压加工过程	227
6.2.1	挤压前的准备	227
6.2.2	蒸煮式挤压机	228
6.2.3	成分的添加问题	228
6.2.4	模具的考虑	229
6.2.5	挤压后道工序安排	230
6.3	调味剂及特殊成分	230
6.4	典型挤压糖果的加工技术	232
6.4.1	甘草糖	232
6.4.2	太妃糖	236
6.4.3	硬糖	236
6.4.4	膏质糖果	237
6.4.5	凝胶糖果	239
6.4.6	冻胶糖果	240
6.4.7	巧克力	242
6.4.8	充气糖果	243

6.4.9 口香糖 .....	244
6.4.10 冷冻糖果 .....	246
6.4.11 立体糖果 .....	246
6.5 挤压糖果的市场前景分析 .....	248

## 第七章 水产与宠物饲料的挤压加工

7.1 产品特性介绍 .....	249
7.2 原料及其配方设计 .....	251
7.2.1 蛋白质源 .....	252
7.2.2 淀粉质源 .....	254
7.2.3 脂肪、纤维素和灰分 .....	256
7.2.4 维生素 .....	258
7.2.5 典型配方设计 .....	260
7.2.6 原料制备的考虑 .....	262
7.3 加工设备的选择 .....	264
7.3.1 喂料输送系统 .....	264
7.3.2 预调质操作 .....	266
7.3.3 螺杆与机筒部件 .....	269
7.3.4 成型模具与切割器 .....	274
7.3.5 辅助加工设备 .....	278
7.4 产品质量控制 .....	282
7.4.1 预调质对质量影响 .....	282
7.4.2 挤压操作与质量关系 .....	283
7.4.3 加工过程控制 .....	286
7.4.4 产品质量分析 .....	287
7.4.5 产品质量调试技术 .....	292
7.5 操作成本的分析 .....	293
7.6 典型饲料加工实践 .....	295
7.6.1 鱼虾饲料的挤压加工 .....	295

7.6.2 动物饲料的挤压加工 .....	298
-----------------------	-----

## 第八章 膨化食品生产应用与实践

8.1 全膨化夹心卷(饼)生产工艺及设备 .....	301
8.1.1 工艺流程和工艺分析 .....	302
8.1.2 主要设备配置 .....	303
8.2 膨化谷物片粥生产工艺及设备 .....	305
8.2.1 工艺流程和工艺分析 .....	306
8.2.2 设备配置 .....	307
8.2.3 几点说明 .....	309
8.2.4 工艺配方 .....	310
8.2.5 方便米粥产品标准(草) .....	310
8.3 焙烤玉米早餐酥片生产工艺及设备 .....	311
8.3.1 工艺流程和工艺分析 .....	311
8.3.2 主要设备介绍 .....	312
参考文献 .....	315

# 第一章 食品挤压加工概述

## 1.1 挤压加工技术应用与展望

挤压加工技术作为一种经济实用的新型加工方法广泛应用于食品生产中，并得到迅速的发展。谷物食品的传统加工工艺一般需经粉碎、混合、成型、烘烤或油炸、杀菌、干燥等生产工序，每道工序都需配备相应的设备，生产流水线长，占地面积大，劳动强度高，设备种类多。采用挤压技术来加工谷物食品，在原料经初步粉碎和混合后，即可用一台挤压机一步完成混炼、熟化、破碎、杀菌、预干燥、成型等工艺，制成膨化、组织化产品或制成不膨化的产品，这些产品再经油炸（也可不经油炸）、烘干、调味后即可上市销售，只要简单地更换挤压模具，便可以很方便地改变产品的造型。与传统生产工艺相比，挤压加工极大地改善了谷物食品的加工工艺，缩短了工艺过程，丰富了谷物食品的花色品种，降低了产品的生产费用，减少了占地面积，大大降低了劳动强度，同时也改善了产品的组织状态和口感，提高了产品质量。

早期的食品挤压成型机是肉类和肠制品加工中使用的活塞式或柱塞式灌肠机。该设备虽然是靠挤压进行加工的挤压成型机，但与目前所使用的挤压机大不相同。现在所使用的挤压机是集混合、混炼、熟化、挤出成型于一体的加工设备，它的许多优点在挤压灌肠机中是得不到体现的。本世纪30年代末期，首次把挤压机应用于方便食品谷物的生产中，1936年第一台应用于谷物加工的单螺杆挤压蒸煮机问世，并在该行业中取得成功，第一次生产出了膨化玉米圈。日本在第二次世界大战期间，就用挤压方

法加工米、麦，再经过压制成型作为军粮。在加工过程中，通过添加某些营养元素如矿物质、维生素等制成食用方便，营养价值高，深受人们喜欢的食品。40年代末期，随着挤压技术的发展，挤压机应用在食品领域中进一步扩大，种类繁多的大量方便食品、即席食品、小吃食品、断奶制品、儿童营养米粉等挤压方便产品相继问世。美国用挤压式膨化机生产出小学生课间食品，深受欢迎。50年代初，迅速发展的挤压蒸煮由于省时省力，很大程度上取代了当时的饼干焙烤。利用挤压技术处理淀粉等，取得了较好的糊化效果。60年代中期，挤压机进一步发展完善，应用HTST（高温高压短时杀菌）挤压机对食物进行有效热处理、杀菌、钝化酶活力，也证明了挤压手段对营养成分破坏较少。同时，挤压快餐食品迅速发展起来。挤压加工技术应用领域由单纯生产谷物食品，发展到生产家畜饲料、鱼类饲料、植物组织蛋白等。同时，对所用挤压机的结构设计、工艺参数和挤压过程机理也进行了研究，提高了对挤压加工技术的理论认识。挤压设备由单螺杆发展到双螺杆，适合于加工不同原料的高剪切力挤压机和低剪切力挤压机也被分别应用于不同的生产领域。新的挤压设备，对于改善产品质量，拓宽挤压技术的应用领域起到了推动作用。到了70年代，许多国家纷纷展开挤压机理的探讨，进一步研究各种谷物及蛋白类食物在挤压过程中发生的一系列变化，以及挤压食品的营养与吸收问题。出现了由谷物油、种子蛋白、肉、调味剂，以及半干食品制成的各种不易干燥的挤压动物饲料。对大豆粉进行挤压处理，可获得有咀嚼感的片状或丝状物，再经过破碎处理成为肉类补充物或肉类仿制品。挤压技术在新领域中的应用又有了扩展，如应用于水产品、仿生制品、调味品、乳品、糖果制品、巧克力制品、方便面等食品的加工，以及其它多种领域的应用。

目前，美国生产的大型挤压机生产能力已达每小时几吨至十几吨，挤压产品遍及全国各地及食品业和饲料业，有关挤压技术

和设备的专利已达百余份。日本长期以来对挤压技术及理论，尤其是谷物膨化淀粉的性质方面做了大量的研究。1979年生产的挤压食品就有300多种，大规模地把挤压技术应用于快餐食品及饲料生产工业中。西方许多国家如英国、法国、德国、意大利、瑞士等对挤压技术也做了大量的研究。由于食品工业日新月异的发展，挤压机不断改进与换代，挤压理论不断完善，挤压食品种类也越来越多。

近年来，国外挤压食品已成为单独一大类方便食品，有主食类、早点类、儿童食品、各种小食品等方便食品。膨化大米可做主食面包，点心面包、蒸制品、炸制品等。将玉米挤压膨化后粉碎，加入面包中，使面包具有特殊的口感和香味。美国、日本、前苏联等国把脱脂大豆挤压膨化后配以佐料，制成人造肉（肉松、肉干、火腿）及代乳饮料、速溶饮料。美国和西欧一些国家在挤压谷物粉中添加适量膨化大豆粉和调料，制成冲剂、营养饲料、油茶、面茶、杏仁茶等，可以即时饮用，既方便又富营养。作为主食类的食品还有用挤压谷物做的快餐粥、油煎面包、夹心点心及预煮食品。挤压加工脱水水果产品，可做果酱，也可做水果夹心蛋糕、馅饼及面包的添加料。土豆经挤压膨化后，经油炸可制成香脆可口的美味食品。美国学者将花生蛋白粉进行挤压膨化，使蛋白质组织化、塑性化，作为食品添加料。日本也发表了许多制造挤压膨化产品的专利，以马铃薯、小麦粉、燕麦等为主要原料制作多种主食快餐食品。有挤压奶酪制品、挤压淀粉的制品以及用豆腐渣制作挤压食品等专利。1980年美国学者研究了挤压快餐食品的风味与色泽。在挤压食品中使用部分色素及风味剂，使挤压食品更具吸引力。挤压食品作为方便食品，省时省力，它还可以作为保健食品，给人们健康带来益处。瑞典、美国等国家用廉价的麦麸作原料，经挤压膨化处理，生产高纤维松脆食品（如黑麦干面包），可以帮助人体消化。谷物中添加适量花粉、胡萝卜素及干海藻粉、核黄素等挤压膨化后，使膨化食品含

有大量营养素及维生素，可作为强化食品。

应用挤压技术生产饲料也十分广泛，有挤压猪饲料、家禽饲料、鱼虾饲料及猫狗等宠物饲料等。挤压饲料可以提高营养吸收率，有益于动物的消化吸收，消除胀气，且有天然饲料不可取代的焦香味道，可使动物增加食欲，属上等饲料。

挤压技术不仅在食品工业和饲料工业中应用广泛，而且在其它工业中具有广阔的前景。挤压技术可以应用于发酵工业中，如日本龟甲万酿造株式会社将原料大豆进行膨化处理酿造酱油，蛋白利用率可达90%，提高了酱油的产量和质量，改善了酱油的风味。日本还用挤压原料制曲酒、制豆酱，用挤压谷物腌咸菜（米糠腌的萝卜）等。在建筑业中挤压膨化粉与粉刷浆结合在一起，可以使粉刷浆与墙壁结合牢固。

采用挤压技术加工食品在我国已有悠久历史，但是由于种种原因，长期以来一直停留在爆米花的手工业状态。从70年代中期开始，尤其是近几年来，我国用挤压方法来生产食品得到了很大的发展。随着人民生活水平的提高和饮食结构的变化，随着对挤压机理研究的不断深入和新型挤压设备的研制开发，挤压食品的品种和产量将会日益增多，并朝着高效节能，产品风味多样化和美味化方向发展。

## 1.2 挤压加工原理与特点

### 1.2.1 挤压加工原理

随着挤压技术的应用日益广泛，国内外科技工作者逐渐开始对食品的挤压机理有了一定的研究和了解。挤压研究内容包括原料经挤压后微观结构及物理化学性质的变化、挤压机性能及原料本身特性对产品质量的影响等，为挤压技术在新领域的开发应用奠定了基础。挤压机有多种型式，本书所论述的是螺杆挤压机，它主要由一个机筒和可在机筒内旋转的螺杆等部件组成。



食品挤压加工概括地说就是：将食品物料置于挤压机的高温高压状态下，然后突然释放至常温常压，使物料内部结构和性质发生变化的过程。这些物料通常是以谷物原料如大米、糯米、小麦、豆类、玉米、高粱等为主体，添加水、脂肪、蛋白质、微量元素等配料混合而成。挤压加工方法是借助挤压机螺杆的推动力，将物料向前挤压，物料受到混合、搅拌和摩擦以及高剪切力作用，使得淀粉粒解体，同时机腔内温度压力升高（温度可达 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，压力可达到 $1\text{MPa}$ 以上），然后从一定形状的模孔瞬间挤出，由高温高压突然降至常温常压，其中游离水分在此压差下急骤汽化，水的体积可膨胀大约2000倍。膨化的瞬间，谷物结构发生了变化，它使生淀粉（ $\beta$ -淀粉）转化成熟淀粉（ $\alpha$ -淀粉），同时变成片层状疏松的海绵体，谷物体积膨大几倍到十几倍。

如图1-1所示，当疏松的食品原料从加料斗进入机筒内时，随着螺杆的转动，沿着螺槽方向向前输送，称为加料输送段。与此同时，由于受到机头的阻力作用，固体物料逐渐压实，又由于物料受到来自机筒的外部加热以及物料在螺杆与机筒的强烈搅拌、混合、剪切等作用，温度升高、开始熔融，直至全部熔融，

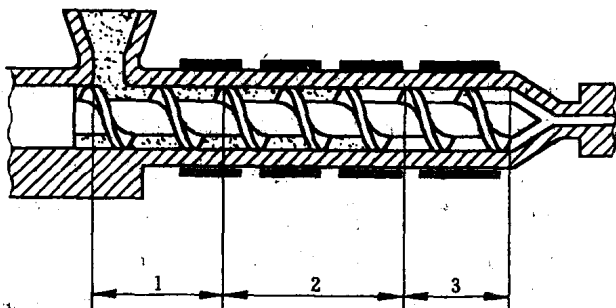


图 1-1 挤压加工过程示意图

1—加料输送段 2—压缩熔融段 3—计量均化段