

校 轻工与食品学科 教学指导委员会专业特色教材

油脂精炼 与加工工艺学

第二版

YOUZHI JINGLIAN YU JIAGONG GONGYIXUE

何东平 闫子鹏 主编

陈文麟 主审



化学工业出版社

教育部高等学校轻工与食品学科
教学指导委员会专业特色教材

油脂精炼与加工工艺学

第二版

何东平 闫子鹏 主 编
刘玉兰 齐玉堂 罗 质 副主编
陈文麟 主 审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统地介绍了毛油的来源及组成、毛油的初步处理、油脂脱胶、油脂脱酸、油脂脱色、油脂脱臭、油脂脱蜡、油脂分提、油脂氢化、油脂酯交换、油脂深加工产品、油脂产品包装及储存、油脂检验分析、油脂精炼实例及附录等内容。阐述了油脂精炼和加工过程的基本原理、工艺流程及相关参数、设备结构及操作方法。

本书是轻工、食品科学与工程专业的本、专科教材，也可作为相近专业师生和从事油脂加工科学研究、生产技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

油脂精炼与加工工艺学/何东平, 闫子鹏主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2012. 7

教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会专业特色教材
ISBN 978-7-122-14285-6

I. 油… II. ①何…②闫… III. ①油脂制备-精炼-方法-高等学校-教材②油脂制备-生产工艺-高等学校-教材
IV. TQ644

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 094778 号

责任编辑: 何 丽
责任校对: 陈 静

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 23 插页 2 字数 593 千字 2012 年 8 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 44.00 元

版权所有 违者必究

编者的话

《油脂精炼与加工工艺学》于2005年出版，为适应油脂精炼和加工技术的发展，对第一版教材进行了增补，形成《油脂精炼与加工工艺学》的第二版。本书可作为从事油脂、粮食、农业、轻工、食品、贸易等专业的本科生教材及科研人员、企业技术人员及管理人士的参考书。

《油脂精炼与加工工艺学》是教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会组织编写的专业特色教材之一。

民以食为天，油脂是人类食物供给中必不可少的。改革开放以来，中国人民的生活发生了翻天覆地的变化，对油脂的质量有了更高的要求，极大地推动了油脂精炼与加工技术的发展。经过近三十年的艰苦努力，中国的油脂精炼与加工技术和装备已基本与国际接轨，达到了世界先进水平。如今的超市里各种品牌的油脂产品琳琅满目，满足了人们的不同需求。

参加本书编写的有：武汉工业学院何东平（第1章、附录）、武汉工业学院张世宏（第2、3章）、河南工业大学刘玉兰（第4章）、武汉工业学院罗质（第5、6章）、武汉工业学院齐玉堂（第7、8章）、武汉工业学院胡传荣（第9章）、武汉工业学院姚理（第10、11章）、武汉工业学院刘良忠（第12章）、中粮北海粮油工业（天津）有限公司邓斌（第13章）、中粮北海粮油工业（天津）有限公司张毅新、河南华泰粮油机械工程有限公司、河南滑县粮机厂闫子鹏（第14章）；主编何东平、闫子鹏，副主编刘玉兰、齐玉堂、罗质。

本书编写过程中，得到了中国粮油学会油脂分会的大力支持；得到了王瑞元、张根旺、刘大川、胡键华、左恩南、姚专、刘世鹏、褚绪轩、王兴国、谷克仁、李子明、王玉梅、孙孟全、伍翔飞、傅敦智、胡新标、周伯川、陶钧、周丽凤、张甲亮、冉萍、陈德炳、沈金华、任卫民、刘喜亮、江汉忠、贾先义、景波和蒋新正等专家教授的指导。本书编写过程中，武汉工业学院任扬、余隽、史文青、马寅斐、刘露、段愿、柴莎莎、胡晚华、邹翀、尤梦圆、双杨、刘金勇、王文翔、赵书林、闵征桥、柳鑫、孙红星和庞雪风等研究生参与了本书的书稿校订和绘图工作。在此向他们表示衷心的感谢。

诚请陈文麟教授为本书主审，并感谢他的全力支持。

由于编者水平有限，书中不妥或疏漏之处恐难避免，敬请读者不吝指教。

编者

2012年3月于武汉

编者的话（第一版）

《油脂精炼与加工工艺学》是教育部高等学校食品科学与工程专业教学指导分委员会推荐的专业特色教材之一。

民以食为天，油脂是人类食物供给中必不可少的。改革开放以来，中国人民的生活发生了翻天覆地的变化，对油脂的质量有了更高的要求，极大地推动了油脂精炼与加工技术的发展。经过近三十年的艰苦努力，中国的油脂精炼与加工技术和装备已基本与国际接轨，达到了世界先进水平。如今的超市里，各种品牌的油脂产品琳琅满目，满足了人们的不同需求。为了适应油脂精炼和加工技术的发展，特组织了长期从事油脂专业教学和科研的人员编写《油脂精炼与加工工艺学》一书，作为从事油脂、粮食、农业、轻工、食品、贸易等专业的师生及科研人员、企业技术人员及管理人士的参考书。

本书由何东平主编，齐玉堂、罗质副主编。参加本书编写的有：武汉工业学院何东平（第1章）、张世宏（第2、3章）、罗质（第5、6章）、齐玉堂（第7、8章）、胡传荣（第9、12章）、姚理（第10、11章）；河南工业大学刘玉兰（第4章）；河南省滑县粮机厂闫子鹏（第13章）。

本书诚请陈文麟教授审阅全书，并感谢他的全力支持。

鉴于编者专业水平有限，加之付梓仓促，书中疏漏及不妥之处难免，恳请读者不吝赐教，以便匡正。

编者

2005年3月于武汉

目 录

第 1 章 毛油的来源及组成

- 1.1 毛油的组成及性质 1
 - 1.1.1 水分 1
 - 1.1.2 固体杂质 1
 - 1.1.3 胶溶性杂质 1
 - 1.1.4 脂溶性杂质 2
 - 1.1.5 毒性物质 5
- 1.2 油脂精炼的目的和方法 6
 - 1.2.1 油脂精炼的目的 6
 - 1.2.2 油脂精炼的方法 6

第 2 章 毛油的初步处理

- 2.1 毛油的沉降 7
 - 2.1.1 沉降原理 7
 - 2.1.2 影响沉降的因素 8
 - 2.1.3 沉降设备 9
- 2.2 毛油的过滤 9
 - 2.2.1 过滤理论 9
 - 2.2.2 过滤设备 12
- 2.3 毛油的离心分离 15
 - 2.3.1 离心分离机理 15
 - 2.3.2 离心分离设备 16

第 3 章 油脂脱胶

- 3.1 油脂水化脱胶 19
 - 3.1.1 水化脱胶的基本原理 19
 - 3.1.2 影响水化脱胶的因素 21
 - 3.1.3 水化脱胶工艺 24
 - 3.1.4 水化脱胶设备 28
- 3.2 油脂酸炼脱胶 30
 - 3.2.1 硫酸脱胶原理 30
 - 3.2.2 磷酸脱胶 31
- 3.3 酶法脱胶 33
 - 3.3.1 植物油的精炼方法 33
 - 3.3.2 酶法脱胶的原理 34
 - 3.3.3 磷脂酶简介 34
 - 3.3.4 酶法脱胶工艺流程 34
- 3.4 其他方法脱胶 35
 - 3.4.1 干式脱胶 35
 - 3.4.2 湿式脱胶 35
 - 3.4.3 超级脱胶 35
 - 3.4.4 Alcon 方法 35

第 4 章 油脂脱酸

- 4.1 油脂碱炼脱酸 37
 - 4.1.1 碱炼的基本原理 37
 - 4.1.2 影响碱炼的因素 39
 - 4.1.3 碱炼损耗及碱炼效果 45
 - 4.1.4 碱炼脱酸工艺 46
 - 4.1.5 碱炼脱酸设备 54
- 4.2 其他脱酸方法 61
 - 4.2.1 脱酸方法分类 61
 - 4.2.2 植物油脱酸新方法 61

第 5 章 油脂脱色

- 5.1 吸附脱色 70
 - 5.1.1 吸附剂 71
 - 5.1.2 吸附脱色机理 74
 - 5.1.3 影响吸附脱色的因素 77
 - 5.1.4 吸附脱色设备 79
 - 5.1.5 吸附脱色工艺 83
- 5.2 其他脱色法 85
 - 5.2.1 光能脱色法 85

5.2.2 热能脱色法	85	5.2.4 试剂脱色法	86
5.2.3 空气脱色法	86	5.2.5 其他脱色法	86

第6章 油脂脱臭

6.1 脱臭的理论	87	6.3.1 间歇式脱臭工艺	96
6.1.1 水蒸气蒸馏理论	87	6.3.2 半连续式脱臭工艺	97
6.1.2 脱臭损耗	91	6.3.3 连续式脱臭工艺	99
6.2 影响脱臭的因素	93	6.3.4 填料薄膜脱臭工艺	104
6.2.1 脱臭温度	93	6.3.5 油脂脱臭操作	105
6.2.2 操作压强(真空度)	93	6.4 脱臭设备	107
6.2.3 通汽速率与时间	94	6.4.1 脱臭器	107
6.2.4 待脱臭油和成品油质量	95	6.4.2 软塔脱臭系统	107
6.2.5 直接蒸汽质量	95	6.4.3 辅助设备	111
6.2.6 脱臭设备的结构	95	6.4.4 脱臭热煤源	113
6.3 脱臭工艺	96		

第7章 油脂脱蜡

7.1 脱蜡的意义及机理	116	7.3 油脂脱蜡设备	123
7.1.1 脱蜡的意义	116	7.3.1 结晶器	123
7.1.2 脱蜡的机理	116	7.3.2 结晶塔	123
7.1.3 影响脱蜡的因素	117	7.3.3 养晶罐	123
7.2 油脂脱蜡工艺	118	7.3.4 加热卸饼式过滤机	124
7.2.1 常规法	118	7.3.5 连续封闭式过滤机	125
7.2.2 溶剂法	119	7.3.6 蜡饼处理罐	125
7.2.3 表面活性剂法	121	7.4 米糠油脱蜡	126
7.2.4 结合脱胶、脱酸的脱蜡 方法	122	7.4.1 糠蜡的主要成分	126
7.2.5 其他脱蜡法	122	7.4.2 糠蜡的物化特性	127
		7.4.3 糠蜡的提取——脱蜡	127

第8章 油脂分提

8.1 油脂分提的机理	130	8.2.6 辅助剂	136
8.1.1 分提的意义和方法	130	8.2.7 输送及分离方式	136
8.1.2 分提机理	130	8.3 油脂分提工艺及设备	136
8.2 影响油脂分提的因素	133	8.3.1 油脂分提工艺	136
8.2.1 油品及其品质	133	8.3.2 分提设备	144
8.2.2 晶种与不均匀晶核	133	8.4 油脂分提的原料	146
8.2.3 结晶温度和冷却速率	134	8.4.1 植物油	146
8.2.4 结晶时间	135	8.4.2 动物脂肪	148
8.2.5 搅拌速度	135	8.4.3 油脂的衍生物	150

第9章 油脂氢化

9.1 油脂氢化机理	153	9.1.2 氢化过程	153
9.1.1 氢化机理	153	9.1.3 选择性氢化	154

9.1.4	氢化反应速率及反应级数	155	9.3.2	几个系列催化剂的性能	163
9.1.5	异构化	156	9.4	氢气	163
9.1.6	氢化热效应	157	9.5	油脂氢化设备	164
9.2	影响油脂氢化的因素	157	9.5.1	氢化反应器	164
9.2.1	温度	158	9.5.2	辅助设备	166
9.2.2	压力	158	9.6	油脂氢化工艺	166
9.2.3	搅拌	158	9.6.1	油脂氢化工艺的基本过程	166
9.2.4	催化剂	159	9.6.2	间歇式氢化工艺	167
9.2.5	反应物	161	9.6.3	连续式氢化工艺	169
9.3	氢化催化剂	162	9.6.4	氢化工艺的一般条件及 消耗	170
9.3.1	催化剂的种类及组成	162			

第10章 油脂酯交换

10.1	油脂酯交换反应的种类	172	10.3	影响酯交换的因素	177
10.1.1	酸解	172	10.3.1	酯交换的催化剂	177
10.1.2	醇解	172	10.3.2	酯交换的反应温度	178
10.1.3	酯-酯交换	173	10.3.3	原料油品质	178
10.2	油脂酯交换的机理	173	10.4	油脂酯交换工艺	178
10.2.1	脂肪酸在甘三酯中的分布	173	10.4.1	间歇式酯交换	178
10.2.2	油脂酯交换的反应机理	174	10.4.2	连续式随机酯交换工艺	179
10.2.3	酯交换反应后油脂性质的 变化	175	10.4.3	连续式定向酯交换工艺	180

第11章 油脂深加工产品

11.1	人造奶油	182	11.2.2	起酥油的种类	200
11.1.1	人造奶油的定义及标准	182	11.2.3	起酥油的功能特性及影响 因素	201
11.1.2	人造奶油的种类	182	11.2.4	起酥油的原料和辅料	204
11.1.3	人造奶油的品质及影响 因素	184	11.2.5	起酥油的生产工艺	206
11.1.4	影响品质的因素	186	11.3	可可脂及代用品	208
11.1.5	人造奶油的基料与辅料的 选择	187	11.3.1	可可脂及代用品的特性	208
11.1.6	人造奶油的加工工艺	192	11.3.2	可可脂替代品	209
11.1.7	人造奶油加工设备	197	11.4	调和油	212
11.2	起酥油	199	11.4.1	调和油的概念	212
11.2.1	起酥油的定义	199	11.4.2	调和油的分类	212
			11.4.3	调和油的加工	212

第12章 油脂产品包装及储存

12.1	油脂及相关产品的包装	214	12.2.1	油脂的气味劣变	222
12.1.1	油脂包装的目的与分类	214	12.2.2	油脂的回色	223
12.1.2	油脂的包装器材	215	12.2.3	影响油脂安全储藏的因素	224
12.1.3	油脂的包装	217	12.3	油脂产品的安全保存措施	226
12.2	油脂在储存过程中的劣变	222	12.3.1	钝化法	226

12.3.2 阻化法	226
12.3.3 充氮法	227

12.3.4 满罐法	228
------------------	-----

第 13 章 油脂检验分析

13.1 油脂的采样方法	229
13.1.1 样品的分类	229
13.1.2 油脂采样器具	229
13.1.3 油脂采样方法	229
13.2 植物油料含油量测定 (GB/T 14488.1—2008)	230
13.3 透明度、色泽、气味、滋味 鉴定	237
13.3.1 透明度鉴定	237
13.3.2 色泽鉴定	237
13.3.3 气味、滋味鉴定	239
13.4 相对密度的测定	239
13.4.1 油脂相对密度的概念	239
13.4.2 液体相对密度天平法	240
13.4.3 相对密度瓶法	241
13.5 折射率的测定	242
13.5.1 阿贝折光仪	243
13.5.2 折射率的测定	244
13.6 烟点、熔点、凝固点的测定	245
13.6.1 烟点的测定	245
13.6.2 熔点的测定	246
13.6.3 凝固点的测定	247
13.6.4 冷冻实验	248
13.7 杂质的测定	248
13.7.1 方法原理	248
13.7.2 试剂	249
13.7.3 仪器和用具	249
13.7.4 操作方法	249
13.7.5 结果计算	249
13.8 酸值的测定	249
13.8.1 测定方法	249
13.8.2 快速测定法	250
13.9 磷脂的测定	251
13.9.1 测定方法	252
13.9.2 工业用亚麻籽油破裂实验	254
13.10 含皂量的测定	254
13.10.1 方法原理	254
13.10.2 试剂	254
13.10.3 仪器和用具	254

13.10.4 操作方法	254
13.10.5 结果计算	255
13.11 皂化值的测定	255
13.11.1 方法原理	255
13.11.2 试剂	255
13.11.3 仪器和用具	255
13.11.4 操作方法	255
13.11.5 结果计算	256
13.12 不皂化物的测定(乙醚法)	256
13.12.1 方法原理	257
13.12.2 试剂	257
13.12.3 仪器和用具	257
13.12.4 操作方法	257
13.12.5 结果计算	257
13.13 碘值的测定	258
13.13.1 方法原理	258
13.13.2 试剂	258
13.13.3 仪器和用具	259
13.13.4 操作方法	259
13.13.5 结果计算	259
13.13.6 注意事项	259
13.14 油脂酸败实验及过氧化值的 测定	260
13.14.1 过氧化值的测定	260
13.14.2 油脂酸败实验	262
13.15 油脂 <i>p</i> -茴香胺值的测定	262
13.15.1 方法原理	262
13.15.2 试剂	262
13.15.3 仪器和用具	263
13.15.4 操作方法	263
13.15.5 结果计算	263
13.15.6 注意事项	263
13.16 羰基值的测定	264
13.16.1 方法原理	264
13.16.2 试剂	264
13.16.3 仪器和用具	264
13.16.4 操作方法	264
13.16.5 结果计算	265
13.16.6 注意事项	265

13.17 油脂稳定性的测定	265	13.19.3 大豆油检出	270
13.17.1 方法原理	265	13.19.4 菜籽油检出	270
13.17.2 试剂	265	13.19.5 蓖麻油检出	271
13.17.3 仪器	265	13.19.6 桐油检出	271
13.17.4 操作步骤	266	13.19.7 矿物油检出	272
13.17.5 结果表示	267	13.19.8 亚麻油检出	272
13.17.6 注意事项	267	13.19.9 棉籽油检出	273
13.18 油脂氧化酸的测定	267	13.19.10 植物油中猪脂的检出	273
13.18.1 方法原理	267	13.19.11 茶籽油检出	273
13.18.2 试剂	268	13.19.12 茶籽油纯度实验	274
13.18.3 仪器和用具	268	13.19.13 大麻籽油(麻籽油)	
13.18.4 操作步骤	268	检出	274
13.18.5 结果表示	268	13.19.14 棕榈油检出	274
13.19 油脂的定性检验	268	13.20 食用植物油卫生标准的分析方法	
13.19.1 芝麻油检出	269	(GB/T 5009.37—2003)	274
13.19.2 花生油检出	269		

第14章 油脂精炼实例

14.1 大豆油精炼	283	14.7.4 样品理化指标与药理试验 ..	296
14.1.1 连续脱胶、脱溶工艺流程 ..	283	14.8 茶叶籽油精炼	296
14.1.2 工艺指标测试	284	14.8.1 精炼工艺	296
14.1.3 与传统的罐炼工艺比较	284	14.8.2 工艺条件	297
14.2 花生油精炼	284	14.9 核桃油精炼	298
14.2.1 浸出花生油的物理精炼	284	14.9.1 工艺流程及主要设备	298
14.2.2 浸出成品花生油实测指标 ..	285	14.9.2 工艺流程特点	298
14.3 棉籽油精炼	286	14.9.3 核桃油质量指标	299
14.3.1 传统的碱炼工艺	286	14.10 葡萄籽油精炼	299
14.3.2 低温长混碱炼工艺	286	14.10.1 碱炼(脱胶)工艺	299
14.4 菜籽油精炼	287	14.10.2 脱色工艺	300
14.4.1 半连续脱胶工艺	287	14.10.3 脱蜡工艺	300
14.4.2 连续脱色工艺	288	14.10.4 脱臭工艺	301
14.4.3 连续脱臭工艺	288	14.11 鱼油精炼	302
14.5 米糠油精炼	288	14.11.1 工艺流程	302
14.5.1 毛米糠油主要成分	289	14.11.2 技术特点	302
14.5.2 工艺流程	289	14.11.3 工艺操作要点及其说明	303
14.5.3 工艺说明	289	14.11.4 影响产品质量和收率的原因	
14.6 玉米油精炼	291	分析和解决方法	303
14.6.1 工艺流程及主要设备	291	14.12 蓖麻油精炼	304
14.6.2 工艺设备特点	291	14.12.1 常规法蓖麻油精炼工艺	305
14.7 油茶籽油精炼	293	14.12.2 蓖麻油的混合油全精炼	305
14.7.1 油茶籽油的理化指标	293	14.12.3 蓖麻油混合油全精炼	
14.7.2 药物用油茶籽油的精炼	293	优点	307
14.7.3 质量参数	294	14.13 火麻仁油精炼	308

14.13.1	脱胶工段	308	14.15.5	酸化-碱炼-结晶法的影响 因素分析	311
14.13.2	脱色工段	308	14.15.6	最优工艺条件	312
14.13.3	脱臭工段	309	14.16	猕猴桃籽油精炼	312
14.13.4	毛油与成品油质量指标 对比	309	14.16.1	猕猴桃籽油精炼工艺 流程	313
14.14	橡胶籽油精炼	309	14.16.2	操作要点	313
14.14.1	压榨橡胶籽油基本理化 性质	309	14.16.3	猕猴桃籽	313
14.14.2	橡胶籽油精炼工艺	310	14.16.4	猕猴桃油理化指标和脂肪 酸组成	313
14.14.3	冷榨橡胶籽毛油与热榨橡胶 籽毛油脱胶、脱色对比	310	14.17	楝木油精炼	314
14.14.4	橡胶籽精炼油的质量	310	14.17.1	精炼工艺过程	314
14.15	花椒籽仁油精炼	311	14.17.2	影响楝木油精炼的因素	314
14.15.1	花椒籽仁油的制取	311	14.17.3	楝木油品质检测结果	316
14.15.2	脱酸、脱蜡工艺	311	14.17.4	楝木油清除 DPPH· 的 能力	316
14.15.3	花椒籽仁油酸值和含蜡量 测定	311	14.17.5	精炼楝木油质量	317
14.15.4	脱酸、脱蜡工艺的选择	311			

附录 部分油脂质量的国家标准

附录 1	大豆油 (摘录 GB 1535— 2003)	318	GB 21123—2007)	333	
附录 2	棉籽油 (摘录 GB 1537— 2003)	319	附录 12	橄榄油、油橄榄果渣油 (摘录 GB 23347—2009)	333
附录 3	花生油 (摘录 GB 1534— 2003)	320	附录 13	蓖麻籽油 (摘录 GB/T 8234— 2009)	337
附录 4	菜籽油 (摘录 GB 1536— 2004)	322	附录 14	亚麻籽油 (摘录 GB/T 8235— 2008)	337
附录 5	芝麻油 (摘录 GB 8233— 2008)	324	附录 15	工业用猪油 (摘录 GB/T 8935—2006)	339
附录 6	米糠油 (摘录 GB 19112— 2003)	325	附录 16	食用猪油 (摘录 GB/T 8937—2006)	340
附录 7	玉米油 (摘录 GB 19111— 2003)	326	附录 17	蚝油 (摘录 GB/T 21999— 2008)	341
附录 8	油茶籽油 (摘录 GB 11765— 2003)	328	附录 18	核桃油 (摘录 GB/T 22327— 2008)	342
附录 9	棕榈油 (摘录 GB 15680— 2009)	329	附录 19	红花籽油 (摘录 GB/T 22465— 2008)	344
附录 10	葵花籽油 (摘录 GB 10464— 2003)	331	附录 20	葡萄籽油 (摘录 GB/T 22478— 2008)	346
附录 11	营养强化维生素 A 食用油 (摘录 GB 21123—2007)	333	附录 21	花椒籽油 (摘录 GB/T 22479— 2008)	347

附录 22	食品级白油 (摘录 GB 4853—2008)	348	附录 24	原产地域产品 秀油 (摘录 GB 19695—2005)	351
附录 23	原产地域产品 吉林长白山中国林蛙油 (摘录 GB 19507—2004)	348			

参考文献

第 1 章 毛油的来源及组成

经压榨、浸出或水代法得到的未经精炼的植物油脂称为毛油。油料经磁选、筛选、破碎、轧坯、蒸炒后用机械挤压而制得的毛油，称为机榨毛油。油料经预处理（或用压榨饼）采用溶剂浸出等方法制得的毛油，称为浸出毛油。

1.1 毛油的组成及性质

毛油的主要成分是甘油三脂肪酸酯的混合物（俗称中性油）。除中性油外，毛油中还含有非甘油酯物质（统称杂质），其种类、性质、状态，大致可分为机械杂质、脂溶性杂质和水溶性杂质等三大类。见图 1-1。

1.1.1 水分

水分一般是生产或储运过程中直接带入或伴随磷脂、蛋白质等亲水物质混入的。常与油脂形成油包水（W/O）乳化体系，影响油脂的透明度，是解脂酶活化分解油脂的必需条件，不利于油脂的安全储存。生产上常采用常压或减压加热法脱除水分，常压加热脱水易导致油脂过氧化值的增高，不及减压加热脱水所得的油脂稳定性好。

1.1.2 固体杂质

毛油中通常含有一些油料饼屑、泥砂及草秆纤维等固体杂质，因这些杂质多以悬浮状态存在于油脂中，故称之为悬浮杂质。毛油中悬浮杂质的存在，对毛油的输送、暂存及油脂精炼效果都产生不良影响，因此必须及时将其从毛油中除去。

1.1.3 胶溶性杂质

胶溶性杂质以 $1\text{nm}\sim 0.1\mu\text{m}$ 的粒度分散在油中呈溶胶状态。其存在状态易受水分、温度及电解质的影响而改变，一般有以下几种。

1.1.3.1 磷脂

磷脂是一类结构和理化性质与油脂相似的类脂物。油料种子中呈游离态的磷脂较少，大部分与碳水化合物、蛋白质等组成复合物，呈胶体状态存在于植物油料种子内，在取油过程中伴随油脂而溶出。在毛油中的含量视油料品种和制油方法不同而异（一般毛油中含 $1\%\sim 3\%$ ），几种毛油中磷脂含量见表 1-1。

1.1.3.2 蛋白质、糖类

毛油中的蛋白质大多是简单蛋白与碳水化合物、磷酸、色素和脂肪酸结合成的糖甙、磷甙、色甙、脂甙以及蛋白质的降解产物，其含量取决于油料蛋白质的生物合成及水解程度。

糖类包括多缩戊糖（ $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_{16}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ），戊糖胶、硫代葡萄糖苷以及糖基甘油酯等。

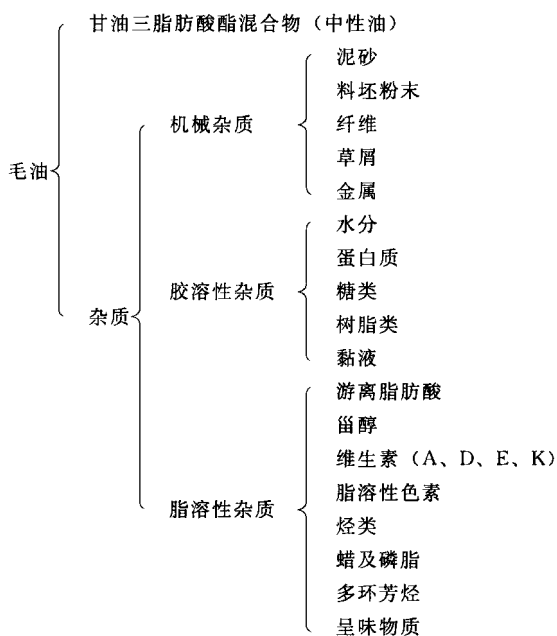


图 1-1 毛油及其杂质的成分

表 1-1 几种毛油的磷脂含量

油 脂	磷脂含量/%	油 脂	磷脂含量/%
大豆油	1.0~3.0	亚麻籽油	0.1~0.4
菜籽油	0.8~2.5	红花籽油	0.4~0.6
棉籽油	0.7~1.8	葵花籽油	0.2~1.5
花生油	0.3~1.5	小麦胚油	0.1~2.0
芝麻油	0.1~0.5	猪脂	0.05~0.1
米糠油	0.5~1.0	牛脂	0.07~0.1
玉米油	1.0~2.0	乳脂	1.2~1.5

游离态的较少，多数与蛋白质、磷脂、甾醇等组成复合物而分散于油脂中。这类物质亲水，对酸、碱不安定，故可应用水化、碱炼、酸炼等方法将其从油中分离出来。必须指出的是，蛋白质与糖类的一些分解物发生梅拉德反应产生的棕黑色色素，一般的吸附剂对其脱色无效，故须在油脂制取过程中加以注意。

1.1.4 脂溶性杂质

脂溶性杂质是指完全溶于油脂中呈真溶液状态的杂质。主要有以下几种。

1.1.4.1 游离脂肪酸

未熟油料种子中尚未合成为酯的脂肪酸和油料因受潮、发热、受解脂酶作用以及油脂氧化分解而产生的在油脂中呈游离状态的脂肪酸，称为游离脂肪酸。其含量视油料品种，储存条件不同而异，一般未经精炼的植物油脂中约含有 0.5%~5% 游离脂肪酸，受解脂酶分解过的米糠油、棕榈油中游离脂肪酸可高达 20% 以上。

1.1.4.2 甾醇

植物甾醇系广泛存在一般植物中脂质成分之一，人们从蔬菜、豆类、谷类等食品中，每人每日平均摄取量约 200~400mg。甾醇与胆固醇结构极为类似，如图 1-2 所示。其被人体摄取后，可与胆固醇竞争进入胆汁酸胶束中溶解，在小肠中抑制胆固醇吸收，具有降低血中胆固醇特别是低密度脂蛋白胆固醇的作用。甾醇一般在体内不易被吸收，蓄积性也低，因此它是安全性高，能降低胆固醇的天然成分。甾醇难溶于水。人们对甾醇已有长时间食用历史，很早以前就用作为抑制高血脂症的药物，但在食品中使用仍受到一定限制。

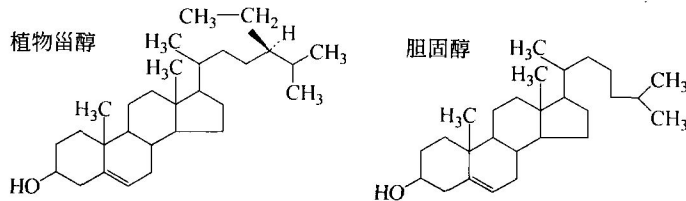


图 1-2 植物甾醇与胆固醇结构

甾醇是甾族化合物的一类，因在常温下呈固态，又俗称固醇。甾醇以游离、高级脂肪酸酯、苷三种形式存在于动、植物和微生物体内。甾醇与油脂共存，是油脂不皂化物的主要成分。甾醇是饱和或不饱和的仲醇，在结构上具有甾族化合物性质的有大豆甾醇、菜油甾醇、菜籽甾醇、麦角甾醇等。甾醇是具有旋光性的白色固体，经溶剂结晶获得的甾醇通常为针状或鳞片状白色结晶，其商品则多为粉末状、片状或颗粒状，甾醇相对密度略大于水，如胆甾醇为 1.03~1.07，麦角甾醇为 1.04。甾醇的熔点均在 100℃ 以上，最高可达 215℃。油脂中的甾醇大部分为无甲基甾醇，比例约为 50%~97%，其中以谷甾醇、大豆甾醇、菜油甾醇三种占总甾醇 50% 以上，各甾醇含量不低于 5%，其中又以谷甾醇含量最为集中、分布最

广，在 60%~70% 的植物油脂中，谷甾醇的比例达 50%~80%。

1.1.4.3 维生素 E

维生素 E (V_E)，又称生育酚，为脂溶性维生素，是由 α 、 β 、 γ 、 δ -维生素 E 及 α 、 β 、 γ 、 δ -生育三烯酚组成的复杂混合物。维生素 E 在空气中会缓慢氧化，紫外线照射也可使其分解。它可以保护其他易被氧化的物质使其不被破坏，所以它是极有效的抗氧化剂，不仅可以防止油脂的自动氧化，对光氧化也有较好的延缓作用。几种主要食用植物油中维生素 E 含量及类型见表 1-2。

表 1-2 几种主要食用植物油中维生素 E 含量及类型

油 脂	维生素 E 含量/(mg/100g 油脂)				生育三烯酚含量/(mg/100g 油脂)				总量 /(mg/100g)
	α	β	γ	δ	α	β	γ	δ	
玉米油	22.3	3.2	79	2.6	-	-	-	-	107.1
大豆油	10.0	0.8	62.5	26.1	-	-	-	-	99.4
棕榈油	15.2	-	-	-	20.5	-	43.9	9.4	89
棉籽油	38.1	-	38.7	-	2.5	-	-	-	77.6
葵花籽油	59.9	1.5	3.8	0.7	-	-	-	-	68.4
菜籽油	18.4	-	38	1.2	-	-	-	-	57.6
红花籽油	36.6	-	-	1.0	-	-	-	-	37.7
花生油	13.9	3	18.9	1.8	-	-	-	-	37.6
芝麻油	1.2	0.6	24.4	3.2	-	-	-	-	29.4
橄榄油	16.2	0.9	1.0	-	-	-	-	-	18.7
椰子油	0.5	-	-	0.6	0.5	0.1	1.9	-	3.6
小麦胚油	115	66.0	-	-	2.6	8.1	-	-	192.0

1.1.4.4 色素

纯油脂应无色。天然油脂具有绿、红、黄等不同的颜色是由于色素溶于油脂所致。在食用油脂中，色素虽为微量成分，但对油脂的稳定性和营养价值有着十分重要的影响。油脂色素主要有叶绿素、胡萝卜素等，叶绿素广泛存在于植物油脂中，胡萝卜素存在于动物和植物油脂中。

(1) 叶绿素 叶绿素的结构十分复杂，主要有 α 型、 β 型及去镁叶绿素 α 型、 β 型。在植物油脂中含量由几毫克/千克到数万毫克/千克不等。叶绿素不易溶于水，易溶于有机溶剂，在碱液中稳定，在酸液中不稳定，因此酸性白土吸附叶绿素的效率高于中性白土。叶绿素有促进油脂氧化和抑制氢化效果的作用。当叶绿素含量大于 $20\mu\text{g/g}$ 时，随着光照时间的延长，氧化反应呈直线上升，并趋于单纯的光氧化反应，同时还伴随叶绿素的自身氧化。当叶绿素的含量为 $20\mu\text{g/g}$ 时，叶绿素 β 的助氧化能力远大于叶绿素 α 。叶绿素的自身氧化以 β 型最快，其次是 α 型，去镁叶绿素相对比较稳定。值得一提的是，在黑暗条件下，实验证明油脂中的叶绿素反而会起抗氧化作用。抗氧化能力是去镁叶绿素最强，其次为 α 型，随着叶绿素含量的增加，抗氧化能力增强。叶绿素在氢化反应中对氢化反应的进行有明显的抑制作用，因此，用于氢化的植物油脂应在精炼过程中尽量除去叶绿素，以利氢化反应的顺利进行。

(2) 胡萝卜素 最早认为胡萝卜素是一个单纯的物质，后来发现，从不同来源得到的胡萝卜素的熔点、旋光性并不同。通过层析法分离，可知胡萝卜素有三种异构体。自然界最多的是 β -胡萝卜素，其次是 α -胡萝卜素， γ -胡萝卜素。 α 、 β 、 γ 三种胡萝卜素都存在于油脂中，其中以 β -胡萝卜素为主，是油脂红色的主要成分，也是油脂中的天然抗氧化剂。它们还是维生素 A 源，一个 β -胡萝卜素分子氧化分解，可得到两个分子的维生素 A。 α 及 γ -胡萝

卜素一个分子能得到一个分子的维生素 A。

胡萝卜素在高温和光照下可氧化分解褪色而失去抗氧化作用，油脂迅速劣变。油脂在加热过程中有时颜色转浅就是这个原因。

1.1.4.5 棉酚

棉籽中充满色素腺体，内含一种高活性的多酚类化合物——棉酚或棉毒素，人和单胃动物食用后胃黏膜组织易受破坏，引起消化功能紊乱等疾患。棉酚是七十多年前由前苏联斯曼诺娃女科学家首先发现的。发展至今，人类不仅攻克了“棉酚”难关而广泛地品尝了棉籽蛋白质，而且还变毒为“宝”，充分利用“棉酚”之功能特性为人类健康服务。国际红十字会《药学》杂志刊登了棉酚具有杀菌作用的文章，提出用棉酚制成油膏治疗伤口，可刺激组织再生，促使伤口愈合。棉酚既有杀死疱疹病毒之功，也有抑制乳腺癌之效，还可以杀死90%黑瘤癌细胞与结肠癌细胞，并对老年慢性气管炎也有疗效。棉酚是棉籽中最重要的色素，占总色素的20%~40%，为棉籽总量的0.15%~1.8%。棉籽壳中棉酚含量约为0.005%~0.01%；棉仁中含量约为0.5%~2.5%。棉酚存在于棉仁中的色腺体中，占腺体总重的35%~50%。色腺体又占棉仁重量的1.2%~2.0%，直径100~400 μm ，在显微镜下呈现晶莹夺目的黄色。包含色腺体壁对水以及极性有机溶剂很敏感，在与这些液体接触时就会破裂，从而释放出其内部所含的棉酚等色素。但是如果不与极性溶剂接触，色腺体可以承受很大的机械压力而保持完整。棉酚除了可作为男性抗生育用药外，也可适用于治疗女性某些激素依赖性疾，如子宫内膜异位症、子宫肌瘤和痛经等。棉酚具有抗疟疾的作用，可杀死疱疹等病毒。此外，棉酚还对胃癌、肺癌、肝癌、结肠癌等有一定的疗效。棉酚及其某些衍生物具有抗氧化剂的性质，可用作氧化抑制剂。棉酚在橡胶、聚乙烯、聚丙烯生产以及作为火箭燃料中的抗氧化剂方面的应用已有相关报道。虽然棉酚有很高的抗氧化能力，但是因为本身的毒性，限制了棉酚在食品行业中的应用，一般仅作为化工产品的抗氧化剂。棉酚还可以作为石油、机械加工、筑路方面的稳定剂。棉酚经高水分蒸胚变成结合棉酚就失去了毒性，不溶于油而残留在饼粕里，棉籽储存发热过久，低水分、高温度和长时间的蒸炒，以及榨后毛棉油不及时冷却，均能产生变性棉酚和棉酚衍生物，从而使油色加深，不易被碱炼法脱除，在生产中应当尽量避免此类情况的发生。

1.1.4.6 芝麻素

芝麻素为白色针状晶体，其结构如图1-3所示，熔点120~121 $^{\circ}\text{C}$ 。未精炼芝麻油显著的稳定性在很大程度上归功于芝麻素、芝麻酚林和芝麻酚的存在。芝麻素早期主要用作除虫菊杀虫剂的辅助剂，因为它具有增效作用，并可降低生产成本。但是随着科学技术的发展，对芝麻素研究的深入，高纯度的芝麻素逐渐应用在保健品和医药上。芝麻素在生物体内呈现较强的抗氧化作用，具有多种生理活性功能。过量的饮酒会引起肝脏中脂肪酸代谢的障碍，导致肝脏内脂肪的沉积。芝麻素能促进乙醇代谢，改善脂肪酸 β 氧化，这对过度饮酒而引起肝功能障碍的患者无疑是个福音。

1.1.4.7 糠蜡

糠蜡的主要组成为偶碳长链脂肪酸和偶碳长链脂肪族一元醇构成的蜡酯，其碳链总长度为 $\text{C}_{44}\sim\text{C}_{62}$ ，主要为碳链长度 C_{50} 以上的蜡酯。油脂中的蜂蜡、巴西蜡、糠蜡、棕榈蜡、棉花蜡和虫蜡等是这类物质的代表，米糠油、棉籽油、芝麻油、大豆油、葵花籽油及玉米油中含量较多，米糠可达3%~5%，主要为蜂花醇蜜蜡酸酯和蜜蜡醇蜜蜡酸酯，它们的存在使油脂冷却时呈浑浊现象，影响油品的外观及质量，故应除去。

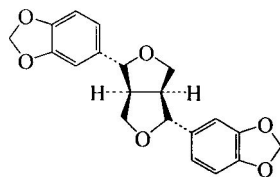


图1-3 芝麻素分子结构

1.1.4.8 烃类

油脂中的烃类大多为不饱和高碳烃,含量约为 0.1%~0.2%,碳原子数从 C_{13} ~ C_{30} 均有。三十碳六烯在鱼肝油、橄榄油、棉籽油、米糠油中均有,花生油中有 C_{15} ~ C_{19} 的不饱和烃,大豆油中含有十八碳三烯,通常认为油脂的气味和滋味与烃类的存在有关,故要设法脱除。由于烃类在一定温度和压力下,其饱和蒸气压较油脂的高,故应用减压水蒸气蒸馏法将其脱除。

1.1.5 毒性物质

1.1.5.1 黄曲霉毒素

黄曲霉菌本身是无毒的,但在其繁殖代谢的过程中,可分泌出有毒的物质——黄曲霉毒素。黄曲霉毒素是一种剧毒物质,它损害动物的肝脏,引起肝细胞坏死、肝纤维化、肝硬化等病变。黄曲霉毒素是目前发现的最强的致癌物质之一。主要可诱发肝癌,还能诱发胃癌、肾癌、直肠癌及乳腺、卵巢、小肠等部位的肿瘤。黄曲霉毒素对人体健康威胁很大。目前已确定其化学结构的有黄曲霉毒素 B_1 、 B_2 、 C_1 、 C_2 等 17 种,其中 B_1 毒性最大。食物中的花生、花生油、玉米、大米、棉籽等最容易污染上黄曲霉毒素,小麦、大麦也常被污染,豆类一般污染较轻。我国卫生标准规定,花生、花生油、玉米中黄曲霉毒素含量不超过 $20\mu\text{g}/\text{kg}$;大米、食用油中不得超过 $10\mu\text{g}/\text{kg}$;其他粮食、豆类、发酵食品不得超过 $5\mu\text{g}/\text{kg}$;婴儿食品中不得有黄曲霉毒素。油脂加工中采用碱炼配合水洗的工艺条件下,才能使油脂中黄曲霉毒素降至标准含量以下,但碱炼皂脚及洗涤废水中可能含有毒素,须妥善处理,以免造成污染。黄曲霉毒素能被活性白土、活性炭等吸附剂吸附,在紫外光照下也能解毒,采用溶剂萃取、化学药品破坏和高温破坏等方法均可脱除。

1.1.5.2 多环芳烃

多环芳烃 (PAH) 是指两个以上苯环稠合的或六碳环与五碳环稠合的一系列芳烃化合物及其衍生物。如苯并 (*a*) 蒽、苯并 (*a*) 菲、苯并 (*a*) 芘 [简称 $B(a)P$]、二苯并 (*b*, *e*) 芘和三苯并 (*a*, *e*, *i*) 芘等。自然界中发现的 PAH 有 200 多种,其中很多具有致癌活性。 $B(a)P$ 是 PAH 类化合物中的主要食品污染物。植物油料在生长过程中,受空气、水和土壤的 PAH 污染,加工中由于烟熏和润滑油的污染或油脂在过高的温度下热聚变形成 PAH,使得毛油中普遍存在着 $B(a)P$,其含量约为 $1\sim 40\mu\text{g}/\text{kg}$;PAH 对人体的主要危害可能是致癌作用,一般致癌物多在四、五、六环和七环范围内,都含有菲的结构,也可以认为凡具有致癌作用的多环芳烃都是菲的衍生物。油脂中的多环芳烃可采用活性炭吸附精炼或特定条件的脱臭处理方法来脱除。

1.1.5.3 农药

农药安全使用的主要任务和目标是加强农药的使用管理,做好甲胺磷等 5 种高毒有机磷农药的削减和禁用工作,全面限制和禁止使用高毒、高残留农药,大力推广高效低毒环保型化学农药和生物农药,努力推进施药机械的更新换代,实现农产品的无害化生产,确保食用安全,做好高毒农药取代工作。农业部和国家发改委 2003 年公布了甲胺磷、甲基对硫磷、对硫磷、久效磷、磷胺等 5 种高毒有机磷农药削减方案,分三个阶段完成削减计划。农药在防治农作物病虫害、去除杂草、控制人畜传染病、提高农畜产品的产量和质量、确保人体健康等方面,都起着重要作用。但化学农药的广泛大量使用,也造成了食品的污染。动植物油料由于喷洒农药直接污染水、土壤和空气,而被间接污染,以及经食物链生物浓集作用,都含有一定数量的农药。制油过程中部分转入毛油中,造成了油脂的农药污染。油脂中残留农药对人机体的危害表现在侵害肝、肾和神经系统,大剂量摄入则有致畸、致突变、促癌和致癌作用。只要精炼工序完整,经过脱臭处理后,油脂中残留的各类农药即会完全脱除。