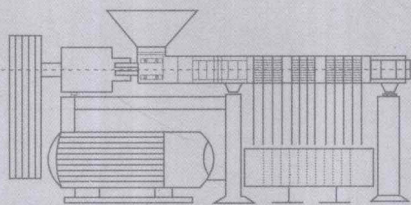


◆东北农业大学博士论丛◆



挤压膨化 制取

菜籽油新技术

孙培灵 著 申德超 审

 中国轻工业出版社

东北农业大学博士论丛

挤压膨化制取 菜籽油新技术

孙培灵 著 > 申德超 审



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

挤压膨化制取菜籽油新技术: 东北农业大学博士论
丛/孙培灵著. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 6
ISBN 978-7-5019-7596-9

I. ①挤… II. ①孙… III. ①菜籽油—植物油制取
法 IV. ①TQ644. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 060993 号

责任编辑: 李 佳

策划编辑: 李 佳 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王超男 责任校对: 燕 杰 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: 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: 2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 850 × 1168 1/32 印张: 5.25

字 数: 136 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7596-9 定价: 15.00 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

90282K1X101ZBW

序

油菜籽是全球排名第三的植物油料（仅次于大豆和棕榈油），目前世界油菜籽年均产量达 6000 万 t 左右，主要分布在中国、加拿大、印度、欧盟、澳大利亚、乌克兰、捷克等十几个国家与地区，这些国家与地区油菜籽产量占世界总产量的 95% 以上。中国是世界上油菜籽第一生产大国，2009 年油菜籽年产量达到 1350 万 t。在我国食用植物油消费中，菜籽油约占总量的 35%，菜籽饼粕约占我国植物饼粕消费量的 25%。由此可见，油菜籽生产对世界及我国油脂和饲用蛋白质的供需起到非常重要的作用。

挤压膨化技术作为一种新兴技术，20 世纪 60 年代中期开始应用于植物油脂加工工业，现在国外已把挤压膨化机作为油脂浸出厂中的标准设备。挤压膨化处理高含油油料工艺在工业中已经应用，但主要是湿法膨化，即在膨化过程中加入湿热蒸汽，该法在膨化处理后需进行适当的烘干加工，增加了工艺流程，造成能源的浪费。本书介绍一种油菜籽加工的新技术，即将干法挤压膨化技术应用于脱皮油菜籽的预处理工艺，该工艺可减少设备投资、降低加工成本。并且，菜籽脱皮后制油，菜油的色泽、品质等指标明显好于未脱皮菜籽油，同时得到的菜粕质量也明显高于未脱皮菜籽饼粕。

本书主要介绍干式高含油油料挤压膨化机在脱壳菜籽挤压膨化浸油预处理工艺中的应用。内容包括干法挤压膨化工艺参数对菜籽压榨油及浸出油出油率的影响；制取优质菜籽油和菜籽饼粕工艺参数的选择；不同预处理工艺生产的菜籽油和菜籽

饼粕品质的对比；挤压膨化工艺参数对脱壳菜籽物料物理性状的影响规律；比较不同预处理工艺和不同挤压膨化工艺参数对菜籽微观结构的影响。这些内容对于干式高含油油料挤压膨化机在脱壳菜籽加工中的应用及推广具有一定的参考价值。

鉴于作者水平有限，本书对于干式挤压膨化技术在油菜籽加工中应用的探究，还有很多缺点和不足，其内容也有待于进一步的研究和深入。作者愿意向该领域的专家和学者学习，进一步拓宽思路、不断完善已有的研究成果，为我国油菜籽加工产业做出贡献。

目 录

1	第一章 概论
1	第一节 油菜籽的结构及其化学特性
7	第二节 挤压膨化技术在油脂加工业中的应用
18	第三节 油菜籽的脱壳制油技术
25	第二章 脱壳油菜籽挤压膨化浸油预处理
25	第一节 脱壳油菜籽加工利用现状
26	第二节 干式高含油油料挤压膨化设备
29	第三节 油菜籽挤压膨化工艺参数范围的确定
31	第四节 不同挤压参数对榨笼段出油率的影响
45	第五节 不同挤压参数对粕残油率的影响
53	第六节 最佳工艺参数的建立
57	第三章 挤压膨化加工对物料物性的影响
58	第一节 膨化物含油率与挤压参数之间的关系
65	第二节 膨化度与挤压参数之间的关系
70	第三节 抗剪切强度与挤压参数之间的关系
73	第四节 膨化物物性与粕残油率之间的关系

77	第四章 脱壳菜籽挤压膨化物料的浸出
77	第一节 油脂浸出的基本理论
78	第二节 萃取模型的建立
82	第五章 挤压膨化加工对脱壳菜籽挤压油脂的影响
82	第一节 菜籽油的品质鉴评指标
87	第二节 不同挤压条件对游离脂肪酸的影响
93	第三节 挤压膨化加工对油脂碘价的影响
93	第四节 不同挤压条件对“新鲜菜籽油”过氧化值及油脂稳定性的影响
100	第五节 不同挤压条件对磷脂的影响
104	第六节 确定生产优质菜籽挤压油的挤压参数
109	第六章 不同预处理工艺对菜籽油脂品质的影响
109	第一节 不同预处理工艺对游离脂肪酸和碘价的影响
111	第二节 不同预处理工艺对油脂过氧化值和油脂稳定性的影响
112	第三节 不同预处理工艺对油脂磷脂的影响
114	第七章 挤压膨化加工对菜籽饼粕的影响
115	第一节 油菜籽中的抗营养因子
121	第二节 挤压膨化加工对菜籽粕中植酸含量的影响
122	第三节 不同挤压条件对菜籽粕中单宁含量的影响

128	第四节	不同挤压条件对菜籽粕中硫代葡萄糖苷含量的影响
133	第五节	加工低抗营养因子饼粕的挤压参数选择
137	第八章	不同预处理工艺对菜籽饼粕的影响
137	第一节	不同预处理工艺对菜籽粕中的单宁含量的影响
138	第二节	不同预处理工艺对菜籽粕中的植酸含量的影响
138	第三节	不同预处理工艺对菜籽粕中的硫代葡萄糖苷含量的影响
140	第九章	挤压膨化对物料微观结构的影响
147		参考文献

第一章 > 概 论

食用油根据来源的不同,分为动物性食用油和植物性食用油。其中植物油占 80%,动物油占 20%。而植物油主要来自于大豆、油菜、花生、向日葵等四大油料作物。

目前世界油菜籽年均产量为 6000 万 t 左右,主要分布在中国、加拿大、印度、欧盟、澳大利亚、乌克兰、捷克等十个国家与地区,这些国家与地区油菜籽产量占世界总产量的 95% 以上,其中中国、加拿大、印度占世界总产量的 65% 左右。

我国是世界上油菜籽第一生产大国,油菜的总产量约占世界的 30%,2009 年油菜籽产量达到 1350 万 t,主要分布在长江流域各省。在我国,豆油、菜油、花生油、棕榈油是消费的主要品种,其中菜油和豆油占消费总量 60% 左右,花生油和棕榈油占 30% 左右。由此可见,菜籽油对油脂的供需起到不可或缺的作用。

第一节 油菜籽的结构及其化学特性

一、油菜籽的结构和基本成分

油菜籽主要是由种皮和胚两部分组成,成熟的果实胚乳已经退化。胚(仁)有两片子叶,子叶内含有丰富的脂肪和蛋白质。种皮(壳)较薄,和子叶连接紧密,所以菜籽很难去皮。成熟的种子多为球形或近似球形,直径为 1.5~2.3mm,体积质量为 560~620kg/m³,品种不同,千粒重为 1~5g 不等。

油菜种子属脂肪质种子,主要含有水分、油分、蛋白质、糖类、矿物质、维生素、色素、植物固醇、酶类等,此外还含有硫

代葡萄糖苷、植酸和多酚物质。

其中脂肪含量最高，含油量为 37.5% ~ 46.3%；其次是蛋白质 24.6% ~ 32.4%，油菜种子中蛋白质氨基酸比较平衡，赖氨酸含量与大豆蛋白相近，蛋氨酸和胱氨酸含量高于大豆蛋白。脂肪和蛋白质主要存在于籽仁中。

菜籽粗纤维含量一般为 5.7% ~ 9.6%，比其他油料和谷物作物都高，它与木质素、矿质盐类及其他物质结合在一起，成为种皮的重要组成部分，它不容易被机体消化和吸收利用。

干燥油菜籽的平衡水分为 6% ~ 8%，主要分布在籽仁中，种皮中很少。

二、菜籽油的脂肪酸组成

食用油脂主要是由甘油三酸酯（甘三酯）组成，即含有一分子甘油与三分子脂肪酸的酯类。菜籽油甘三酯的总含量占油量的 91.8% ~ 99%。具体为硬脂酸（ $C_{18:0}$ ）、油酸（ $C_{18:1}$ ）、亚油酸（ $C_{18:2}$ ）、亚麻酸（ $C_{18:3}$ ）、二十碳烯酸（ $C_{20:1}$ ）和芥酸（ $C_{22:1}$ ）等脂肪酸。

不同品种的油菜，其脂肪酸的组成是不同的。传统高芥酸（ $C_{22:1}$ ）菜籽油中芥酸和亚麻酸含量很高（表 1-1），而对人体营养有利的油酸和亚油酸的含量很低。芥酸是长碳链脂肪酸，沸点高，不易挥发，但容易凝固，在气温为 4℃ 时就凝固硬化，不利于食品加工，也不利于人体的消化吸收。但另一方面，芥酸含量在 55% 以上的高芥酸菜油，在工业上有很大的利用价值，如工业中可作为润滑油，也可用作油漆、塑料、橡胶、肥皂等工业原料。

亚麻酸（ $C_{18:3}$ ）含有 3 个双键，是高度不饱和脂肪酸，虽然 α -亚麻酸是人体必需脂肪酸，但亚麻酸氧化率高，在与空气、光和热接触时，极易氧化变味，使菜油酸败变质，降低油品的货架期，在长时间储存或用来反复煎炸食品后易产生不良气味。

表 1-1 菜籽油和其他植物油脂肪酸的组成

单位：占总脂肪酸%

植物油	软脂酸 (16:0)	硬脂酸 (18:0)	油酸 (18:1)	亚油酸 (18:2)	亚麻酸 (18:3)	二十碳烯酸 (20:1)	芥酸 (22:1)
菜籽油 (高芥酸)	4.0	1.5	17.0	13.0	9.0	14.5	41.0
大豆油	11.5	3.9	24.6	52	8.0	0	0
亚麻油	6.9	3.6	16.0	15	58.5	0	0
花生油	11.4	3.3	54.7	25.7	0	2.3	2.6
玉米油	12.0	2.3	28.3	56.6	0.8	0	0
葵花油	6.6	4.0	15.5	73.7	0	0	0
棉籽油	17.5	2.8	17.9	61.9	0	0	0

亚油酸 ($C_{18:2}$) 是人体必需的脂肪酸, 它容易被消化吸收, 并有降低人体内血清胆固醇和甘油三酯的作用, 可以软化血管和阻止血酸形成, 对人体脂肪代谢起着积极的作用。而油菜中亚油酸含量少, 有必要加以改良提高。

三、双低油菜籽

在加拿大的农业法规中, 双低油菜籽被定义为“油中的芥酸含量 $<2\%$ 、脱油后饼粕中硫代葡萄糖苷含量 $<30\mu\text{mol/g}$ 的甘蓝型 (*Brassica napus*) 和白菜型 (*Brassica campestris*) 品种油菜籽”。我国在双低育种方面与国际先进水平相比, 尚有一定差异。2001 年 4 月 1 日颁布的双低油菜籽的标准为芥酸含量 $<5\%$, 硫代葡萄糖苷含量 $<45\mu\text{mol/g}$ 饼。

为了改善油菜籽的品质, 各国积极开展油菜品种改良工作。加拿大最早开始油菜籽单低 (低芥酸或低硫苷)、双低 (低芥酸、低硫苷) 的育种工作, 到 1974 年加拿大的油菜籽种植已经有 95% 是低芥酸品种, 至 1980 年, 已有 80% 是双低品种。1978 年西加拿大油籽榨油家协会 (WCOCA) 将油中含芥酸低于 5%、

粕中含芥子苷少于 3mg/g (通常测定脂质芥子苷) 的油菜籽注册命名为 “Canola”。目前 “Canola” 仍然垄断国际油菜籽产品市场。

20 世纪 80 年代末, 欧共体国家全面推广双低油菜, 基本普及单、双低品种。其中品质育种成效较大的国家有法国、德国、英国、瑞典、波兰等国。我国开展品质育种工作较迟, 但发展较快。1980 年正式开始单、双低育种工作, 到 1998 年, 共育成优质常规品种 88 个, 其中单低 45 个, 双低 43 个。尤其是华中农业大学傅廷栋院士于 1972 年发现 “油菜波里马细胞雄性不育材料”, 被认为是 “第一个有实用价值的油菜细胞质雄性不育类型”。目前单低、双低菜籽已在世界广泛种植, 我国双低播种面积约占全国总面积的 50%。

双低菜籽品种与高芥酸菜籽品种相比在化学、物理和营养特性方面都有很大的不同。从表 1-2 可以看出: 双低油菜的芥酸、硫苷含量显著降低, 油酸、亚油酸大幅增加, 虽然双低油菜中油酸含量已提高到 65% 左右, 但仍有潜力。目前已在其他植物中找到油酸含量高达 90% 的种, 并在甘蓝型油菜中分离获得油酸含量高达 75% 的变异材料。使菜籽油营养价值明显上升, 成为名副其实的 “最健康的油”。

表 1-2 高芥酸品种与低芥酸品种主要脂肪酸含量比较 单位: %

成分 品种	芥酸 (22:1)	油酸 (18:1)	亚油酸 (18:2)	亚麻酸 (18:3)	硫苷含量 / (mg/g)
高芥酸品种	45 ~ 50	13 ~ 17	11 ~ 13	6 ~ 13	6 ~ 8
双低品种	0.26 ~ 0.42	54 ~ 66	23 ~ 28	6 ~ 13	0.6 ~ 1.0
双低标准	<5				30 $\mu\text{mol/g}$

目前油菜脂肪酸的改良已发展为食用和工业用两个方向。食用目标的改良重点是降低芥酸 ($<5\%$)、降低亚麻酸 ($\leq 3\%$)、

提高油酸含量 ($\geq 70\%$)。工业应用目标的改良重点是提高芥酸含量 ($> 60\%$) 和增加合成中短碳链 (8 ~ 10 个碳链) 脂肪酸的能力。而培育高油份含量品种无论对油菜食用目的或非食用目的的脂肪酸改良都十分重要。中国科学家首次培育出含油量达 60% 的油菜籽。

四、菜籽饼粕的营养成分

1. 常规成分

将油菜籽浸出粕、压榨饼与黄豆浸出粕的营养成分进行比较 (见表 1-3) (肖世平等, 1995), 从常规成分的含量来看, 菜籽饼粕中粗蛋白和矿物质的含量与豆粕相近, 但粗纤维含量明显比豆粕高。粗纤维含量与消化能及代谢能之间呈负相关, 也影响到畜禽的适口性。另外菜籽饼粕对猪的代谢能为 2700 kcal/kg, 高于鸡的代谢能 1900 kcal/kg。

表 1-3 菜籽饼粕的营养成分

成分 品种	干物质	粗蛋白质	粗纤维	脂肪	灰分	无氮		代谢能	
	DM	CP	CF	EE	Ash	消化能		/ (mcal/kg)	
	/%	/%	/%	/%	/%	浸出物 /	(mcal/kg)	猪	鸡
菜籽浸出粕	88.0	38.0	12.1	1.7	7.9	27.8	2.43	2.70	1.90
菜籽压榨饼	91.7	35.7	12.1	9.7	8.0	26.8	2.68	2.70	1.90
黄豆浸出粕	87.0	43.8	6	0.5	6.0	30.2	3.30	2.83	2.25

注: 1 cal = 4.185 J。

2. 蛋白质和氨基酸

菜籽粕中粗蛋白含量约为 38%, 比豆粕略低。菜籽粕的粗蛋白 80% 以蛋白质形式存在, 20% 为游离氨基酸、芥酸、核酸等, 而且菜籽粕中的蛋白质绝大部分是球蛋白。其氨基酸的含量比较平衡, 蛋氨酸含量比豆饼高, 但赖氨酸偏低。

由表 1-4 可以看出, 菜籽饼粕氨基酸组成比较平衡, 但氨基酸消化率低于黄豆粕, 所以其蛋白质的质量较差。

表 1-4 菜籽饼粕部分氨基酸含量及表观消化率

	豆饼 /%	菜籽饼 /%	菜籽粕 /%	表观消化率/%			
				粪		回肠	
	国标 2 级	机榨饼	预压浸出粕	豆饼	菜籽饼	豆饼	菜籽饼
蛋白质	43.0	37.5	38.5				
赖氨酸	2.45	1.24	1.32				
蛋氨酸	0.64	0.58	0.64				
胱氨酸	0.66	0.79	0.89				
苏氨酸	1.88	1.39	1.51	90.1	68.5	85.3	59.1
色氨酸	0.68	0.41	0.45	80.2	42.7	77.1	39.9
异亮氨酸	1.76	1.23	1.31				
天门冬氨酸	2.28	2.24	2.35	87.7	78.6	79.6	71.0
丝氨酸	1.41	1.41	1.52	86.8	77.9	73.9	72.3
谷氨酸	6.20	6.36	6.88	87.3	78.6	79.6	71.0
甘氨酸	1.62	1.63	1.72				
丙氨酸	1.49	1.49	1.60				

注: 表观消化率引自倪可德 (1986); 氨基酸含量引自李建凡 (1995)。

实际不同的品种, 不同加工方法、不同机型生产的菜籽饼粕, 其蛋白质和氨基酸消化率差异较大。据吴世林 (1992. 资料报道): 95 型机榨饼粕, 其蛋白质平均消化率为 71.14%, 而 200 型机榨饼粕其蛋白质消化率分别为 66.76%、63.68%。

3. 矿物质

油菜籽中含有各种矿物质, 其含量占种子干重的 4% ~ 5%, 占菜籽饼粕干重的 7% ~ 8%。从表 1-5 (李建凡等, 1995), 可以看出, 与大豆饼粕相比, 仅铜和碘含量较少, 其他矿物质含量都高于大豆饼粕。硒是生物学效率较高的元素, 菜籽饼粕硒含量约是豆粕的 9 倍, 所含磷大约比豆粕多一倍, 且 70% 为无机

磷，而豆饼无机磷仅占 32%。所以尽管菜籽粕中由于含有较多的植酸，降低了钙、铁、锰、磷的利用率，但菜籽饼粕仍可提供丰富的矿物质。

表 1-5 菜籽饼粕与豆粕矿物质含量 单位: mg/kg

品种 \ 成分	钙	磷	铁	铜	锰	锌	硒
菜子饼	0.79	1.04	180	6.60	43.0	65.5	0.98
豆饼	0.32	0.65	120	18.0	32.3	59.0	0.10

4. 维生素

油菜籽中含有丰富的维生素，其中脂溶性维生素存在于菜油中，水溶性维生素存在于饼粕中。菜油中维生素 E 的含量比较丰富，达 38mg/100g，此外含有较多的胆碱、维生素 B₂（核黄素）、维生素 B₅（烟酸）。其中胆碱比豆粕高 1.4 倍，叶酸高 2.2 倍，烟酸高 4.5 倍，核黄素和硫胺也比豆粕略高。这些有利于菜籽粕的饲用性，但菜籽饼中的胆碱可能与芥子碱呈结合状态，不易被鸡肠道吸收而衍化成三甲胺，使鸡蛋的品质下降（见表 1-6）。

表 1-6 菜籽饼与豆饼的维生素含量 单位: mg/kg

品种 \ 成分	胆碱	烟酸	遍多酸	硫胺素	核黄素	叶酸	生物素
菜籽饼	0.67	160	9.5	5.2	3.7	2.3	0.9
豆饼	0.28	29	16	4.5	2.9	1.3	0.3

第二节 挤压膨化技术在油脂加工业中的应用

挤压技术最早是从挤压塑料开始的，随着它的不断发展逐渐应用到各个领域，如食品行业、植物制油工业、发酵领域、医药行业等。挤压技术是在 20 世纪 60 年代初期应用到油脂生产中

的, 1961 年美国 Anderson 公司开始了油料挤压膨化的早期试验; 70 年代初期, 巴西利用油料挤压膨化机进行棉籽油的膨化浸出。目前美国约有 80% 的大豆油厂和 90% 的棉籽油厂采用膨化预处理技术。现在国外已把挤压膨化机作为油脂浸出厂中的标准设备。

一、挤压膨化技术的发展历程

挤压与膨化属于两种不同的加工过程, 挤压是迫使物料在不同状态下流动, 在预定速度下通过一定形状的模孔, 从而改变物料的形态与内部构造, 最终形成改性的中间产品和终端产品的过程。在食品挤压领域, 使用的挤压机主要有三种: 活塞式、辊式和螺杆式; 而膨化是指物料在具备了一定能量的条件下, 骤然释放至常态时, 产品朝着能量降低、混乱度增大的方向进行的一种过程, 常利用加热及改变体系压差的方法将原料加工成一种多孔并呈膨松状的产品。目前膨化技术主要包括挤压膨化、气流膨化、微波膨化、油炸膨化等。挤压膨化技术是通过螺杆式挤压膨化设备将挤压与膨化工艺结合在一起, 最早出现的是商业用玉米膨化机。挤压膨化过程是在宏观的热能和机械能作用下, 集中连续的压挤、剪切、混合、蒸煮和物料的塑性化为一体, 从而对物料进行加工获取相应产品的过程。

挤压膨化技术由于其生产效率高, 生产成本低, 使用原料广泛, 产品种类多, 易消化等优点被广泛地应用。挤压技术最早用于塑料工业, 1856 年, 美国人沃德将其用于食品领域并申请了专利, 这也是有关食品挤压技术的最早文献。1869 年第一台用于生产香肠的双螺杆挤出机问世。至 1935 年挤压技术在糖果、焙烤等食品工业上得到应用, 1936 年世界上第一台用于谷物加工的单螺杆蒸煮挤压机膨化玉米果首次试验成功, 并于 1946 年开始商品化, 但这时的挤压技术都是冷挤压技术, 特点是在挤压过程中螺杆的螺旋在内部有网槽的筒体转动, 高度摩擦及强烈剪切

效应可产生一定热量,属于高剪切自热式的螺杆挤压机,可生产出高度膨化的风味小吃食品(刘天印等,2000)。20世纪40年代末,在挤压机的套筒部分引进了加热装置,可对物料进行有目的的连续蒸煮,大大改进了挤压物料的功能性质,提高了其生物利用率和消化能力,所以广泛地应用于方便食品、休闲食品和儿童营养食品的加工中。随着 Arlinson 发现挤压机可使生物聚合物塑化以至形成新的组织结构以后,挤压膨化技术逐渐发展到饲料工业和组织蛋白的生产中(张炳文等,1999)。

20世纪80年代中期美国新泽西州罗杰斯大学的食物工艺研究中心将食品挤压蒸煮列为三大研究领域之一。90年代,美国 WENGER 公司、德国 WP 公司、意大利帕万-马布公司、法国 CLETRAL 公司生产的系列食品挤压机投放市场。目前,美国已有挤压膨化专利技术和设备百余项;日本发表了关于挤压奶酪制品、淀粉制品、豆腐渣等制品的专利(高维道,1986)。此外,由于挤压膨化处理原料优于传统处理方法,在黄酒、啤酒、食醋、酱油等发酵食品工业中都采用挤压膨化技术对原料进行预处理;在医药行业,将膨化粉直接做压片的辅料;在建筑工业上用于填充剂、黏合剂、崩解剂等生产;此外挤压机还可用于各种磷脂淀粉和羧甲基淀粉等变性淀粉的生产(丁虹等,1998)。

我国对挤压食品的认识和研究开始于20世纪70年代中期。1979年,北京市食品研究所在我国首次研制成功食品挤压机。80年代初,北京食品研究所、苏州第二米厂、山东食品发酵工业研究所等进行了有关螺杆挤压膨化机的生产。1985年北京义利食品厂引进德国 WP 公司 C-S7 型双螺杆挤压机,1986年北京蛋白厂引进意大利 MAP 公司 RC27/A 型挤压机,并在此基础上制造出中国双螺杆食品挤压喷爆机。1987年,原北京农业工程大学沈再春研制了 6SLG54-18 型双螺杆食品挤压机。1992年,江苏工程学院孙一源仿造了法国 BC-45 双螺杆食品挤压机。1996年,北京化工大学朱复华、林炳鉴、陈存社自行设计