



国内贸易部部编中等专业学校教材

油脂化学

沈丹平 主编

YOUZHIIHUAXUE

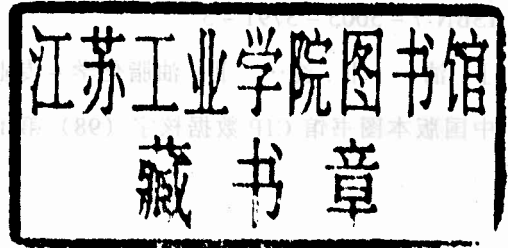
中国财政经济出版社

0719/10

国内贸易部部编中等专业学校教材

油 脂 化 学

沈丹平 主编



中国财政经济出版社

0023000

9110150

林燧对学业中等中融培需最宽内国

学 外 语 教 材

编 者 沈 丹 平

图书在版编目 (CIP) 数据

油脂化学/沈丹平等主编. - 北京: 中国财政经济出版社, 1998. 6

国内贸易部部编中等专业学校教材

ISBN 7-5005-3791-3

I. 油… II. 沈… III. 油脂化学-专业学校-教材 IV. TQ641

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 11366 号

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.com>

e-mail: cfeph@dre.gov.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京东城大佛寺东街 8 号 邮政编码: 100010

发行处电话: 64033095 财经书店电话: 64033436

清华大学印刷厂印刷 各地新华书店经销

787 × 1092 毫米 16 开 15.25 印张 371 000 字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3 055 定价: 18.00 元

ISBN 7-5005-3791-3/TQ·0001(课)

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

中国财政经济出版社

编 审 说 明

为适应建立社会主义市场经济新体制的要求，我部于 1994 年颁发了财经管理类 5 个专业和理工类 7 个专业教学计划。1996 年初印发了以上 12 个专业的教学大纲。《油脂化学》一书是根据新编油脂制取与储检专业教学计划和教学大纲的要求，结合我国科技进步和财税、金融等体制改革的情况重新编写的。经审定，现予出版。它是国内贸易部系统中等专业学校必用教材，也可供职业中专、职工中专、电视中专等选用，还可以作为业务岗位培训和广大企业职工自学读物。

本书由沈丹平主编。参加编写的有：安徽省合肥粮食学校沈丹平（绪论、第一、二、八章），辽宁省粮食学校王明清（第三、四、五章），山东烟台粮食学校李秋霖（第六、七、九章，附录）。由武汉食品工业学院陈文麟审阅。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者不吝赐教，以便于修订，使之日臻完善。

国内贸易部教育司

1998 年 3 月

目 录

绪 论	(1)
第一章 油料的基本结构、分类及化学组成	(5)
第一节 油料种子的结构与分类	(5)
第二节 主要油料种子的形态和特点	(13)
第三节 油料种子化学组成及其存在状态	(25)
第二章 植物油料蛋白质	(30)
第一节 蛋白质概论	(30)
第二节 氨基酸	(32)
第三节 蛋白质	(38)
第四节 酶	(49)
第三章 糖	(57)
第一节 油料种子中的糖类	(57)
第二节 糖的性质	(61)
第三节 糖转化成脂肪的过程	(65)
第四章 油脂及脂肪酸	(69)
第一节 脂肪酸	(69)
第二节 甘油	(76)
第三节 甘油酯	(81)
第五章 油脂和脂肪酸的性质	(88)
第一节 油脂和脂肪酸的物理性质	(88)
第二节 油脂和脂肪酸的化学性质	(100)
第三节 油脂的氢化	(111)
第六章 油脂的酸败和干燥	(116)
第一节 油脂的酸败	(116)
第二节 油脂的干燥与增稠	(127)

目 录

第七章 油料和油脂在储藏、制油过程中的变化	(134)
第一节 油料在储藏和制油过程中的变化	(134)
第二节 油脂在精炼和储藏过程中的变化	(139)
第八章 类脂物及脂肪伴随物	(142)
第一节 类脂物	(142)
第二节 脂肪伴随物	(153)
第九章 油脂综述	(172)
第一节 油脂分类	(172)
第二节 动物油脂及乳脂	(176)
第三节 植物油脂	(179)
实 验	(203)
实验一 尿毒酶活性的测定	(203)
实验二 折光指数测定法	(205)
实验三 粘度测定法	(208)
实验四 碘价的检验	(210)
实验五 皂化价的检验	(213)
实验六 过氧化值测定	(215)
实验七 酸价的测定	(218)
实验八 不皂化物含量的检验	(219)
实验九 磷脂含量的检验	(221)
实验十 油脂定性试验	(224)
附 录	(230)
附录一 常用酸溶液的配制	(230)
附录二 常用碱溶液的配制	(231)
附录三 几种标准溶液的配制和标定	(231)
附录四 常用指示剂的配制	(236)

绪 论

一、油料、油脂的重要性

油脂是人类日常生活中不可缺少的重要物质。大量的油脂用于人类的消费。世界油脂消费市场有三种类型：①直接消费品，如菜油、猪油和大豆油等；②可食性原料，如有些植物种子和海产动物（有花生、芝麻、大豆；沙丁鱼、鲱鱼、鳕鱼等）。③工业用油脂，如牛、羊脂肪及亚麻油、蓖麻油和桐油等。

(一) 油料、油脂的涵义及种类

油脂来源于动植物和微生物，其中三分之二的油脂是由植物种子生产的，植物油脂种类多、差异大、性质各异，所以对其研究较多。我们把含油量在 10% 以上，并在工业上能进行制取的，具有一定经济价值的制油原料，称为“油料”。

油脂又称脂肪，与石油和芳香油有本质的区别。油脂是一大类天然有机化合物，主要是脂肪酸与甘油组成的酯类，它的定义为：“油脂是混合脂肪酸甘油三酯的混合物。”按照一般的习惯，在常温下呈液态的油脂称为“油”；常温下呈固态的油脂称为“脂”。“油”与“脂”只是物理状态的不同，并非化学本质上的区别。例如椰子油的熔点为 25℃ 左右，在其热带原产地（东南亚各国）一年四季都是“油”；而在日本乃至俄罗斯等国，尽管它冬季是“脂”，夏季是“油”，但市场上仍统称为“椰子油”。

为获得植物油脂而栽培的作物，称为油料作物。现在油料作物已遍布世界各地，成为农业不可缺少的重要成分。植物油料可分为三大类：①一年生或二年生草本。例如大豆、向日葵、花生、油菜和蓖麻等。②多年生木本。例如椰子、油棕、油橄榄、乌柏及油桐等。③谷物胚（谷物加工的副产品）。例如玉米胚、小麦胚和米糠（其中含有大米胚）。

油脂的种类可分为三大类：①动物油脂。例如鲸鱼油、鱼肝油、猪油、牛油和乳脂等。②植物油脂。例如花生油、棉籽油、芝麻油、大豆油和菜籽油等。③微生物油脂。也称单细胞生物油脂。

(二) 油料、油脂的重要性

油料的主要成分有蛋白质、脂肪、糖类、矿物质、维生素和水。这些成分不仅是人类重要的营养源，而且在国民经济中也占有很重要的地位。

1. 油料、油脂的营养功能

油脂是人类膳食中主要的三大营养素之一。其重要功能是提供热量、必需脂肪酸及脂溶性维生素等。油脂的含碳量高于蛋白质和碳水化合物，单位重量脂肪产生的热量是蛋白质和碳水化合物的两倍。人们食用一定量的脂肪能延缓食物的消化过程，防止食后过早出现饥饿感。

油脂是组成人体组织细胞的一个重要组分。它提供人体自身无法合成而必须从油脂中获得的脂肪酸（即必需脂肪酸）EFA——亚油酸、亚麻酸、EPA及DHA等。这些脂肪酸与人体大脑的构成与发育、脂类代谢中酶的活性、中枢神经系统的功能、脉搏与血压的调节、类固醇激素及前列腺素的合成原料等密切相关。必需脂肪酸还能调节人体血脂，预防心脑血管疾病的发生等。油脂还含有多种脂溶性维生素，如V_A、V_D、V_E和V_K。缺乏这些物质，人体会产生多种疾病甚至危及生命。油脂还能改善食品风味，例如滋润感及煎炸食品的美味等。油脂还是重要的热传导介质。

在油料的营养组织中，除油脂外，还含有丰富的植物蛋白，所以油料既是制油原料也是蛋白质的重要来源。

蛋白质是人类最重要的营养素之一，它是生物细胞原生质体的重要成分。在人体干物质中约占50%，是皮肤、肌肉、血液、内脏的主体；毛发、骨骼、体内激素、抗体和酶，都是蛋白质或其衍生物。蛋白质还具有重要的生理活性，可构成和修补体内组织并提供热量，能参与体内物质的代谢调节，增加抵抗力，调节渗透压和维持血液酸碱度等。

油料饼（粕）是动物全价配合饲料中蛋白质的主要原料，它能使畜禽快速增长。目前大豆蛋白质的开发利用研究主要集中在分离蛋白、浓缩蛋白和豆乳等三个方面，这些产品用于制作高蛋白质食品，例如作为肉制食品的配料，高蛋白饮料或其它食品。目前大豆已成为世界动物饲料市场发展的决定性因素。

2. 油脂的非营养功能

油脂独特的物理性质，使之具有诸多重要的非营养功能。

油脂是食品加工工业不可缺少的原料之一。以油脂为主要原料制作的起酥油、人造奶油、煎炸油和蛋黄酱等具有改善食品风味、口感、柔软性、保水性及防老化性等特点，使食品便于烘烤和蓬松，使糕点具有美好的脆性。

油脂的工业用途，主要被用作油漆、油墨、润滑及制皂等。利用油脂中所含的脂肪酸可制成结构不同、性能各异的表面活性剂（洗涤剂、乳化剂、润湿剂、印染剂、浮选剂和起泡剂等）以及涂料、增塑剂和合成多聚物等，在冶金、石油、机械、航空、汽车、电器、化工、纺织、建筑和药品等工业和人民生活用品方面都有着非常重要的作用。

二、油料、油脂的生产概况

我国油脂年产量约700万吨，加上进口的100多万吨，人均年占有量大约8公斤。目前世界人均年消费油脂约14公斤，可见我国人均油脂消费水平与世界人均水平有较大差距。可是在我国大中城市人们食用油的消费已普遍超过世界平均水平。广大的农村，尤其是边远农村是食用油消费的“薄弱环节”。世界油料、油脂产量见表绪-1和表绪-2。

新中国的油脂工业经过四十多年的建设，特别是改革开放以来，其结构发生了根本性的变化，呈现出勃勃生机。

70年代前，我国油脂工业的主体是各种机榨法，初步萌生浸出法；进入70年代浸出法制油开始推广，但技术水平不高，所得产品质量欠佳；80年代通过国内专家的研究和引进国外先进浸出、精炼技术与设备，加之油脂设备选型、定型及标准化，使油脂工业的技术与装备上了台阶，逐步向世界先进水平靠拢。到90年代中期，高档食用油（色拉油和高级烹调油）的年产量已接近50万吨，一场食品工业和人民消费的食用油“革命”悄然兴起。人

造奶油、起酥油和冰淇淋用油等的生产也随之跟进；以油厂副产品为原料的综合利用（生产脂肪酸、磷脂、谷维素及皮革加脂剂等）正方兴未艾。

表绪-1 全世界主要油料种子的生产量（百万吨）

	1988/1989 年度	1989/1990 年度	1990/1991 年度
大豆	95.55	107.18	104.06
棉籽	33.21	31.71	34.07
花生	23.18	21.89	21.56
葵花籽	20.37	22.03	22.04
油菜籽	22.70	21.85	25.36
亚麻籽	1.67	1.85	2.32
椰子干	4.28	4.91	4.96
棕仁	2.94	3.34	3.29
合计	203.90	214.76	217.66

表绪-2 全世界主要油脂的生产量（百万吨）

	1988/1989 年度	1989/1990 年度	1990/1991 年度
大豆油	14.56	15.86	15.73
棕榈油	9.57	10.92	10.90
葵花籽油	7.19	7.91	7.74
菜籽油	7.64	7.74	8.68
棉籽油	3.79	3.65	3.93
花生油	3.68	3.43	3.24
椰子油	2.58	2.92	2.95
橄榄油	1.50	1.64	1.67
鱼油	1.61	1.44	1.54
棕仁油	1.25	1.50	1.50
亚麻油	0.53	0.56	0.55
合计	53.90	57.57	58.43

我国“九五”建设规划指出，要使人民生活由温饱型向小康型转变。油脂生产重点是扩大高级食用油的生产能力，使高级食用油产量达到消费总量的30%，同时，适时发展油脂加工制品、植物蛋白制品及食品专用油脂等，使专用油脂、植物蛋白制品的品种以及数量都有较大发展，随国家经济的发展使油脂工业也逐步走向国际化的大环境之中。同时还要开发功能性、营养性油品的生产，研究油脂的营养、代谢及类脂物的药理作用（主要是固醇和维生素E等），油化产品（聚合、裂解、胺类、醇类和特殊脂肪酸等）的合成和应用。应当相信我国的油脂工业在改革开放的大好形势下，通过全体油脂工作者的共同努力将会有更大更

快的发展。

三、学习本课程的主要内容和要求

(一) 主要内容

本课程包括油料化学、油脂化学及油料、油脂性质实验三部分内容。

1. 油料化学

运用物理、化学和生物化学的方法来研究油料的形态、结构、种类和细胞的基本组成；油料内各种化学成分的性质及其存在状态，以及在制油过程中的变化；介绍我国十几种主要油料的分布、品种、形态及主要成分。

2. 油脂化学

在有机化学和生物化学的基础上研究油脂的类型、结构、物理化学性质及重要特性；油脂在制油和储藏过程中的变化；并分析油脂的品质、重要油脂的成分、性状及应用等。

3. 油料、油脂性质实验

根据油料化学和油脂化学的理论，用实验手段分析油料、油脂的物理和化学性质，了解油脂的品质，并指导油品的检测工作。

(二) 学习目的和要求

学习本课程的目的是利用其有关理论知识为从事油脂工程服务；不断改善油料、油脂的加工和精炼过程，合理使用原料，提高生产效率和提高产品质量；生产更多更好的油脂和有价值的副产品。学习本课程必须掌握基本理论知识，明确制油过程中发生的物理、化学变化，解释其工艺过程和条件，并为改进油脂生产打下基础。所以，本课程是为油脂制取和加工、油厂副产品综合利用等课程服务的专业理论基础，通过有关内容的学习，可指导油脂加工和精炼工作，并认识和研究各类油脂；采取适当措施使之能安全储藏以及了解油脂在新领域中的应用趋势等。

1.1	1.1	1.1	1.1
1.2	1.2	1.2	1.2
1.3	1.3	1.3	1.3
1.4	1.4	1.4	1.4
1.5	1.5	1.5	1.5
1.6	1.6	1.6	1.6
1.7	1.7	1.7	1.7
1.8	1.8	1.8	1.8
1.9	1.9	1.9	1.9
1.10	1.10	1.10	1.10
1.11	1.11	1.11	1.11
1.12	1.12	1.12	1.12
1.13	1.13	1.13	1.13
1.14	1.14	1.14	1.14
1.15	1.15	1.15	1.15
1.16	1.16	1.16	1.16
1.17	1.17	1.17	1.17
1.18	1.18	1.18	1.18
1.19	1.19	1.19	1.19
1.20	1.20	1.20	1.20
1.21	1.21	1.21	1.21
1.22	1.22	1.22	1.22
1.23	1.23	1.23	1.23
1.24	1.24	1.24	1.24
1.25	1.25	1.25	1.25
1.26	1.26	1.26	1.26
1.27	1.27	1.27	1.27
1.28	1.28	1.28	1.28
1.29	1.29	1.29	1.29
1.30	1.30	1.30	1.30
1.31	1.31	1.31	1.31
1.32	1.32	1.32	1.32
1.33	1.33	1.33	1.33
1.34	1.34	1.34	1.34
1.35	1.35	1.35	1.35
1.36	1.36	1.36	1.36
1.37	1.37	1.37	1.37
1.38	1.38	1.38	1.38
1.39	1.39	1.39	1.39
1.40	1.40	1.40	1.40
1.41	1.41	1.41	1.41
1.42	1.42	1.42	1.42
1.43	1.43	1.43	1.43
1.44	1.44	1.44	1.44
1.45	1.45	1.45	1.45
1.46	1.46	1.46	1.46
1.47	1.47	1.47	1.47
1.48	1.48	1.48	1.48
1.49	1.49	1.49	1.49
1.50	1.50	1.50	1.50
1.51	1.51	1.51	1.51
1.52	1.52	1.52	1.52
1.53	1.53	1.53	1.53
1.54	1.54	1.54	1.54
1.55	1.55	1.55	1.55
1.56	1.56	1.56	1.56
1.57	1.57	1.57	1.57
1.58	1.58	1.58	1.58
1.59	1.59	1.59	1.59
1.60	1.60	1.60	1.60
1.61	1.61	1.61	1.61
1.62	1.62	1.62	1.62
1.63	1.63	1.63	1.63
1.64	1.64	1.64	1.64
1.65	1.65	1.65	1.65
1.66	1.66	1.66	1.66
1.67	1.67	1.67	1.67
1.68	1.68	1.68	1.68
1.69	1.69	1.69	1.69
1.70	1.70	1.70	1.70
1.71	1.71	1.71	1.71
1.72	1.72	1.72	1.72
1.73	1.73	1.73	1.73
1.74	1.74	1.74	1.74
1.75	1.75	1.75	1.75
1.76	1.76	1.76	1.76
1.77	1.77	1.77	1.77
1.78	1.78	1.78	1.78
1.79	1.79	1.79	1.79
1.80	1.80	1.80	1.80
1.81	1.81	1.81	1.81
1.82	1.82	1.82	1.82
1.83	1.83	1.83	1.83
1.84	1.84	1.84	1.84
1.85	1.85	1.85	1.85
1.86	1.86	1.86	1.86
1.87	1.87	1.87	1.87
1.88	1.88	1.88	1.88
1.89	1.89	1.89	1.89
1.90	1.90	1.90	1.90
1.91	1.91	1.91	1.91
1.92	1.92	1.92	1.92
1.93	1.93	1.93	1.93
1.94	1.94	1.94	1.94
1.95	1.95	1.95	1.95
1.96	1.96	1.96	1.96
1.97	1.97	1.97	1.97
1.98	1.98	1.98	1.98
1.99	1.99	1.99	1.99
2.00	2.00	2.00	2.00

本课程主要讲授油料、油脂的化学组成、物理化学性质、加工工艺及品质检测等。通过学习，使学生掌握油料、油脂的基本理论知识和实验技能，为从事油脂工程服务打下基础。课程内容包括：油料化学、油脂化学、油料、油脂性质实验等。课程特点：理论与实践相结合，注重培养学生的动手能力和创新意识。课程要求：学生应认真听讲，积极参与实验，按时完成作业，提高学习效果。课程考核：采用平时成绩、实验成绩和期末考试成绩相结合的方式，全面评价学生的学习成果。课程资源：提供丰富的教学资料和实验设备，确保教学质量和学习效果。课程评价：定期收集学生反馈，不断优化课程内容和教学方法，提高课程吸引力。课程展望：随着油脂工业的不断发展，本课程将不断更新知识体系，紧跟行业前沿，为学生提供更优质的教育服务。

第一章 油料的基本结构、分类及化学组成

第一节 油料种子的结构与分类

一、油料种子的基本结构与形态

油料作物种类繁多，种子形态、构造各不相同。有球形（油菜籽）、椭圆形（大豆）、扁椭圆形（蓖麻子）、卵形（棉籽）等。种子还含有不同色素而呈现各种不同的颜色和斑纹。有鲜明、暗淡或带有光泽等，例如大豆就有黄色、绿色、紫红、深褐色及黑色之分。

有的油料种子带绒，例如棉籽；有的带壳，例如花生、葵花籽和棉籽等。它们的种子由壳（果皮）和种仁组成，二者不结合在一起，常需要去壳后再制油。有的二者结合紧密的为种皮和种仁（如芝麻、月见草籽及油菜籽等）大多带皮制油。

（一）油料种子的基本结构

油料种子尽管形形色色，性状也复杂多样，但从植物形态学进行观察，绝大多数种子的基本构造仍具有共同性，即每粒种子都有三个相同部分：胚、胚乳和种皮。

1. 胚

胚是种子最重要的部分，通常由受精卵发育而成。受精卵是胚的第一个细胞，它由纤维素构成的细胞壁所包围。受精卵且有高度的活性，经过连续的分裂，形成一团细胞且逐渐发育为种子的胚。各类植物种子，因各组成部分含有率不同，故其形状很不一样，但构成胚的器官则大都相同，一般可分为胚芽、胚轴（胚茎）、胚根和子叶四部分。胚的顶端为胚芽，下端为胚根，中部为胚轴，子叶着生在胚轴上。

（1）胚芽，又称幼芽或上胚轴，它是叶茎的原始体，位于胚轴上端，它的顶部就是茎的生长点。

（2）胚轴，又称胚茎，是连接子叶与胚根的过渡部分，在种子发育前大都不明显。它位于子叶着生点以下，因此也称为下胚轴。胚轴与胚根的界限从外部看不清楚，只有根据详细的解剖学观察才能确定。

（3）胚根，又称幼根，位于胚轴下面，为植物未发育的幼生根，有一条或多条。

（4）子叶，即胚的幼叶，具一片（单子叶植物）或两片（双子叶植物）或多片（裸子植物）。油料作物大多为双子叶植物，子叶在种子内含有丰富的蛋白质和脂肪。双子叶植物种子的胚芽着生于两片叶子之间，子叶起了保护作用。

胚芽、胚轴与胚根形成胚的中轴。胚芽至子叶着生部位之间的一段称为上胚轴；子叶着生处至胚根的一段称为下胚轴。种子萌芽时，胚芽发育成为上胚轴，形成地上部分的枝叶；

胚根发育为初生根；胚茎发育成为根和茎相连的部分。子叶着生于胚轴的两侧，为暂时的叶。子叶与营养叶不同，其功能是贮存养料，或自胚乳中吸收养料。有的种皮脱离后，子叶可暂时进行光合作用，当真叶出现以后，子叶就开始枯萎了。

2. 胚乳

胚乳是种子发育中的特殊营养组织，为胚的发育提供养分。在胚的发育过程中有的胚乳会被吸收而消失。胚乳有两种不同的来源：有些种子成熟时原有的珠心没被吸收，发育成类似胚乳的组织，称为外胚乳，它也具有胚乳的功能。由受精的极核发育而成的称为内胚乳。有些种子成熟时胚乳被吸收完成成为无胚乳种子，像各种豆类，其养分贮存于胚的组织内，尤以子叶内为最多，胚乳被吸收而消失，子叶肥大。另一些种子在成熟时胚乳仍存在，供胚发育成幼苗时的营养，这些种子叫有胚乳种子，如蓖麻和玉米等。一般胚乳种子均以内胚乳比较发达。

3. 种皮

种皮是植物胚珠外的珠被发育而成的，是胚和胚乳外部的保护组织。外珠被发育成外种皮，厚实且坚韧；内珠被发育成内种皮，多呈薄膜状。豆类作物的种皮一般都很发达。在种皮细胞中不含原生质，因此它是无生命的。

种皮的表面状况（光滑程度和有绒毛等）可作为种子在清选和加工时选择工艺的依据。种皮上的花纹（斑纹和网纹）、颜色和绒毛等特点可用来鉴别种类和品种。

在成熟种子外部可看到胚珠发育的遗迹。有些种子在发育过程中胚珠附近的细胞发生了变化，这些遗迹便不复存在了。一般种子外部看到胚珠的遗迹有：种孔、脐、脐带和内脐（图 1-1）。

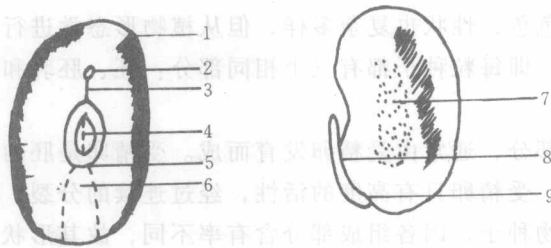


图 1-1 大豆种子的构造

1. 种皮 2. 内脐 3. 脐带 4. 脐 5. 种孔
6. 子叶 7. 胚根 8. 胚轴 9. 胚芽

(1) 种孔，也称发芽孔。当种子发芽时，水分首先从这个小孔进入种子内部，胚根细胞很快吸水膨胀而从小孔伸出。大豆种子的种孔很明显，肉眼就可观察清楚，有些种子很难辨出，可观察其发芽时胚根在种皮上的突破口即为种孔部位。

(2) 脐。种子附着在胎座上的部分叫脐或种脐。也就是种子成熟后从珠柄上脱落时所留下的疤痕。是种子从母体内吸收营养的通道，其颜色往往和种皮不同。大豆的脐有黄白色和黑色等。

(3) 脐带。脐带（种背、种脉）是倒生或半倒生胚珠从胚柄到合点的维管束遗迹。不同的种子其脐带长短不同，豆类和棉籽等种皮上可观察到明显的脐带。

(4) 内脐。内脐是脐带的终点（也称合点），通常呈突起状。在豆类种皮上看得较清楚，是种皮同胚相接的地方，故称“合点”。

二、果实的结构

果实一般由花的子房发育而成，这些果实称为“真果”。也可以由花托、花萼、花冠甚至整个花序参与发育而成，例如梨、苹果和菠萝等的果实，这类果实称为“假果”。

“真果”的结构比较单纯，外为果皮，内含种子。果皮可分为外果皮、中果皮、内果皮三层。外果皮常指表皮，常有气孔、角质和蜡等。中果皮在结构上的变化很大，有时由许多富有营养的薄壁细胞组成，成为果实中的肉质可食部分，例如橄榄等。有些植物（如花生等）的果实成熟时，中果皮常变干收缩，成为膜质或革质，或为疏松的纤维状。内果皮变化也很大，有的内果皮里面生出很多大而多汁的毛，例如柑桔和柚子的果实，可供食用。有的成为坚硬如石的石细胞，例如椰子等。

有些果实的果皮中含有丰富的脂肪，也属于油料，例如油橄榄、乌柏子和油棕果等。

二、油料种子的细胞结构

（一）细胞的基本组成

1. 概念

细胞是生命活动的基本结构与功能单位。所有的植物组织，不是由细胞组成就是从细胞产生的。一粒种子从发芽到开花结果形成下一代种子的过程中，都是其体内的细胞不断进行生命活动的结果。了解油料种子的细胞结构及脂肪、蛋白质和纤维素等物质在细胞内的存在状态，对制油工艺具有重要意义。

2. 形状和大小

把植物体任何一部分切成薄片用显微镜观察即可见到许多细胞。由于所处的位置和机能不同，细胞具有不同的形状。有圆形、星形、长方形、多角形、长筒形和长棱形等。细胞的大小也各不一致，油料种子中的细胞其直径为几十微米（1微米 = 10^{-3} 毫米），必须用显微镜才能看到。几种主要油料种子营养组织中的细胞平均大小列于表 1-1 中。

表 1-1 几种油料种子营养组织中细胞的平均大小

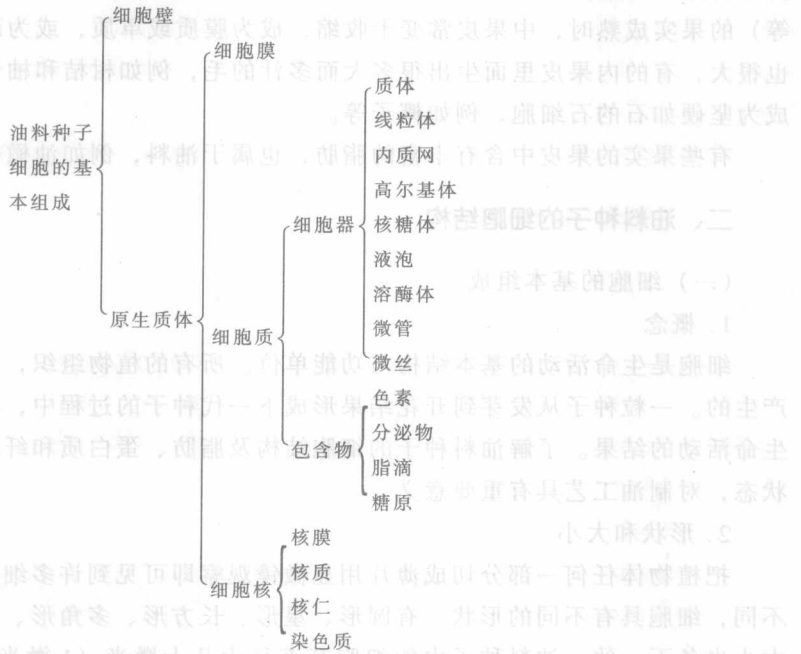
细胞来源	长 (微米)	宽 (微米)	横切面面积 (微米) ²
花生	78.5	47.7	2967
蓖麻籽	58.4	40.4	1873
大豆	68.4	23.5	1530
葵花籽	53.3	21.1	1075
芝麻	28.4	22.2	579
棉籽	27.7	16.9	399
亚麻籽	29.1	13.7	340

3. 基本构造

一般细胞都有相同的基本结构。植物的细胞由原生质体和外围的细胞壁两部分组成。原生质体的最外层是细胞膜，它很薄，用光学显微镜看不见。细胞里面是细胞质和细胞核，细胞质是透明的胶状物，内含细胞器和包含物。细胞器是具有专门结构与功能的小器官，如质

体、线粒体、内质网、核糖体、高尔基体、液泡、溶酶体、微管和微丝等。包含物是细胞生命活动中的代谢产物如色素、分泌粒、脂滴和糖原等。细胞核是细胞的重要部分，它由核膜、染色质、核仁和核质等构成。

成熟油料种子细胞内的原生质体由细胞质、细胞核、质体和线粒体等细胞器所组成，其中含有大量的油脂及其它均匀分布的贮藏营养物质，如蛋白质和淀粉等。油料种子细胞的基本组成可表解如下：



(二) 细胞壁的组成、结构及特点

细胞壁由原生质体向外分泌的产物所构成，包围在原生质体的外面，可使细胞保持一定的形状并起保护和巩固作用。由于植物的种类、细胞的年龄和细胞行使功能的不同，细胞壁在成分和结构上的差别是很大的。细胞壁的主要成分是纤维素、半纤维素和果胶质（果胶酸钙及果胶酸镁）。此外，在植物体外表面的一些细胞壁中，往往含有蜡质及角质等。细胞壁根据形成的时间和化学成分不同分为三层：胞间层、初生壁和次生壁。

1. 胞间层

胞间层（又称中层）是在细胞分裂，产生新细胞时形成的，存在于两个细胞之间，使细胞壁粘合在一起。它的化学成分主要是果胶质。这是一种无定形胶质，有很强的吸水性和可塑性，还具有胶粘和柔软的特性。因此，胞间层既可将相邻细胞粘连在一起，又可缓冲细胞间的挤压，同时又不致阻碍细胞的生长。由果胶质组成的胞间及能在酸、碱溶液、高温或果胶酶的作用下分解而使相连的细胞彼此离散。

2. 初生壁

在细胞的生长过程中，原生质体分泌纤维素、半纤维素和少量的果胶质加在胞间层上，构成细胞的初生壁。初生壁一般比较薄，约1~3微米，质地较柔软，具有弹性和较大的可塑性，能随着细胞的生长而延展。初生壁能使细胞保持一定的形状和伸缩性，有利于细胞的生长和体积的加大。

3. 次生壁

次生壁是细胞停止生长后，在初生壁内侧继续积累的细胞壁。它的主要成分也是纤维素，并含有少量的半纤维素。有的次生壁还含有木质素。次生壁一般较厚且坚韧，厚度约5~10微米。能起增加机械强度的作用。

4. 纹孔及胞间连丝

当初生壁形成时，并不是均匀加厚的，而是形成许多凹洼区域，这些区域称为初生纹孔场。随后，当次生壁加厚时，在初生纹孔场处往往不加厚，形成许多更明显的纹孔。相邻两个细胞的纹孔常相对存在，两个细胞的细胞质成细丝通过纹孔而相连，这些细丝称胞间连丝。由于纹孔和胞间连丝的存在，使细胞的物质彼此能更好地交换，并使所有细胞的原生质连接在一起，也就是使所有的细胞连接成统一的整体。

5. 细胞壁的特点

用超显微镜观察纤维素分子，它呈细丝状，长约0.15微米，在细胞壁中这些纤维素分子的细丝处于各个不同的方向，因此互相交织成毡状结构或不规则的小网，在网眼中充满了水分、木质素和果胶等。由于纤维素与半纤维素结合得非常紧密，并在网眼中填充有木质素等成分而使每一个细胞都能保持其特有的形状。在制油轧胚时，正是利用了细胞壁具有或大或小的硬度，通过挤压而使其破裂，为从细胞中取出油脂解除了部分障碍，因为轧胚对细胞壁的破坏是有限的，因为轧辊间距远远大于细胞的大小。细胞壁还具有稳定的化学性质，大多数情况下不与一般的物质反应，所以它能起到保护细胞内含物的作用。

细胞壁的上述结构还使其具有一定的渗透性，水和有机溶剂能通过细胞壁而渗透到细胞的内部，使细胞内外物质进行交换。细胞壁的这种渗透性与浸出法制油密切相关，当有机溶剂喷淋料胚时，有机溶剂通过细胞壁渗入细胞内部，细胞内油脂溶解于有机溶剂，结果细胞内外溶液出现了浓度差，产生扩散作用，细胞内溶液中油脂通过细胞壁扩散到壁外溶液中。细胞壁的这种渗透性也与种子的吸水膨胀相关，引起种子膨胀的水分是通过细胞壁而进入细胞的。另外纤维素丝状分子的表面具有吸水能力，故细胞壁也有膨胀性，但它的膨胀能力较之内含物要小得多，当油料种子强烈吸水膨胀时，内含物膨胀所产生的压力会使细胞壁破裂。蒸胚时的作用之一就在于利用细胞壁的渗透性和膨胀性而使自己破裂，从而创造有利的出油条件。

(三) 原生质体的组成及特性

1. 组成

细胞中的原生质体不仅在不断地进行代谢活动，而且还在进一步分化形成原生质体中的各种细微结构。通过光学显微镜和电子显微镜的观察，已逐渐地对这些细微结构有所了解。原生质体由细胞膜、细胞质、细胞核和细胞器等组成。

(1) 细胞膜。细胞膜（也称原生质膜或质膜）是包裹在细胞外表面的膜，为生物膜的一种。其厚度因细胞不同而异，一般为75~100Å。在电子显微镜下可见细胞膜由三层结构组成，两侧呈两个暗带，中间为明带。两侧暗带的主要成分是蛋白质，中间明带的主要成分是类脂物，细胞膜的类脂物主要是磷脂。一般认为磷脂是组成生物膜的主要成分。蛋白质在膜上的分布，科学家根据实验提出各种设定的实验模型，目前能为普遍接受的是“膜的流动镶嵌说”。这一个学说认为，在膜上有许多球状蛋白，有的蛋白镶嵌在类脂双分子表面，称为外周蛋白，有的则嵌入类脂双分子内部，甚至横穿类脂双分子层，称为嵌入蛋白。磷脂双分

子层大部分为液体状，可以自由地侧向流动。构成膜的蛋白质有些是起酶作用的膜酶。也有一些起运输离子或分子作用的透过酶。

细胞膜的主要功能是控制细胞与外界环境的物质交换。它具有“选择渗透性”，即不同物质透过能力不同。一旦细胞死亡，膜的选择渗透性也就消失了。细胞膜的选择渗透性使细胞从周围环境中不断取得所需要的水分、无机盐和其它物质，而又阻止有害物质进入，同时能把代谢物排除到细胞膜外。细胞膜的这种“屏障作用”，使细胞内部有用成分不会轻易流失，外界有害物质不能任意进入，使细胞能够保持一个稳定的内环境，以便进行正常的生命活动。

(2) 细胞质。细胞膜和细胞核之间的物质，由透明的粘液状基质（或称明质、外质）与网状的粘度较低的内质网系（或称动质、内质）组成，包括基质、细胞器和包含物。基质是细胞质的基本成分，是没有分化的液态部分，主要由水、无机盐、糖和蛋白质等组成。其中有多种催化物质代谢的可溶性的酶。基质中分布着细胞器和包含物。包含物是细胞生命活动中的代谢产物，例如色素粒、分泌颗粒、脂滴和糖原等。细胞质表面层分化成为“质膜”（即细胞膜）。

油料种子中富含油脂，油脂主要存在于细胞质中，但就是高倍显微镜也不能观察到集聚的油滴，也看不到环绕细胞周围的油脂表面层，这是因为油脂的显微均匀状态分散在细胞质中。

成熟而干燥的油料种子，由于在成熟时失去了大量的水分，因而处于固体干燥凝胶状态，呈现出固定的形状而富有弹性。这一结论对油脂含量高的种子同样正确。例如撞击、压榨或研磨均能使干燥的高油分种子破碎。这说明只有细胞质呈固态时才有这种可能，这对制油工业意义极大。它是压榨法制油的理论依据。因为被压榨的物料必须呈固态并具有弹性才能产生巨大的压力。

(3) 细胞核。细胞核对细胞的生命活动起着重要的作用。其形状主要取决于细胞的形状。油料种子细胞核大都呈圆形，存在于细胞质中，直径10~20微米。一般油料种子细胞含有一个核。用光学显微镜观察生活细胞时，可看到细胞核外有一层薄膜，称为核膜。核膜内表面衬有染色质，核膜内充满无色透明的溶液，称为核质。在电子显微镜下可见核膜是双层膜（内膜及外膜）。膜上有许多小孔，即核孔。核质和细胞质可通过核膜孔进行物质交换。核内有折光率较大的球状体，称为核仁。一般有1~2个，大小可达1微米，常位于核的一侧，核内易被碱性染料着色的物质叫染色质，它是由结构蛋白质和去氧核糖核酸构成的核蛋白质，是主要的遗传物质的载体。在光学显微镜下所见到的充满细胞核内的粘稠性透明液体，称为核液，它含有多种酶、无机盐和水分等。细胞核是细胞功能的控制中心，在细胞的遗传和代谢等方面起着主导作用。

(4) 细胞器。细胞器（也称细胞器官）是细胞内具有特定形态、专门生理功能和特殊化学组成的结构。包括质体、线粒体、内质网、核糖体、高尔基体、液泡、溶酶体、微管和微丝等。

细胞器的质体是绿色植物细胞质所具有的细胞器，呈颗粒状分布，其主要成分是蛋白质和类脂。形状有圆盘形或卵圆形。直径在5~8微米之间，厚1微米。有的含有各种不同的色素。根据色素和超显微结构的不同，可把质体分为叶绿体、有色体和白色体。

叶绿体含有叶绿素、叶黄素和胡萝卜素。叶绿素的生物学作用是光合作用的催化剂。叶

绿体分布在茎、叶和果实等绿色部分的细胞里。有色体只含胡萝卜素和叶黄素，使有些植物的根、花、果实呈现红、黄之间的颜色，如橙色或橙红色，它不但能积累淀粉、脂类和胡萝卜素等，还有吸引昆虫和其它动物传粉及传播种子的作用。白色体（也称无色体）是植物细胞中不含可见色素的无色质体，近似球形，是质体中最小的一种。它含有叶白素原，在光的作用下可转变为叶绿体。普遍存在于植物的根、茎和种子等无色部分的细胞中。有几种特殊的白色体，具有贮藏和合成蛋白质作用的称为糊粉体。

制油过程中，毛油的色泽与质体相关。叶绿体和有色体在油脂中含量的多少主要决定着油脂颜色的深浅。

线粒体（也称粒线体）是光学显微镜下可看到的细胞质内一种体积较小的线状、棒状或粒状的细胞器，一般直径为0.5~1.0微米，长1~2微米。一个细胞内有线粒体100~3000个。

线粒体主要由蛋白质、类脂和少量的核糖核酸组成，并含有与呼吸作用有关的各种酶，是生活细胞进行呼吸作用的主要场所。呼吸作用是把有机物氧化分解为二氧化碳和水，并释放出能量的过程。所以线粒体是细胞生活过程所需能量的供应中心，故常被誉为“供能站”。

(5) 液泡及其储藏物。液泡和储藏营养物质是原生质体生命活动的产物。液泡是植物细胞中所特有的泡状结构。在幼小的细胞中，液泡很小，数目很多，呈点滴分散在细胞中，液泡中含的水溶液叫细胞液，它的成分很复杂，包括糖、有机酸、氨基酸、单宁、植物碱和无机盐等。所以它使细胞具有酸甜苦辣等味道。有些细胞中还含有结晶体（如草酸钙等），有些还溶有不同的色素。随着细胞的成熟，彼此联合形成一个中央液泡，是代谢产物与有害物质的排泄地与解毒处，能稳定细胞的内环境和调节细胞的渗透压。

液泡与细胞的吸水有关，也是储藏各种养料和生命活动产物的场所。溶有蛋白质的液泡失水后即形成糊粉粒。油料种子中大量的糊粉粒就是由溶有蛋白质等储藏物质的液泡在种子成熟时因大量失水而形成的。

种子储藏的营养物质，存在于细胞质内的主要有淀粉、脂肪和蛋白质。

淀粉是植物体内最普遍的一种储藏营养物质，细胞质中的淀粉呈颗粒状，叫做淀粉粒。淀粉粒由白色体形成，先在白色体内某一处形成淀粉，成为核心，以后环绕着核心继续积累淀粉，直到整个白色体为淀粉充满而成为淀粉粒。

脂肪（油脂）普遍存在于种子中，呈微滴状分散在细胞质里。脂肪是含能量最高（体积最小）的储藏物质。大豆、花生、菜籽、棉籽、芝麻和蓖麻籽里都含有丰富的脂肪，它们是最重要的油料种子。

另外储藏物还有无生命的蛋白质，它与构成原生质的蛋白质不同。储藏蛋白质常呈晶体状或糊粉粒状态。油料种子的糊粉粒很小，基本组成成分是蛋白质。例如棉籽细胞的糊粉粒中蛋白质的含量达50%~75%。除蛋白质外还含有植酸钙盐和草酸等多种其它物质。不同种类的油料种子细胞中糊粉粒的形状和大小各不相同，一般而论，在高油分的细胞中多呈球状体，在低油分的细胞中多以有棱的、多角的和不规则的形态存在。

2. 原生质体的特性及与制油工艺的关系

原生质体生命活动与其化学成分的特性有关。原生质体除去大量的水分，还有各种离子、分子和大小不同、复杂程度各异的聚合体，另外还有细胞核、细胞器和其它内含物（如淀粉、脂滴和晶体）等显微结构。原生质体的主要组成物质是蛋白质，其分子很大，蛋白质