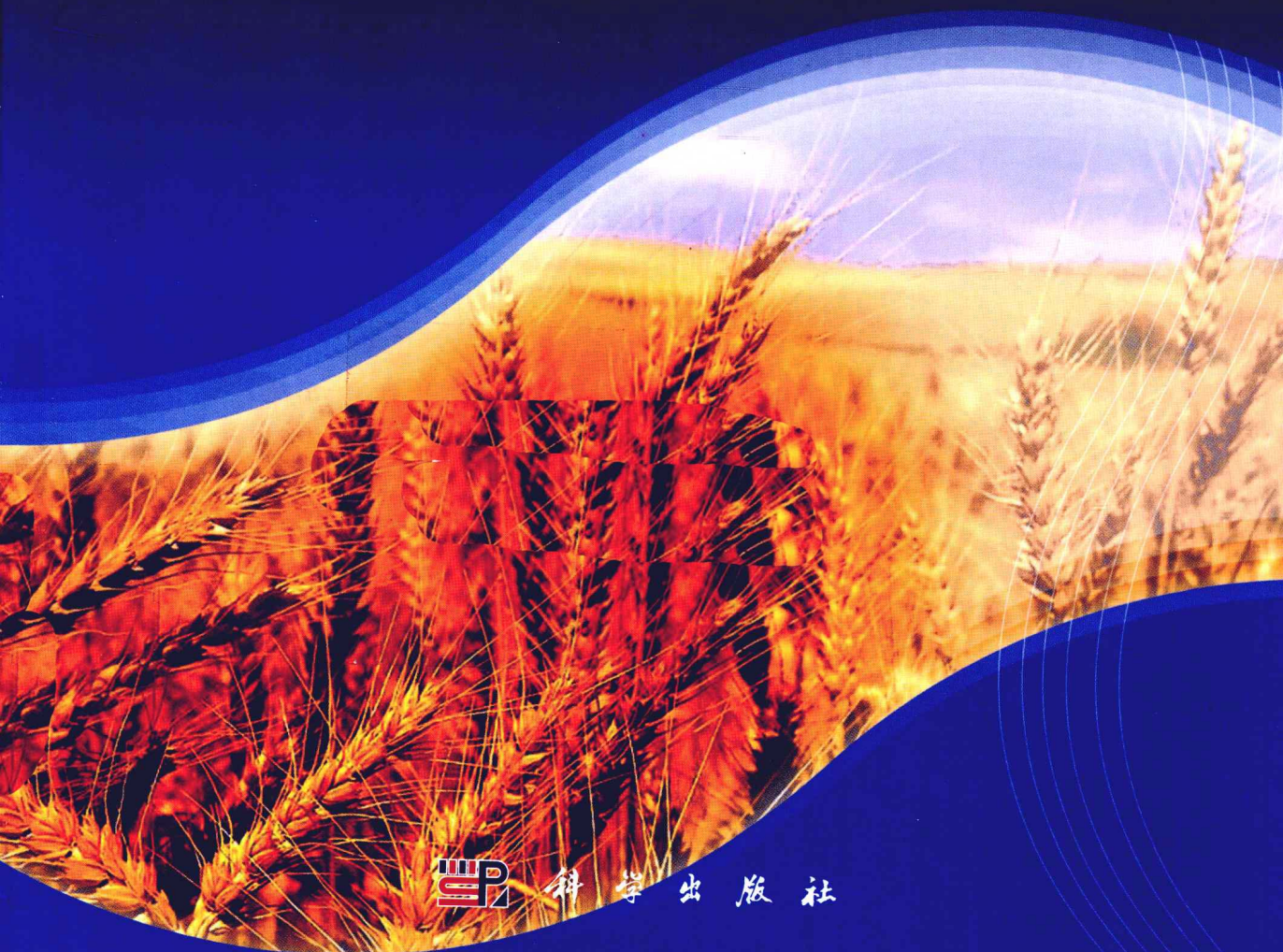


全国“粮食工程”专业系列规划教材

油脂工艺学

于殿宇 主编



 科学出版社

全国“粮食工程”专业系列规划教材

油脂工艺学

主编 于殿宇

副主编 胡立志 王俊国 宋玉卿



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书作为一本系统论述油脂加工利用技术的教材,简述了各种主要植物油料的化学组成及制油特点,系统地阐述了油料预处理、机械压榨法取油、浸出法制油、油脂精炼、油脂的改性与调制,以及主要的油脂产品及典型油脂加工工艺等内容。本书是在总结多年教学经验的基础上,参考了大量的国内外资料编写而成的,在编写过程中,注意理论联系实际,反映了国内外油脂加工生产的新技术。

本书适合作为相关高等院校和科研院所的专业教材,也可供油脂、食品、饮料、医药、化工等行业的科技人员和决策者参考。

图书在版编目(CIP)数据

油脂工艺学/于殿宇主编. —北京:科学出版社,2012

全国“粮食工程”专业系列规划教材

ISBN 978-7-03-033325-4

I. ①油… II. ①于… III. ①食用油-制油工艺-高等学校-教材
IV. ①TS224

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 005040 号

责任编辑:席 慧 王国栋 刘 晶/ 责任校对:邹慧卿
责任印制:张克忠/ 封面设计:北京科地亚盟图文设计有限公司

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012年2月第一次印刷 印张:18 3/4

字数:445 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

全国“粮食工程”专业系列规划教材编写委员会

顾 问 殷涌光 (吉林大学)
夏文水 (江南大学)
刘静波 (吉林大学)
李里特 (中国农业大学)
杨同舟 (东北农业大学)

主 任 江连洲 (东北农业大学)

副主任 王兴国 (江南大学)
李新华 (沈阳农业大学)
石彦国 (哈尔滨商业大学)

委 员 (按姓氏笔画排序)

于国萍	于殿宇	马 莺	马 涛
肖志刚	张秀玲	张 敏	周凤英
周慧秋	郭顺堂	程建军	翟爱华

《油脂工艺学》编写人员名单

主 编 于殿宇 (东北农业大学)

副主编 胡立志 (国家大豆工程技术研究中心)

王俊国 (吉林工商学院)

宋玉卿 (吉林工商学院)

委 员 (按姓氏笔画排序)

王世让 (黑龙江广播电视大学)

史加宁 (黑龙江天兴生物科技集团有限公司)

任运宏 (东北农业大学)

刘滨城 (东北农业大学)

罗淑年 (九三粮油工业集团有限公司)

周凤超 (绥化学院)

屈岩峰 (黑龙江东方学院)

前 言

油脂是人类日常生活中不可缺少的重要物质，人类每天都要消费大量的油脂，而人类食用油脂、利用油脂已经有数千年的历史。现代油脂工业近百年来飞速发展，技术不断进步，在人类的生产生活中扮演了极其重要的角色。

我国的油脂工业曾经落后国外先进水平数十年。改革开放后，通过引进国外的先进技术、设备和管理经验，我国的油脂工业取得了突飞猛进的发展。目前，油脂行业的总体水平已经达到或接近世界的先进水平。近些年，国内油脂行业的市场竞争非常激烈，随着我国加入世界贸易组织，油脂市场进一步开放，市场竞争进一步加剧；与此同时，随着国民生活水平的提高，人们对食用油脂的质量、品种要求也越来越高。这要求油脂加工企业在技术、设备、工艺水平和管理水平等各方面努力提高，以更高的效率生产出质量好、品种丰富的食用油脂产品，以应对残酷的市场竞争，同时满足人们不断增长的需求。

油脂工业在目前已形成一个独立的工业体系，它属于粮油加工行业中的一个技术分支，包括油脂工程技术中的相关加工技术、工艺流程、产品质量控制和生产管理等各个环节。油脂工艺学是粮油加工专业的主要专业课程，主要任务是研究植物油料及油脂制取与加工方面的知识，本书主要论述了植物油料及特性、油料预处理、油脂制取、油脂精炼、油脂改性及重要的油脂产品的加工等内容。

本书主编于殿宇，副主编胡立志、王俊国、宋玉卿。参加本书编写的人员有：东北农业大学于殿宇（绪论、第六章的第一节和第三节、第七章），国家大豆工程技术研究中心胡立志（第一章、第三章、第五章），吉林工商学院王俊国（第四章第二节至第六节）、宋玉卿（第二章第一节至第五节）、王世让（第二章第六节、第四章第一节、第六章第二节）、屈岩峰（第六章第四节和第五节），全书绘图由罗淑年、周凤超、刘滨城、任运宏、史加宁完成。参加编写和校验的还有李振岚、王玉、齐颖、常云鹤、孙博、周晓丹、刘晶、于鹏、王妍、陈晓慧、张佳宁、李越、李志平、时敏、王雪、张春艳、宋云花、刘鑫等，在此一并表示感谢。

本书引用了国内外专家学者的相关资料，在此一并表示感谢。在本书的编写过程中，由于时间紧迫，加之作者的水平、条件有限，书中错漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

东北农业大学

2011年8月

目 录

前言	
绪论	1
第一章 植物油料	6
第一节 植物油料的化学组成	6
第二节 主要油料及其制油特点	10
第二章 油料预处理	21
第一节 油料清理	21
第二节 油料水分的调节	35
第三节 油料的剥壳及脱皮	45
第四节 油料生坯的制备	59
第五节 油料蒸炒	71
第六节 油料的挤压膨化	81
第三章 机械压榨法取油	86
第一节 压榨法取油	86
第二节 压榨原油的除渣	104
第四章 浸出法制油	109
第一节 概述	109
第二节 油脂的浸出	113
第三节 混合油的处理	131
第四节 湿粕的处理	141
第五节 溶剂回收	154
第六节 其他制油方法	166
第五章 油脂精炼	176
第一节 原油组分及性质	176
第二节 油脂脱胶	182
第三节 油脂脱酸	191
第四节 油脂脱色	210
第五节 油脂脱臭	220
第六节 油脂脱蜡	232
第六章 油脂的改性与调制	242
第一节 概述	242
第二节 油脂氢化技术	242
第三节 油脂酯交换	253
第四节 油脂分提	259
第五节 主要油脂产品	263

第七章 典型油脂加工工艺流程简介	278
第一节 油脂制取与加工工艺流程的选择.....	278
第二节 油料的预处理压榨工艺.....	280
第三节 油脂浸出工艺.....	285
第四节 油脂精炼工艺.....	287
主要参考文献	291

绪 论

油脂是人类食品原料之一，是人类生命能源和机体代谢不可缺少的物质。油脂也是日用化学、纺织印染、橡胶塑料、化学涂料以及医药等工业的原料。作为一个古老而又新兴的工业领域，随着油脂工业的规模化、集约化经营生产，油脂制品及相关化学品要满足社会的需求，因而迫切地要求我们应尽快了解和掌握具有国际先进水平的油脂加工工艺及设备。了解和掌握油脂生产必须从理论学习入手，熟悉并掌握油脂生产理论、生产工艺及油脂生产技术。

一、油脂工业的重要地位

油脂加工业是粮油工业的重要组成部分，而粮油工业又是食品工业的基础工业分支，油脂加工业为食品工业提供了充足的原料。在我国这样一个农业大国，植物油生产在农副产品生产中占重要比例，在整个国民经济中占有重要的地位。它的主要产品不仅包括食用油脂、工业用油脂，还包括含有较高植物蛋白质的食用和饲料用的饼粕等多种副产品，为食品工业和其他工业提供了重要的原料。油脂工业的发展，不但能够提高人民的物质生活水平，而且还能够带动相关的产业，如饲料工业、种植业、养殖业、机电设备制造业以及食品工业的发展和进步。

油脂是人们日常生活的必需品，它与蛋白质、碳水化合物共同构成人类生存的三大营养物质，在人体内有着十分重要的生理功能，是人类生命的能源之一。油脂的发热量为 37.67kJ/g ，高出蛋白质（发热量为 23.76kJ/g ）或碳水化合物（发热量为 20.37kJ/g ）1 倍左右。油脂也是构成人体细胞组织的组成成分，油脂中的亚油酸、亚麻酸等是人体不能合成的必需脂肪酸，缺乏这类脂肪酸会影响人体正常的生理代谢。油脂中还含有磷脂、甾醇、维生素等营养物质，这些物质与人们的生长发育和维持正常的生理功能有着密切的关系。油脂还可以给食品带来独特的风味、口感和外观。油脂工业生产的各种精制食用油、调和油、人造奶油等广泛应用于人们日常生活之中。

作为蛋白质的重要资源之一的植物蛋白质也越来越引起人们的关注。近些年随着国民经济的飞速发展和人民生活水平的不断提高，对蛋白质的需求量越来越大。作为蛋白质的重要资源之一，对植物蛋白质应用最多的是饲料，饲料中的蛋白质 70% 来源于植物油料蛋白，尤其是大豆蛋白在提油后用于饲料的量每年都以 10% 的速度递增。植物油料加工产生的皮壳还是纤维素、半纤维素、木质素等的主要来源，可用来提取食用纤维或化工原料。将植物油料进行综合性的开发和转化，即从油料中不仅可以提取传统的食用油脂或工业用油，而且还可以提取植物蛋白质、生理活性物质等高附加值产品，既能为社会提供更多的产品，又能提高企业的经济效益，增强企业的竞争力。

油脂工业生产的油脂除了食用外，也是重要的工业原料，在工业上有着广泛的用途，如肥皂、食品、糖果、罐头、油漆、日用化学、润滑剂、甘油、人造橡胶、油布、油墨、塑料等工业都直接或间接以油脂为原料。同时，油脂的产品也广泛用于医药、纺织、制革、选

矿、铸造等方面。

中国是世界油料生产大国之一，世界上大部分油料作物在中国都有种植。全国各省（自治区、直辖市）都有油料种植，如花生集中在山东半岛、黄淮平原、东南丘陵和四川盆地，这些地区所产花生占全国的93%以上；油菜集中在长江流域和西北地区，所产油菜籽占全国的98%以上；芝麻则集中在河南、湖北、安徽、江西等省，所产芝麻占全国的75%以上；其他如胡麻籽集中在西北、华北地区，葵花籽集中在东北、华北地区。

我国油料和油脂的人均生产量还很低，与发达国家相比差距还很大，还要有相当的进口量来满足国内的需求。近些年转基因大豆的进口量在逐年增加，可以说缓解了国内油料短缺的现状，但国际上对转基因大豆的安全性还存在争议。我国油脂的生产已从三级食用油向二级和一级食用油生产发展，高级食用油脂的量占油脂总产量的比重在增加，社会的强大需求是推动油脂工业技术发展的重要动力。

二、油脂工业的发展

油脂制取工业有着悠久的历史。早在人类穴居时代，古代劳动人民在生产实践中就发现从曝晒植物籽仁中可以取得油脂。在发掘埃及坟墓和金辽塔时发现了存有油脂残余物的陶罐，其中包括棕榈油及其分解产物棕榈酸。根据历史学家的论证，大约2000年前，在尼罗河山谷中古老的埃及人民已经把亚麻分开用来加工成纤维和提取油脂。早在14世纪初叶，我国已有楔式榨油的完整记录。17世纪，农书《天工开物》中，对我国特有的水代法制油方法也有了详细的记载，那时世界油脂工业基本上还处于原始的手工生产阶段。1785年英国发明了液压榨油机，到19世纪初期才开始应用在工业上。与此同时，制油的辅助设备也有了许多的改进和发展，如蒸炒锅的使用，直到1830年才由火力加热改用蒸汽加热。从远古时期的中国人、埃及人、腓尼基人采用各种各样原始的机械方法提取油脂，到水压机的使用（1875年），油脂的制取只是手工作坊式的生产活动。随着18世纪产业革命的兴起、城市人口的集中，传统的油脂供应不足，人们迫切需要大量高品质的油脂，近代油脂工业才有了产生的基础。

20世纪之初，首先是螺旋压榨机的发明（1900年），以及它与离心机（1880年）的使用相结合，为近代油脂工业连续化生产拉开了帷幕。油脂真空脱臭（1900年）和油脂氢化（1902年）的发明，使原本仅限于动物油脂为原料的人造奶油（1869年）也有了使用鱼油及植物油的可能。而在此期间，急剧发展的美国棉油业也派生出了起酥油的发明（1911年）。以农产品为基础原料的油脂工业的飞跃发展，得助于“绿色革命”的恩惠。20世纪初迅速增长的美国棉花业，第二次世界大战至今，美国及中南美国家大豆业的蓬勃兴旺，加拿大双低菜籽的成功开发，马来西亚热带棕榈油的异军突起，这些不仅构筑了世界油料的新格局，为全球的油脂加工提供了日益充实的原料，而且随着农业集约化的进展，使得今天油脂工业的国际化、大型化、自动化成为现实。

几乎在发展螺旋榨油机的同时，具有新技术的溶剂浸出法制油也开始出现于工厂。这种浸出法是自1843年法国人在实验室里用二硫化碳提取橄榄油成功后，在工业上开始逐步推广使用，1856年正式采用单罐浸出器从植物油料中提取植物油，这种单罐浸出器的生产效率较低，因此在世界工业发达的国家竞相研制高效的浸出方法，1870年欧洲首先推出逆流萃取（浸出）的罐组式浸出工艺，将小规模浸出法提取油脂生产变成大规模的浸出法提

取植物油生产线；由于罐组的间歇式的操作不能适应工业化的生产要求，发达国家开始研制连续的浸出设备，1919年德国建成连续生产的直立篮斗式浸出器，比利时研制成功履带式浸出器，美国生产拖链式浸出器，这样大规模的多阶段逆流喷淋浸出的浸出器不断完善和改进，使浸出法制油技术在油料加工过程中所占比重越来越大。20世纪40年代出现的更大规模的多阶段逆流喷淋连续式浸出器，如平转式浸出器和环形浸出器将浸出法制油技术又推向一个新的高度。20世纪60年代出现的自动化控制技术成功地在油脂加工业中运用，使浸出法制油技术在油脂加工行业中向大型化、高效率、自动化方向发展，浸出单线生产能力从100t/d上升到1000t/d；进入80年代后，现代化商业的发展更刺激浸出法制油技术的发展，世界范围内商品贸易要求农副产品的加工向特大规模发展，使得浸出生产规模越来越大，先后出现日加工量2000~4000t的生产线，高者达到6000t的生产能力，现在浸出法制油最大单线日生产能力已达近万吨。

油脂浸出技术也为油料蛋白质的利用创造了条件。采用DT式蒸脱机对浸出的湿粕进行脱溶和烘烤处理，可使蛋白质变性，并使大豆的胰蛋白酶、尿素酶失去活性，进而将饼粕作为饲料使用。而采用Lurji式的蒸汽夹套装置低温脱溶、美国Blaw-Know和Alls-Chalmers公司的过热溶剂蒸汽脱溶与闪蒸脱溶，则又为低变性蛋白质食品的原料提供了可能。目前，大豆蛋白食品有脱脂大豆蛋白粉、浓缩大豆蛋白、分离大豆蛋白、组织大豆蛋白、纤维大豆蛋白等品种。特别是1963年美国General Mills公司奥德利（Odell）领导的小组经纺丝、着色、着味研制出像鸡肉那样的食品后，更引起了人们对油料蛋白食品开发的浓厚兴趣。同样，棉粕在除去棉酚，菜籽粕除去葡萄糖苷、异硫氰酸酯（ITC）和噁唑烷硫酮（DZT），葵花籽粕除去绿原酸，蓖麻粕除去蓖麻碱及变应原-A，花生粕除去黄曲霉毒素之后，这些饼粕中的蛋白质也都可以得到充分的利用。

油脂的精炼和加工技术也突飞猛进地发展。1953年美国人格瓦纳发明了混合油精炼，在浸出后的混合油状态中，棉籽油的棉酚色素尚未固定，油的黏度和密度均较低的状态下进行碱炼，因而使得皂脚中的中性油的损失得以减少。随后，比利时的De Smet公司又开发出不使用离心机的混合油精炼法，虽然成本稍高，但是不产生废水，因而有利于环境保护。自1880年N. K. Fuibank对油脂脱色以来，油脂脱色可分为：采用活性白土和活性炭吸附的物理方法；采用重铬酸钠、亚氯酸钠、硫酸、草酸、柠檬酸反应的化学方法。自戴维·韦森发明减压条件下水蒸气蒸馏的油脂脱臭工艺（1900年）以来，在20世纪30年代末，Foster-Wheeler公司率先完成了从间歇式到连续式的变革。油脂真空脱臭（1900年）和油脂氢化（1902年）的发明，使原本仅限于动物油脂为原料的人造奶油（1869年）也有了使用鱼油及植物油的可能。而在此期间，急剧发展的美国棉油业也适逢其时地派生出了起酥油的发明（1911年）。

随着国际上对营养与环境保护的追求及特种油脂热的兴起，其他制油法得到相应的发展。现介绍以下几种。

1. 膨化压榨法

该法用于大豆加工，不需要溶剂。豆粒经破碎进入单螺杆挤压机膨化，再经改进型螺旋榨油机压榨。由于膨化过程钝化了内源蛋白酶抑制剂和脂肪氧化酶，使饼的营养和风味好。榨出的油磷脂含量低，保持了较多的内源生育酚，从而提高油的储存稳定性。榨饼经冷却、磨碎供食品或饲料用。由于全部是机械过程，油和饼系天然产品，生产过程也不影响环境。

2. 压缩气体溶剂浸出

农业原料中有一些是富含生物活性物质的,人们对其开发的兴趣持续增长。这些原料包括米糠、坚果等。为了产品的绿色性质,所用浸出溶剂是丙烷、丁烷、二氧化碳的压缩液体。目前,美国在这方面尚处在试验研究阶段,主要研究原料水分、浸出压力、温度对出油率及单位质量的浸出溶剂浸出的油脂质量和浸出物化学成分的影响。

3. 冷榨法

在大规模生产高品质精炼食用油的同时,许多发达国家的消费者对未经任何化学处理、原汁原味的纯正油产生了兴趣,一个新的冷榨油市场在北欧、英国、德国、法国及瑞士兴起。冷榨法一般为全机械过程,有的为提高出油率,原料先经纤维素酶及果胶酶处理,然后经螺旋压榨机压榨,再经板式过滤机过滤。所用油料多为向日葵籽,也有用亚麻籽、芝麻、南瓜籽,德国多用菜籽。冷榨油在欧洲市场有不同的标识,如“natural un-refined oils”、“natural cold-pressed oils”、“specialty oils”等。

4. 水酶萃取法

该法可同时制取油与蛋白质。以水替代溶剂,借助酶的作用同时制取油和蛋白质是比较新的方法。如果没有酶的参与,油的回收率仅能达到27%~37%。试验用的酶有蛋白酶、淀粉酶及纤维素酶等,单用或复合用;用过的原料有米糠、玉米胚和花生等;工艺条件随原料、产品要求、酶的种类及活性高低不同而有差异。该法目前在国际上仍处于试验阶段,主要产品的得率为77%~92%,蛋白质的得率在68%左右。要达到工业化生产,必须要有新品种和高活性的酶。

三、我国油脂工业的现状与展望

1980年以后,我国油脂工业发生了巨大变化,依靠自主创新,借鉴国外先进管理经验和对引进的先进技术装备消化吸收及再创新,使我国的油料加工能力和生产过程的机械化、自动化程度大大提高。目前,油脂工业的整体发展水平已接近和达到国际先进水平。

1. 油脂化学方面

目前油脂化学关注重点已经转移到油脂成分对人体的营养和功能的研究,如对油脂脂肪酸种类、比例及甘油三酯结构对人体健康作用的研究,利用生物技术和酶工程技术对油脂改性、结构脂质的制备、油脂伴随物的改性、油脂抗氧化性能等进行研究。

2. 油脂加工工艺方面

油料预处理更加重视对油料中各种成分的品质保护。油料脱皮、料坯膨化、料坯湿热处理等技术的应用,大大改善了油脂的品质。浸出技术方面,节能减排受到广泛关注,为降低粕残油、溶剂消耗、能量消耗和提高浸出毛油质量,对混合油负压蒸发、湿粕预脱溶、溶剂尾气回收、乏汽的余热利用进行了深入研究,并取得了良好的效果。油脂精炼方面,水酶法脱胶、有机酸精炼脱胶、物理精炼等为油脂精炼的重点研究内容。膜法脱胶已经进行了多年研究和中试试验,已有某些公司应用于工业化脱胶处理。碱炼中和反应趋向“长混合”,利于减少碱用量及碱炼油磷脂和皂的残留。提高脱色效率及减少白土使用量是近年脱色技术研究重点。降低脱臭工序的能量消耗、提高脱臭效果及减少反式脂肪酸生成是设计新型脱臭工艺和设备时主要考虑的因素。“多合一”脱臭塔,即脱气、加热、汽提、脱臭、热交换、热回收及冷却等操作在同一塔内完成,目前正在研发和推广过程中。为确保食用油脱臭产品的

安全,用闭路循环的高压蒸汽锅炉替代导热油等化学热媒加热方式成为一种发展趋势。

3. 综合利用开发方面

目前大豆脱皮技术在大豆加工厂得到普遍应用,菜籽脱皮和冷榨制油技术得到了突破,为蛋白质的利用打下了很好的基础。我国大豆分离蛋白、浓缩蛋白、组织蛋白产量已居世界前列,花生蛋白饮料、花生组织蛋白已工业化生产。我国已建成世界上最大的蛋白肽饮料生产线,各种功能性分离蛋白、浓缩蛋白产品不断出现,经过改性的大豆浓缩蛋白其性能已接近大豆分离蛋白。利用膜分离技术回收乳清蛋白和净化水技术已在工厂投入使用。从大豆饼粕的乙醇提取物中提取异黄酮、皂苷、低聚糖已取得重要进展。

对油脂加工伴随物利用的研究,主要利用分子蒸馏、超临界流体萃取技术、膜分离技术。浓缩磷脂、粉末磷脂、改性磷脂、磷脂胶囊等已经工业化生产,从脱臭馏出物中分离天然维生素 E、甾醇、脂肪酸甲酯。米糠油中提取谷维素,米糠粕中提取植酸钙、肌醇的技术得到了广泛应用。

生物柴油是植物油作为工业应用的一个重要领域。目前由于食用植物油短缺,我国主要采用烹饪废油、动物脂肪、油脚、废弃植物油作为生物柴油原料,但仍需要解决各种技术难题。

4. 食用油脂安全与营养健康方面

食用油脂的安全问题主要针对其中含有的微量有害成分,包括油料生产或油脂加工过程中产生或带入的。例如,油料从土壤和施用的肥料中吸收的重金属铅、汞、砷等以及其他有害物;油料生长过程中的各种农药残留;储运过程中受到 3,4-苯并芘多环芳烃致癌物的污染,特别是花生、棉籽易造成黄曲霉毒素污染等。

高效、无毒、对环境不产生破坏的新型浸出溶剂将是未来较长一个时期的研究热点。目前我国使用的溶剂馏程采用了新的国家标准,可以大大减少油脂中溶剂的残留。

反式脂肪酸对人体的危害、转基因油脂安全评价、天然抗氧化剂与油脂稳定性、新型脂质的营养功能与安全性等都是亟须展开研究的课题。

四、本课程的任务

“油脂工艺学”是油脂工程专业的一门主要专业课程,是研究油料预处理、油脂制取、油脂精炼的工作原理、工艺过程、工艺效果以及油脂生产设备的一门学科。它的任务是研究油料在加工过程中所发生的物理和化学变化,采用合理的工艺措施以达到提高生产率、提高产品质量、提高产量和降低损耗、降低成本的目的,并对生产设备的构造、工作原理进行研究,以达到安全生产、合理加工、提高设备利用率的要求,同时对新的制油方法和设备进行研究等。

这门课程所涉及的范围很广,它综合了油脂制备和加工工业有关的生物化学、机械设计、化工原理、油脂化学等知识。更因为目前国内制油生产方法多样、油料的品种比较复杂,生产经验和制油的实际经验影响了生产工艺,所以应认真掌握制油基本理论知识,密切联系实际,认真加强生产实践,同时还应与“油脂化学”和“化学工程”等课程密切联系,并与“植物油料综合利用”、“油脂工厂工艺设计”、“浸出油厂安全技术”等课程适当配合,方能获得系统全面的知识。

第一章 植物油料

第一节 植物油料的化学组成

一、植物油料及其分类

油脂工业通常将含油率高于 10% 的植物性原料称为植物油料。植物油料有植物的种子、果皮、块茎等，有些粮食加工的副产物也可作为油料，但大多以植物种子为主。全世界的油料植物在 450 种以上。尽管植物油料品种繁多、分布范围广、成分复杂，但在研究制油工艺时，总可以找到其共同点与规律，即可以根据油料组成的相似性确定其共同且相适应的加工工艺。

植物油料分类方法有多种，可按作物种类分为草本油料（如大豆、油菜籽、棉籽）和木本油料（如油棕果、椰子、油橄榄）；按栽培区域分成大宗油料、区域性油料、野生油料与热带油料等。从制油角度考虑，最普遍的是按照含油率的高低分为低油分（8%~25%）油料与高油分（30%以上）油料两大类。世界性大宗油料有大豆、油菜籽、棉籽、花生仁、油棕果、葵花籽、芝麻、亚麻籽、红花籽、蓖麻籽、巴巴苏籽、椰子干和油橄榄等。我国的大宗油料有大豆、油菜籽、棉籽、花生仁、芝麻、米糠和葵花籽等。我国特有的油料有油桐籽、乌桕籽与油茶籽等。

二、油料种子的化学组成

由于品种、产地、气候、栽培技术以及储藏条件的不同，油料的化学成分及含量有较大的差别，但各种油料中都含有油脂、蛋白质、糖类以及微量成分（如磷脂、游离脂肪酸、色素、维生素、蜡质、烃类等）。主要植物油料的组成见表 1-1。

表 1-1 主要植物油料的组成（%干基）

油料名称	油脂	蛋白质	磷脂	糖类	粗纤维	灰分
大豆	15.5~22.7	30~45	1.5~3.2	25~35	约 9	2.8~6
油菜籽	33~48	24~30	1.02~1.2	15~27	6~15	3.7~5.4
棉籽	14~26	25~30	0.94~1.8	25~30	12~20	3~6.4
棉仁	35~40	34~40	1.25~1.75	33~35	1.2~2.4	4.9~5.2
花生仁	40~60.7	20~37.2	0.44~0.62	5~15	1.2~4.9	3.8~4.6
芝麻	50~58	15~25		15~30	6~9	4~6
油葵籽	40~57	14~16	0.44~0.5		13~14	2.9~3.1
油葵仁	47~66	16~30.4	0.81~1	约 12.6	1.7~2.4	3~4
亚麻籽、仁	31~49.5	15~33.8	0.44~0.73	14~25	4.2~12.5	3.6~7.3
大麻籽	30~38	15~23	0.85	21	13.8~26.9	2.5~6.8
蓖麻籽	40~56	18~28	0.22~0.3	13~20.5	12.5~21	2.5~3.2
蓖麻仁	65~70	26~28	0.25~0.35	20~24	0.5~0.9	2.6~2.8

续表

油料名称	脂肪	蛋白质	磷脂	糖类	粗纤维	灰分
红花籽	24~45.5	15~21		15~16	20~36	4~4.5
芥籽	25~38.3	17.6~32			8.2~11.1	4.8~5.5
油茶仁	40~60	8~9	皂素 8.6	22~25	3.2~5	2.3~2.6
油桐仁	47~63.8	16~27.4		11~12	2.7~3	2.5~4.1
米糠	12.8~22.6	11.5~17.2	0.1~0.5	33.5~53.5	4.5~14.4	5~17.7
米胚芽	19.3~23.8	17.7~23.9	约 0.5	27.8~48.1	2.8~10.11	6.8~10.2
玉米胚芽	34~57	15~25.4	1.0~2.0	20~24	7.5	1.2~6
小麦胚芽	16~28	27~32.9	1.55~2.0	约 47	2.1	4.1
苏籽	33~50.2	22~25				
橡胶籽仁	42~56	17~21		11~28	3.7~7.2	2.5~4.6
核桃仁	60~75	15.4~27		10~10.7	约 5.8	约 1.5
葡萄籽	14~16	8~9		约 40	30~40	3~5
苍耳子仁	41~45	16~18		33~35	0.69	3.45
洋葱籽	22.7	27.1			16.1	5.4
椰子干	57~72	19~21		约 14.6	6~8	4~4.5

1. 油脂

油脂的主要成分是混合脂肪酸甘油脂的混合物，此外还含有少量非甘油三酯成分（如游离脂肪酸等）。通常将常温下呈液体状的称为油，固体状的称为脂。油脂是植物种子在成熟过程中由糖类转化而成的，一般呈球状脂类体存在于植物种子细胞质中。不同油料中的油脂脂肪酸组成虽有不同，但基本性质相近。

2. 蛋白质

油料中除富含油脂外，蛋白质的含量也较丰富，且组成中人类必需氨基酸的品种较齐全，一般油料种子中蛋白质含量为 10%~40%，有的高达 50%，因此植物蛋白已成为油脂工业的另一种主产品。按照蛋白质的理化性质和组成成分可将油料中的蛋白质分为简单蛋白质和结合蛋白质两大类。油料中的简单蛋白质主要是清蛋白、球蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白等，其中球蛋白是油料种子中蛋白质的主要成分，其含量占总蛋白质含量的 80%以上。油料中的结合蛋白质主要有糖蛋白、核蛋白、脂蛋白、磷蛋白、色蛋白等。

蛋白质的性质对制油工艺有很大影响。例如，蛋白质会吸水膨胀增加料坯的可塑性；在加热、干燥、高压等作用下，会发生变性使可塑性降低。此外，蛋白质还能与糖、棉酚等结合。天然蛋白质受物理或化学因素影响时，分子结构发生变化而引起的性质改变称为蛋白质变性。在油料加工过程中，软化、轧坯、挤压膨化、蒸炒、压榨及湿粕蒸脱等工序均会发生蛋白质变性，而蛋白质变性将对油脂生产效果产生重要作用。

酶是一种具有特殊功能的蛋白质，是一种独特的生物催化剂。生物细胞进行生化反应需要具有特定催化性能的各种酶类。正常的油料种子中均含有一定量的各种酶类，在种子成熟、储藏、萌发及生产过程中，这些酶的活性及其作用趋向都有极大变化。籽粒中酶的分布很不均匀，大多分布在胚部和籽粒的外围部分。种子成熟过程的后期，酶的活性显著降低。因此，未成熟油料中酶的活性较成熟油料中酶的活性要高得多。油料中对油脂生产比较重要的酶类主要有脂肪酶、脂肪氧化酶、磷脂酶、脲酶等。

1) 脂肪酶

脂肪酶能催化脂肪的水解和合成反应，它的催化作用具有可逆性。在油料种子成熟时，

能催化脂肪的合成作用；而在种子成熟后的储藏、加工以及种子萌发阶段，则催化脂肪的分解反应。大多数的脂肪酶具有相对专一性，对具有酯键的化合物能起催化作用。除脂肪外，它还能催化由不同脂肪酸和各种醇类所组成的酯的水解作用。

2) 脂肪氧化酶

油料中的脂肪氧化酶可以催化某些高级不饱和脂肪酸及其脂肪酸酯生成氢过氧化物。氢过氧化物很不稳定，生成的最后产物为低分子的过氧化物，如醛、酮、酸等。因此含有这类酶的油料在条件适宜时会迅速发生氧化酸败反应。

脂肪氧化酶的活性与油料种子的种类有关。例如，脂肪氧化酶在大豆种子内的活性很大，而在其他种子内的活性较小。当大豆破碎后，只需少量水分存在，脂肪氧化酶就可以与大豆中的亚油酸、亚麻酸等底物反应，发生氧化降解。用近代的分析手段已鉴定出近百种氧化降解产物，其中许多成分与大豆的豆腥味有关。

3) 磷脂酶

磷脂酶能水解磷脂。磷脂酶主要有磷脂酶 A₁、磷脂酶 A₂、磷脂酶 C、磷脂酶 D 等。磷脂酶 A₁ 能专一性地催化水解天然磷脂 Sn-1 位酰基，但 Sn-2 酰基容易转移到热力学稳定的 Sn-1 位上，结果其生成物与磷脂酶 A₂ 的生成物相同。磷脂酶 A₂ 能专一性地催化水解天然磷脂 Sn-2 位酰基生成溶血磷脂和脂肪酸。磷脂酶 C 作用于磷脂时生成甘油二酯、磷酸胆碱、磷酸乙醇胺、磷酸肌醇等。磷脂酶 D 既可水解磷脂酸与碱基成酯的键，又可在有醇存在的微水体系中催化转酰基反应，使多种含伯、仲位羟基的分子与磷脂上的乙醇胺或胆碱基团进行交换形成新的磷脂。

4) 脲酶

脲酶即尿素酶，属酰胺酶类，它主要存在于大豆等豆类种子中。尿素酶能将动物体内的尿素催化水解，从而使尿素分解放出氨气和二氧化碳，部分氨进入血液将会提高血氨浓度而导致动物机体的中毒。脲酶的热稳定性较高，在制油过程中需要采取一定条件的热处理工艺才能将其钝化和破坏。脲酶含量的高低及其活性大小是豆粕的重要质量指标之一，常作为确认豆粕湿热处理程度的指标。脲酶是大豆的抗营养成分之一。

5) 其他酶类

某些油料中含有硫酸酯酶及糖苷酶。例如，存在于菜籽中的芥子酶，它可将硫代葡萄糖苷（芥子苷）分解形成一系列的有毒分解产物。

3. 糖类

糖类是含有醛基和酮基的多羟基有机化合物，按照糖类的复杂程度可以将其分为单糖和多糖两类。在成熟的油料种子中，糖类的含量一般不大，尤其是在高油分油料中，糖类的含量更少。尽管如此，糖类仍是油料细胞的重要构成部分和主要的储藏物质之一，它对油脂制取工艺有一定的影响。

油料中含有的单糖主要是戊糖和己糖，也含有少量的低聚糖，如蔗糖和棉子糖等。油料中的多糖有淀粉、纤维素和半纤维素。纤维素和半纤维素主要存在于种子外壳和种皮中，种仁中含量很少。在成熟的油料中，淀粉的含量应该是很少的，因为在种子成熟过程中，淀粉已经完全地或者差不多完全地耗在脂肪的生成过程中。有时成熟的油料中也可能遗留少量的淀粉。例如，花生在成熟状态下仍然含有较多量的淀粉；大豆中也可能有相当数量的淀粉存在。油料中淀粉含量的多少因油料的成熟程度而异，油料越不成熟，淀粉含量越高。

糖在高温下能与蛋白质等物质发生作用，生成颜色很深且不溶于水的化合物。在高温下

糖的焦化作用会使其变黑并分解。

4. 类脂物

类脂物是指分子结构或其溶解性与甘油三酯类似，能溶于天然油脂的非甘油三脂肪酸酯的物质。类脂物在油料中的含量不高，但类型复杂。通常将类脂物分为可皂化物和不可皂化物两大类。可皂化的类脂物中，一种是与甘油三酯结构相似的种类（甘油一酯、甘油二酯、脂肪酸、磷脂、糖脂、醚酯），另一种是与甘油三酯不相似的种类（蜡、甾醇酯、神经磷脂）。不可皂化的类脂含量虽微，但其组成及结构十分复杂，主要有甾醇类、烃类、色素、抗氧化物质及微量金属等。

磷脂即磷酸甘油酯，是油料中一种重要的类脂物，其含量在不同油料中各不相同，以大豆中的磷脂含量最多。磷脂中的主要组分为磷脂酰胆碱、磷脂酰乙醇胺、磷脂酰肌醇、磷脂酸等。磷脂不溶于水，也不溶于丙酮，可溶于油脂和一些有机溶剂中。磷脂有很强的吸水性，吸水膨胀形成胶体物质，从而在油脂中的溶解度大大降低。磷脂容易被氧化，在空气中或阳光下会变成褐色至黑色物质。磷脂还可以被碱皂化，可以被水解，此外还具有很好的乳化性。

脂肪酸在油料种子中主要以结合状态存在于油脂中，很少以游离状态存在，尤其是在成熟、干燥的油料种子中，游离脂肪酸含量一般很少。但若油料种子成熟度较差或油料种子在储存过程中发热霉变，油料种子中游离脂肪酸含量就会升高。

纯净的甘油三酯是无色的，但油脂带有色泽，有的原油甚至颜色很深，这主要是各种油溶性色素引起的。色素属于油脂伴随物，即类脂物，从油料中制取的油脂都带有深浅不同的颜色，这是由于油料种子中含有的油溶性色素在油脂制取时转移到油中的缘故。油料种子中的色素一般有叶绿素、类胡萝卜素、黄酮色素和花色素等。个别油料种子中还含有一些特有的色素，如棉籽中的棉酚。油脂中的色素能够被活性白土或活性炭吸附除掉，也可以在碱炼过程中部分被皂脚吸附除掉。

蜡是高级脂肪酸和高级一元醇组成的酯，主要存在于油料种子的皮壳内，且含量很少。米糠油中含蜡较多，为 0.6%~1.8%，称为糠蜡。蜡在油脂中的溶解度随温度升高而增大，在低温冷却时溶解度大大降低，并从油脂中析出。

5. 水分及矿物质

1) 水分

水分是油料种子中的重要成分，种子中所进行的一切物理、化学变化无不与水分有关。油料种子的含水率与种子的成熟程度密切相关，一般未成熟的种子含水率较高，成熟后则较低。成熟油料中的水分以自由水和结合水两种状态存在。自由水、结合水与细胞内其他组分联合在一起构成了原生质体的胶体状态，形成一种密不可分的体系。油料中含有较多疏水性的脂肪，因此干燥油料中的水分几乎全部集中在蛋白质、糖类等亲水物质中。

2) 矿物质

成熟而干燥的油料种子中矿物质（灰分）含量不多，且大多与其他有机化合物结合形成复杂化合物。例如，磷是以磷酸残基的形式存在于磷脂及磷脂酸中，硫是以硫代葡萄糖苷盐的形式存在于油菜籽中，钙镁大多以植酸盐的形式存在于原生质凝胶部分或固定在构成生物膜的蛋白成分中，而某些金属则是许多酶的主要组成成分。一般油料种子含 P、K、Ca、Mg 为多，约占灰分总数的 90%（以其氧化物计），其中又以 K、P 为最多，其量达总灰分的 70%~75%。在油脂制取过程中，矿物质几乎全部被保留在饼粕中。