



现代油脂科技丛书

菜籽油加工技术

Rapeseed Oil Processing Technology

◎ 罗 质 姜敏杰 何东平 雷芬芬 主编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位



现代油脂科技丛书

菜籽油加工技术

主 编 罗 质 姜敏杰
何东平 雷芬芬



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

菜籽油加工技术/罗质等主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2019. 11

ISBN 978-7-5184-2616-4

I. ①菜… II. ①罗… III. ①菜籽油—植物油制取法
IV. ①TQ644. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 183176 号

责任编辑: 张 靓 责任终审: 滕炎福 整体设计: 锋尚设计
责任校对: 晋 洁 责任监印: 张 可

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: 三河市国英印务有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2019 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720×1000 1/16 印张: 24

字 数: 450 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-2616-4 定价: 98.00 元

邮购电话: 010-65241695

发行电话: 010-85119835 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

190342K1X101ZBW

编写人员名单

主 编

- 罗 质 武汉轻工大学
姜敏杰 成都市新兴粮油有限公司
何东平 武汉轻工大学
雷芬芬 武汉轻工大学

参 编

- 胡传荣 武汉轻工大学
潘 坤 益海嘉里金龙鱼粮油股份有限公司
包李林 道道全粮油股份有限公司
张四红 武汉轻工大学
叶 展 江南大学
刘家伟 武汉轻工大学
涂梦婕 武汉轻工大学

前 言

菜籽油俗称菜油，又称香菜油，是以油菜的种子榨制所得的透明或半透明状的液体，色泽金黄或棕黄，油菜是我国的主要油料作物，也是世界五大油料作物之一，它与大豆、向日葵、花生和棉籽一起提供了人类全部食用植物油脂的93%。目前，全世界油菜籽总产量居油料作物的第三位。目前油菜主要栽培（品种）类型为白菜型油菜 [*Brassica rapa (campestris)* L.]，芥菜型油菜 (*Brassica juncea* L.)，甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.)。菜籽油主要取自甘蓝型油菜和白菜型油菜的种子（含油22%~49%，平均40%，含蛋白质21%~27%，磷脂约1%）。菜籽油气味香醇，营养丰富，可分为常规菜籽油、高油酸菜籽油和双低菜籽油。浓香风味菜籽油因其具备特有的气滋味，香味浓郁、口感滑爽、营养价值高，深受消费者青睐。菜籽油作煎炸用油有其特有的风味和金黄色色泽，广受大众喜爱。

我们承担“十三五”国家重点研发计划：油料油脂适度加工技术规范制定与实施项目。编写本书的目的，就是展示我们的研究成果，以助推菜籽油产业的发展。

参加本书编写的人员有：武汉轻工大学雷芬芬（第一章），武汉轻工大学何东平、刘家伟（第二章），益海嘉里金龙鱼粮油股份有限公司潘坤（第三章），武汉轻工大学罗质（第四章、第六章、第九章），成都市新兴粮油有限公司姜敏杰（第五章、第八章、第十一章），道道全粮油股份有限公司包李林（第七章），武汉轻工大学何东平、涂梦婕（第十章），武汉轻工大学胡传荣（第十二章），江南大学叶展（第十三章），武汉轻工大学何东平（第十四章）。本书由罗质、姜敏杰、何东平、雷芬芬主编。

感谢中国粮油学会首席专家、中国粮油学会油脂分会名誉会长、教授级高工王瑞元；江南大学王兴国教授、金青哲教授、刘元法教授；河南工业大学刘玉兰教授、谷克仁教授；中国粮油学会油脂分会周丽凤研究员等专家对本书的支持和帮助。

感谢武汉轻工大学油脂及植物蛋白创新团队的郑竟成教授、田华老师，林源峰、郭雄、杨威、耿鹏飞、袁博、陈玉和魏学鼎等研究生对本书的贡献。本书的出版得到了成都市新兴粮油有限公司的资助、在此特表谢意。由于编著者水平有限，书中不妥或疏漏之处恐难避免，敬请读者不吝指教。更多相关内容可登录中国油脂科技网 (<http://www.oils.net.cn>) 查询。

编 者

目录

- 1 | **第一章 油菜籽和菜籽油**
- 2 | 第一节 油菜籽和菜籽油概述
- 7 | 第二节 菜籽油的营养价值和菜籽的经济价值

- 13 | **第二章 油菜籽的储藏**
- 13 | 第一节 油菜籽的储藏特点
- 16 | 第二节 油菜籽的储藏方法

- 20 | **第三章 油菜籽的干燥**
- 20 | 第一节 油菜籽的干燥特点
- 20 | 第二节 油菜籽的干燥方法

- 27 | **第四章 油菜籽的软化与轧坯**
- 27 | 第一节 油菜籽的软化
- 29 | 第二节 油菜籽的轧坯

- 39 | **第五章 油菜籽的蒸炒**
- 39 | 第一节 菜籽生坯的结构
- 40 | 第二节 蒸炒的目的和类型
- 40 | 第三节 湿润蒸炒
- 46 | 第四节 湿润蒸炒设备
- 47 | 第五节 高温炒籽

- 49 | **第六章 油菜籽的挤压与膨化**
- 49 | 第一节 菜籽挤压膨化的目的与意义
- 50 | 第二节 菜籽膨化过程组织结构和组成成分的变化
- 52 | 第三节 油料挤压膨化设备
- 55 | 第四节 菜籽生坯膨化浸出工艺

59	第七章 油菜籽的压榨	59
59	第一节 油菜籽的压榨技术	59
82	第二节 油菜籽的压榨工艺流程	82
84	第八章 油菜籽饼的浸出	84
85	第一节 浸出溶剂	85
88	第二节 油料浸出的基本原理	88
92	第三节 浸出法制油工艺	92
111	第四节 湿粕的脱溶烘干	111
121	第五节 混合油的蒸发和汽提	121
131	第六节 浸出车间工艺技术参数	131
134	第九章 菜籽油的精炼	134
134	第一节 油脂精炼的目的和方法	134
135	第二节 机械法去除机械杂质	135
145	第三节 水化法去除胶质	145
156	第四节 碱炼法去除游离脂肪酸	156
185	第五节 塔式炼油法	185
188	第六节 物理精炼去除游离脂肪酸	188
189	第七节 浸出油脱除溶剂	189
202	第八节 吸附法除色素	202
218	第九节 蒸馏法去除臭味	218
235	第十节 油脂精炼的安全操作规程	235
237	第十章 浓香菜籽油的生产技术	237
237	第一节 浓香菜籽油生产的目的是和方法	237
244	第二节 浓香菜籽油安全生产技术	244
258	第十一章 菜籽煎炸油技术	258
258	第一节 高油酸菜籽煎炸油性能的研究	258
279	第二节 精炼高油酸菜籽油为基油的煎炸油配方的研究	279

286	第十二章 菜籽蛋白制备
286	第一节 菜籽蛋白的营养
289	第二节 菜籽蛋白的有毒物质
291	第三节 制取菜籽蛋白工艺
294	第四节 菜籽蛋白的功能性评价
296	第五节 菜籽蛋白的应用
299	第十三章 菜籽油适度加工技术
300	第一节 菜籽油磷脂酶 C 脱胶与水化脱胶效果对比研究
307	第二节 菜籽油复合脱色剂脱色工艺优化技术
318	第三节 菜籽油废白土预脱色-凹凸棒土复脱色工艺技术
332	第十四章 油菜籽的综合利用
332	第一节 油菜籽多糖制备技术
339	第二节 油菜籽多肽制备技术
346	第三节 油菜籽多酚制备技术
354	附录一 GB/T 11762—2006 《油菜籽》
359	附录二 GB/T 1536—2004 《菜籽油》
366	附录三 GB/T 22514—2008 《菜籽粕》
370	附录四 其他油菜籽及菜籽油相关标准
371	参考文献

第一章 油菜籽和菜籽油

中国是世界上最早种植油菜的国家，古代油菜栽培可追溯到史前时期，距今有 6000~7000 年历史。油菜的栽培历史最早见诸文字记载也有 2500 多年。自 1987 年以来，中国油菜栽培面积、总产量一直位居世界第一。

油菜，别名油白菜、苦菜，拉丁文名：*Brassica campestris* L. 十字花科，白菜变种，花朵为黄色，为一年或越年生草本植物。农艺学上将植物中种子含油的多个物种统称油菜。一般植株高约 30~90cm，部分品种高度可达到 150cm，茎为圆柱形，粗壮、多分枝；叶互生，基生叶片为长椭圆形或匙形，茎生叶呈披针形或长三角形，叶片上有刺毛和腊层。总状花序，花瓣为黄色或淡黄色，四片相交呈十字形。油菜秆茎上长有众多的长角果，内有球形、近似球形或卵圆形种籽，即油菜籽，每个角果一般有 10~20 粒油菜籽，多的可超过 30 粒，着生于隔膜边缘，分左右两列，油菜籽直径约 1.5mm，有黄、褐及黑色几种。油菜的生长阶段包括苗期、抽薹期、花期、盛花期和角果期。生长期不同、油菜部位不同，用处也不同。角果期生成的油菜籽是菜籽油的生产原料，菜籽油中富含植物甾醇、矿物质、维生素 E 和多酚类物质等。

油菜是我国主要油料作物之一，其籽粒是榨制油脂原料主要品种之一。栽培遍及全国，分为冬油菜（9 月底种植，5 月份收获）和春油菜（4 月底种植，9 月份收获）两种。目前油菜主要栽培（品种）类型：白菜型油菜 [*Brassica rapa* (*campestris*) L.]，芥菜型油菜 (*Brassica juncea* L.)，甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.)。油菜一般生长在气候相对湿润的地方，譬如中国的南方。油菜有许多用处，如油菜花在含苞未放的时候可以食用；油菜花盛开时是一道亮丽的风景线；花朵凋谢后，油菜籽可以榨油。

白菜型油菜株体较矮小。一般春性品种幼苗直立，冬性品种株型匍匐，半冬性品种介于二者之间。主根较发达或不发达，支细根发育中等或发达。原产中国西北部的北方小油菜 (*B. campestris* L.) 基叶有明显叶柄，具琴状缺刻；南方油白菜 (*B. chinensis* L.) 基叶叶柄不明显，无琴状缺刻或不明显。北方小油菜分枝性弱，分枝数少。南方油白菜分枝性较强，分枝部位低，有的从地面就分枝，呈丛生型。茎组织松软，木质化程度较低，易倒伏，抗病虫性较弱。花色淡黄至深黄，花瓣椭圆，花序中间花蕾着生位置低于开放花朵。开花时雄蕊花药一般向外开裂，自交不亲和性强，异交结实率高，一般为 80%~90%。

芥菜型油菜俗称油辣菜，籽粒细小，多为金黄色或暗红色，含油量高。芥菜

型油菜具有耐瘠性强等特点，但也有致命的弱点就是产量低，目前其种植面积已越来越小。

甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.)，甘蓝型油菜是三种油用油菜（白菜型油菜、芥菜型油菜、甘蓝型油菜）中籽粒产量最高的种类，目前在我国长江中下游流域大量种植，是我国重要的油料作物。油菜植株及其六大器官如图 1-1 所示。

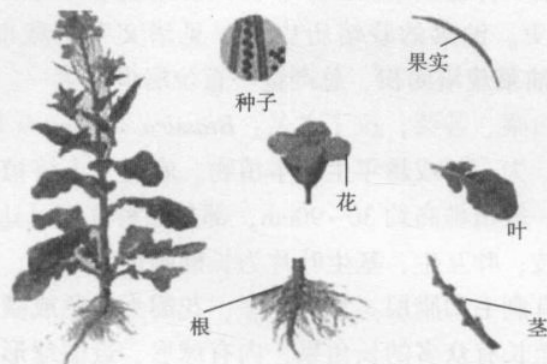


图 1-1 油菜植株及其六大器官图

第一节 油菜籽和菜籽油概述

一、油菜籽

油菜的种子称为油菜籽（菜籽）又称作芸苔子，是草本十字花科作物，平均含油量 35%~42%，是一种重要的油料。主要产区在我国长江流域各省市，其中四川省的产量最大。它在农闲季节生长，不与其他粮食、经济作物争地、争劳力，生产周期短，效益高，故广大农民都乐于种植。

油菜籽由种皮和胚两部分组成，双子叶无胚乳。种皮占整个籽粒质量的 14%~20%，甘蓝型黑籽油菜平均含皮 18%，种皮中含有 30% 以上的粗纤维，菜籽中绝大部分的芥子碱、色素、植酸、单宁等抗营养物质主要存在于种皮中。油菜籽的种皮很薄，有褐、黄、棕、黑等颜色，有光泽。油菜的成熟程度与皮色有关，成熟的油菜籽种皮颜色较深。胚是油菜籽的主要组成部分，胚部有两片发达的子叶，子叶内含有丰富的脂肪和蛋白质。

传统品种油菜籽中含有 4% 左右的硫代葡萄糖苷（又叫芥子苷或葡萄糖异硫氰酸盐）。在湿热条件下，油菜籽中的硫代葡萄糖苷在芥子酶的作用下降解，产生有毒的含硫化合物硫氰酸脂、异硫氰酸酯、 χ 唑烷硫酮及蜡类化合物等，这些分解产物能抑制动物的甲状腺对碘的吸收而发生肿胀，导致代谢紊乱。在油菜籽

加工过程中,少量的分解产物转移到油中,大量的残留在饼粕中,因此,菜籽粕必须经过脱毒处理或限制在饲料中的比例(约10%)才能作为牲畜饲用。

传统品种油菜籽的另一个特点是菜籽油中芥酸含量较高(40%以上)。人们对菜籽油高芥酸的营养安全性问题提出质疑。20世纪50年代前后,加拿大育种工作者开始研究培育低芥酸及芥子苷的“双低”菜籽品种。1978年加拿大油籽榨油家协会(WCOCA)将油中含芥酸低于5%、粕中含芥子苷少于3mg/g的油菜籽注册命名为“Canola”。1996年该定义又作出修改,将油中芥酸允许含量降低到1%、粕中芥子苷允许含量低于20 μ mol/g。“双低”菜籽品种为菜籽油及饼粕的利用增加了安全感和新途径。

我国是世界上油菜产量最大的国家,2017年我国油菜籽产量有1327.41万t。我国种植的油菜籽既有传统的高芥酸油菜,也有经过改良的“双低”油菜籽。近几年我国高品质的“双低”油菜籽播种面积不断增加,双低油菜籽产量占总产量的80%以上。我国从南到北,从平川到高原都有油菜分布,以长江、黄淮流域面积比较集中。油菜的主产省有安徽、四川、湖北、湖南、江苏、贵州、河南、青海等。在油菜主产区的长江流域,油菜将产量占全国油菜籽总产量的85%以上。尽管中国是世界上油菜籽产量最大的国家,但我国每年需要进口一定的油菜籽来弥补国内供给的短缺。

我国油菜籽的国家标准为GB/T 11762—2006《油菜籽》,在这个标准中列出了普通油菜籽和双低油菜籽的质量指标。普通油菜籽和双低油菜籽质量指标都按含油量分5个等级,5个等级的含油量为 $\geq 42.0\%$ 、 $\geq 40.0\%$ 、 $\geq 38.0\%$ 、 $\geq 36.0\%$ 、 $\geq 34.0\%$,杂质含量 $\leq 3.0\%$,水分含量为 $\leq 8.0\%$ 。双低油菜籽还要求芥酸含量 $\leq 3.0\%$,硫苷含量 $\leq 35.0\text{mmol/g}$ 。我国菜籽粕国家标准为GB/T 22514—2008《菜籽粕》,在这个标准中规定了普通菜籽粕和低硫苷菜籽粕的质量指标。

(一) 油菜籽的形态和结构

油菜籽,呈球形,粒很小,由种皮和胚两部分组成,胚乳已退化。油菜籽种皮很薄,仔细观察可看到种皮上的脐,与种脐相反的一面有一条沟纹。种皮色泽淡黄、深黄、金黄、淡红、褐、紫黑、黑色等多种,种皮上有网纹,黑色种皮的网纹明显。不同类型的油菜籽,其种皮颜色也不同,油菜籽成熟度与种皮颜色有关,成熟的油菜籽种皮颜色较深,没有完全成熟的油菜籽种皮颜色较浅。

油菜籽脱去种皮即为胚,胚是油菜籽的主要组成部分,胚由两片肾形的子叶和胚根、胚茎、胚芽组成。子叶呈黄色,含有丰富的脂肪,油菜籽的油和蛋白主要存在于子叶之中,每片子叶从中部折叠,故两片子叶看起来好像四片。两片子叶在种皮内的位置则是一片包在外,一片裹在内,在外的一片稍大稍厚。在子叶外部可以看到胚乳的遗迹。胚根、胚茎色泽略浅,胚芽不明显。油菜籽种子的形态和构造如图1-2所示。

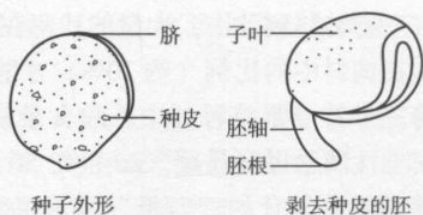


图 1-2 油菜籽种子的形态和构造

(二) 油菜籽的类型

按照油菜类型分，油菜籽可分为三大类型：芥菜型油菜籽、白菜型油菜籽和甘蓝型油菜籽。

1. 白菜型

白菜型油菜又称短油菜、甜油菜和小油菜，生产周期短，含油量高。白菜型油菜籽的籽粒大小不一，成熟后种皮有网纹结构，多为棕红色、褐色或黑色，含油率 35%~45% 之间。

2. 芥菜型

芥菜型油菜又称高油菜、苦油菜、辣油菜或大油菜。芥菜型油菜籽的籽粒小，成熟后种皮表面网纹粗，多呈黄色或棕红色，含油率 30% 左右，有浓厚辛辣味，油的食味较差。

3. 甘蓝型

甘蓝型油菜即胜利油菜，是近代从国外引进的新品种，是目前我国种植面积最多的一种，生长期长，角果长。甘蓝型油菜籽的产量高、籽粒大，种皮多为黑褐色，含油率 40%~45% 之间。种皮光滑，成熟后的种皮多为黑褐色。其芥子苷含量比白菜型低。

(三) 油菜籽的组成成分

1. 油菜籽的化学组成成分

油菜籽主要由油脂、蛋白质、碳水化合物、水分、灰分（矿物质）等组成，其各成分含量因品种、生长环境条件及农业技术措施等的不同有着较大变动。油菜籽主要化学组成成分见表 1-1。

表 1-1

油菜籽主要化学组成成分

单位：%（以干基计）

成分	油脂	灰分	蛋白质	磷脂	碳水化合物	水分	粗纤维
含量	37~48	3~8	19~31	1~1.5	17~39	6~10	5~11

2. 油菜籽中的营养成分

(1) 油脂 油脂是油菜籽中的主要营养成分，菜籽油一般呈深黄色或棕色。

芥酸是菜籽油中的特色脂肪酸，由于普遍认为高芥酸对人体不利，近年来国内外育种专家一直在培育低芥酸菜籽油。低芥酸菜籽油除了芥酸含量降低外，油酸、亚油酸和亚麻酸含量明显提高，此外，还含有部分棕榈酸、二十碳烯酸、二十四烷酸等。从营养价值方面看，人体对菜籽油消化吸收率可高达99%，并且有利胆功能。在肝脏处于病理状态下，菜籽油也能被人体正常代谢。

(2) 蛋白质 蛋白质也是油菜籽的主要营养成分，菜籽蛋白氨基酸组成较平衡，几乎不存在限制性氨基酸。与其他油料的粕相比，菜籽粕中的含硫氨基酸含量最高，其次蛋氨酸、赖氨酸含量也较高。

(3) 碳水化合物 油菜籽含有大量碳水化合物，可作为能量来源，但由于粗纤维含量较高，导致其有效能值相对较低。

(4) 矿物质 油菜籽中含有多种矿物质，尤其是中钙、磷、硒、锰含量较高，铁和锌含量也较高，但磷含量的60%~70%属植酸磷，利用率相对较低。

(5) 维生素 维生素是维持机体生命活动过程必不可少的一大类有机物质，在人体物质代谢中起重要作用。其中维生素E主要增强细胞的抗氧化而作用，使多种不饱和脂肪酸免受氧化而变质，促进蛋白膜结构和功能的完整性，预防肝、肌肉和其他组织的线粒体的多价不饱和脂肪酸、维生素A、 β -胡萝卜素和许多酶系统的过氧化作用，提高多价不饱和脂肪酸和维生素A等的利用，从而促进生殖功能。油菜籽中含有多种维生素，尤其是烟酸、胆碱、叶酸、核黄素、硫胺素含量较高，具有很好的营养价值。

3. 油菜籽抗营养因子及其危害

油菜籽中最主要抗营养因子为硫代葡萄糖苷，此外，还含有植酸、单宁、芥子碱、皂素等抗营养因子，这些有害成分在油菜籽加工过程中大部分遗留在菜籽粕中。

普通油菜籽中含有较高的硫代葡萄糖苷，俗称芥子苷，是一种复杂的烃基硫代配糖体，其有机配基有70多种，各种芥子苷是以混合物形式存在的。芥子苷能溶于水，本身无毒性，但在湿、热条件下，由于存在于菜籽中的天然芥子酶作用，将其水解成腈、噁唑烷硫酮、异硫氰酸酯和硫氰酸酯，这些含硫化合物具有毒性，而且具有令人不愉快的气味。它们在菜籽油的制取过程中，大部分留在饼粕中，一部分会进入到菜籽毛油中，从而影响菜籽饼粕的使用价值和菜籽油的质量。过去10年，我国大力推广“双低”油菜（低芥酸、低硫苷）育种和种植，双低油菜种植面积不断扩大，目前全国双低油菜种植面积已经超过80%。随着“双低”油菜的广泛推广种植，菜籽油和菜籽粕的质量得到明显改善。

植酸作为一种很强的螯合物，它能与钙、镁、锌等金属离子形成络合物而大大降低了这些元素的生物利用率，又因为植酸中富含磷，而动物对植酸磷的利用率也很低。

单宁是种多元酚化合物，有苦涩味，影响适口性，且在中性和碱性条件下被氧化并产生聚合作用从而使菜籽粕的颜色变黑，并产生不良气味。多酚化合物还能与蛋白质结合使其营养价值显著降低。芥子碱能溶于水，不稳定，容易发生非酶催化的水解反应，生成芥子酸和胆碱。芥子碱有苦味，是引起菜籽粕适口性差的主要因素。

(四) 油菜籽的品质鉴定

鉴别油菜籽的质量，首先要注意籽实饱满、皮薄、大小、整齐均匀，鲜亮圆滑，然后看干湿程度和含杂多少。

1. 看干湿程度

从菜籽的颜色及状态可鉴别干湿程度（一般油菜水分不超过 10% 为合乎标准）。通常农民中的经验大“七青、八黄、九开瓣、十足皮肉两开”，指是油菜籽到七成干时，用指甲碾开时色发青，八成干时色发黄，九成干时一碾分成两瓣，晒到十成于时碾皮肉立即分开。用手抓满一把菜籽，紧紧握住，干籽会发出“嚓嚓”的声音并从拳两端和指缝间向外射出，将手放开时，掌内余籽依然散开不成团是干籽，否则是湿籽。用手插入菜籽堆的深处，如感觉菜籽发热，而从堆内取出的菜籽呈灰白色，可以断定水分过大，存在有发霉现象。

2. 验杂质

用手抄起一撮菜籽，放在手掌上左右晃动，籽粒在上，泥沙杂质留在掌心，估算杂质含量（菜籽的杂质不超过 5%，即合乎标准）。一定数量的菜籽，用筛子筛净，求其失去的重量，即知杂质所占的比重。如颜色灰暗要注意鉴别与油菜籽相似的野菜籽，用手或硬物摩擦籽仁感觉坚硬不能成粉，用衣袖一靠即能黏附其上的都是野菜籽。

二、菜籽油

菜籽油俗称菜油，又叫香菜油，是以十字花科植物芸苔（即油菜）的种子榨制所得的透明或半透明状的液体，色泽金黄或棕黄。主产于长江流域及西南、西北等地，我国油菜生产发展很大，亩产量不断提高。菜籽油、大豆油和棕榈油并称为“世界三大植物油”。

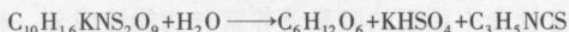
菜籽油气味香醇，营养丰富，可分为常规菜籽油、高油酸菜籽油和双低菜籽油。常规菜籽油芥酸含量较高，有一定的刺激气味，民间叫作“青气味”，这种气体是其中含有一定量的芥子苷所致。双低菜籽油是指菜籽中芥酸含量在 3% 以下、菜籽饼中的硫苷含量低于 $30\mu\text{mol/g}$ 的油菜品种，随着低芥酸育种的发展，低芥酸或“双低”油菜品种芥酸含量降到 3% 左右，油酸含量已由 20% 左右上升到 60% 左右，亚油酸含量也上升到 20% 左右，使低芥酸菜籽油的脂肪酸组成与茶油、花生油相似。近几年低亚麻酸油菜的培育成功，使得极易氧化变质且妨碍亚

油酸代谢的亚麻酸含量降低到了3%左右，这样原始的常规菜油存在的芥酸和亚麻酸含量过高的弊端被完全克服，菜籽油91%以上的脂肪酸是必需脂肪酸——亚油酸和营养价值较高的油酸。

三、菜籽油的特性

菜籽油和其他食用油不同的是某些脂肪酸含量过高，如芥酸和亚麻酸，而某些脂肪酸含量又过低，如软脂酸和硬脂酸。另外，还含有不皂化物，特别是甾醇以及使其带有菜油气味的酮类。在菜籽油的甾醇中，有菽豆甾醇 $C_{20}H_{40}$ （相对分子质量412.2，熔点148℃）和油菜甾醇 $C_{23}H_{40}$ （相对分子质量398，熔点169~170℃），这两种甾醇在性质上很相近。菜籽中还含有葡萄糖代和代葡萄糖苷，它们是含有氮和硫的酯类碳水化合物。

硫代葡萄糖苷分解时生成含硫的、不溶于水的、具有刺激味的所谓芥子丙烯酸油的挥发性化合物，该油的通式是 $R=N=C=S$ 。在油菜籽加工时，菜籽中所含的硫代葡萄糖苷如葡萄糖苷黑芥子苷钾盐 $C_{10}H_{16}KNS_2O_9$ 和白芥子苷就转到油中。一般认为油菜籽中所含白芥子苷不多。黑芥子苷钾盐能生成熔点为126~127℃，易溶于水的斜方形结晶。黑芥子苷钾盐在芥子酶的作用下，有水存在时就分解为葡萄糖、硫酸氢钾和芥子丙烯酸，水解按下式进行：



油菜籽中，除了硫代葡萄糖苷以外，还可能含有其他葡萄糖苷。

在油菜籽加工中，芥子精油溶于油脂中，磷脂也溶于油脂中，其量的多少取决于菜籽的加工方法。

菜籽油中含有色素。毛油呈深黄色带微绿、精炼油清澈透明呈浅黄色。一般认为，硫代葡萄糖苷和种籽外壳上所含的叶绿素是它们色泽的来源。

菜籽油属于半干性油，皂化值很低，此特性可作为鉴别菜籽的方法。

第二节 菜籽油的营养价值和菜籽的经济价值

一、菜籽油的营养价值

人体对菜籽油的吸收率很高，可达99%。菜籽油味甘、辛，性温，具有补虚、润肠、清肝利胆、促进大脑发育、帮助眼睛抵抗各种强光的刺激，预防老年性眼病、小儿弱视等功效。高油酸菜籽油中富含油酸及亚油酸等不饱和脂肪酸以及维生素E，能够软化血管、延缓衰老。甾醇含量也较豆油等常见植物油高，且种类繁多，有些甾醇还具有特殊的生理功能。菜籽油中的磷脂有利于血管、神经、大脑的发育，菜籽油的胆固醇很少或几乎不含。低芥酸菜籽油的饱和脂肪酸

含量很低，油酸含量达 60% 以上，且有合理含量的亚油酸和亚麻酸，因而低芥酸菜籽油被称为“最健康的食用植物油”。菜籽油与其他食用植物油的植物甾醇含量相比，菜籽油中胆固醇含量较低，而对身体健康有益的菜籽甾醇、菜油甾醇和豆甾醇含量为食用植物油中最高。

菜籽多酚是油菜籽独有的一类重要次级代谢产物，具有抗肿瘤、降血糖、抑菌、清除自由基等生物活性，是一种潜在的重要天然抗氧化剂。油菜籽榨油后，多数菜籽多酚残留在饼粕中，而油脂中多酚含量因菜籽油提取工艺及菜籽油加工过程存在很大差别。

（一）脂肪酸

在众多植物油当中，低芥酸菜籽油的饱和脂肪酸含量低，符合人体健康的需求。随着人们对脂肪酸的深入研究，发现在多不饱和脂肪酸中， $\omega-6$ 与 $\omega-3$ 脂肪酸比例与心血管疾病、癌症、炎症以及自身免疫等其他疾病息息相关，平衡 $\omega-6$ 与 $\omega-3$ 脂肪酸比例成为营养健康的最新趋势。根据世界卫生组织、中国营养学会《中国居民膳食营养素参考摄入量》的推荐值，熊秋芳等指出，在亚麻酸质量分数不低于 5% 的前提下，饱和脂肪酸含量越低，油酸含量越高，且 $\omega-6$ 与 $\omega-3$ 比例为 (1~4) : 1 的天然食用植物油营养价值较高。

（二）植物甾醇

植物甾醇是日常饮食中重要的微量营养素和功能性成分，种类繁多，其中菜油甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇等是在各类植物食品中常见的甾醇。植物甾醇在降低心血管疾病发病率、抗炎症、抗癌、免疫调节方面有卓越功效。研究指出，每天摄入 2~3g 植物甾醇可以降低血液中 10% 的总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇 III。从我国常见的植物性食物的甾醇含量进行分析，我国居民膳食植物甾醇总摄入量主要来源是谷类和植物油类，两者贡献率超过 80%。在我国常用食用植物油中，玉米胚芽油中甾醇含量最高，为 1032.07mg/100g，其次是芝麻油 559.27mg/100g 和菜籽油 517.14mg/100g。在常见的植物甾醇中，菜油甾醇能够预防冠心病，有重要的生理功能。菜籽油中菜油甾醇含量达 155mg/100g，在我国大宗食用植物油中含量较高。收集的我国长江中下游 200 份菜籽样本，压榨制油并对菜籽油组成进行分析，发现菜籽油中甾醇含量在 700~1000 (mg/100g)，其中菜油甾醇占总甾醇的 30.7%。

（三）生育酚

生育酚，又称维生素 E，是人体血浆中有效的脂溶性抗氧化物质，有 α -异构体、 β -异构体、 γ -异构体、 δ -异构体，其中 α -生育酚在自然界中分布广，活性高。就生理活性而言，其活性顺序为 α -生育酚 > β -生育酚 > γ -生育酚 > δ -生育酚；对抗氧化性能而言， α -生育酚 < β -生育酚 < γ -生育酚 < δ -生育酚。植物油是生育酚的丰富来源。在不同食用植物油中，生育酚的含量和组成有所不同。据报