

油脂生产原理与应用技术丛书

油脂加工工艺与设备

马传国 主编

化学工业出版社

化学与应用化学出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

油脂加工工艺与设备/马传国主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 9
(油脂生产原理与应用技术丛书)
ISBN 7-5025-4769-X

I. 油… II. 马… III. ①油脂制备-生产工艺
②油脂制备-化工设备 IV. TQ64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 081388 号

油脂生产原理与应用技术丛书

油脂加工工艺与设备

马传国 主编

责任编辑: 杨立新

文字编辑: 周 侗

责任校对: 郑 捷

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
化学与应用化学出版中心

(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
聚鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 13½ 插页 1 字数 361 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4769-X/TS·118

定 价: 29.00 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
京工商广临字 2003—31 号

序

前 言

油脂是人类食品原料之一，是人类生命能源和机体代谢不可缺少的物质。油脂也是日用化学、纺织印染、橡胶塑料、化学涂料以及医药等工业的原料。油脂加工及制品在国民经济中占有重要的地位。

随着油脂工业的规模化、集约化经营生产，油脂制品及相关化学品要满足社会的需要，具有国际先进水平的油脂加工工艺和设备在油脂加工企业逐渐普及，广大的油脂科技工作者、企业生产员工必须与时俱进，了解和掌握先进的工艺和设备。

本书系统阐述了油脂加工工艺的理论、工艺过程、工艺效果及生产设备，注重理论与生产实际的有机结合，对从事油脂、食品、化工以及轻工领域的科研人员有较高的参考价值。

本书共分十三章，系统介绍了油脂脱胶、脱酸、脱色、脱臭、脱蜡、分提、氢化及酯交换的工艺理论、工艺过程和生产设备，同时对人造奶油、起酥油、巧克力糖果、调味油脂等油脂制品的原料、配方、产品品质、生产工艺和设备等进行了阐述，对油脂及其制品的包装、劣变及安全储存做了介绍。

在本书的编写过程中，得到了郑州工程学院粮油食品学院常务副院长陆启玉教授的指导和帮助，还得到郑州工程学院油脂与植物蛋白教研室梁少华副教授、毕艳兰副教授、张永太副教授，以及江南大学魏安池博士的支持和帮助，在此表示感谢。

由于编者水平所限，书中不妥之处敬请读者指正。

编者

2003年6月

目 录

第一章 油脂脱胶	1
第一节 水化脱胶	2
一、水化脱胶的基本原理	2
二、影响水化脱胶的因素	4
三、常规水化脱胶工艺	8
四、水化脱胶设备	13
第二节 非水化磷脂的脱除	16
一、非水化磷脂的性质	16
二、非水化磷脂的形成	17
三、非水化磷脂的控制	18
四、特殊水化脱胶	19
第三节 其他脱胶法	23
一、酸炼脱胶	23
二、吸附脱胶	23
三、电聚法脱胶	23
四、热凝聚脱胶	24
第二章 油脂脱酸	25
第一节 碱炼脱酸理论	25
一、碱炼的基本原理	26
二、影响碱炼过程的因素	28
三、碱炼损耗及碱炼效果	38
第二节 碱炼脱酸工艺与设备	40
一、碱炼脱酸工艺	40
二、碱炼脱酸设备	55
第三章 油脂脱色	68
第一节 吸附脱色理论	69
一、吸附剂	70

二、吸附脱色原理	72
三、影响吸附脱色的因素	73
第二节 吸附脱色工艺与设备	78
一、吸附脱色工艺	78
二、吸附脱色设备	82
第三节 其他脱色法	86
一、光能脱色法	86
二、热能脱色法	87
三、空气脱色法	87
四、试剂脱色法	87
第四章 油脂脱臭	89
第一节 脱臭的理论	90
一、汽提理论	90
二、脱臭损耗	93
三、影响脱臭的因素	95
第二节 脱臭工艺与设备	104
一、脱臭工艺	104
二、脱臭操作	112
三、脱臭设备	114
第五章 油脂脱蜡	134
一、脱蜡意义及机理	134
二、影响脱蜡的因素	138
三、脱蜡工艺	140
第六章 油脂分提	147
第一节 油脂分提理论	147
一、分提的意义和方法	147
二、分提机理	148
三、影响分提的因素	153
四、分提过程及产品质量控制	159
第二节 油脂分提工艺与设备	160
一、油脂分提工艺	160
二、油脂分提设备	169
第三节 结晶分提的原料	173

一、植物油	174
二、动物脂肪	177
三、油脂的衍生物	180
第七章 油脂氢化	182
第一节 氢化理论（化学）	184
一、机理	184
二、选择性	186
三、反应级数和反应速率	189
四、异构化	191
五、影响氢化反应速率及选择性的因素	193
第二节 催化理论	199
一、催化剂的定义	199
二、非均相和均相催化	199
三、催化作用与活化能	200
四、催化剂的结构理论	201
五、油脂加氢工业非均相催化	202
第三节 油脂氢化工艺与设备	206
一、油脂氢化工艺	206
二、油脂氢化设备	215
三、食用油脂氢化产品	221
第八章 酯交换	228
第一节 化学酯交换	228
一、酸解	229
二、醇解	230
三、酯-酯交换	234
第二节 酶促酯交换	249
一、酶促酯交换反应机理	249
二、脂肪酶催化酯交换反应工艺及设备	253
三、影响酶促酯交换反应的因素	255
第九章 人造奶油	257
第一节 人造奶油的定义、标准与种类	257
一、人造奶油的定义、标准	257
二、人造奶油的种类	258

第二节 人造奶油的品质及影响因素	261
一、人造奶油的品质	261
二、影响品质的因素	264
第三节 人造奶油的基料和辅料	266
一、基料油脂	266
二、辅料	267
三、人造奶油配方	271
第四节 人造奶油的加工工艺	273
一、基本加工工艺	273
二、典型人造奶油制品的生产	275
第五节 人造奶油及其相关产品的加工设备	280
一、高压进料泵	280
二、高压刮板式换热器	281
三、捏合单元	284
四、休止管	286
第十章 起酥油	289
第一节 起酥油的定义、标准与种类	289
一、起酥油的定义、标准	289
二、起酥油的种类	290
第二节 起酥油的功能特性及影响因素	292
一、可塑性	292
二、起酥性	295
三、酪化性	296
四、乳化分散性	296
五、吸水性	297
六、氧化稳定性	297
七、煎炸性	297
第三节 起酥油的基料和辅料	297
一、基料油脂	297
二、辅料	300
第四节 起酥油的生产工艺	303
一、基本工艺过程	303
二、可塑性起酥油的生产工艺	303

三、液体起酥油的生产	307
四、粉末起酥油的生产	307
五、焙烤用起酥油的自动化生产工艺流程	307
第五节 起酥油生产设备	309
一、Votator 的刮板式换热器	309
二、Votator 的搅拌捏合单元	310
三、Votator C 单元	312
四、格斯頓貝和阿格公司的人造奶油/起酥油裝置	313
第十一章 巧克力糖果用脂	315
第一节 天然可可脂	315
一、可可豆	315
二、可可液块	319
三、可可粉	319
四、可可脂	320
五、可可脂和可可粉的生产工艺流程	322
第二节 可可脂替代品	322
一、类可可脂	322
二、代可可脂	325
三、可可脂替代品的生产技术	329
四、天然可可脂中 CBS、CBE 的检测技术	330
第三节 常见巧克力糖果的基本组成	331
一、巧克力的基本组成	331
二、巧克力的生产工艺流程	332
三、CBS、CBE 在巧克力中的应用情况	332
四、各种油脂原料制成的巧克力糖果品质比较	333
第十二章 调味油脂制品	335
第一节 蛋黄酱	335
一、蛋黄酱的原料	335
二、蛋黄酱的配方	339
三、蛋黄酱的制备	340
四、蛋黄酱的质量控制及品质评定	342
第二节 色拉调味汁	344
一、调味汁及其分类	344

二、调味汁的原料与配方	344
三、调味汁的制备	346
第三节 调味油	347
一、辣椒调味油	349
二、芥末调味油	349
三、花椒调味油	351
四、姜调味油	351
五、蒜调味油	352
六、葱调味油	353
七、胡椒调味油	354
八、粉末调味油	355
第四节 调和油	357
一、调和油及其功能意义	357
二、调和油的分类及加工	358
第五节 花生酱	359
一、生产花生酱的原料与辅料	359
二、花生酱产品的类型	361
三、花生酱的生产	362
四、花生酱的货架稳定性与品质改进	366
第十三章 油脂及其制品的包装与储存	368
第一节 油脂及其制品的包装	368
一、包装的目的与分类	368
二、包装器材	370
三、包装	374
第二节 油脂制品在储存过程中的劣变	388
一、气味劣变	389
二、回色	390
三、劣变油脂的生理变化	391
四、油脂劣变的因素	392
五、人造奶油劣变的因素	397
六、储存对起酥油的功能特性的影响	399
第三节 油脂制品的安全储存	400
一、单元操作与安全储存	401

二、储油器及盛具	403
三、安全储存	404
四、稳定剂及其使用	408
主要参考文献	413

第一章 摇油 脂 脱 胶

油脂工业中，以压榨法、浸出法、水剂法或熔炼制取得到的未经精炼的动植物油脂，称为粗脂肪，俗称毛油。

毛油的主要成分是甘油三酯，俗称中性油。一般动植物油脂的甘油三酯由 3 种脂肪酸组成。不同的脂肪酸及其不同的排列，组合成很多种分子，因此，油脂的主要成分是多种甘油三酯的混合物。此外，毛油中还可能存在非甘油三酯的成分，这些成分统称为杂质。

毛油属于胶体体系。其中的磷脂、蛋白质、黏液质和糖基甘油二酯等，因与甘油三酯组成溶胶体系而得名为油脂的胶溶性杂质（胶杂）。油脂胶溶性杂质不仅影响油脂的稳定性，而且影响油脂精炼和深度加工的工艺效果。例如油脂在碱炼过程中，会促使乳化，增加操作困难，增大炼耗和辅助剂的耗用量，并使皂脚的质量降低；在脱色工艺过程中，会增大吸附剂的耗用量，降低脱色效果；未脱胶的油脂无法进行物理精炼和脱臭操作，也无法进行深加工。因此，毛油精制必须首先脱除胶溶性杂质。

磷脂由于所含醇的不同，可分为甘油磷脂类和鞘氨醇磷脂类。植物中磷脂的含量随品种、产地、成熟程度的不同而有差异。一般含蛋白质越丰富的油料，磷脂含量越高。毛油中磷脂的含量还受制油方法的不同而变化。几种毛油的磷脂含量如表 1-1 所示。

应用物理、物理化学或化学方法将粗油中的胶溶性杂质脱除的工艺过程称为脱胶。脱胶的具体方法分水化脱胶、酸炼脱胶、吸附脱胶、热凝聚脱胶及化学试剂脱胶等。油脂工业上应用最为普遍的是水化和酸炼脱胶。水化脱胶多用于食用油脂的精制，而强酸则很少用于食用油的脱胶。

表 员 瑶 几种毛油的磷脂含量

油摇品	磷脂含量 轲	油摇品	磷脂含量 轲
豆油	员缘~ 猿缘	芝麻油	员缘
玉米胚芽油	员~ 圆	菜籽油	员缘~ 圆缘
麦胚油	圆缘~ 圆缘	红花籽油	圆缘~ 圆缘
棉籽油	员缘~ 员愿	乳脂	员源
米糠油	圆源~ 圆远	牛脂	圆园
亚麻籽油	圆缘	猪油	圆缘
花生油	圆远~ 员圆	羊脂	圆缘

第一节 摇水 化 脱 胶

水化脱胶是利用磷脂等胶溶性杂质的亲水性，将一定量的热水或稀碱、食盐、磷酸等电解质水溶液，在搅拌下加入热的毛油中，使其中的胶溶性杂质吸水凝聚沉降分离的一种脱胶法。在水化脱胶过程中，能被凝聚沉降的物质以磷脂为主，还有与磷脂结合在一起的蛋白质、糖基甘油二酯、黏液质和微量金属离子等。

一、水化脱胶的基本原理

磷脂是一种表面活性剂，分子由亲水的极性基团和疏水的非极性基团组成，根据稳定体系的热力学条件，自由能达到最小时体系最稳定。当磷脂溶于水时，它的疏水基团破坏了水分子之间的氢键，也改变了疏水基附近水的构型，从而使体系的熵降低，自由能增加，结果一些磷脂分子从水中排挤出来并吸附在溶液周围的界面上，亲水基朝向水相，疏水基则远离水相。磷脂分子与水作用时表现的特殊排列如图 员 圆

水分子与表面活性剂的疏水基接触面积越小，则体系的自由能越低，体系就越稳定。因此，在表面活性剂达到一定浓度时，有形成胶态集合体的倾向，这种集合体就称为胶束。在胶束中疏水基团彼此聚集在一起，大大减少了水分和疏水基之间的排斥。胶束是两性分子在溶剂中的集合体，可以在水相和非水相介质中形成。在非水相系中胶束形成是亲油基朝向外部的油或溶剂中，亲水基转向胶束核内部，这种胶束称为逆相胶束，这便是油中磷脂所形成的胶束。

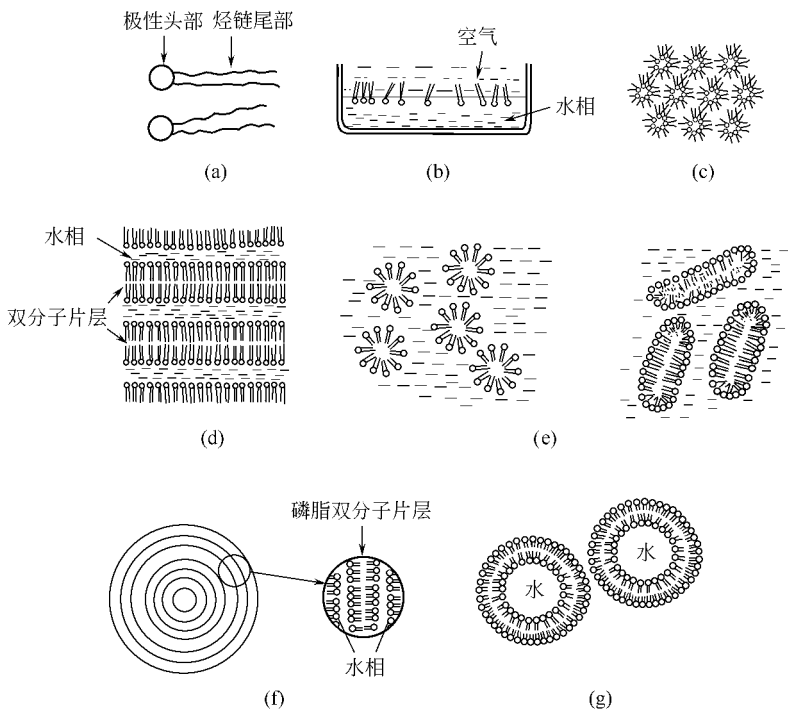


图 1-1-1 磷脂分子与水作用时表现的特殊排列

当水量低时，卵磷脂分子的极性基团朝向中央含水的髓心 [如图 1-1-1(c)]；随着水量的增加，磷脂分子定向地排列成烃链尾尾相接的双分子层。一个磷脂双分子层与另一个磷脂双分子层之间被一定数量的水分子隔开，以此方式向空间纵深发展，即成为片（层）状带液体的结晶体 [如图 1-1-1(d)]；当水量增至很大时，磷脂分子就形成单分子层囊泡 [如图 1-1-1(e)]。水分子在磷脂分子之间并未破坏磷脂分子，而是引起磷脂的膨胀。实验还表明，若将磷脂悬浮分散在水中，它还可以自发膨胀成多层的类似洋葱状的封闭球形结构——“多层脂质体”。它的每个片层都是磷脂双分子层结构，片层之间和中心是水。多层脂质体经高频声波处理可变成

单层脂质体，它是仅由一层磷脂双分子层围成的小球，球心是水相 [如图 1-10(枣)]。

磷脂在油脂中的水化作用和无油时磷脂与水的作用不同。磷脂与甘油三酯溶胶（粗油）接触时，由于磷脂的双亲性均强，起乳化和增溶作用，而使水浸入原来难以进入的油相，形成混合脂质双分子层——磷脂分子和甘油三酯分子往复交替排列的双分子层，水分子在两层混合双分子层之间，因此也出现膨胀现象，呈现更显著的胶体性质。

磷脂、甘油三酯和水三者间的相互作用力取决于组成混合脂质双分子层的磷脂和甘油三酯分子数目的比例。据实验分析脱水胶粒的结果得知：混合脂质双分子层中磷脂占 $\frac{2}{3}$ 时，甘油三酯占 $\frac{1}{3}$ 时，三者间的相互作用力最大，胶粒最稳定；而甘油三酯占 $\frac{2}{3}$ ，磷脂占 $\frac{1}{3}$ 的混合脂质双分子层胶粒的稳定性较差。

发生水化作用的磷脂吸附油中其他胶质，颗粒增大，再互相聚集而逐渐析出悬浮于油相中，随着吸水量的增加，膨胀程度增加，胶粒吸引力所波及的圆周范围扩大，从而由小胶粒相互吸引絮凝成大的胶团，为重力沉降或离心分离奠定了基础。越稳定的胶粒越易与油脂分离，且所得油脚含油量低，炼耗低。

二、影响水化脱胶的因素

毛油中发生水化作用的磷脂胶团具有混合双分子层的结构，该结构的稳定程度以及水化胶团的絮凝状况决定了分离效果和水化油脚的含油量。因此，掌握水化和絮凝过程中的影响因素，对获得水化脱胶的最佳工艺效果至关重要。

1. 水量

水是磷脂水化的必要条件，它在脱胶过程中的主要作用是：润湿磷脂分子，使卵磷脂由内盐式转变成水化式；使磷脂发生水化作用，改变凝聚临界温度；使其他亲水胶质吸水改变极化度；促使胶粒凝聚或絮凝。

水化操作中，适量的水才能形成稳定的水化混合双分子层结构，胶粒才能絮凝良好。水量不足，磷脂水化不完全，胶粒絮凝不

源

好；水量过多，则有可能形成局部的水_轱或油_轱乳化现象，难以分离。

水化加水量通常与胶质含量和操作温度有一定的关系。操作温度高时，胶体质点布朗运动剧烈，诱导极化度大，故凝聚需要的水量大；反之，需要的水量少。

工业生产中，不同的水化脱胶工艺，其水量（宰）与粗油胶质含量（载）一般有如下关系。

低温水化(圆- 猿载) 宰宰越 缘- 员载

中温水化(远- 缘载) 宰宰越 圆- 猿载

高温水化(缘- 猿载) 宰宰越 猿- 猿载

具体操作中，适宜的加水量可通过小样试验来确定。

操作温度

毛油中胶体分散相在外界条件影响下，开始凝聚时的温度，称之为胶体分散相的凝聚临界温度。临界温度与分散相质点粒度有关，质点粒度越大，质点吸引圈也越大，因此，凝聚临界温度也就越高。又如前面水化脱胶原理所述，毛油中胶体分散相的质点粒度，是随水化程度的加深而增大的。因此，胶体分散相吸水越多，凝聚临界温度也就越高。水化脱胶操作温度，一般与临界温度相应（为了有利于絮凝，一般都是稍高于临界温度）。这样，脱胶加水量便成了操作温度的函数，即脱胶操作温度高，加水量大，反之则小。

毛油胶粒凝聚的过程是可逆的，已凝聚的胶质可在高于凝聚临界温度下重新分散。因此，根据水化作用情况，合理调整操作温度尤为重要。工业生产中往往是先确定工艺操作温度，然后根据油中胶质含量计算加水，最后再根据分散相水化凝聚情况，调整操作的最终温度。但终温需严格控制在水的沸点以下。

混合强度与作用时间

水化脱胶过程中，油相与水相只是在相界面上进行水化作用。对于这种非均态的作用，为了获得足够的接触界面，除了注意加水时喷洒均匀外，往往要借助于机械混合。混合时，要求使物料既能

产生足够的分散度，又不使其形成稳定的油_水或水_油乳化状态。特别是当胶质含量大、操作温度低的时候尤应注意。因为低温下胶质水化速度慢，过分激烈的搅拌，会使较快完成水化的那部分胶体颗粒，有可能在大量水的情况下形成油_水乳化，以致给分离操作带来困难。连续式水化脱胶的混合时间短，混合强度可以适当高些。间歇式水化脱胶的混合强度须密切配合水化操作，添加水时，混合强度一般要高些，搅拌速度以 $100\sim 200$ 转/分为宜；随着水化程度的加深，混合强度应逐渐降低；到水化结束阶段，搅拌速度则应控制在 100 转/分以下，以使胶粒絮凝良好，有利于分离。

水化脱胶过程中，由于水化作用发生在相界面上，加之胶体分散相各组分性质上的差异，因此，胶质从开始润湿到完成水化，需要一定的时间，除由小样试验确定外，还可由操作经验加以判断。在加水量与操作温度相应的情况下，如果分离时重相只见乳浊水或分离出的油脚呈稀松颗粒状、色黄并拌有明水，脱胶油_水加热试验不合格时，即表明水化作用时间不足；反之，当分离出的油脚呈褐色黏胶时，则表明水化时间适宜。

水化脱胶过程包括水化胶粒的絮凝，因此，当粗油胶体分散相含量较少时，为了使胶粒絮凝良好，应该适当延长作用时间。

电解质

油中的胶体分散相，除了亲水的磷脂外，由于油料欠熟、变质、生长土质以及加工等因素的影响，有时尚含有一部分非亲水的磷脂（ β 磷脂、钙镁复盐式磷脂、溶血磷脂、羧基磷脂等），以及蛋白质降解产物（朊、胨）的复杂结合物，个别油品尚含有由单糖基和糖酸组成的黏液质。这些物质有的因其结构的对称性而不亲水，有的则因水合作用，颗粒表面易为水膜所包围（水包分子）而增大电斥性，因此，在水化脱胶中不易被凝聚。对于这类胶体分散相，可根据胶体水合、凝聚的原理，通过添加食盐或明矾、硅酸钠、磷酸、柠檬酸、酸酐、磷酸三钠、氢氧化钠等电解质稀溶液改变水合度，促使凝聚。电解质在脱胶过程中的主要作用如下。