

高等学校教材

油脂化工产品工艺学

冯光炷 主编 张玉军 副主编



CHEMICAL INDUSTRY PRESS



化学工业出版社

教材出版中心

高等学校教材

油脂化工产品工艺学

冯光炷 主 编

张玉军 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

油脂化工产品工艺学/冯光柱主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4
高等学校教材
ISBN 7-5025-6854-9

I. 油… II. 冯… III. ①油脂化学②油脂制备-
生产工艺 IV. TQ64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 027642 号

**高等学校教材
油脂化工产品工艺学**

冯光柱 主 编

张玉军 副主编

责任编辑: 何 丽

文字编辑: 陈 雨

责任校对: 顾淑云 战河红

封面设计: 潘 峰

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市海波装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 491 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6854-9/G · 1752

定 价: 34.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

油脂化学与化工系列教材编委会

主任委员 陈杰榕 张玉军

副主任委员 刘玉兰 何东平 冯光炷 毕艳兰 李桂华

委 员 (以姓氏笔画为序)

司学芝 朱春山 齐玉堂 杨天奎 汪学德

张 雷 张世宏 罗 质 周长智 胡传荣

姜延超 姚 理 莫晓燕 钱向明 徐学兵

郭 铮

前

言

油脂是天然可再生的资源,以其为原料所开发和生产的化工产品,具有低毒性、易生物降解、人体亲和性和环境适应性好等特点。同时,它也是石油、天然气、煤等有机化工产品原料的重要补充,并最终替代它们而成为化工生产的主要原料来源。近年来,随着我国经济的快速发展和人们生活水平的提高,社会对食品、轻工产品和化工产品应用特性和使用性能等方面提出了更高的要求,如营养特性、安全性和生物降解性等,从油脂及其加工副产物中提取的生物活性物质,以及以油脂为原料所开发和生产的产品,能较好地满足这些需求。

迄今为止,国内尚未有一部能较全面和系统地介绍油脂及其化工产品、油脂及其加工副产物中生物活性物质的富集和加工的教材。我们在教学经验积累和参考国内外文献的基础上编写了此教材,以满足化工类、粮油食品类专业教学的需要,以及工程技术人员的需求。

本教材内容分为三部分。一是以油脂为原料,生产脂肪酸和甘油的理论和技术。二是以脂肪酸为原料,生产化工产品的理论和技术。三是油脂及其加工副产物中生物活性成分的提取及衍生的理论和技术。本教材重点介绍产品的性质、结构及性能、生产原理、生产工艺及应用性能。知识具有系统性和先进性,且理论和应用并重。

本书共分五章,冯光炷主编,张玉军副主编。第1章由冯光炷、李永祥、何健编写;第2章由冯光炷、毕晓勤编写;第3章由张玉军、李艳福编写;第4章由大连交通大学李和平、黄雪编写;第5章由南京理工大学卫延安、冯光炷编写。

作为教材,为使知识体系具有系统性和先进性,在编写过程中,参考了国内外专家和学者的论著,也参考了LURGI、 α -LAV-VAL、G. MAZZONI和GIANAZZA等公司的技术资料,编者在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处敬请专家、同行及读者批评指正。

编者

2005年1月

内 容 提 要

本书较为系统和全面地介绍了油脂化工产品及其油脂加工副产物的结构、性质、性能、生产原理和工艺、应用特性等知识。内容包括三部分：以油脂为原料，生产脂肪酸和甘油的理论和技术；以脂肪酸为原料，利用其活泼的官能团，衍生化工产品的理论和技术，如脂肪酸羧酸盐、脂肪胺、脂肪醇的制备与应用性能等；油脂及其加工副产物中生物活性物质的提取、富集及衍生的理论和技术，如磷脂的提取和改性、甾醇的提取等。本书内容丰富，兼备理论性及实用性，全面系统地论述了国内外油脂化工产品生产和应用的现状及发展。

本书可作为大专院校粮油科学与工程、食品科学与工程、精细化工、制药、化工、应用化学专业的教材和教学参考书，亦可供相关领域工程技术人员和科技工作者学习和参考。

目 录

第 1 章 油脂化工产品原料来源	1
1.1 油脂	1
1.1.1 油脂及其组成	1
1.1.2 油脂的制取与加工	8
1.1.3 油脂的性质	10
1.2 脂肪酸	18
1.2.1 脂肪酸的分类及结构	19
1.2.2 工业脂肪酸的制取	26
1.2.3 工业脂肪酸的精制	50
1.2.4 工业脂肪酸的分离	59
1.2.5 脂肪酸的性质	77
1.2.6 脂肪酸的用途	81
1.3 甘油	83
1.3.1 甘油的生产原料	83
1.3.2 甘油的工业生产	83
1.3.3 甘油的性质	99
1.3.4 甘油的用途	100
第 2 章 脂肪酸化工产品 I	102
2.1 脂肪酸羧酸盐	102
2.1.1 肥皂	102
2.1.2 其他脂肪酸羧酸盐	118
2.2 脂肪酸酯	121
2.2.1 脂肪酸酯的制备	121
2.2.2 酯化反应的机理	123
2.2.3 脂肪酸酯的工业生产	125
2.2.4 脂肪酸酯的性质	130
2.2.5 脂肪酸酯的用途	133
2.3 脂肪酸酰胺	133
2.3.1 脂肪酸伯酰胺	134
2.3.2 其他脂肪酸酰胺	135
2.3.3 脂肪酸酰胺的性质	137
2.3.4 脂肪酸酰胺的用途	139

2.4 脂肪醇	140
2.4.1 脂肪醇的工业生产	141
2.4.2 脂肪醇的性质	144
2.4.3 脂肪醇的用途	148
2.5 脂肪腈	148
2.5.1 脂肪腈的工业生产	149
2.5.2 脂肪腈的性质	151
2.5.3 脂肪腈的用途	153
2.6 脂肪胺	153
2.6.1 脂肪伯胺	153
2.6.2 脂肪仲胺	154
2.6.3 脂肪叔胺	155
2.6.4 其他脂肪胺产品	159
2.6.5 脂肪胺的性质	161
2.6.6 脂肪胺的用途	164
 第3章 脂肪酸化工产品Ⅱ	 166
3.1 环氧化油脂	166
3.1.1 环氧化原理	166
3.1.2 环氧化油脂的生产方法	167
3.1.3 环氧化油脂的制备	172
3.1.4 环氧化油脂的用途	173
3.2 二元脂肪酸	174
3.2.1 壬二酸	174
3.2.2 癸二酸	176
3.2.3 C ₁₉ 二元酸	179
3.2.4 C ₂₁ 二元酸	180
3.2.5 其他二元酸	180
3.2.6 二元酸的性质和用途	181
3.3 二聚脂肪酸	183
3.3.1 聚合机理与二聚脂肪酸结构	183
3.3.2 二聚脂肪酸的工业生产	185
3.3.3 二聚脂肪酸的性质	188
3.3.4 二聚脂肪酸的用途	192
3.4 蓖麻油酸及其衍生物	194
3.4.1 蓖麻油酸及其甲酯	195
3.4.2 十一烯酸及其甲酯	198
3.4.3 其他蓖麻油酸类	201
3.5 其他脂肪酸衍生物	207
3.5.1 脂肪酰卤	207

3.5.2	脂肪酸酐	209
3.5.3	酰肼类化合物	210
3.5.4	硫代脂肪酸和巯基脂肪酸	211
3.5.5	油酸甲酯分解反应的产物	211
3.5.6	双烯酮	212
3.5.7	异构硬脂酸	214

第 4 章 油脂加工副产物及其化工产品 I 216

4.1	磷脂	216
4.1.1	磷脂的存在与组成	216
4.1.2	磷脂的提取	221
4.1.3	磷脂的性质	224
4.1.4	磷脂的改性	225
4.1.5	磷脂的用途	228
4.2	谷维素	228
4.2.1	谷维素的存在与组成	228
4.2.2	谷维素的提取	230
4.2.3	谷维素的性质	234
4.2.4	谷维素的生理功能及其用途	236
4.3	植物甾醇	238
4.3.1	甾醇的存在、结构与分类	238
4.3.2	植物甾醇的提取与精制	240
4.3.3	植物甾醇的性质	245
4.3.4	植物甾醇的生理功能及用途	246
4.4	天然维生素 E	249
4.4.1	天然维生素 E 的结构与分类	249
4.4.2	天然维生素 E 的存在与组成	250
4.4.3	天然维生素 E 的提取	251
4.4.4	天然维生素 E 的性质	256
4.4.5	天然维生素 E 的生理功能及用途	258
4.5	糠蜡	261
4.5.1	糠蜡的存在与组成	261
4.5.2	糠蜡的提取	261
4.5.3	糠蜡的性质和用途	263

第 5 章 油脂加工副产物及其化工产品 II 264

5.1	棉酚	264
5.1.1	棉酚的存在和结构	264
5.1.2	棉酚的提取	264

5.1.3	棉酚的性质	268
5.1.4	棉酚的功能及用途	269
5.2	植酸钙、植酸及肌醇	270
5.2.1	植酸钙	270
5.2.2	植酸	274
5.2.3	肌醇	276
5.3	糠醛	279
5.3.1	糠醛的制备	279
5.3.2	糠醛的性质	291
5.3.3	糠醛的用途	292
5.4	二十八烷醇及三十烷醇	294
5.4.1	二十八烷醇	294
5.4.2	三十烷醇	300
5.5	角鲨烯	302
5.5.1	角鲨烯的存在	302
5.5.2	角鲨烯的结构与性质	302
5.5.3	角鲨烯的提取	303
5.5.4	角鲨烯的用途	304
参考文献		305

第 1 章

油脂化工产品原料来源

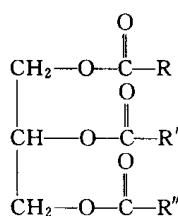
油脂及油脂加工副产物，如甾醇、维生素 E、磷脂等，其本身或具有生物活性，或是性能优异且来源稳定的化工原料。以它们为原料合成的化工产品，由于具有很好的环境及人体亲和性，而越来越受到重视。近年来，以油脂等天然再生资源为原料生产的化工产品，不论在品种还是在数量上都得到了快速发展，在日用化学工业、食品工业等诸多领域都有丰富的产品，在国民经济建设中发挥了重要作用。

本章介绍油脂的组成和性质，脂肪酸的生产、性质和应用，甘油的生产、性质及应用。

1.1 油脂

1.1.1 油脂及其组成

油脂是多种复杂有机化合物的混合物，主要成分是甘油三脂肪酸酯，其结构式为：



甘油三脂肪酸酯分子中，如果三个脂肪酸相同，则为同酸甘油酯；如不相同，则为混合脂肪酸甘油酯。天然油脂中大多数为混合脂肪酸甘油酯。组成油脂的各种饱和脂肪酸中，以软脂酸（十六碳酸）和硬脂酸（十八碳酸）存在最广，它们存在于绝大部分油脂中，其次是月桂酸（十二碳酸）、豆蔻酸（十四碳酸）和花生酸（二十碳酸）。低于 12 个碳原子的饱和脂肪酸比较少见，仅在奶油中发现有丁酸，在某些植物种子油中含有少量己酸、辛酸和癸酸。而高于 20 个碳原子的脂肪酸分布虽广，但含量很少。

组成甘油三酯的脂肪酸绝大多数是含偶数碳原子的直链羧酸，仅在个别油脂中发现奇数碳原子的羧酸以及带有支链或取代基的羧酸。已经从油脂中分出 $\text{C}_4 \sim \text{C}_{24}$ 的饱和脂肪酸和 $\text{C}_{10} \sim \text{C}_{24}$ 的不饱和脂肪酸。

组成油脂的各种不饱和脂肪酸中，最常见的是烯酸，以含 18 个碳原子和 16 个碳原子的烯酸分布较广。油酸（顺-9-十八碳烯酸）是液体植物油中脂肪酸的

主要组成部分,几乎存在于一切天然油脂中。亚油酸(顺-9,12-十八碳二烯酸)、亚麻酸(顺-9,12,15-十八碳三烯酸)也存在于多种植物油中。棕榈油酸(顺-9-十六碳烯酸)在很多油脂中含量甚微。

1.1.1.1 天然油脂

天然油脂主要有植物油脂和动物油脂。动物油脂又可分为陆生动物油脂和海洋动物油脂。

(1) 植物油脂

植物油占油脂总量的70%,主要用于食用。椰子油系的椰子油、棕榈仁油,月桂酸含量占50%左右, C_{10} 以下的脂肪酸占14%左右,它是生产工业用中、短碳链脂肪酸的重要原料。

由于椰子油主要产地易受气候及其他原因的影响,产量有很大的波动,因此寄希望于棕榈油的发展。在植物油脂中,橄榄油、茶油、红花油、向日葵油、蓖麻油等均含有大量的特殊脂肪酸,如油酸、亚油酸、羟基酸等,在工业和民用上有其特殊的意义。

菜籽油中高级脂肪酸的主要成分是芥酸,在工业上有重要的应用。由于芥酸在生理上的有害作用,促进了芥酸含量低(3.5%以下)的油菜的选育,目前已在很多国家大面积播种。

霍霍巴油源自美国南部沙漠地带的小灌木霍霍巴(Jojoba),种子含油率53%,其中 C_{20} 、 C_{22} 脂肪酸及其醇酯占83%,作为高级脂肪醇、高级脂肪酸的原料,很受世人关注。

作为高级脂肪酸的原料油,还发现有力迈塞柏(Limmathesalba,含油率33%, C_{20} 、 C_{22} 碳的一元酸和二元酸含量在95%左右)、甘蓝型油菜(Brassica napus)及蛋黄草蒿(Linaria annua)等。

除蓖麻油外,作为特殊脂肪酸的原料油,诸葛菜(Lesquerella,含油率20%~40%,羟基酸含量为50%~74%)是蓖麻油很好的代用品,由于其油籽粕的毒性较蓖麻油籽粕的小,可作饲料,目前这种油正在开发之中。此外,还发现弹裂碎米芥(Cardamine impatiens)、莢马蓬萨(Chamapence afra)和绸缎花(Dimorphotheca sinuata)等作物种子的油脂中含有羟基脂肪酸。

油脂中脂肪酸的含量都在90%以上,表1-1为一些植物油脂水解后甘油及脂肪酸的理论量。

表 1-1 植物油脂水解所得甘油及脂肪酸的理论量

油 脂	平均皂化 值(以 KOH 计)/(mg/g)	甘油 /%	理论需 水量 /%	脂肪酸 /%	油 脂	平均皂化 值(以 KOH 计)/(mg/g)	甘油 /%	理论需 水量 /%	脂肪酸 /%
亚麻仁油	192.5	10.57	6.20	95.63	棕榈油	199	10.90	6.40	95.50
大麻籽油	192.5	10.57	6.20	95.63	棕榈仁油	248	13.58	7.97	94.39
玉米油	191	10.46	6.14	95.68	椰子油	253	13.86	8.13	94.27
大豆油	192	10.51	6.17	95.66	氢化棉籽油	195	10.68	6.04	95.36
棉籽油	194	10.63	6.24	95.61	木蜡	200	10.95	6.43	95.48
花生油	193.5	10.60	6.22	95.62	猪油	195.5	10.70	6.30	95.60
芝麻油	190.5	10.43	6.12	95.69	骨油	191	10.46	6.14	95.68
蓖麻油	181.5	9.94	5.83	95.89	牛油	198	10.84	6.36	95.52
菜籽油	179	9.86	5.75	95.95	鱼油	191	10.64	6.14	95.68
橄榄油	192	10.51	6.17	95.66	鲸油	188	10.30	6.04	95.74
茶油	191	10.46	6.14	95.68					

常见的植物油如下。

① 玉米油 由玉米胚芽榨得的油称为玉米油。主要成分是亚油酸甘油酯，主要用作食用油。玉米油也可作为制取硬化油的原料。

② 花生油 花生油主要成分是油酸、亚油酸甘油酯。容易脱色，碘值^①在 34~100 之间，以食用为主，是液体皂的上好原料。在香皂配方中可作液体油使用，花生油是制造浅色硬化油的原料。

③ 茶油 茶油由油茶籽压榨制得，是我国的特产。茶油的主要成分是油酸甘油酯，主要用于食用。由于茶油的色泽好，制成的肥皂颜色洁白，易溶于水，去污和发泡性好，是上好的液体皂和制皂用液体油脂，茶油是制取油酸的极佳原料。

④ 豆油 豆油是由大豆压榨或萃取制得。主要成分是亚油酸甘油酯，碘值在 120~141 之间，是大宗的食用油，豆油是工业油酸的原料，加氢制成硬化油后可生产硬脂酸。

⑤ 米糠油 米糠是稻谷碾米时的副产品，米糠中含油量在 14% 以上。我国是世界上主要稻米生产国，年产稻谷 2 亿多吨，加工后可得到 1000 多万吨米糠，可制得 100 多万吨米糠油。但是我国米糠尚未得到很好的综合利用，米糠油年产量仅在 10 万吨左右。

米糠油呈浅黄色，脂肪酸组成为 $C_{16:0}$ ^② 12%~20%， $C_{18:1}$ 40%~50%， $C_{18:2}$ 29%~42%，此外还含有 C_{20} ~ C_{24} 的脂肪酸。米糠油是工业油酸的重要原料。米糠油中不皂化物含量在 3%~5% 之间，主要为蜂花醇、豆甾醇、蜂蜡等，是上光剂的重要原料。米糠因加工不及时或处理不当，可使所得的米糠油质量变差，酸值^③升高，一般在 20~40 之间。储存长久者酸值可达 100 以上，颜色为深绿色。经过提炼的米糠油是营养价值很高的食用油。

⑥ 向日葵油 由向日葵籽仁压榨或萃取而得，主要成分是亚油酸、油酸甘油酯，主要作食用油，向日葵油也可作为制取硬化油的原料。

⑦ 椰子油 由椰子干经压榨而得，其饱和脂肪酸甘油酯占 80% 以上，月桂酸含量在 46%~54%，肉豆蔻酸含量在 20%~26%，是制取月桂酸、肉豆蔻酸的主要原料。椰子油易脱色和皂化，成皂坚硬洁白，十分稳定，易溶于水，泡沫丰富，是优良的制皂原料。

⑧ 棕榈仁油 棕榈仁油是由棕榈果实的核仁经压榨而制得的油。棕榈仁油的成分和性能与椰子油相似。棕榈仁油脂肪酸的凝固点和碘值较椰子油稍高，其原因是其中的油酸及亚油酸含量较椰子油中的稍高，而辛酸、癸酸、月桂酸、肉豆蔻酸含量较椰子油中的稍低。棕榈仁油适合于生产月桂酸、肉豆蔻酸，也适用于制皂，但不及椰子油温和，色泽较难去除。

⑨ 桐油 桐油是我国的特产，由油桐籽压榨制得。含有约 80% 的桐酸、2%~7% 的饱和脂肪酸及不等量的油酸。加热时易发生胶化，是不饱和脂肪酸（多烯酸）的主要原料。

⑩ 蓖麻油 蓖麻油由蓖麻籽压榨或萃取而得，蓖麻醇酸甘油酯含量达 86%，其他成分为油酸和亚油酸的甘油酯。蓖麻油是羟基硬脂酸的主要来源，羟基酸分子中有两个活性基，是很重要的一类脂肪酸。蓖麻油可用于表面涂饰，工业杀菌、杀虫用润滑剂，纺织业和印染业等。

⑪ 亚麻籽油 亚麻籽油是以亚麻酸为主（约 50%）的干性油脂，在工业上是制造油漆涂料最重要的植物油。

⑫ 棕榈油 棕榈油来自油棕的果肉，果肉含油 45%~60%，主要成分是棕榈酸。棕榈油

① 本书中碘值单位是 g/100g（以 I_2 计）。

② $C_{16:0}$ 表示碳原子数 16 的物质中，不饱和双键数为 0，其余类推。

③ 酸值单位是 mg/g（以 KOH 计）。

含有类胡萝卜素。毛油呈橙红色,可用氢化的方法降低其不饱和度以改善油脂色泽,也可以用活性白土吸附脱色。棕榈油是硬脂酸的重要原料,我国多从马来西亚、印度尼西亚进口。

⑬ 棉籽油 棉籽油由棉籽压榨而得,毛棉籽油含有棉酚色素,油呈红棕色至深褐色,通过碱炼可使之呈浅黄色。经碱炼的棉籽油称为棉清油,可食用。用其制作的肥皂泡沫丰富、持久,它是制皂用的重要液体油脂,也是工业油酸的重要原料。

棉籽油可以氢化制成硬化油,氢化棉籽油是硬脂酸及制皂的重要原料。

⑭ 柏油、梓油和木油 柏油也叫皮油,从乌柏树果肉榨取。从果仁榨取的是梓油,果仁和果肉混在一起榨出的油称为木油。

柏油主要成分是棕榈酸、油酸甘油酯,它是制取硬脂肪酸的重要原料。柏油制成的肥皂质地坚硬,泡沫丰富,但硬而脆,泡沫持久性差。在洗衣皂中用量可高达55%。

木油主要成分是棕榈酸、油酸、亚油酸和亚麻酸的甘油酯。

梓油以不饱和脂肪酸酯为主,碘值高达170~180,是烯酸的原料。

⑮ 山苍子油 山苍子油又叫荜澄茄油,呈墨褐色,有特殊的气味。山苍子油是由中长碳链脂肪酸组成的三甘油酯, C_{10} ~ C_{14} 酸含量约85%。 C_{12} 酸含量在70%左右。

⑯ 苏子油 苏子油中的饱和酸是棕榈酸和硬脂酸,其含量约为10%~12%,油酸在4%以下,亚油酸50%~53%,亚麻酸20%~25%,苏子油中含有少量羟基酸。它是制取亚油酸及亚麻酸的重要原料,工业上可用作制漆。主要理化常数如下:

相对密度(15℃)	凝固点/℃	折射率(n_D^{40})	皂化值 ^① /(mg/g)	碘值/(g/100g)	六溴值/(g/100g)
0.928~0.934	很低	1.473~1.476	187~197	181~206	51~64

理化常数中的六溴值是指以100g脂肪酸得到的不溶于乙醚的亚麻酸六溴化物的量(g)。通过六溴值的测定来鉴别亚麻仁油、大豆油等的纯度。

(2) 动物油脂

动物油脂是来源于动物体的脂肪,主要有牛脂、羊脂、猪脂、黄油(奶脂),其产量占油脂总量的30%,是仅次于大豆油的第二大重要油脂资源。作为工业用油,约占动物油量的1/3。我国动物油脂以食用为主,近年来,随着食品结构的变化,营养价值观念的更新,工业用动物油脂的比例有所提高。用于脂肪酸工业的油脂中,肉食业廉价的副产动物油脂占相当重要的位置。

① 陆产动物油脂

a. 牛羊油。牛羊油是高级脂肪酸的重要原料,主要是棕榈酸、硬脂酸和油酸的甘油酯。由于牛脂、羊脂脂肪酸组成相近,性能相似,加工时常掺合在一起,故统称牛羊油。用牛羊油制成的肥皂皂质坚硬,泡沫浓厚而持久,去污力强,是制皂的上佳原料,在肥皂配方中最高用量达85%,牛羊油脂肪酸是制取硬脂酸和油酸的重要原料,因牛羊生长地域不同、加工条件及加工时所取部位等不同,其质量有所差别。我国牛羊油主要产于内蒙古、新疆、陕西、山东、青海等地。目前其产量还不能满足制皂工业及脂肪酸工业的需要,大部分仍需从澳大利亚、新西兰、美国、加拿大等国进口。

b. 猪油。我国猪油资源比较丰富,分食用和工业两种规格。

食用猪油色泽洁白,游离脂肪酸含量低,脂肪酸的凝固点高,冬季呈固体,夏季呈半固体。工业规格的猪油色泽稍差,酸值较高,常混有较多水分、蛋白质等杂质。

① 皂化值以KOH计。

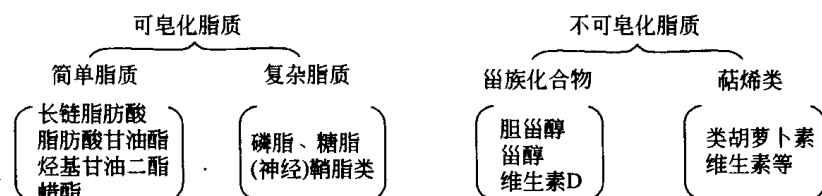
猪油脂肪酸组成分别是肉豆蔻酸 3%、棕榈酸 24%、硬脂酸 18%、油酸 42%、亚油酸 9%、十六烯酸 3%，它是制取工业油酸及硬脂酸的主要原料。液体猪油是制取天然不饱和脂肪醇的重要原料。经过精炼的猪油可以生产高级白色香皂，配方中猪油用量可达 30%~40%。

② 海洋动物油脂 据 FAO 统计，1978 年水产油脂量为 119 万吨，近年来由于潮汐及海洋生态体系的变动，渔场的移动，鱼的种类、数量、质量有很大的波动，因此水产油脂的产量、品种也发生了很大变化。保护渔业资源的国际协议及禁止捕鲸法规的实施，导致水产油脂量在逐渐减少。深海鱼类及含有 $C_{30} \sim C_{40}$ 蜡脂的浮游微生物水产油脂有如下的特征：碳数分布在 $C_{14} \sim C_{22}$ ，特别是 C_{20} 以上的长链脂肪酸含量高（鲸鱼 40%~48%，鲱鱼 25%~30%）；长链脂肪酸中以双键数多于两个的多元不饱和酸为主。

水产油脂加氢后可制得长链饱和脂肪酸。根据最新研究发现，长链多元不饱和脂肪酸的生理活性具有特殊作用（如沙丁鱼脂质的 C_{20} 五烯酸对血中胆甾醇具有降低作用，阻止血小板的凝集），在医药、饲料等领域是极其珍贵的原料。

1.1.1.2 类脂物

天然油脂中还存在少量的非甘油三酸酯成分，由于它们同甘油三酯一样，是用油性溶剂从动物、植物和微生物的组织或细胞中提取的生物合成物质，因此称为脂质。严格地讲，长链脂肪酸和脂肪酸甘油酯也属于脂质。脂质按其是否可皂化分为可皂化脂质和不可皂化脂质。



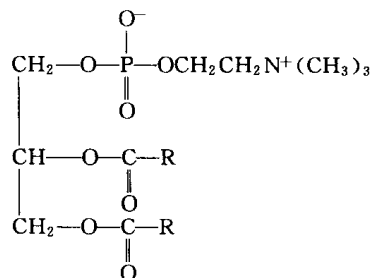
① 炼油皂脚及脂肪酸 油脂在储存过程中，由于受水分、储存温度、储存容器及酶等因素的影响，产生缓慢的水解作用，使酸值升高，这些游离脂肪酸通常用碱炼的方法除去。碱炼所得的皂脚含有 50% 左右的脂肪，是脂肪酸原料的重要来源之一。有些皂脚如花生油、茶油、椰子油皂脚色泽较好，可直接用于煮皂，生产洗衣皂。

② 蜡酯 动植物蜡酯组成比较复杂，其主要成分是高级脂肪酸和高级脂肪醇组成的长链一元酸酯。此外，还含有少量的游离脂肪酸、游离醇和烃，还有其他的酯如甾醇酯、三萜醇酯、二元酸酯、交酯、羟基酯及树脂等。组成动植物蜡酯的酸从 $C_{16} \sim C_{30}$ 甚至更高，以饱和酸为主，平均碳链长度为 22 个碳。组成动植物蜡酯的酸最常见的是软脂酸和二十酸。组成动植物蜡酯的醇自 C_4 开始，最高可达 C_{44} ，主要是偶碳数饱和醇，最常见的是十六醇、二十六醇和三十醇。在生物新陈代谢中，酸、醇、酯和烃存在着平衡，烃是最终产物。偶碳酯产生的烃是奇碳的。

因此蜡中存在酯、酸、醇、烃四种成分是可以理解的。当游离酸多时，醇必然少，反之亦然。堪德里拉蜡、玫瑰花蜡中烃类含量很高，可达 50%。羊毛脂中约含 1/3 的甾醇脂肪酸酯，这就使得羊毛脂可吸收 200%~300% 的水，由于羊毛脂储存的高稳定性，因此广泛用于化妆品及药膏制备上。

③ 磷脂 磷脂存在于动物脑、肝、植物的种子和微生物中，一切生物组织中皆存在有磷脂。作为构成细胞壁的成分以及代谢过程中的活性参与物质，磷脂对生命起着重要的作

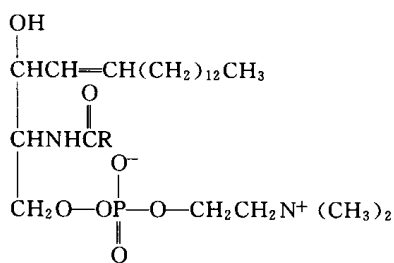
用。动物、植物体内磷脂以游离状态存在的很少，大多与蛋白质或糖以结合状态存在。磷脂即磷酸甘油酯，甘油分子中的两个羟基与高级脂肪酸形成酯，另一个羟基与磷酸成酯形成磷脂酸，磷脂酸中的磷酸与含氮化合物结合则生成磷脂，如与胆碱结合生成卵磷脂：



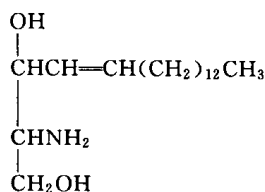
卵磷脂即磷脂酰胆碱（PC），强酸性的磷酸根及强碱的季铵的存在使其显中性，磷脂酰胆碱常以离子形式存在，纯净磷脂酰胆碱是一种白色膏状物质，极易吸湿，吸湿后又软又黏，干燥后易脆，易成粉末状。氧化稳定性差，遇空气氧化成棕色，并且有难闻气味。

另一种重要的磷脂是脑磷脂，即磷脂酰乙醇胺（PE），它是一种醇不溶性物质，同磷脂酰胆碱一样，能以双离子形式存在，但氨基碱性弱，也能以中性分子、阴离子或阳离子形式存在。纯净脑磷脂为白色固体，易吸湿，氧化后颜色加深。除了以上两种重要的磷脂以外，还存在着其他的磷脂形式，磷脂酸与丝氨酸或肌醇结合也可形成磷脂。它们分别是磷脂酰丝氨酸（PS）和肌醇磷脂（PI）。磷脂酰丝氨酸从公牛大脑磷脂中分离出来，略带酸性，常以钾盐的形式被分离。肌醇磷脂是动物、植物及微生物体内的主要成分之一，是无旋光性肌醇衍生物，显酸性，来源于动物的磷脂酰肌醇。磷脂中的脂肪酸常见的是软脂酸、硬脂酸、油酸等，分子中常含一个饱和脂肪酸、一个不饱和脂肪酸。

④ 鞘脂类 最主要的鞘脂类是鞘磷脂，存在于大脑和神经组织里。组成鞘磷脂的醇不是甘油，而是鞘氨醇。神经磷脂是磷酸胆碱与神经酰胺的 1-位羟基酯化的产物，是所有动物组织中的重要复杂脂质，但在植物及微生物中未发现过。神经磷脂水解生成磷酸、胆碱、神经氨基醇及脂肪酸。神经磷脂是一种白色的晶体，无吸湿性。



鞘磷脂



鞘氨醇

鞘脂类还包括神经酰胺和糖基神经酰胺两种形式，神经酰胺的氨基是脂肪酸与有两个或三个羟基长碳链的碱生成的胺。最常见的长碳链碱主要是植物神经氨基醇。糖基神经酰胺是葡萄糖、半乳糖或多聚糖通过配糖键与神经酰胺 1-位相连成的化合物。该化合物存在于脊椎动物神经组织、脑及各种器官中。葡萄糖神经酰胺主要存在于肝、肾、血浆及脾中。植物组织中糖基神经酰胺的糖基为葡萄糖，长链碱主要是植物神经氨基醇，脂肪酸为 α -羟基硬脂酸。

⑤ 甾族化合物 动植物组织中都含有甾醇，甾醇又名固醇，是天然有机物中的一大类。凡以环戊多氢菲为骨干的化合物，统称甾族化合物，环上带有羟基即为甾醇。甾醇的结构类

似,相互间区别在于支链的大小及双键的多少。自然界甾醇种类有近千种,动植物油脂中则主要含胆甾醇、豆甾醇、谷甾醇和油菜甾醇等几种。存在于菌类中的麦角甾醇也是很重要的一种甾醇。油脂中的甾醇是油脂中不皂化物的主要成分。维生素D也属甾族化合物。

甾醇在非极性溶剂中的溶解度大于在极性溶剂中的溶解度,在极性溶剂中溶解度随温度升高而增大,应用此性质可提纯甾醇。甾醇为无色结晶,具有旋光性,不溶于水,易溶于乙醇、氯仿等有机溶剂中。甾醇可发生Tschugaeff颜色反应,将甾醇溶于乙醇中,加入乙酰氯及 ZnCl_2 稍加煮沸即呈红色,此反应极灵敏。甾醇最主要的用途则是合成许多医疗药品,如合成类固醇激素、性激素等。

⑥ 萜烯类化合物 萜烯类化合物可看成由若干个异戊二烯相连而成,在自然界分布较广。单萜是植物精油的主要成分。叶绿素的组成部分叶绿醇和维生素K是二萜。

三萜中最重要的是角鲨烯。角鲨烯又名三十碳六烯,因首先发现存在于鲨鱼甘油中而得名,分子式为 $\text{C}_{30}\text{H}_{50}$,六个双键全为反式。角鲨烯是三萜醇及4-甲基甾醇和甾醇的生源前体。海产动物油中角鲨烯含量很高,尤其是鲨鱼甘油中含量最高,橄榄油和米糠油中角鲨烯含量也较高。

四萜在天然产物中分布很广,最早的一个品种是由胡萝卜中提取,因最早发现于胡萝卜肉质根中而得名,定名为胡萝卜素。后来发现了许多结构与胡萝卜素类似的色素,统称为类胡萝卜素。类胡萝卜素是以八个异戊二烯组成的共轭多烯长链为基础的一类色素,广泛分布于生物界,油脂从浅黄到红褐的各种颜色就是由于油脂中存在各种类胡萝卜素的缘故。类胡萝卜素室温时是固体,熔点一般在 $100\sim 200^\circ\text{C}$ 之间,不溶于水,易溶于二硫化碳、氯仿及苯中。类胡萝卜素都具有共轭多烯长链黄色基团,还有羟基等助色基团,所以具有不同色泽。类胡萝卜素的氯仿溶液与三氯化锑氯仿溶液反应,多呈蓝色。与浓硫酸作用均显蓝绿色。

⑦ 糖脂 糖脂与磷脂的主要区别是糖脂包含一个糖基而不是一个磷酸基。糖基通常是半乳糖,也可能是葡萄糖。醇可以是甘油。也可以是鞘氨醇。醇是甘油时形成糖基甘油二酯,主要存在于细菌和植物中。醇是鞘氨醇时能形成糖基神经酰胺,其存在于脊椎动物神经组织和脑中。

⑧ 杂油 这里所说的杂油是指来自食品厂的煎炸油、变质油;宾馆饭店残脚回收油;油炸鸡、鸭、排骨等煎炸废油;以及来自皮革厂的刮皮油、骨油、蹄油等。食品厂、宾馆、饭店的食用油通常为豆油、棉清油、花生油、液体棕榈油、猪油等。这些油在使用过程中因油温过高(180°C 左右)及空气的氧化作用,油体发生聚合或裂解,使质量变差,过氧化值升高。煎炸废油的酸值在 $10\sim 25$,皂化值 >190 。

从屠宰场剥下的生皮,虽经去肉,但仍有相当数量的油脂带进皮革厂,特别是新鲜的猪皮、牛皮、绵羊皮含脂量较高。从生皮中回收的刮皮油,皂化值在 $185\sim 205$,酸值在30左右,也是制取脂肪酸不可多得的廉价优质原料。从制胶过程中回收的骨油,色泽为黄色到棕色,皂化值为 $183\sim 205$,酸值大于90,是制取工业油酸的上佳原料。

上述杂油虽有聚合脂、蛋白质、胶质等杂质,但经过处理实属难得的廉价油脂资源。

⑨ 木浆浮油(妥尔油) 硫酸盐法生产木质纸浆时,将松木片用 NaOH 和 Na_2S 溶液在一定的压力下蒸煮,使木材中的油脂和树脂酸生成钠皂,再经过酸化,即得到木浆浮油。

木浆浮油含有脂肪酸、树脂酸和不皂化物,有不良的气味,可采用蒸馏提纯的方法进行加工,以得到油酸和亚油酸。妥尔油产量随硫酸盐纸浆的生产量而变化。我国木浆浮油资源