

教育部高等学校食品科学与工程类专业教学指导分委员会专业特色教材

高等学校教材

# 油脂精炼与加工工艺学

何东平 主编



CHEMICAL INDUSTRY PRESS



化学工业出版社  
教材出版中心

教育部高等学校食品科学与工程专业  
教学指导分委员会专业特色教材

高等学校教材

# 油脂精炼与加工工艺学

何东平 主编

齐玉堂 罗 质 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

油脂精炼与加工工艺学/何东平主编. —北京: 化学工业出版社,  
2005. 4

高等学校教材

ISBN 7-5025-6947-2

I. 油… II. 何… 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 (2005) 第 031132 号

---

教育部高等学校食品科学与工程专业教学指导分委员会专业特色教材  
高等学校教材

**油脂精炼与加工工艺学**

何东平 主编

齐玉堂 罗 质 副主编

责任编辑: 何 丽

文字编辑: 李 玥

责任校对: 陈 静 李 军

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

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 22 插页 2 字数 546 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6947-2

定 价: 36.00 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 陈杰璐 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

# 编者的话

《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	1.1.5 毒性物质	5
1.1.1 水分	1	1.2 油脂精炼的目的和方法	6
1.1.2 固体杂质	2	1.2.1 油脂精炼的目的	6
1.1.3 胶溶性杂质	2	1.2.2 油脂精炼的方法	7
1.1.4 脂溶性杂质	2		

## 第 2 章 毛油的初步处理

2.1 毛油的沉降	8	2.2.1 过滤理论	11
2.1.1 沉降原理	8	2.2.2 过滤设备	13
2.1.2 影响沉降的因素	9	2.3 毛油的离心分离	17
2.1.3 沉降设备	10	2.3.1 离心分离机理	17
2.2 毛油的过滤	10	2.3.2 离心分离设备	18

## 第 3 章 油脂脱胶

3.1 油脂水化脱胶	22	3.2.2 磷酸脱胶	36
3.1.1 水化脱胶的基本原理	22	3.3 其他方法脱胶	38
3.1.2 影响水化脱胶的因素	24	3.3.1 干式脱胶	38
3.1.3 水化脱胶工艺	27	3.3.2 湿式脱胶	39
3.1.4 水化脱胶设备	33	3.3.3 超级脱胶	39
3.2 油脂酸炼脱胶	35	3.3.4 Alcon 方法	39
3.2.1 硫酸脱胶原理	35		

## 第 4 章 油脂脱酸

4.1 油脂碱炼脱酸	40	4.1.5 碱炼脱酸设备	59
4.1.1 碱炼的基本原理	40	4.2 其他脱酸方法	65
4.1.2 影响碱炼的因素	43	4.2.1 蒸馏脱酸法	65
4.1.3 碱炼损耗及碱炼效果	49	4.2.2 液-液萃取法	67
4.1.4 碱炼脱酸工艺	50	4.2.3 酯化脱酸法	67

## 第 5 章 油脂脱色

5.1 吸附脱色	70	5.1.3 影响吸附脱色的因素	76
5.1.1 吸附剂	70	5.1.4 吸附脱色设备	79
5.1.2 吸附脱色机理	73	5.1.5 吸附脱色工艺	82

5.2 其他脱色法 .....	85	5.2.3 空气脱色法 .....	86
5.2.1 光能脱色法 .....	85	5.2.4 试剂脱色法 .....	86
5.2.2 热能脱色法 .....	85	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 脱臭工艺 .....	96
6.1.1 水蒸气蒸馏理论 .....	87	6.3.1 间歇式脱臭工艺 .....	96
6.1.2 脱臭损耗 .....	92	6.3.2 半连续式脱臭工艺 .....	97
6.2 影响脱臭的因素 .....	93	6.3.3 连续式脱臭工艺 .....	99
6.2.1 脱臭温度 .....	93	6.3.4 填料薄膜脱臭工艺 .....	104
6.2.2 操作压强(真空度) .....	94	6.3.5 油脂脱臭操作 .....	106
6.2.3 通汽速率与时间 .....	94	6.4 脱臭设备 .....	108
6.2.4 待脱臭油和成品油质量 .....	95	6.4.1 脱臭器 .....	108
6.2.5 直接蒸汽质量 .....	95	6.4.2 辅助设备 .....	108
6.2.6 脱臭设备的结构 .....	96	6.4.3 脱臭热媒源 .....	110

## 第 7 章 油脂脱蜡

7.1 脱蜡的意义及机理 .....	112	7.2.5 其他脱蜡法 .....	119
7.1.1 脱蜡的意义 .....	112	7.3 油脂脱蜡设备 .....	119
7.1.2 脱蜡的机理 .....	113	7.3.1 结晶器 .....	119
7.1.3 影响脱蜡的因素 .....	113	7.3.2 结晶塔 .....	119
7.2 油脂脱蜡工艺 .....	115	7.3.3 养晶罐 .....	120
7.2.1 常规法 .....	115	7.3.4 加热卸饼式过滤机 .....	120
7.2.2 溶剂法 .....	116	7.3.5 连续封闭式过滤机 .....	121
7.2.3 表面活性剂法 .....	116	7.3.6 蜡饼处理罐 .....	122
7.2.4 结合脱胶、脱酸的脱蜡方法 .....	118		

## 第 8 章 油脂分提

8.1 油脂分提的机理 .....	123	8.2.6 辅助剂 .....	129
8.1.1 分提的意义和方法 .....	123	8.2.7 输送及分离方式 .....	129
8.1.2 分提机理 .....	124	8.3 油脂分提工艺及设备 .....	130
8.2 影响油脂分提的因素 .....	126	8.3.1 油脂分提工艺 .....	130
8.2.1 油品及其品质 .....	126	8.3.2 分提设备 .....	137
8.2.2 晶种与不均匀晶核 .....	127	8.4 油脂分提的原料 .....	139
8.2.3 结晶温度和冷却速率 .....	127	8.4.1 植物油 .....	139
8.2.4 结晶时间 .....	128	8.4.2 动物脂肪 .....	141
8.2.5 搅拌速度 .....	128	8.4.3 油脂的衍生物 .....	142

## 第 9 章 油脂氢化

9.1 油脂氢化机理 .....	146	9.1.1 氢化机理 .....	146
------------------	-----	------------------	-----

9.1.2 氢化过程 .....	147	9.3.1 催化剂的种类及组成 .....	155
9.1.3 选择性氢化 .....	147	9.3.2 几个系列催化剂的性能 .....	156
9.1.4 氢化反应速率及反应级数 .....	149	9.4 氢气 .....	157
9.1.5 异构化 .....	150	9.5 油脂氢化设备 .....	157
9.1.6 氢化热效应 .....	150	9.5.1 氢化反应器 .....	157
9.2 影响油脂氢化的因素 .....	151	9.5.2 辅助设备 .....	159
9.2.1 温度 .....	151	9.6 油脂氢化工艺 .....	160
9.2.2 压力 .....	152	9.6.1 油脂氢化工艺的基本过程 .....	160
9.2.3 搅拌 .....	152	9.6.2 间歇式氢化工艺 .....	161
9.2.4 催化剂 .....	153	9.6.3 连续式氢化工艺 .....	163
9.2.5 反应物 .....	154	9.6.4 氢化工艺的一般条件及消耗 .....	164
9.3 氢化催化剂 .....	155		

## 第 10 章 油脂酯交换

10.1 油脂酯交换反应的种类 .....	166	10.3 影响酯交换的因素 .....	171
10.1.1 酸解 .....	166	10.3.1 酯交换的催化剂 .....	171
10.1.2 醇解 .....	166	10.3.2 酯交换的反应温度 .....	172
10.1.3 酯-酯交换 .....	167	10.3.3 原料油品质 .....	173
10.2 油脂酯交换的机理 .....	168	10.4 油脂酯交换工艺 .....	173
10.2.1 脂肪酸在甘三酯中的分布 .....	168	10.4.1 间歇式酯交换 .....	173
10.2.2 油脂酯交换的反应机理 .....	168	10.4.2 连续式随机酯交换工艺 .....	173
10.2.3 酯交换反应后油脂 性质的变化 .....	170	10.4.3 连续式定向酯交换工艺 .....	174

## 第 11 章 油脂深加工产品

11.1 人造奶油 .....	176	11.2.3 起酥油的功能特性及 影响因素 .....	196
11.1.1 人造奶油的定义及标准 .....	176	11.2.4 起酥油的原料和辅料 .....	199
11.1.2 人造奶油的种类 .....	177	11.2.5 起酥油的生产工艺 .....	201
11.1.3 人造奶油的品质及影响因素 .....	179	11.3 可可脂及代用品 .....	203
11.1.4 影响品质的因素 .....	180	11.3.1 可可脂及代用品的特性 .....	203
11.1.5 人造奶油的基料与 辅料的选择 .....	182	11.3.2 可可脂替代品 .....	204
11.1.6 人造奶油的加工工艺 .....	187	11.4 调和油 .....	207
11.1.7 人造奶油加工设备 .....	190	11.4.1 调和油的概念 .....	207
11.2 起酥油 .....	194	11.4.2 调和油的分类 .....	207
11.2.1 起酥油的定义 .....	194	11.4.3 调和油的加工 .....	207
11.2.2 起酥油的种类 .....	194		

## 第 12 章 油脂产品包装及储存

12.1 油脂及相关产品的包装 .....	209	12.1.1 油脂包装的目的与分类 .....	209
-----------------------	-----	-------------------------	-----



12.1.2 油脂的包装器材 .....	210	12.3 油脂产品的安全保存措施 .....	222
12.1.3 油脂的包装 .....	213	12.3.1 钝化法 .....	222
12.2 油脂在储存过程中的劣变 .....	217	12.3.2 阻化法 .....	222
12.2.1 油脂的气味劣变 .....	217	12.3.3 充氮法 .....	223
12.2.2 油脂的回色 .....	219	12.3.4 满罐法 .....	223
12.2.3 影响油脂安全储藏的因素 .....	219		

### 第 13 章 油脂检化验分析

13.1 油脂的采样方法 .....	224	13.14 油脂酸败实验及过氧化值的测定 .....	254
13.1.1 样品的分类 .....	224	13.14.1 过氧化值的测定 .....	254
13.1.2 油脂采样器具 .....	224	13.14.2 油脂酸败实验 .....	255
13.1.3 油脂采样方法 .....	225	13.15 油脂 <i>p</i> -茴香胺值的测定 .....	256
13.2 油料含油量的测定 .....	226	13.16 羰基价的测定 .....	257
13.3 透明度、色泽、气味、滋味鉴定 .....	229	13.17 油脂稳定性的测定 .....	259
13.3.1 透明度鉴定 .....	229	13.18 油脂氧化酸的测定 .....	261
13.3.2 色泽鉴定 .....	230	13.19 油脂的定性检验 .....	262
13.3.3 气味、滋味鉴定 .....	231	13.19.1 芝麻油检出 .....	263
13.4 相对密度的测定 .....	232	13.19.2 花生油检出 .....	263
13.4.1 油脂相对密度的概念 .....	232	13.19.3 大豆油检出 .....	264
13.4.2 液体相对密度天平法 .....	232	13.19.4 菜籽油检出 .....	264
13.4.3 相对密度瓶法 .....	234	13.19.5 蓖麻油检出 .....	265
13.5 折射率的测定 .....	235	13.19.6 桐油检出 .....	266
13.5.1 阿贝折光仪 .....	235	13.19.7 矿物油检出 .....	266
13.5.2 折射率的测定 .....	236	13.19.8 亚麻油检出 .....	267
13.6 烟点、熔点、凝固点的测定 .....	238	13.19.9 棉籽油检出 .....	267
13.6.1 烟点的测定 .....	238	13.19.10 植物油中猪脂的检出 .....	267
13.6.2 熔点的测定 .....	239	13.19.11 茶籽油检出 .....	268
13.6.3 凝固点的测定 .....	240	13.19.12 茶籽油纯度实验 .....	268
13.6.4 冷冻实验 .....	241	13.19.13 大麻籽油(麻籽油)检出 .....	268
13.7 杂质的测定 .....	241	13.19.14 棕榈油检出 .....	268
13.8 酸价的测定 .....	242	13.20 食用植物油卫生标准的分析方法(GB/T 5009.37—1996) .....	269
13.9 磷脂的测定 .....	244	13.20.1 主题内容与适用范围 .....	269
13.10 含皂量的测定 .....	247	13.20.2 引用标准 .....	269
13.11 皂化价的测定 .....	248	13.20.3 感官检查 .....	269
13.12 不皂化物的测定(乙醚法) .....	250	13.20.4 理化检验 .....	269
13.13 碘价的测定 .....	251		

### 附 录

附录 1 大豆油国家标准 (GB 1535—2003) .....	277
--------------------------------------	-----

附录 2 菜籽油国家标准 (GB 1536—2004) .....	283
--------------------------------------	-----

附录 3	花生油国家标准 (GB 1534—2003) .....	289	附录 15	食用植物油厂卫生规范 (摘自 GB 8599—88) .....	329
附录 4	棉籽油国家标准 (GB 1537—2003) .....	295	附录 16	食用植物油卫生标准 (摘自 GB 2716—88) .....	333
附录 5	葵花籽油国家标准 (GB 10464—2003) .....	301	附录 17	食用植物油煎炸过程中的卫生 标准(摘自 GB 7102.1—94) ...	334
附录 6	油茶籽油国家标准 (GB 11765—2003) .....	306	附录 18	精炼食用植物油卫生标准 (GB 15197—94) .....	335
附录 7	玉米油国家标准 (GB 19111—2003) .....	312	附录 19	色拉油卫生标准 (GB 13103—91) .....	336
附录 8	米糠油国家标准 (GB 19112—2003) .....	318	附录 20	食用氢化油卫生标准 (摘自 GB 9694—88) .....	336
附录 9	芝麻油国家标准 (摘自 GB 8233—87) .....	324	附录 21	食用煎炸油卫生标准 (摘自 GB 7102—86) .....	337
附录 10	亚麻籽油国家标准 (摘自 GB 8235—87) .....	326	附录 22	人造奶油卫生标准 (摘自 GB 15196—94) .....	337
附录 11	蓖麻籽油国家标准 (摘自 GB 8234—87) .....	327	附录 23	猪油卫生标准 (GB 10146—88) .....	338
附录 12	桐油国家标准 (摘自 GB 8277—87) .....	327	附录 24	食用油脂的限量卫生标准 .....	339
附录 13	食用猪油国家标准 (摘自 GB 8973—88) .....	328	附录 25	油料和油脂中农药残留的限量 标准 .....	339
附录 14	人造奶油国家标准 (摘自 GB 15196—94) .....	328			
<b>参考文献</b> .....					341

# 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、轧胚、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。具体分类见图 1-1。

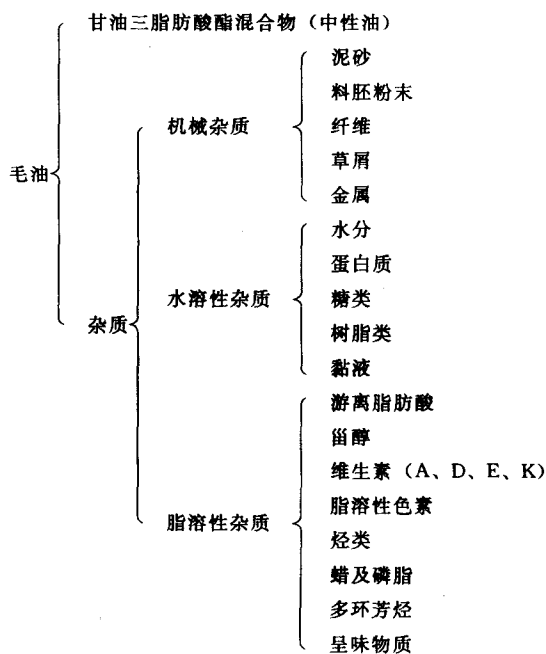


图 1-1 毛油的分类

#### 1.1.1 水分

水分一般是生产或储运过程中直接带人或伴随磷脂、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一类脂类。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。

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	向日葵油	0.2~1.5
花生油	0.3~1.5	小麦胚芽油	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
玉米胚芽油	1.0~2.0	乳脂	1.2~1.5

#### 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甾、磷甾、色甾、脂甾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。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  $0.5\%\sim 5\%$  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。

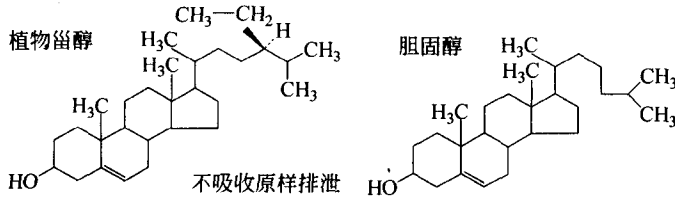


图 1-2 植物甾醇与胆固醇结构

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 生育酚

维生素 E (V<sub>E</sub>)，又称生育酚，为脂溶性维生素，是由  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ -生育酚及  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ -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生育酚含量及类型见表 1-2。

表 1-2 几种主要食用植物油中生育酚含量及类型

油脂	生育酚含量/(mg/100g 油脂)				生育三烯酚含量/(mg/100g 油脂)				总量 /(mg/100g)
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	
玉米胚芽油	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
小麦胚芽油	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 $\alpha$ 型、 $\beta$ 型及去镁叶绿素 $\alpha$ 型、 $\beta$ 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 $\beta$ 的助氧化能力远大于叶绿素 $\alpha$ 。叶绿素的自身氧化以 $\beta$ 型最快，其次是 $\alpha$ 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 $\alpha$ 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、旋光性并不一致。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 $\beta$ -胡萝卜素，其次是 $\alpha$ -胡萝卜素， $\gamma$ -胡萝卜素。 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 三种胡萝卜素都存在于油脂中，其中以 $\beta$ -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 $\beta$ -胡萝卜素分子氧化分解，可得到两个分子的维生素A。 $\alpha$ 及 $\gamma$ -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的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%，为棉籽总重的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 $\mu\text{m}$ ，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  $120\sim 121^{\circ}\text{C}$ 。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

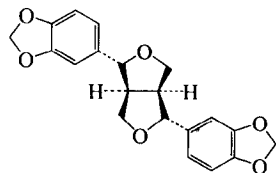


图 1-3 芝麻素分子结构

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 $\beta$ 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  $\text{C}_{50}$  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、葵花籽油及玉米胚芽油中含量较多，米糠可达  $3\%\sim 5\%$ ，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，影响油品的的外观及质量，故应除去。

#### 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  $0.1\%\sim 0.2\%$ ，碳原子数从  $\text{C}_{13}\sim\text{C}_{30}$  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  $\text{C}_{15}\sim\text{C}_{19}$  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  $\text{B}_1$ 、 $\text{B}_2$ 、 $\text{C}_1$ 、 $\text{C}_2$  等 17 种，其中  $\text{B}_1$  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1~40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ;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

今后农药安全使用工作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,确保食用安全和提高出口竞争力。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3个阶段完成削减计划。从2004年1月1日起,撤销所有含甲胺磷等5种高毒有机磷农药的复配产品登记证;从2005年1月1日起,除原药生产企业外,撤销其他企业含有甲胺磷等5种高毒有机磷农药制剂产品的登记;从2007年1月1日起,全面禁止甲胺磷等5种高毒农药的使用。这是继1983年我国停止生产使用六六六、滴滴涕等有机氯农药后,又一次较大规模农药结构调整,是引导和促进农药品种结构优化的重要举措。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直接污染水、土壤和空气间接污染,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。油脂残留农药时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。

## 1.2 油脂精炼的目的和方法

### 1.2.1 油脂精炼的目的

油脂精炼,通常是指对毛油进行精制,毛油中杂质的存在,不仅影响油脂的食用价值和储藏,而且给深加工带来困难,但精炼时,又不是将油中所有的“杂质”都除去,而是将其中对食用、储藏、工业生产等有害无益的杂质除去,如棉酚、蛋白质、磷脂、黏液、水分等除去,而有益的“杂质”,如生育酚、甾醇等又要保留。因此,根据不同的要求和用途,将不需要的和有害的杂质从油脂中除去,得到符合一定质量标准的成品油,就是油脂精炼的目的。



### 1.2.2 油脂精炼的方法

根据操作特点和所选用的原料，油脂精炼的方法可大致分为机械法、化学法和物理化学法3种。具体的油脂精炼方法分类见图1-4。上述精炼方法往往不能截然分开。有时采用一种方法，同时会产生另一种精炼作用。例如碱炼（中和游离脂肪酸）是典型的化学法，然而，中和反应生产的皂脚能吸附部分色素、黏液和蛋白质等，并一起从油中分离出来。由此可见，碱炼时伴有物理化学过程。

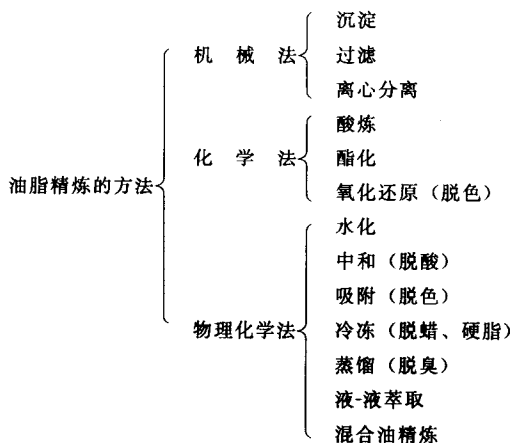


图 1-4 油脂精炼的方法

油脂精炼是比较复杂而具有灵活性的工作，必须根据油脂精炼的目的，兼顾技术条件和经济效益，选择合适的精炼方法。半连续精炼工艺流程图见书后插页。