

“十一五”国家重点图书出版规划项目



服务三农·农产品深加工技术丛书

油菜籽加工与综合利用

吴谋成/编著

 中国轻工业出版社

“十一五”国家重点图书出版规划项目

服务三农·农产品深加工技术丛书

油菜籽加工与综合利用

粮食加工技术

生态农业技术与产业化

玉米深加工技术（第二版）

大豆深加工技术

茶叶深加工技术

蜂产品深加工技术

薯类加工技术

蛋制品加工技术

发酵饲料加工技术

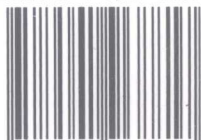
果品贮藏与加工技术

蔬菜贮藏与加工技术

野生植物资源加工技术

上架建议：食品工业

ISBN 978-7-5019-6881-7



9 787501 968817 >

定价：21.00元

“十一五”国家重点图书出版规划项目
服务三农·农产品深加工技术丛书

油菜籽加工与 综合利用

吴谋成 编著



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

油菜籽加工与综合利用/吴谋成编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2009. 6

(服务三农·农产品深加工技术丛书)

“十一五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-5019-6881-7

I. 油… II. 吴… III. ①油菜—种子—油料加工②油菜—种子—综合利用 IV. TS225.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 027807 号

责任编辑: 涂润林 李 佳

策划编辑: 涂润林 责任终审: 张乃柬 封面设计: 伍毓泉

版式设计: 王超男 责任校对: 李 靖 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北省高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 850 × 1168 1/32 印张: 9.375

字 数: 246 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-6881-7 定价: 21.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

80150K1X101ZBW

前 言

油菜是一种栽培历史悠久的古老作物，种子含油丰富，是主要食用植物油的来源。特别是 20 世纪 60 年代以后，油菜已成为世界四大油料作物中主要的油料作物。1978 年以来，我国油菜的种植面积和油菜籽总产量已跃居世界第一位。油菜籽单产也已超过世界平均水平。目前，菜籽油已成为我国主要的膳食用油，占我国食用油的一半以上。

为了改善我国传统油菜的品质和加工落后的状况，从 1980 年的“六五”计划开始，我国政府将双低（低芥酸、低硫代葡萄糖苷）油菜的品质育种、油菜籽品质分析、油菜籽深加工和综合利用三方面列为重大科技攻关项目，组织十多个省的油菜学家、科技人员进行联合攻关。经过“六五”到“十一五”连续六个五年计划的科技攻关，我国已育成了一大批双低油菜品种，并已大面积推广种植和普及，已占总油菜种植面积的 70% 以上。同时，油菜籽的品质分析鉴定和油菜籽深加工及综合利用方面也取得了显著成绩。作者一直参加和主持油菜籽的品质分析鉴定和油菜籽深加工及综合利用方面的课题，对这两方面的问题都进行了较深入的研究和探讨。为了发展我国的油菜生产和科研事业，作者特将“六五”至“十一五”六个五年计划油菜攻关课题中有关油菜籽深加工和综合利用方面的研究、经验与教训，并结合有关文献资料，编著成此书，以供从事油菜籽科研、教学和生产的科技工作者参考和借鉴。

本书详细、深入地介绍了油菜籽的主要化学组成、油菜籽的制油工艺和菜籽油的营养价值、菜籽油和油脚的精深加工、菜籽饼粕的饲用价值和精深加工等方面的内容和研究成果，特别是对菜籽高附加值产品的制备、功能特性和应用、油菜籽深加工和综合利用的

发展趋势、前景和展望作了较详细的探讨。本书在详细和深入地阐述上述内容的同时,重点介绍了作者及其团队所取得的研究成果,特别是从菜籽饼粕中制备菜籽蛋白和高附加值产品菜籽多糖、多酚、植酸的总体工艺路线,对菜籽多糖、多酚、菜籽固醇等高附加值产品的提取、结构表征和功能特性上的重大发现和突破、研究成果与产业化等作了详细阐述。

本书是作者及其团队长期从事油菜籽深加工和综合利用研究的结晶,它实际上是华中农业大学油菜籽深加工和综合利用研究的近期总结。本书的完成得到很多从事油菜(籽)科学研究和油菜(籽)生产的同志的帮助和支持,特别是得到了我国老一辈科学家、著名的油菜学家刘后利教授、中国工程院院士傅廷栋教授、官春云教授的指导和帮助。在此,向他们表示衷心的感谢。

在油菜籽深加工和综合利用的研发中,得到国家科技部、湖北省科技厅、湖北省农业厅长期的科研资助和鼓励。在此谨向他们致以最衷心的感谢。

本书的大部分数据均出自作者及其研究团队的研究报告及研究生论文,由于作者的研究和知识水平及时间所限、经验不足,加上资料掌握不全,书中缺点错误在所难免,不妥之处恳请读者批评指正。

吴谋成
于武汉狮子山
2008年5月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 油菜生产发展概况	(1)
一、我国油菜生产发展的三个阶段	(1)
二、我国菜籽油在膳食植物油中的占有量	(4)
第二节 油菜的品质改良	(5)
一、高含油量油菜品种的选育	(6)
二、合理脂肪酸油菜品种的选育	(7)
三、优良菜籽饼粕油菜品种的选育	(9)
四、油菜杂种优势的利用	(10)
第三节 油菜生物技术的利用	(11)
一、利用生物技术改良油菜的品质性状	(11)
二、利用生物技术提高油菜的抗性	(12)
第四节 油菜籽的加工	(12)
一、制油工艺的现状、改进和创新	(13)
二、菜籽油的深加工	(15)
三、油脚的深加工和综合利用	(16)
四、菜籽饼粕的深加工和综合利用	(17)
第二章 油菜籽的组成及各组成的营养价值	(19)
第一节 油菜籽的主要化学组成	(19)
一、油菜籽的种皮和胚	(19)
二、油菜籽的主要化学成分	(20)
第二节 油菜油脂的组成、化学特性及营养价值	(22)
一、天然油菜油脂的组成	(22)
二、菜籽油的脂肪酸组成及其营养价值	(24)
三、天然油菜油脂中类脂物的组成及其营养价值	(33)

四、其他	(61)
第三节 菜籽饼粕的主要化学组成及营养特性	(62)
一、菜籽饼粕的主要化学组成	(62)
二、菜籽蛋白质与压榨饼粕中的菜籽蛋白质	(62)
三、油菜籽中碳水化合物	(83)
四、菜籽多糖与功能特性	(83)
五、菜籽饼粕中的有害和抗营养物质	(87)
六、纤维素	(125)
七、矿物质	(126)
第三章 油菜籽的制油工艺和途径	(127)
第一节 概述	(127)
一、制油的常用工艺	(128)
二、菜籽制油工艺的发展趋势	(129)
第二节 预榨-浸出制油工艺	(132)
一、油菜籽预处理	(133)
二、预榨	(137)
三、浸出	(140)
四、油脂精炼	(143)
第三节 菜籽油制取新技术的应用与进展	(157)
一、膨化-浸出制油工艺	(158)
二、脱壳-挤压膨化-浸出工艺	(160)
三、脱壳-低温压榨(冷榨)-浸出制油工艺	(162)
四、脱壳-冷榨-膨化-浸出制油工艺	(165)
五、酶法制油工艺(水酶法)	(166)
第四章 菜籽油和油脚的精深加工	(169)
第一节 菜籽油的精深加工	(169)
一、压榨油与浸出油	(170)
二、冷榨油	(170)
三、调和油	(171)
第二节 脱臭馏出物的精深加工	(173)

一、总体工艺路线	(174)
二、菜籽油脱臭馏出物与甲醇（即料液比）对甲酯化反应 的优化比例	(175)
三、游离脂肪酸甲酯化	(175)
四、甘油酯的水解 - 甲酯化实验设计	(180)
五、菜籽油脱臭馏出物甲酯化后的处理	(185)
六、生物柴油与维生素 E 的制备方法——超临界萃取方法	(186)
七、粗固醇的精制	(194)
八、植物固醇油酸酯的制备	(195)
第三节 水化油脚的精深加工	(198)
一、水化油脚制备脂肪酸	(199)
二、从菜籽水化油脚制备磷脂	(201)
第五章 菜籽饼粕的综合利用	(204)
第一节 菜籽饼粕未能综合利用的主要原因	(204)
一、有害物质硫苷	(206)
二、抗营养因子	(207)
第二节 菜籽饼粕的去毒与去抗途径	(209)
一、菜籽饼粕中有害物质硫苷的去除途径	(209)
二、菜籽饼粕抗营养因子的去除途径	(213)
第三节 菜籽饼粕中蛋白质的精深加工	(217)
一、菜籽饲用浓缩蛋白的制备	(218)
二、菜籽分离蛋白的制备	(222)
第四节 生物活性菜籽多肽的制备	(226)
一、生物活性肽概述	(226)
二、Alcalase 碱性蛋白酶与 Flavourzyme 复合风味酶制备菜 籽多肽	(232)
三、国产 2709 碱性蛋白酶制备菜籽多肽	(240)
第五节 菜籽活性多糖的制备	(247)
一、水提菜籽多糖（WRPS）的提取制备	(248)
二、碱提菜籽多糖（BRPS）的提取制备	(253)

三、酸提菜籽多糖 (ARPS) 的提取制备	(258)
第六节 菜籽活性多酚的制备	(264)
一、多酚的提取	(264)
二、多酚的纯化	(266)
三、从油菜籽饼粕或油菜籽种皮中提取多酚的萃取剂 及其制备方法	(268)
第七节 植酸 (盐) 的制备	(271)
一、植酸钙的制备	(272)
二、植酸的制备	(274)
第八节 菜籽饼粕的综合利用	(275)
一、菜籽饼粕综合利用的总体工艺流程	(276)
二、菜籽饼粕综合利用的总体工艺流程的特点	(276)
三、菜籽饼粕综合利用的展望	(277)
附录一 英文缩略词表	(279)
附录二 一些测定方法汇编	(281)
参考文献	(285)

第一章 概 述

第一节 油菜生产发展概况

五十多年来,我国的油菜生产已发生了巨大的变化,特别是2000年以来,我国油菜种植面积保持在700万至800万 hm^2 左右,油菜籽产量在1000万至1300万t之间。目前我国油菜的种植面积、油菜籽产量略高于加拿大,稳居世界第一位,约占世界总产量四分之一左右。油菜籽单产也已超过世界平均水平。

一、我国油菜生产发展的三个阶段

我国油菜生产发展大体经历了三个阶段。第一阶段是低迷徘徊阶段。1949—1979年,整整三十年间,油菜的种植面积不超过260万 hm^2 ,油菜籽单产在350~700 kg/hm^2 之间徘徊。

第二阶段为1980—1990年,是油菜生产飞速发展阶段。随着改革开放路线的确立,我国政府开始将双低(低芥酸、低硫代葡萄糖苷)油菜的品质育种、油菜籽品质分析列入国家的“六五”重大攻关项目,组织十多个省的油菜学家、科技人员进行联合攻关。油菜生产由此得到了飞速发展,油菜种植面积从260万 hm^2 跃迁到近550万 hm^2 ,增加了一倍。油菜籽单产也由不足700 kg/hm^2 跃迁到近1200 kg/hm^2 。

第三阶段从1991年至现在,是优质油菜大面积推广和油菜籽深加工及综合利用蓬勃发展阶段。通过“六五”、“七五”两个五年计划的攻关,获得了一大批“双低”油菜新品种,建立了油菜品质的分析方法,对油菜籽的组成有了更详细的了解,积累了丰富的经验。在此基础上,不但对品质育种又连续进行了几个五年计划的攻关,而且开展了油菜籽深加工和综合利用的研究与示范攻关,

优质油菜大面积推广和油菜籽深加工与综合利用进入了蓬勃发展阶段。优质双低油菜常规新品种已进入大面积推广，油菜籽单产已与常规“双高”品种持平或略高。同时，杂交优质油菜新品种的选育成功，油菜籽品质和单产又大大超过常规优质油菜新品种，油菜生产发展到一个新的水平。油菜种植面积和油菜籽产量分别从1990年的550万 hm^2 、696万t猛增至2004年的780万 hm^2 、1304万t，种植面积和油菜籽产量创历史最高记录。油菜籽单产也猛增到近1672 kg/hm^2 。说明经过连续几个五年计划的攻关，我国油菜栽培技术已达到了一个较高的水平。但随后，种植面积和产量快速下降。据国家粮油信息中心统计，2006年种植面积下降到664万 hm^2 ，油菜籽产量为1100万t，油菜籽单产由1672 kg/hm^2 降至1657 kg/hm^2 。2007年产量与2006年基本持平，为2000年以来的最低水平。产量的下降表面原因是由于播种面积减少导致（见图1-1），但主因应该是油菜收购价格偏低，导致农民种植油菜收入下降，而改种其他收入更高的作物。虽然，目前我国油菜籽产量仍稳居世界第一，但所占比例已由约占世界的1/4，下降至1/5（见表1-1）。经过我国政府对油菜生产的大力扶持，目前油菜种植面

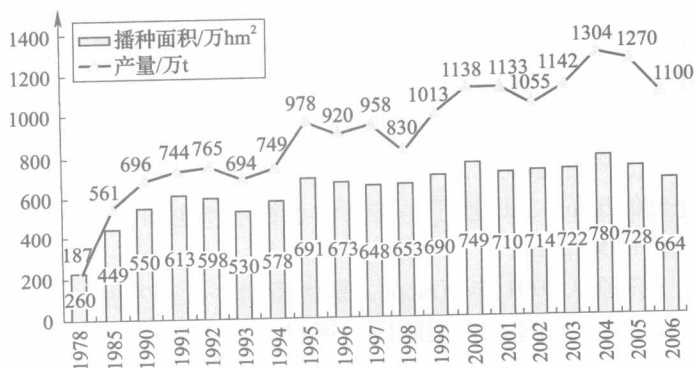


图 1-1 我国历年油菜籽种植面积和产量

数据来源：2005、2006年数据来源于国家粮油信息中心，其他年份数据来源于中国统计年鉴。

积已大幅度增加。据国家发展改革委员会有关负责人介绍,2008年发生在南方的雨雪冰冻天气对油菜生产影响很大,1月中旬以后,我国长江中下游地区出现大范围低温、雨雪、冰冻天气,油菜生产大面积受灾,部分幼嫩叶苗冻死,早花早苔油菜严重冻伤。据农业部统计,全国油菜受灾面积 326 万 hm^2 , 其中成灾 178.3 万 hm^2 , 绝收 40.8 万 hm^2 。据此估算,2008 年全国油菜籽产量因灾减少 170 万 t 左右。但由于冬播油菜面积增加 70 万 hm^2 , 春播油菜面积增加 13.3 万 hm^2 , 可增加油菜籽产量 150 万 t 左右,扣除因灾减产数量后,2008 年油菜籽实际产量仍可以维持在 2007 年水平上。

表 1-1

我国近年油菜籽产量与世界产量比较

单位: 万 t

年 份	2007 年	2006 年	2005 年	2004 年	2003 年	2002 年
世界产量	5100	4700	4910	4083	3796	3641
加拿大产量	980	850	970	720	675	
中国产量	1100	1100	1270	1304	1142	1055
中国产量/世界产量/%	21.6	23.4	25.9	31.9	30.1	29.0

第三阶段也是我国油菜籽深加工和综合利用蓬勃发展阶段。我国油菜加工业从只生产菜籽油和菜籽饼粕两种单一产品,只是一个低值、低利,甚至亏损的产业,向油菜籽的深加工和综合利用方向迅猛发展,发生质的变化,为油菜产业带来新的利润增长点。油菜籽新的制油工艺,如适温预榨-浸出、脱壳冷榨-浸出、脱壳冷榨-膨化-浸出、膨化-压榨-浸出等新工艺,从油菜饼粕中提取饲用浓缩蛋白,回收和制备植酸、菜籽多酚(RPP)、菜籽多糖(RPS)的综合利用等新工艺,以及从水化油脚中制备脂肪酸、磷脂,脱臭馏出物中回收植物固醇、维生素 E 等新工艺的不断涌现,给油菜产业的发展带来了新的机遇,对于农业产业结构的调整和我国农村经济的发展,通过企业与广大基地农户之间完善的利益关联机制,提高油菜籽收购价格,实现农民增收、企业获利、财政增长

的目的,都将具有十分重要的现实意义和经济价值。

二、我国菜籽油在膳食植物油中的占有量

油菜籽中的含油量远高于其他的油料作物。它生产出的菜籽油是世界四大植物油品种之一,产量仅次于棕榈油和豆油,在植物油中居第三位。据美国农业部海外农业机构统计数据显示,2005/2006 年度,世界植物油总产量为 1.153 亿 t,其中豆油产量为 3372 万 t,棕榈油产量为 3507 万 t,菜籽油产量为 1665 万 t (图 1-2),葵花籽油产量为 1004 万 t,其他植物油产量为 1982 万 t 左右。菜籽油产量占植物油总产量的 14% 左右。

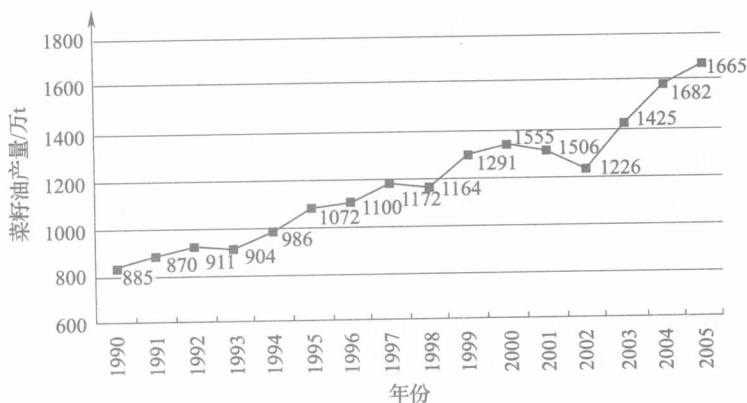


图 1-2 近年来世界菜籽油产量统计

数据来源:联合国粮食及农业组织 (FAO), 2005 年为预测数据。

我国菜籽油的生产呈现上升的趋势,由 1991 年的 240 万 t 左右,上升到目前的 400 多万 t,是我国中部主要的膳食用油。2005/2006 年度植物油总产量为 3077.135 万 t,菜籽油产量约为 420 万 t (图 1-3),菜籽油产量占植物油总产量的 13.5% 左右,与世界菜籽油产量占植物油总产量基本持平。

我国的油菜生产虽然得到了较快的发展,但是,在油菜籽品质、油菜籽的加工和综合利用上与世界发达国家相比,还存在着巨

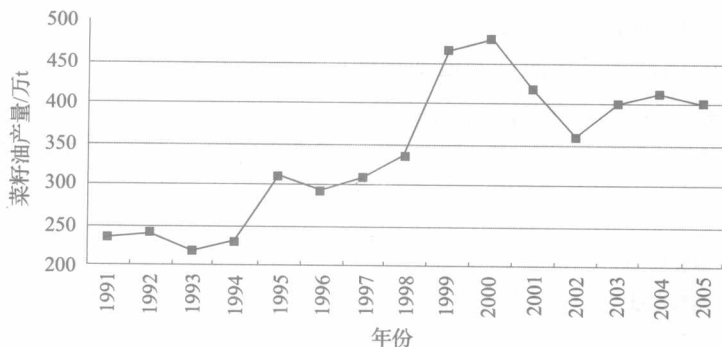


图 1-3 我国历年菜籽油产量情况

大的差距。在油菜籽的品质上,与加拿大、澳大利亚、欧盟等发达国家和地区相比,中国油菜籽缺乏优势。以我国种植面积、产量比较集中的长江中下游各省为例,油菜籽的平均含油量在 40% 左右,而加拿大、澳大利亚、欧盟等油菜籽含油量在 45% 以上。加拿大、澳大利亚、欧盟等油菜饼粕中硫代葡萄糖苷含量均在 $10\mu\text{mol/g}$ 以下,水分 6% ~ 8%,远低于我国双低油菜的育种标准 $30\mu\text{mol/g}$,商品收购油菜籽含水量 9% ~ 11%。而且,颗粒饱满,杂质含量低。价格与我们相近,甚至比我们低。在油菜籽的加工和综合利用上,目前我国大多数油菜加工企业都是规模小、设备落后。采用的是高温预榨-浸出制油工艺,只索取菜籽油和饼粕,对油脚、饼粕等没有进一步的综合利用。虽然,油菜深加工和综合利用出现很好的发展趋势,但与发达国家相比,还有很大差距。因此,我国油菜生产面临的问题是在加大种植面积,提高油菜籽单产的同时,还需要对油菜的品质进行改良,提高油菜籽的含油量和品质;采用新工艺,降低加工成本;通过深加工,综合利用高附加值产品来达到油菜产品的增值。

第二节 油菜的品质改良

我国 20 世纪 80 年代以来,在全国范围内,把优质油菜品质选育,作为重大的攻关课题。经过二十多年的努力,油菜的品质育种

工作,取得了重大的进展。根据国外的发展趋势和国内的实际情况,我国油菜品质改良的近期目标可归纳于表 1-2。

表 1-2 我国油菜品质改良的近期目标

油菜籽的组成	改良品种的 育种目标	传统品种的 品质情况
芥酸含量/%	<1.0	40~50
亚麻酸含量/%	<3	10 左右
亚油酸含量/%	>25	15 左右
油酸含量/%	>65	15~20
硫代葡萄糖苷含量/($\mu\text{mol/g}$ 饼粕)	<10	100~180
菜籽饼粕中纤维素含量/%	<10.0	>12
种子含油量/%	>42	35~40
菜籽饼粕中蛋白质含量/%	>40	38~40

油菜籽的主要产品是油和饼粕。油的产量直接关系到人的生活水平,油的营养价值和品质又直接关系到人的生活品质。油菜饼粕品质的好坏,直接关系到饼粕再利用深度的程度。它们都是油菜重要的品质性状。因此,油菜的品质改良主要包括三个方面。一是提高油菜籽的含油量;二是改善油的品质,即降低芥酸含量,改善其他脂肪酸的组成,使其更趋于合理;三是改善饼粕中的品质,即降低硫代葡萄糖苷、纤维素和抗营养物质含量,特别是硫代葡萄糖苷含量,提高蛋白质含量和氨基酸组成合理的平衡。

一、高含油量油菜品种的选育

我国油菜籽的含油量一般为 35%~40%,国外品种大多在 45%以上,有些甚至高达 50%,比我国油菜含油量高 5%以上。因此,选育高含油量品种是当前品质育种的重要组成部分。

油菜籽的外种皮颜色与皮壳率有很大关系,而油主要存在于胚仁中。因此,皮壳率的高低直接关系到油菜籽的含油量。我国黑色甘蓝型菜籽壳含量平均 17%左右,黄色甘蓝型菜籽壳含量在 13%

左右,相差 4%。黄籽品种含油量一般比黑籽菜籽含油量高 1.16%~3.35%。由此可见,选育黄籽品种,有可能提高油菜籽含油量。1975 年,刘后利教授在国内首次发现甘蓝型黄籽油菜,经过近 20 年的选育,育成“华黄一号”,含油量超过 45%,一些株系含油量已超过 50%。据报道,西南农业大学育成的黄籽油菜籽含油量都在 45% 以上。

国内外高含油量的品种选育,已取得了明显的成效。如华中农业大学、中国农科院油料作物研究所、西南农业大学、陕西农垦中心、贵州省油料所等单位都已育成一批高含油量甘蓝型品种。据报道,中国农科院油料作物研究所已育成了含油量超过 58% 的高含油量品种。国外如加拿大的“载福尔”(含油量 51%)、日本的“农林 43”(含油量 49.5%)、前苏联的“霞光”(含油量 48%~49%)等均系高含油量品种。

此外,生态条件对油菜的含油量有明显的影响。例如,华中农业大学育成的双低春油菜新品种“华协 1 号”在甘肃栽培含油量为 45%~48%,在武汉栽培是 42%~43%,在瑞典栽培是 45%~50%。

二、合理脂肪酸油菜品种的选育

不同的油料作物,含油量和油中脂肪酸组成是不相同的(见表 1-3)。

表 1-3 几种主要油料作物的含油量和油的脂肪酸组成 单位:%

油料作物 种类	含油 量	棕榈酸 C _{16:0}	硬脂酸 C _{18:0}	油酸 C _{18:1}	亚油酸 C _{18:2}	亚麻酸 C _{18:3}	二十碳烯酸 C _{20:1}	芥酸 C _{22:1}
向日葵		6.6	4.0	15.5	73.9	0	0	0
芝麻		7.5	4.8	39.4	44.9	1.8	0	0
花生		11.4	3.3	54.7	25.7	0	2.3	0
大豆		11.5	3.9	24.6	52.0	8.0	0	0
棉花		17.5	2.8	17.9	61.9	0	0	0
高芥酸油菜		4.0	1.5	17.0	13.0	9.0	14.5	41.0
低芥酸油菜		4.0	1.5	60~65	20~25	10.0	1~2	0~2