

现代食品丛书

挤 压 食 品

主 编 金征宇

副主编 徐学明

编 著 谢正军 赵建伟 沈 宇



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

挤压食品 金征宇主编 .—北京: 中国轻工业出版社,
2005.1

(现代食品丛书 高福成主编)

ISBN 7 5019 4567 5

. 挤... . 金... . 挤压 - 食品工艺学
. TS201.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 094685 号

责任编辑: 熊慧珊

策划编辑: 熊慧珊

责任终审: 滕炎福

封面设计:

版式设计: 丁 夕

责任校对: 燕 杰

责任监印: 吴京一

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:

经 销: 各地新华书店

版 次: 2005 年 1 月第 1 版

2005 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 850 × 1168 1 32

印张: 11.375

字 数: 296 千字

书 号: ISBN 7 5019 4567 5 TS·2689

定价: 25.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010 - 65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010 - 88390721 88390722

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读者服务部联系调换

40973K1X101ZBW

序 言

《现代食品丛书》的创作意图是为了适应 21 世纪这一世纪性进程食品工业发展的迫切需要。本丛书将陆续介绍根据近几十年来，由于科学技术迅速发展，从而其概念逐渐引人注意的极富时代特征的新概念食品或食物的发展动向、科学研究及开发生产，以期望本丛书能在这一世纪进程中起到催化这类现代食品工业的发展，促进这类食品稳定生产的作用。值此套丛书即将问世之际，特为序。

在此期望广大读者和食品工业界专家给予大力支持，并提出宝贵建议。

《现代食品丛书》 主编 江南大学 高福成

目 录

1 食品挤压机及其原理	1
1.1 挤压机概述	1
1.1.1 挤压机的功能	1
1.1.2 挤压机的优点	2
1.1.3 挤压机的发展史	3
1.1.4 专用术语	5
1.2 挤压机的种类	7
1.2.1 单螺杆挤压机分类	7
1.2.2 双螺杆挤压机分类	12
1.2.3 新一代的挤压机	15
1.3 单螺杆挤压机	17
1.3.1 单螺杆挤压加工用原料的性质及选择	18
1.3.2 单螺杆挤压系统的设备配置	19
1.3.3 单螺杆挤压加工条件	26
1.3.4 单螺杆挤压机的应用	30
1.4 双螺杆挤压机	41
1.4.1 螺杆式挤压机在食品蒸煮熟化方面的应用	41
1.4.2 挤压蒸煮系统的设备配置	42
1.4.3 双螺杆挤压机的传动系统	48
1.4.4 啮合式双螺杆挤压机的螺杆和机筒结构	50
1.4.5 挤压加工变量	58
1.4.6 结论	63

- 2 食品组分在挤压过程中的变化** 64
 - 2.1 概述 64
 - 2.2 营养素在挤压过程中的变化 66
 - 2.2.1 淀粉 66
 - 2.2.2 膳食纤维 68
 - 2.2.3 蛋白质 70
 - 2.2.4 脂类 72
 - 2.3 维生素、矿物质和其他化学物质在挤压过程中的变化 74
 - 2.3.1 维生素 74
 - 2.3.2 矿物质 75
 - 2.3.3 非营养性植物化学物质 76
 - 2.3.4 天然毒素 77
 - 2.3.5 风味剂 79
- 3 食品挤压工艺实践** 80
 - 3.1 挤压机选型问题 80
 - 3.1.1 挤压机选型的主要依据 80
 - 3.1.2 选用双螺杆挤压机的依据 81
 - 3.2 常见挤压问题及其解决办法 82
 - 3.2.1 常见的产品异常现象 82
 - 3.2.2 问题的根源 83
 - 3.2.3 主要问题及解决措施 83
 - 3.3 典型挤压机的开机程序 87
 - 3.3.1 预启动前的检查 88
 - 3.3.2 预启动程序 89
 - 3.3.3 启动程序 89
 - 3.4 挤压操作经验述评 90
 - 3.4.1 关于产品配方 90
 - 3.4.2 关于物料碎粒度和混合 91

3.4.3	关于预调质	91
3.4.4	关于喂料速度	92
3.4.5	关于挤压机加料部位	92
3.4.6	关于挤出后产品的后处理	93
4	休闲食品挤压技术	95
4.1	休闲食品生产用原料	95
4.1.1	谷物	95
4.1.2	块茎作物	97
4.1.3	加工辅料	97
4.2	休闲食品生产用设备	99
4.2.1	混合设备	99
4.2.2	喂料装置	99
4.2.3	原料预处理装置	100
4.2.4	挤压装置	100
4.2.5	干燥装置	102
4.2.6	油炸设备	102
4.2.7	涂衣装置	103
4.3	直接膨化食品	103
4.3.1	直接膨化休闲食品一般生产工艺	104
4.3.2	油炸玉米片	106
4.3.3	烘烤玉米片	108
4.4	共挤压休闲食品	108
4.4.1	共挤压休闲食品生产工艺	110
4.4.2	共挤压休闲食品配方	112
4.4.3	其他有关挤压休闲食品的问题	114
4.5	二次膨化食品	114
4.5.1	丸状食品生产工艺	115
4.5.2	组合切片食品生产工艺	117
4.6	休闲食品用挤压机模头和切刀的设计	119

4.6.1	模头与模孔	119
4.6.2	挤压力的影响	120
4.6.3	黏弹性的影响	120
4.7	直接膨化 (DX) 型和第三代 (3G) 休闲食品	120
4.7.1	直接膨化型休闲食品	122
4.7.2	第三代休闲食品	124
4.8	休闲食品挤压机工艺应用实例	131
4.8.1	土豆条	132
4.8.2	烤玉米片	132
4.8.3	奶酪夹心食品	133
5	即食早餐谷物食品挤压技术	135
5.1	早餐谷物食品概述	135
5.1.1	早餐谷物食品的概念	136
5.1.2	对早餐谷物食品的进一步认识	140
5.1.3	早餐谷物食品的一般加工过程	141
5.2	即食早餐谷物食品的生产	142
5.2.1	挤压加工的即食早餐谷物食品的种类	142
5.2.2	即食早餐谷物挤压生产用原料	145
5.2.3	即食早餐谷物食品的挤压操作	151
5.3	早餐谷物食品的蒸煮	156
5.3.1	蒸煮原理	157
5.3.2	蒸煮加工的模式	160
5.3.3	沸水式蒸煮	162
5.3.4	蒸汽式蒸煮	163
5.3.5	自热式挤压蒸煮	164
5.3.6	高剪切式挤压蒸煮	164
5.3.7	低剪切式高压挤压蒸煮	165
5.3.8	低剪切式低压挤压蒸煮	166
5.3.9	连续式蒸汽预蒸煮	166

5.4	早餐谷物食品的加工	168
5.4.1	轧片型谷物食品加工	168
5.4.2	挤压膨化型早餐谷物食品加工	175
5.4.3	烘烤膨化型谷物食品加工	177
5.4.4	喷射膨化型谷物食品加工	180
5.4.5	破碎型谷物食品的加工	181
5.4.6	预蒸煮的加热型谷物食品的加工	184
6	组织化植物蛋白挤压技术	186
6.1	挤压蒸煮的组织化植物蛋白的种类	186
6.2	生产组织化植物蛋白的原料	188
6.3	组织化植物蛋白加工时发生在挤压机中的变化	191
6.4	组织化植物蛋白的挤压操作	192
6.5	组织化植物蛋白添加剂	194
6.6	组织化植物蛋白产品	195
6.6.1	挤压组织化大豆蛋白	195
6.6.2	挤压组织化棉子蛋白	197
7	糖果挤压技术	199
7.1	挤压糖果生产工艺	199
7.1.1	挤压前的处理	199
7.1.2	蒸煮挤压机的类型	202
7.1.3	原料的添加与增减	205
7.1.4	模头处的成型	206
7.1.5	糖果挤压后处理	207
7.2	挤压糖果调味品及其他特殊成分	207
7.3	挤压加工糖果	210
7.3.1	甘草糖果	210
7.3.2	太妃糖、焦糖和法奇糖	216
7.3.3	熔化型糖果	217
7.3.4	夹心糖果	220

7.3.5	奶糖和酥糖	221
7.3.6	口香糖.....	225
7.3.7	咀嚼口香糖	226
7.3.8	果冻	228
7.3.9	可及可可粉	230
7.3.10	巧克力	232
7.3.11	挤压反应的糖果产品	234
7.3.12	充气糖果	236
7.3.13	冷冻糖果	238
7.3.14	威化糖果	238
7.3.15	三维糖果	239
7.3.16	用半成品生产的糖果	241
7.3.17	其他糖果产品.....	242
8	宠物食品挤压技术	245
8.1	挤压法生产宠物食品的原理	245
8.1.1	螺纹间断式螺旋挤压机的由来	245
8.1.2	挤压狗食品	249
8.1.3	挤压水产饲料	249
8.1.4	挤压全脂大豆	250
8.2	生产宠物食品的双螺杆挤压机	251
8.2.1	单螺杆挤压机与双螺杆挤压机的一般比较.....	252
8.2.2	双螺杆挤压机对宠物食品的生产适用性	253
8.3	宠物食品挤压设备的制造材料	254
8.3.1	机筒的制造材料	255
8.3.2	螺杆的制造材料	257
8.4	挤压机上的三种磨损形式	259
8.4.1	粗糙磨损	260
8.4.2	黏着磨损	260
8.4.3	腐蚀磨损	263

9	啤酒花挤压技术	266
9.1	概述	266
9.2	挤压酒花生产啤酒苦味物质	267
9.3	挤压技术在啤酒花处理中的应用	270
9.3.1	挤压啤酒花工艺	270
9.3.2	挤压过程中碱盐的选择	271
9.3.3	挤压啤酒花的组成与品质	273
9.3.4	挤压酒花啤酒酿造试验	274
9.4	挤压啤酒花的工业化生产	275
10	食品挤压技术的应用	277
10.1	休闲食品类	277
10.1.1	大米休闲食品	277
10.1.2	玉米休闲食品	281
10.1.3	肉类休闲食品	286
10.1.4	其他休闲食品	291
10.2	早餐谷物类	293
10.2.1	膨化玉米早餐粉	293
10.2.2	玉米片	294
10.3	方便食品类	295
10.3.1	方便米饭	295
10.3.2	挤压方便米粥	298
10.3.3	冲调类	307
10.4	婴幼儿食品	313
10.4.1	膨化米粉类	313
10.4.2	其他类	321
10.5	焙烤类	322
10.5.1	玉米类	322
10.5.2	其他类	324
10.6	膳食纤维膨化食品	327

10.6.1	膨化麦麸纤维食品	327
10.6.2	膨化大豆纤维食品	329
10.7	挤压技术在食品及其他工业中的应用	330
10.7.1	膨化米粉酸奶冰淇淋	330
10.7.2	猪皮蛋白粉	331
10.7.3	挤压膨化技术在酱油酿制中的应用	332
10.7.4	白芍的挤压膨化	333
参考文献		334

1 食品挤压机及其原理

1.1 挤压机概述

挤压是一种强制物料通过模板而成型的简单操作过程。由手工操作的有挤压面条、馅饼皮、面团的压制,肉馅穿过动物犄角进入肠衣时的灌制,人工菜泥器制作的线状软食品的榨制,手动绞肉机等。机械化的挤压设备有金属钳式曲奇饼干成型机,面团压制机,气动(分批)连续灌肠机,牛肉饼成型机,动物饲料制粒机等。Rossen 和 Miller(1973)根据实践已提出了挤压的定义:“食品挤压是一种过程,在此过程中食品原料在混合、加热和剪切的一种或多种组合环境下强制流动,穿过模板成型、膨化和干燥”。

食品挤压机是一种促进食品原料成型和结构重组的装置。挤压工艺是高效多功能的单元操作,这种单元操作能用于多种食品的加工。挤压机可广泛用于蒸煮、成型、混合、组织化。其加工工艺具有低成本、高效的特点,并能使产品令人喜爱的品质得以保存。近年来,挤压机在食品和相关行业的应用越来越多。

1.1.1 挤压机的功能

挤压机内部的工作环境使挤压机具有许多功能,从而使其能广泛应用于食品和其他行业。下面列出挤压机的一些功能:

脱气: 含有气泡的原料通过挤压可驱除气泡;

脱水: 在通常的挤压工艺中,水分可损失 4% ~ 5% ;

膨胀: 挤压机的操作状态和构造能控制挤出物的密度(即浮沉性);

凝胶化：挤压蒸煮促进淀粉糊化；

破碎：在加工过程中，原料在挤压机机筒内受到碾磨；

均化：挤压机使不相容的成分能均质成更适宜的形态；

混合：多种组分在挤压机机筒内产生搅拌作用；

巴氏杀菌消毒：挤压技术产生巴氏灭菌、消毒作用，由此可推广至其他用途；

蛋白质变性：挤压蒸煮能使动物蛋白、植物蛋白产生变性；

成型：通过改变机筒后部的模板，挤压机能产生任何所期望的产品外形；

剪切：挤压机机筒内的特殊构造，可产生适宜的剪切作用以制造特殊的产品；

组织化：在挤压系统中物料的物理和化学结构改变；

加热蒸煮：在挤压机中，物料能得到适宜的蒸煮；

联合作用：挤压机能使不同功能联合起来，形成一种具有特殊性能的产品。

1.1.2 挤压机的优点

与传统食品加工方法相比，挤压机的主要优点包括以下一些方面：

(1) 适应性广 改变原料的成分和挤压机的操作状态，能制作各种各样的产品；在满足用户对新产品的需求方面，挤压工艺具有非凡的适应性。

(2) 产品具有特性 挤压机能生产造型、结构、颜色、外观丰富多彩的产品，这是其他加工方法所不易实现的。

(3) 能源效率高 生产蒸煮类食品时，挤压机在低水分条件下进行操作，因此产品几乎无需干燥。

(4) 成本低 与其他蒸煮和成型工艺相比，挤压具有较低的工艺损耗。据报道，使用挤压工艺可以节约原材料（19%）、劳动力（14%）和资金投入（44%）。并且与传统蒸煮方法相比，

在各种蒸煮单元操作中，挤压蒸煮工艺所需空间较小。

(5) 产品新颖 挤压能改良动物和植物的蛋白质、淀粉以及其他食品成分的性质，生产出各种新颖独特的休闲食品。

(6) 高产和自动控制 挤压机能连续高效地运行，并能实现完全的自动控制。

(7) 高品质 由于挤压是高温、短时过程，它使食品的营养成分损失最小，同时提高了蛋白质、淀粉的消化率。而且在高温下蒸煮挤压能破坏一些抗营养成分，如胰蛋白酶抑制素，有不良作用的脂肪水解酶、脂肪氧化酶，以及一些有害微生物。

(8) 无排水 对食品工业和相关行业来说，这是非常重要的优势。因为，新的环保标准更加严格，花费更高。而挤压生产很少或无污水排放。

(9) 工艺易于放大 从实验获得的数据，按比例地增加挤压系统的产量。

(10) 可用作连续反应器 在一些国家，挤压机正被用作连续反应器来钝化花生食品中的黄曲霉毒素，破坏蓖麻籽等其他油料作物的有毒成分及致敏元素。

1.1.3 挤压机的的发展史

在过去的两个世纪，挤压工艺和挤压机在各行各业同步发展。1797年，英国人 Joseph Bramah 第一次采用挤压原理发明了一种手工操作的活塞式挤压机，用来挤压无缝铅皮管。类似的设备后来被用于加工黏土管、瓷器、肥皂和面团。1869年，英国人 Fellows 和 Bates 制作了第一台著名的连续双螺杆挤压机，首先用于充灌香肠。1873年，德国人 Phoenix Gummiwerke A.G. 制造了第一台著名的单螺杆挤压机，最初用于橡胶生产。

20世纪30年代中期，开发出单螺杆连续面团压制机。20世纪30年代后期，意大利人 Roberto Columbo 和 Carlo Pasquetti 改造了双螺杆挤压机使其适用于制造塑料，美国的 General Mills 公司

首次将单螺杆挤压机应用于谷物快餐食品生产，使预糊化的热面团在挤压机内成型，接着进行干燥、轧片或膨化。

1939年，膨化玉米圈（collets）首次挤压成功，但直到二次大战后（1946年）才被 Adams Corporation 推向市场。1940年，单螺杆榨油机得到了发展和改进，代替了原来效率较低的液压榨油机。20世纪40年代后期，由于对家禽饲料的外观、口味和消化率的要求日益提高，引发了蒸煮挤压机和“均质食品（homogenized food）”市场的蓬勃发展，挤压机首次广泛应用于宠物食品的生产。20世纪50年代，干燥膨化的挤压蒸煮宠物食品得到迅猛发展，代替了焙烤加工的饼块饲料，而新型单螺杆挤压机的开发又扩展了其应用领域，如宠物食品、预煮面条、谷物和油料种子的消毒灭菌，提高了动物饲料组分的营养价值。

20世纪50年代后期，加压预调质器在 Sprout - Waldron 公司生产的挤压机上得到应用，这种预调质器使物料在进入挤压螺杆之前，先经过100℃以上的温度的蒸煮，低成本的预蒸煮使密封挤压机释放出更大的剪切力、更高的生产能力和更好的造型功能。

20世纪60年代，谷物快餐食品的连续蒸煮和成型发展成为“一步法”的蒸煮挤压工艺，它可用于商品化生产半湿的宠物食品和预煮的谷类食品原料，如预糊化淀粉、饼干粉，并且组织化的大豆蛋白产品（或称为人造肉浓缩品）也被开发出来。后者在工业上称为“组织化植物蛋白”（Texturized Vegetable Protein 即 TVP）或“组织化大豆蛋白”（Texturized Soybean Protein 即 TSP）。“干法”（自热式）挤压机用于全脂大豆中胰蛋白酶的钝化，钝化后的大豆出口到海外满足了低廉挤压机对原料的市场需要。

20世纪70年代中期，美国 Wenger 公司（Sabetha Kansas）和德国 Creusot Loire Werner Pliderer 公司生产的第二代单螺杆挤压机和双螺杆挤压机（分螺杆、机筒）投放市场。

20世纪90年代早期，装配调质器、排气孔机筒的第三代深螺纹低自热式挤压机投入生产。

1.1.4 专用术语

每个挤压机生产厂家对自己生产的部件有各种不同的名称和术语，因而有些术语相互混淆、生涩难懂，下面所列术语是挤压工艺中常用的：

进料器——挤压机中待加工物料或混合料的储存仓。

预调质装置——调理物料的水分和温度的装置，使物料进入挤压机前部分或全部蒸煮熟化。

螺杆——输送物料通过挤压机的部件。

螺纹——围绕在螺杆表面的螺旋，使物料向前推进。

螺旋角——螺纹相对于螺杆轴线的倾斜度。

齿根——螺杆轴或螺杆的固定部分，螺纹缠绕在其周围。

螺道（槽）——齿根被螺纹分割形成的螺旋形中空，选择适宜的螺道部件，可装配成具有不同轮廓和作用的螺杆。

剪切栓（销）、剪切环——环形装置，它将每个螺道部件锁定装配在螺杆上。

中空螺杆——螺杆轴或螺杆的固定部分钻孔，可用于循环热或冷的液体，从而调节螺杆表面的温度。

导程——同一条螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离。

螺距——螺纹相邻两牙在中径线上相应两点之间的轴向距离。

螺顶——螺纹最大直径的表面。

齿高——从齿根表面到螺顶表面的径向距离。

切口螺杆——具有切口螺纹的螺杆（螺栓穿过机筒壁嵌入到螺纹断开部位，从而对物料产生剪切；蒸汽亦可穿过螺栓孔注入到物料上）。

机筒——管状筒体，挤压机螺杆在其内部转动。

冷却 加热夹套——包住机筒的空套管，用来循环冷水、蒸汽或其他加热介质，如热油。

排气孔——挤压机模板前机筒上的开口，以便泄压或排出蒸汽。

机筒节（段）——分节制造的机筒，每节机筒都有各自的冷却和加热夹套（每节机筒都有沟槽或螺旋槽，其长度与螺杆相同。在生产实践中，不同类型的机筒节装配起来加强了环绕的螺旋道节的作用）。

长径比（ L/D ）——机筒内腔后缘到机筒卸料末端的距离与机筒内径之比（食品挤压机一般的长径比范围为 $2.1 \sim 25.1$ ）。

1

最后一周螺纹的展开容积之比（压缩比范围一般为 $1.1 \sim 5.1$ ）。

2 模板（模头）——产品脱离挤压机时，使产品成型的最后装置（模孔可直接在模板上钻孔，或被机械加工成具有复杂的模板嵌子，模板一般由耐磨材料制成）。

3 模孔通道——具有恒定模孔厚度的通道，挤压时物料从中

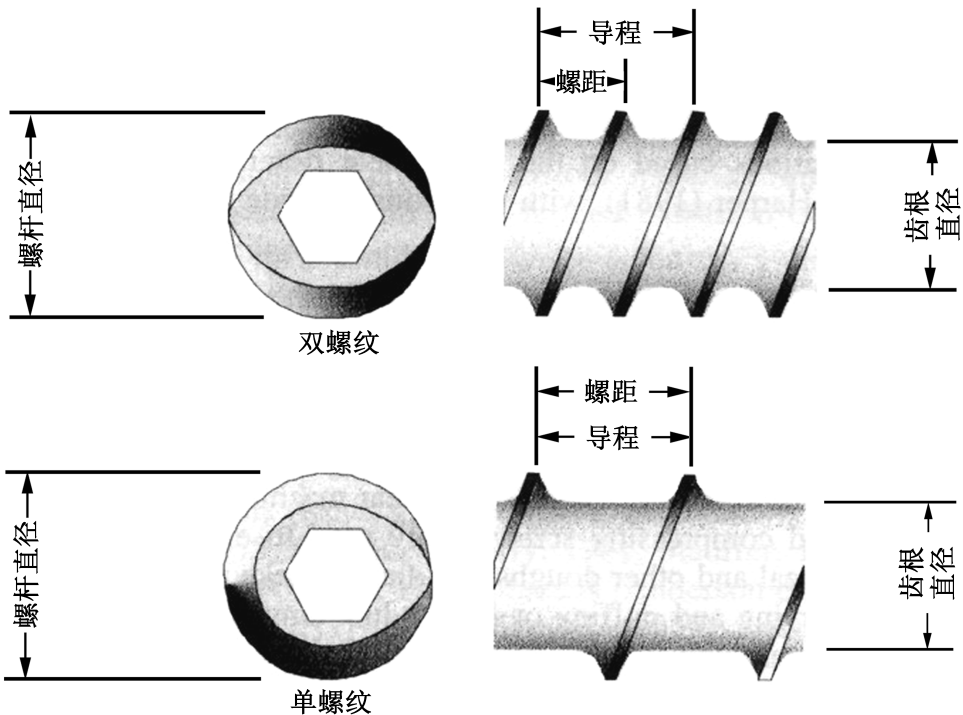


图 1 1 螺杆结构与名称