

● 张金廷 编著 倪永全 主审

脂 肪 酸

及其深加工手册

-62



化学工业出版社
精细化工出版中心

脂肪酸及其深加工手册

张金廷 编著

倪永全 主审

化学工业出版社

精细化工出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

脂肪酸及其深加工手册/张金廷编著. —北京:化学工业出版社, 2002.7
ISBN 7-5025-3943-3

I. 脂… II. 张… III. 脂肪酸-深加工-手册
IV. TQ225.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 042518 号

脂肪酸及其深加工手册

张金廷 编著

倪永全 主审

责任编辑: 侯玉周

责任校对: 郑捷

封面设计: 于兵

*

化学工业出版社 出版发行
精细化工出版中心

(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

三河市前程装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 23 3/4 字数 597 千字

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3943-3/TQ·1552

定价: 48.00 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

序 言

在油脂化工领域中,脂肪酸是最基础、产量最大、使用最广的化工原料。中国的脂肪酸工业起步较晚,20世纪60年代前以油脂皂化、酸解为主,60年代后期主要采用石蜡氧化工艺,生产合成脂肪酸,70年代中期上海制皂厂开发了油脂高压连续水解工艺装置,使中国油脂水解技术翻开了新的一页。改革开放以后的二十余年间,脂肪酸及其衍生物的生产技术、生产规模和应用领域等都取得了很大的进步和发展,以脂肪酸为原料的化学品、化学中间品如脂肪酸盐类,脂肪酸酯类,脂肪醇,脂肪胺,脂肪酸酰胺,脂肪酸酰卤等在化学工业中所占的比重越来越大。为了加深对脂肪酸生产及其衍生物的了解,编者将多年从事油脂化学品研究和生产实践收集的有关资料编辑成册,以期对读者有所裨益。

本书分为七章。第一章为脂肪酸原料,主要介绍常见油脂的物化性质及脂肪酸组成。第二章为脂肪酸的生产,全面系统地介绍脂肪酸的生产方法。第三章为脂肪酸的分类、结构和物理性质。第四章为脂肪酸的化学性质和生化反应,主要介绍脂肪酸的自动氧化、热分解、异构化、生化反应等。第五章为脂肪酸衍生物及其特性,主要介绍脂肪酸盐、脂肪酸酯、高级醇、酰卤、脂肪酸酰胺、脂肪胺、脂肪腈、聚合酸和表面活性剂等的制作方法、特性和化学反应及其应用等。第六章为脂肪酸及其衍生物的运用,主要介绍在肥皂、洗涤剂、医药、化妆品、塑料、造纸、涂料、油墨、纺织、土木建筑、润滑油、选矿、食品、橡胶等行业的应用。第七章是脂肪酸及其衍生物的分析方法,主要为脂肪酸的常规分析方法和脂肪酸及其衍生物的气相色谱、高效液相色谱、薄层层析分析方法。

由于资料来源及编者水平所限,述及的观点错误在所难免,恳请广大读者、专家同仁批评指正。

本书在编写过程中得到袁鹤吟高级工程师(教授级)、张金钺高级工程师(原中国洗涤剂协会肥皂专业委员会主任)和张建俊高级工程师的指导和帮助,倪永全教授对全书进行审定,在此表示衷心的感谢。书中引用了国内外专家学者的论据、资料,在此一并感谢。

编 者

2002年5月

内 容 提 要

本书以脂肪酸的物理化学性质为主线,从生产脂肪酸的原料开始,依次介绍了工业脂肪酸的生产工艺,脂肪酸的性质,脂肪酸的衍生物,包括肥皂、金属皂、脂肪酸酯、脂肪醇、脂肪酸酰胺、酰卤、脂肪胺、二羧酸等的生产方法,物理化学性质及应用。此外,还介绍了脂肪酸及其衍生物的化学分析和仪器分析方法。

本书比较系统而全面地介绍了脂肪酸及其衍生物的基本面貌,在理论与实践的结合上可使读者得到启示。本书可供从事油脂化工、精细化工的科技工作者阅读,也可供大专院校相关专业的师生参考。

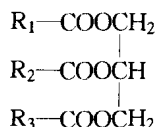
目 录

1. 脂肪酸原料	1	3.2.2 结晶	83
1.1 天然油脂	1	3.2.3 多晶	83
1.1.1 植物油脂	1	3.3 脂肪酸各种状态的结构	85
1.1.2 动物油脂	7	3.3.1 脂肪酸固体混合物结构	85
1.1.3 类脂物	9	3.3.2 熔融状态的脂肪酸结构	85
1.1.4 石蜡	10	3.3.3 蒸气相的脂肪酸结构	86
1.2 油脂的物理化学特性	11	3.4 溶液中的脂肪酸	86
2. 脂肪酸的生产	18	3.4.1 水溶液	87
2.1 工业脂肪酸的生产	19	3.4.2 非水溶液	89
2.1.1 油脂预处理	19	3.5 物理性质	94
2.1.2 油脂水解	20	3.5.1 热力学性质	94
2.1.3 脂肪酸蒸馏	33	3.5.2 光学性质	106
2.2 工业硬脂酸的生产	47	3.5.3 电性质	110
2.2.1 压榨法	47	4. 脂肪酸的化学性质和生化反应	135
2.2.2 蒸馏法	48	4.1 化学性质	135
2.2.3 脂肪酸氢化法	49	4.1.1 自动氧化	135
2.3 工业油酸的生产	52	4.1.2 热分解	139
2.3.1 压榨法	52	4.1.3 异构化	140
2.3.2 溶剂结晶法	53	4.1.4 其他的化学反应	142
2.3.3 乳化分离法	57	4.2 生化反应	144
2.3.4 尿素包结分离法	59	4.2.1 新陈代谢	144
2.3.5 利用双键反应的分法 (复合法)	60	4.2.2 酶反应	148
2.4 高纯度多烯酸的精制技术	60	5. 脂肪酸衍生物及其特性	150
2.4.1 精制方法	61	5.1 肥皂及金属皂	150
2.4.2 三甘酯或高不饱和脂肪酸的浓缩、 精制	61	5.1.1 肥皂	150
2.4.3 多烯酸酯的精制	62	5.1.2 金属皂	168
2.5 合成脂肪酸的生产	68	5.2 脂肪酸酯	183
2.5.1 制造方法	69	5.2.1 酯的制备	183
2.5.2 合成脂肪酸的状况与用途	71	5.2.2 脂肪酸酯的工业生产	185
3. 脂肪酸的分类、结构及物理性质	74	5.2.3 脂肪酸酯的物理性质	194
3.1 脂肪酸的分类及来源	74	5.2.4 脂肪酸酯的化学性质	196
3.1.1 饱和脂肪酸	74	5.3 高级醇	199
3.1.2 不饱和脂肪酸	74	5.3.1 生产方法	200
3.1.3 特殊脂肪酸	76	5.3.2 脂肪醇的性状	204
3.2 脂肪酸的分子结构与结晶	82	5.3.3 脂肪醇的化学性质	205
3.2.1 分子结构	82	5.3.4 应用	207
		5.4 酰卤、双烯酮	208
		5.4.1 酰卤化	209

5.4.2 双烯酮	213	6.8.1 基本特性	325
5.5 含氮衍生物	216	6.8.2 实用性能	331
5.5.1 脂肪酸酰胺	216	6.9 选矿业	333
5.5.2 脂肪胺	228	6.9.1 浮选原理及浮选工艺过程	334
5.5.3 脂肪腈	236	6.9.2 浮选剂的种类与作用	334
5.6 二元酸、聚合酸、异构硬脂酸	241	6.10 食品工业	337
5.6.1 二元酸	241	6.10.1 对食品的清洗保鲜作用	338
5.6.2 聚合酸	246	6.10.2 在豆制品加工中的应用	339
5.6.3 脂肪酸的异构化	254	6.10.3 在面包、糕点中的应用	339
5.7 表面活性剂	255	6.10.4 冷饮食品中的应用	340
5.7.1 表面活性剂的定义和分类	255	6.10.5 在人造奶油、麦淇淋、蛋黄酱中的 应用	341
5.7.2 结构对表面活性的影响	260	6.10.6 在巧克力糖果和奶糖中的应用	341
5.7.3 各类表面活性剂	263	6.10.7 在热饮料中的应用	341
6. 脂肪酸及其衍生物用途	280	6.10.8 在油脂加工方面的应用	342
6.1 肥皂、洗涤剂	280	6.10.9 其他应用	342
6.1.1 体用洗涤剂	280	6.11 橡胶	343
6.1.2 衣物用洗涤剂	282	6.11.1 天然橡胶	343
6.1.3 厨房用洗涤剂	284	6.11.2 合成橡胶	345
6.1.4 洗衣房用洗涤剂	285	6.12 其他工业	347
6.2 医药、化妆品	286	6.12.1 蜡烛	347
6.2.1 医药	286	6.12.2 蜡笔	347
6.2.2 化妆品	294	6.12.3 光亮剂	348
6.3 塑料	296	6.12.4 金属工业	348
6.3.1 润滑剂	296	6.12.5 燃料工业	349
6.3.2 防蚀剂	299	6.12.6 农业、照相业	350
6.3.3 抗静电剂	301	7. 脂肪酸及其衍生物的分析方法	351
6.4 造纸、纸浆	303	7.1 常规分析	351
6.4.1 施胶剂	303	7.1.1 酸值的测定	351
6.4.2 脱墨剂	305	7.1.2 皂化值的测定	351
6.4.3 脱树脂剂	305	7.1.3 碘值的测定	352
6.4.4 其他	305	7.1.4 不皂化物的测定	353
6.5 涂料、油墨、颜料	306	7.1.5 过氧化值的测定	354
6.5.1 涂料、油墨	307	7.1.6 色泽测定法	355
6.5.2 颜料	311	7.1.7 凝固点的测定	358
6.6 纤维工业	312	7.1.8 水分测定法	359
6.6.1 精炼洗涤剂	312	7.2 仪器分析法	361
6.6.2 给油剂	314	7.2.1 气相色谱法	361
6.6.3 整理剂	318	7.2.2 高效液相色谱法	367
6.7 土木建筑	320	7.2.3 薄层层析	370
6.7.1 水凝性无机材料用防水剂	320	主要参考文献	373
6.7.2 沥青乳剂	322		
6.8 润滑油	325		

1. 脂肪酸原料

油脂是脂肪酸与甘油组成的三脂肪酸甘油酯，化学式为：



R_1 , R_2 , R_3 分别代表不同碳链长度的烷基。油脂通过水解可以得到脂肪酸和甘油，油脂中脂肪酸含量在 90% 以上（见表 1-1）。因此，油脂是脂肪酸生产中最重要最基本的原料。

表 1-1 油脂水解所得甘油、脂肪酸的理论量

油脂	皂化值 (平均)	甘油 /%	理论需量水 /%	脂肪酸 /%	油脂	皂化值 (平均)	甘油 /%	理论需量水 /%	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	10.46	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					

油脂是可以再生的天然资源，1998 年世界产量为 10180 万吨，并以每年 2% 的速度递增。随着生命科学，能源产业的进展，微生物、原生动物、藻类等生命体用作新油脂原料正在成为现实，如丝状菌中的卵菌类 (*Comgcetes*)、接合菌类 (*zygomycetes*)、藻类中隐藻纲藻类 (*chrysophceae*)、渦鞭毛藻类 (*Dinophyceae*)、黄菌色藻类 (*Chrysophyceae*) 等是生产廿二碳六烯酸 (DHA) 的菌体，由微生物培养的单细胞油脂是特种脂肪酸 DHA 的原料。随着生物工程的进步，脂肪酸的组成将会根据人类社会的需要进行调节。新脂肪酸原料的开发，预计将有广阔前景，涉及许多产业的脂肪酸工业将会以新的姿态展现给世人。

1.1 天然油脂

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

1.1.1 植物油脂

植物油占油脂总量的 70%，主要作食用。椰子油系的椰子油、棕榈仁油，月桂酸含量占 50% 左右， C_{10} 以下的脂肪酸在 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菲律宾受气候及其他原因的影响较大，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、蓖麻油等均有大量的

特殊脂肪酸。如油酸、亚油酸、羟基酸等，在工业上有其独到的用处。

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，导致开发低芥酸含量（3.5%以下）的菜籽油，目前已在很多国家大面积推广。作为菜籽油的代用油脂，美国正在进行 [Crambe] 油（芥酸含量为 59%）的开发。

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 C₂₀、C₂₂ 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 *Limmathesalba*（含油率 33%，C₂₀、C₂₂ 碳的一元酸和二元酸含量在 95% 左右）*Brassica napus* 及 *Linaria annua* 等。

除蓖麻油外，作为特殊脂肪酸的原料油，*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 *Cardamine impatiens*, *Chamapence afra* *Dimorphotheca sinuata* 等作物种子的油脂中含有羟基脂肪酸。

常见的植物油有以下几种。

1.1.1.1 棕榈油

棕榈油得自油棕的果肉，果肉含油 45%~60%，主要成分是棕榈酸。棕榈油含有类胡萝卜素。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，中国多从马来西亚、印度尼西亚进口。棕榈油质量指标见表 1-2。

表 1-2 国外毛棕榈油、精炼棕榈油、氢化棕榈油及液体棕榈油质量标准

特性项目	食用红棕榈油	食用脱色棕榈油	全精炼棕榈油	氢化棕榈油	液体棕榈油
游离酸(以棕榈酸计)/% ≤	4.6	0.3	0.05	0.1	0.05
水分/% ≤	0.2	0.2	0.02	0.1	0.02
过氧化值/(mmol/kg) ≤	10	10	1.0	—	—
脂皂含量/(mg/kg) ≤	—	50	—	—	—
铜/(mg/kg) ≤	0.4	0.1	0.2	—	0.2
铁/(mg/kg) ≤	5.0	1.5	0.5	—	0.5
碘值(韦氏)	46~56	46~56	46~56	25~40	75.8
胡萝卜素含量/(mg/kg) ≤	500~1600	—	—	—	—
色泽(罗维朋 5 $\frac{1}{4}$ 槽) ≤	—	17(美国) 12(美国)	—	—	—

1.1.1.2 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。棉籽油的质量指标如表 1-3、表 1-4、表 1-5 所示。

1.1.1.3 柏油和木油

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。

表 1-3 精炼棉籽油质量标准 GB 1537—86

项 目	指 标
色泽(罗维朋 5 $\frac{1}{4}$ 槽)	黄 35, 红 8
气味, 滋味	具有精炼棉籽油固有的气味和滋味, 无异味
酸值/(mgKOH/g)	1.0
水分及挥发物/%	0.20
杂质/%	0.10
加热试验(280℃)	油色不变深, 无析出物
含皂量/%	0.03

表 1-4 毛棉籽油质量标准 DB/4200 14003—87

(美国油脂化学会推荐标准)

酸值	水分及挥发物/%	杂质/%	色泽、气味、滋味
8	0.5	0.5	正常

表 1-5 精炼棉籽油质量标准 (美国油脂化学会推荐标准)

相对密度(25℃)	0.916~0.918	不皂化物/%	不高于 1.5
碘值/(gI ₂ /100g)	106~113	脂肪酸冻点/℃	32~36
折射率(25℃)	1.468~1.472	游离脂肪酸(以油酸计)	不超过 0.25
皂化值/(mgKOH/g)	190~198	澄清度	在 70℃ 保持澄清至少 8h

柏油主要成分是棕榈酸、油酸甘油酯, 它是制取硬脂脂肪酸的重要原料。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。

乌柏树生长能力很强, 可在堤旁、路边、山丘地带生长, 产量很高, 是很好的经济作物。自 1897 年引种到美国后, 经科学栽培, 品种筛选, 使产籽、产油率大大提高, 折算成中国亩产可达 375kg, 被认为是比马来西亚棕榈油更有前途的丰产油脂品种。20 世纪 60 年代乌柏树资源受到破坏, 至今未恢复元气。目前美国在墨西哥湾沿岸大批推广种植。表 1-6、表 1-7 为制皂用木油、柏油的企业标准。

表 1-6 制皂用木油质量标准 (企业标准)

名 称	指 标
水分及杂质/%	2
酸值	10
皂化值/(mgKOH/g)	202~208
凝固点/℃	40~44
色泽	淡黄色

表 1-7 制皂用柏油质量标准 (企业标准)

名 称	指 标
水分及杂质/%	2
酸值	10
皂化值/(mgKOH/g)	200~209
凝固点/℃	48~53
色泽	白色

1.1.1.4 糠油 (米糠油)

米糠是稻谷碾成白米时的副产品, 米糠中含油量在 14% 以上。中国是世界上主要稻米生产国, 年产稻谷 2 亿多吨, 在稻谷加工中有 1000 多万吨米糠, 可回收 100 多万吨米糠油。但是中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}12%~20%, C_{18:1}40%~50%; C_{18:2}29%~42%,

此外还含有 $C_{20} \sim C_{24}$ 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，酸值升高，一般在 20~40 之间。贮存长久者酸值可达 100 以上，颜色为深绿色。经过提炼的糠油是营养价值很高的食用油，米糠油质量指标如表 1-8 所示。

表 1-8 精炼米糠油质量标准 DB/4200 14003—87

项 目	指 标		
	一级	二级	次级(毛糠油)
色泽(罗维朋 $5 \frac{1}{4}$ 槽) $\leq$	黄 35, 红 ≤ 4.0	黄 35, 红 ≤ 8.0	绿 $\leq$ 墨绿
气味、滋味	具有米糠油固有的滋味, 无异味		
酸值/(mgKOH/g) $\leq$	2.0	4.0	100~135
水分及挥发物/% $\leq$	0.10	0.20	皂化值 $> 183 \sim 194$
杂质/% $\leq$	0.10	0.20	不皂化物 $< 7\%$
加热试验(280℃)	允许微量沉淀和油色变深, 但不得变黑	—	

1.1.1.5 向日葵油

由向日葵籽仁榨得的油称向日葵油。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。

1.1.1.6 山苍子油

山苍子油又叫荜澄茄油，呈墨褐色，有特殊的气味。

山苍子油是中长碳链脂肪酸组成的三甘油酯， $C_{10} \sim C_{14}$ 酸含量约 85%。 C_{12} 酸含量在 70% 左右。

1.1.1.7 玉米油

由玉米胚芽榨得的油称为玉米油，也叫苞米油。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。

1.1.1.8 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。

1.1.1.9 茶油

茶油由油茶籽压榨制得，是中国的特产。茶油的主要成分是油酸甘油酯，主要作食用。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。

1.1.1.10 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。

1.1.1.11 桐油

桐油是中国的特产，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。

桐油国家标准 (摘自 GB 8277—87)

(1) 技术要求 桐油应具有下列特征常数。

① 相对密度 (20/4℃) 0.9360~0.9395。

② 折射率 (20℃) 1.5185~1.5225。

③ 碘值 (韦氏法) 163~173。

④ 皂化值 190~195。

(2) 等级指标 桐油的等级指标见表 1-9。

表 1-9 桐油等级指标

指标 项目	级 别	一 级	二 级	三 级
热聚合试验(华司脱试验)		282℃, 7.5min 内凝成固体, 切时不粘刀, 压之即碎		
气味		具有桐油固有的正常气味, 无异味		
色泽(罗维朋 5 $\frac{1}{4}$ 槽)		黄 35 红 ≤ 3.0	黄 35 红 ≤ 5.0	黄 35 红 ≤ 7
透明度(静置 24h/20℃)		透明	允许微浊	允许微浊
酸值/(mgKOH/g)	$\leq$	3.0	5.0	7.0
水分及挥发物/%	$\leq$	0.10	0.15	0.20
杂质/%	$\leq$	0.10	0.15	0.20
β -桐油试验(3.3~4.4℃ 经 2~4h 后)		无结晶析出	无结晶析出	无结晶析出

1.1.1.12 亚麻籽油

亚麻籽油是以亚麻酸为主(约 50%左右)的干性油脂, 在工业上是制造油漆涂料最重要的植物油, 质量指标见表 1-10。

表 1-10 亚麻籽油等级指标

指 标 项 目	类 别 等 级	工 业 用 油		食 用 油
		1	2	
气味、滋味		具有亚麻籽油固有的气味、滋味、无异味		
酸值/(mgKOH/g)	≤	1.0	3.0	4.0
水分及挥发物/%	≤	0.10	0.10	0.20
杂质/%	≤	0.10	0.15	0.15
透明度		透明	允许微浊	允许微浊
色泽(罗维朋 5 $\frac{1}{4}$ 槽)		黄 35 红≤3.0	黄 35 红≤5.0	黄 35 红≤7.0
碘值(韦氏法)/(gI ₂ /100g)	≤	175		—
皂化值/(mgKOH/g)		188~195		—
含皂量/%	≤	0.03		—
加热试验(280℃)		—	—	油色允许变深,但不得变黑,允许有微量析出物
破裂实验(289℃)		无析出物	允许有微量析出物	

亚麻籽油国家标准 (摘自 GB 8235—87)

(1) 分类 根据亚麻籽油的用途分为两类。

① 工业用亚麻籽油。

② 食用亚麻籽油。

(2) 技术要求 亚麻籽油应具下列特征常数。

① 相对密度(20/4℃) 0.9260~0.9365。

② 折射率(20℃) 1.4785~1.4840。

(3) 等级指标 亚麻籽油的等级指标见表 1-10。

1.1.1.13 苏子油

苏子油中的饱和酸是棕榈酸和硬脂酸，其量约为 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，工业上可以制假漆和油漆。主要理化常数如下：

相对密度(15℃)	凝固点/℃	折光率 n_D^{20}	皂化值	碘值	六溴值
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。

1.1.1.14 椰子油

椰子油是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。表 1-11 为椰子油质量标准。

表 1-11 椰子油质量标准 (美国油脂化学会推荐标准)

名 称	指 标	名 称	指 标
相对密度(99/15.5℃)	0.869~0.874	不皂化物/%	< 0.5
	0.917~0.919	脂肪酸凝固点/℃	20~24
折射率(40℃)	1.448~1.450	凝结点/℃	21.8~23
碘值(韦氏法)/(gI ₂ /100g)	≤ 7.5~10.5	列赫尔特·密斯尔值	6~8
皂化值/(mgKOH/g)	≤ 250~264	伯林斯克值	15~18

1.1.1.15 棕榈仁油

棕榈仁油是油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。

表 1-12 制皂用棕榈仁油质量标准
(企业标准)

名 称	指 标
水分及杂质/%	≤ 0.5
酸值/(mgKOH/g)	≤ 1.5
皂化值/(mgKOH/g)	≤ 244~248
凝固点/℃	20~28
色泽	黄色

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。表 1-12 为棕榈仁油企业标准。

1.1.1.16 萼菊花油及巴巴苏油

萼菊花是生长在墨西哥的一年生植物，萼菊花籽油主要成分是 C₈~C₁₄脂肪酸，如萼菊花 *Cyanea* 油，C₈酸含量为 67%，萼菊花 *Lavea* 油，C₁₀酸含量为 87.5%。萼菊花 *Parsonla* 油，C₁₂酸含量为 73.6%，萼菊花 *Palustris* 油，C₁₄酸含量为 63.7%，是制取 C₈~C₁₄酸的

理想原料。

巴巴苏 (Babassu) 油是生长在巴西的一种棕榈仁油, 果仁油含量在 60%, 月桂酸含量在 44%~46%, 小于 C₁₀ 的脂肪酸含量约 14%, 据悉果实的潜在年出口量 4000 万吨, 在价格上是椰子油竞争的强劲对手, 有待进一步开发。

1.1.1.17 蓖麻油

蓖麻油由蓖麻籽压榨而得, 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。蓖麻油可制作表面涂层, 工业杀菌、杀虫用润滑剂, 并用于纺织业和印染业, 质量指标见表 1-13、表 1-14。

蓖麻籽油国家标准 (摘自 GB 8234—87)

(1) 技术要求 蓖麻籽油应具有下列特征常数。

- ① 相对密度 0.9515~0.9675。
- ② 折射率 (20℃) 1.4765~1.4810。
- ③ 碘值 (韦氏法) 80~88。
- ④ 皂化值/(mgKOH/g) 177~187。
- ⑤ 乙酰值/(mgKOH/g) ≥140。

(2) 等级指标 蓖麻籽油的等级指标见表 1-13。

表 1-13 蓖麻籽油等级指标

指标 \ 等级		1	2	指标 \ 等级		1	2
项目				项目			
气味		具有蓖麻籽油固有的气味		杂质/%	≤	0.05	0.10
酸值/(mgKOH/g)	≤	2.0	4.0	透明度		透明	允许微浊
水分及挥发物/%	≤	0.10	0.20	色泽(罗维朋 5 $\frac{1}{4}$ 槽)		黄 20 红 ≤1.5	黄 20 红 ≤3.5

表 1-14 是美国的蓖麻籽油等级标准。

表 1-14 蓖麻籽油等级标准 (美国油脂化学会推荐标准)

相对密度(5/25℃)	0.945~0.965	皂化值	176~187
折射率(25℃)	1.473~1.477	不皂化物/%	不超过 1.0
碘值(韦氏法)	81~91	乙酰值(安特立-考克法)	144~150

1.1.2 动物油脂

动物油脂主要是指牛脂、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。中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, 肉食业廉价的副产兽脂占相当重要的位置。

1.1.2.1 陆产动物油脂

(1) 牛羊油 牛羊油是高级脂肪酸的重要原料, 主要成分是棕榈酸、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。参见表 1-15、表 1-16。

表 1-15 美国市售牛油的等级

等 级	最低凝固点/℃	最高游离脂肪酸/%	最高 FAC 色度	最高水分杂质/%
食用级(Edible)	41.5	1	5	1
特 级(Fancy)	41.5	4	7	1
高 级(Choice)	41.0	5	9	1
优 质(Prime or Extra)	40.5	6	13 或 19B	1
低 级(Special)	40.5	10	19 或 11C	2
No. 1	40.0	15	33	2
No. 2	40.0	20	39	2
No. 3	40.0	35	0	2
萃取骨油(Naphtha Extracted Bone)	40.0	50	0	2

注：引自 D. Swern: Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol. 1, p. 350。

表 1-16 牛油的国际标准

项目	气味	色泽	水分及杂质	相对密度 (40℃)	折光指数 (40℃)	凝固点 /℃	酸值	皂化值	碘值	不皂化物 /%
工业级	有特征气味， 无臭及异味	奶白色～ 淡黄色	—	0.893～0.898	1.448～1.460	45.2～47	<2	190～200	32～47	<1
食用 动物油	有特征气味， 无臭及异味	白色～ 淡黄色	—	0.893～0.904	1.448～1.460	40～49	<2.5	190～202	32～50	<1.2

中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，大部分仍从澳大利亚、新西兰、美国、加拿大等国进口。

(2) 猪油 中国猪油资源比较丰富，可分为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，夏天呈半固体。工业规格的猪油色泽稍差，酸值较高，常混有较多水分、杂质，如蛋白质等。表 1-17 为猪油国际标准，表 1-18 为企业标准。

表 1-17 猪油国际标准

项目	气味	色泽	水分杂质	相对密度 (40/20℃)	折射率 n_D^{40}	凝固点 /℃	酸值	皂化值	碘值	不皂化物
猪油	有特征气味无臭味	白色	—	0.896～0.904	1.448～1.460	32～45	<1.3	92～203	45～70	<1
浸出猪油	有特征气味无臭味	白色	—	0.894～0.906	1.448～1.461	32～45	<2.5	92～203	45～70	<1.2

猪油脂肪酸成分主要是肉豆蔻酸 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%。

表 1-18 皂用猪油质量标准
(企业标准)

项 目	指 标
水分杂质/%	≤ 2
酸值	4～9
皂化值	193～197
凝固点/℃	36～40
色泽	白色或浅黄色

1.1.2.2 水产油脂

据 FAO 统计，1978 年水产的油脂量为 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。由于北冰洋加拿大水域海豹的大量繁殖危害了其他鱼类资源增长，加拿大政府实施了捕海豹计划，使海豹油产量有增加的趋势。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。

① 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（鲸鱼中 40%~48%，鲱鱼 25%~30%）；

② 长链脂肪酸中以双键数多于两个的多元不饱和酸为主，有 ω_3 酸， ω_6 酸。重要的商品水产油见表 1-19。

表 1-19 水产油

海洋动物油		鲱鱼油 (Herring)	步鱼油 (Menhaden)	鳀鱼油 (Sardine)	鲸鱼 (Whale)	海豹油 ^①
组成(酸值 0.15~10.63) /%	$C_{14:0}$	3~8	7~8	6~8	4~8	不皂化物 0.3~0.8 n_D^{20} 1.4772 d_4^{20} 0.9232~0.924
	$C_{16:0}$	8~13	17~29	16~19	7~12	
	$C_{16:1}$	6~9	7~10	8~12	7~18	
	$C_{18:0}$	1~3	3~4	2~4	1~3	
	$C_{18:1}$	17~22	13~16	10~16	28~32	
	$C_{18:2}$	1~4	0~1	1~3	1~2	
	$C_{18:3}$	0~1	0~1	0~2		
	$C_{18:4}$		2~4	2~3		
	$C_{20:1}$	9~15	1~2	2~8	12~20	4.96 9.94
	$C_{20:4}$		1~2	1~3		
	$C_{20:5}$	6~9	10~13	10~24	1~4	
	$C_{22:1}$	11~16	0~2	1~8	4~18	
	$C_{22:5}$	1~4	2~3	2~4	1~4	
	$C_{22:6}$	6~8	9~14	4~14	1~5	
性质	碘值	115~160	150~195	160~190	110~130	141~166
	皂化值	180~192	189~193	139~193	183~198	193~195
	凝固点/℃	23~27	31~33	28~34	22~24	0.3~0.8(不皂化物)

① 上海水产品加工技术开发中心(分析)。

水产油脂加氢后可以作为长链饱和脂肪酸的原料。据最新研究，长链多元不饱和脂肪酸的生理活性（如沙丁鱼脂质的 10.0% 为 C_{20} 五烯酸，它对血中胆固醇具有降低作用，阻止血小板的凝集作用），在医药、饲料等领域可以说是极其珍贵的原料。

在资源大量耗用的时代，作为可再生资源的海生动物资源对人类的进步有非常重要的意义，水产油脂的合理高效利用对人类的生活质量有不可估量的作用。

1.1.3 类脂物

1.1.3.1 炼油皂脚及脂肪酸

油脂在贮存过程中，由于受水分、贮存温度、贮存容器及酶等因素的影响，产生缓慢的水解作用，使酸价升高。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% 左右的脂肪质，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。

1.1.3.2 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℃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10~25,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。从生皮中回收之刮皮油,皂化值在185~205,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183~205,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。

1.1.3.3 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Na₂S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

表 1-20 木浆浮油的成分/%

木浆浮油成分	木浆浮油中脂肪酸成分	
脂肪酸 38~46	油酸 9~16	棕榈酸 1.2~2.5
树脂酸 28~40	亚油酸 20~32	硬脂酸 0.3~0.7

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,见表1-20。

妥尔油产量随硫酸盐纸浆的生产量而变化。中国木浆浮油资源丰富,但尚未很好的开发利用。

1.1.3.4 氢化油脂

氢化油又叫硬化油,它是液体油加氢后的固体脂。根据加氢的深度,把硬化油分为极度硬化油、皂用硬化油(普通硬化油)、低度氢化油等。硬化油是制皂的主要原料,洗衣皂中用量可达30%~40%,色泽较好的氢化猪油、氢化花生油、氢化茶油可用作香皂的原料。极度硬化油是制取硬脂酸的主要原料,低度氢化油作食用油脂。硬化油理化指标见表1-21、表1-22。

表 1-21 氢化程度不同的硬化油理化常数

项 目	60℃豆油氢化油	53℃棉油氢化油	45℃氢化油
相对密度(50/60℃)	0.860~0.809	0.86~0.90	0.86~0.90
皂化值/(mgKOH/g)	190~195	190~198	190~198
碘值/(gI ₂ /100g)	22~25	41~44	60~63
脂肪酸凝固点/℃	59~62	52~55	41~44

表 1-22 (ZBY 44001—87) 硬化油专业标准

种 类		色泽 /(mgI ₂ /100mL)	熔点/℃	碘值 /(gI ₂ /100g)	酸值 /(mgKOH/g)	水分/%
极度氢化油 ^①	特级	≤60	≥58	≤2	≤5(参考)	≤0.5
	一级	≤80	≥56	≤4	≤5(参考)	≤0.5
普通氢化油	普通油猪油	≤80	≥56	—	≤7(参考)	≤0.5
		≤50	—	≤10	≤7(参考)	0.5
软质氢化油		≤60	36~44	—	≤5	≤0.5

① 极度氢化油中猪油氢化油以碘值为考核标准,熔点为参考指标。

1.1.4 石蜡

石蜡是由不同碳数的正构烷烃组成的混合物。根据石蜡的状态可分为液体石蜡,固体石蜡及微晶蜡(地蜡)。根据馏程、熔点的不同,可加工成各种熔点的石蜡。不同的石蜡原料,