



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

[高校教材]

# 粮油加工概论

肖志刚 许效群 主编

CONSPECTUS OF GRAIN  
AND OIL PROCESSING



0.4



中国轻工业出版社

高等学校专业教材

书号 (CIP) 自录别奇并国

# 粮油加工概论

肖志刚 许效群 主编

迟玉杰 主审

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

粮油加工概论/肖志刚, 许效群主编. —北京: 中国  
轻工业出版社, 2008. 8  
高等学校专业教材  
ISBN 978-7-5019-6449-9

I. 粮… II. ①肖…②许… III. ①粮食加工-高等  
学校-教材②油料加工-高等学校-教材 IV. TS210.4  
TS224

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 070682 号

责任编辑: 涂润林

策划编辑: 李亦兵

责任终审: 劳国强

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王超男

责任校对: 燕杰

责任监印: 胡兵 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: 利森达印务有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.75

字数: 363 千字

书号: ISBN 978-7-5019-6449-9/TS·3760 定价: 30.00 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](mailto: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

70830J4X101ZBW

## 本书编委会

- 主 编** 肖志刚 (东北农业大学)  
许效群 (山西农业大学)
- 副主编** (排名不分先后, 以汉语拼音为序)  
侯旭杰 (塔里木大学)  
鹿保鑫 (黑龙江八一农垦大学)  
任 健 (齐齐哈尔大学)
- 编 委** (排名不分先后, 以汉语拼音为序)  
陈振家 (山西农业大学)  
李 良 (东北农业大学)  
刘玉兵 (黑龙江农业经济职业学院)  
杨 勇 (齐齐哈尔大学)  
张 剑 (河南农业大学)  
朱丽霞 (塔里木大学)

**主 审** 迟玉杰

## 前 言

20 世纪 90 年代, 随着我国粮油市场的放开, 粮油行业体制发生了重大变革, 国有粮油企业经过改制改组和结构调整, 获得了新的生机; 民营粮油企业的不断发展使得粮油加工领域既竞争激烈, 又充满活力; 外资的大量进入, 不仅提高了我国粮油工业的国际化水平, 也为我国粮油工业的技术变革、规模扩大、市场拓展带来了新的机遇。然而, 由于教学体系改革的相对滞后及教学要素间的过于独立, 我国粮食工程专业人才培养不能适应新形势对人才市场的需求, 出现不得不停办的局面。在国家加大对农业 (特别是粮食主产区) 的支持力度的政策引导下, 并随着粮油行业体制改革的逐步深入, 粮油加工业对人才的需求日趋迫切。基于此, 2005 年东北农业大学率先组建粮食工程专业, 并于 2006 年正式招生。之后, 黑龙江八一农垦大学、武汉工业学院、河南工业大学等院校也陆续恢复了该专业的建设。

本教材为适应粮食工程专业重新被激活的新局面, 根据粮食工程专业入门课程基础性、概括性和综合性的需求特点而编写, 以培养学生对主要粮油作物加工的感知能力, 并为学生深入学习各种粮油作物加工方法奠定基础。编写力求做到内容广泛, 深度适宜, 概括性强, 能反映国内外教学研究和科学研究的先进成果, 注重理论联系实际。本教材叙述了粮油作物的理化特性与加工品质的关系, 粮油原料预处理的基本理论和基本方法, 同时结合生产实际对谷物粉、淀粉及淀粉糖、植物蛋白、稻谷、植物油和米面食品加工的基本原理和加工方法等加以扼要阐述, 介绍了谷物及油料加工副产物的综合利用, 功能因子的来源、化学构成及理化性质等, 并对膜分离、微胶囊等现代粮油加工新技术作了简要阐述。

全教材第一章、第二章第五节由肖志刚编写; 第二章第一节至第四节及第六节由刘玉兵编写; 第三章及第七章由杨勇编写; 第四章由李良编写; 第五章由张剑编写; 第六章由任健编写; 第八章由鹿保鑫编写; 第九章由许效群编写; 第十章由肖志刚、陈振家编写; 第十一章由侯旭杰、朱丽霞编写。本教材主要作为高等院校粮食工程专业的入门基础教材及食品、农学、生命科学等相关专业的选修课教材。此外, 也可供科研院所、从事粮油加工研究与开发的专业技术人员参考和借鉴。

本教材的编写参考了同类教材、论著和相关的技术资料, 借此, 向参考文献的作者们表示深深的谢意。本教材在编写和出版过程中, 得到了中国轻工业出版社、东北农业大学图书馆、华中农业大学图书馆、黑龙江省质量技术监督局的大力支持, 我们在此一并表示衷心的感谢!

限于笔者水平, 加之时间仓促, 错误之处在所难免, 有不妥甚至讹误之处, 恳请读者批评指正。

编者



# 目 录

88	.....	白芸豆	章六第
88	.....	白芸豆大	章一第
79	.....	白芸干菜	章二第
001	.....	白芸豆甜类甜其	章三第
001	.....		章六第
<b>第一章 绪论</b> ..... 1			
8	第一节 粮油加工的分类及我国粮油加工业的特点	.....	1
9	第二节 粮油加工业在国民生活中的作用	.....	2
4	第三节 粮油加工的基本任务	.....	4
8	第四节 《粮油加工概论》的学习目的	.....	5
<b>第二章 主要粮油作物的理化品质</b> ..... 6			
28	第一节 稻谷	.....	6
08	第二节 小麦	.....	14
84	第三节 玉米	.....	19
71	第四节 大豆	.....	24
91	第五节 油菜子	.....	29
06	第六节 薯类	.....	32
07	思考题	.....	34
<b>第三章 粮油加工原料预处理</b> ..... 35			
11	第一节 筛选	.....	35
11	第二节 风选	.....	38
82	第三节 比重分选	.....	40
82	第四节 磁选	.....	43
0	第五节 色选	.....	44
81	第六节 精选	.....	46
11	第七节 谷物、油料制品的特殊预处理工序	.....	48
81	第八节 粮油预处理工艺	.....	54
00	思考题	.....	58
<b>第四章 谷物粉</b> ..... 60			
01	第一节 小麦制粉	.....	60
71	第二节 米粉生产	.....	65
91	第三节 玉米粉生产	.....	68
88	第四节 其他谷物粉生产	.....	70
88	思考题	.....	74
<b>第五章 淀粉及淀粉制品</b> ..... 75			
88	第一节 淀粉	.....	75
88	第二节 淀粉糖	.....	81
	第三节 变性淀粉	.....	87
	思考题	.....	92

<b>第六章 植物蛋白</b> .....	93
第一节 大豆蛋白 .....	93
第二节 菜子蛋白 .....	97
第三节 其他类植物蛋白 .....	100
思考题 .....	106
<b>第七章 稻谷加工</b> .....	108
第一节 普通大米加工 .....	108
第二节 特种米加工 .....	119
思考题 .....	124
<b>第八章 植物油</b> .....	126
第一节 制油方法 .....	126
第二节 油脂的精炼 .....	135
第三节 油脂的改性 .....	139
第四节 油脂产品简介 .....	142
第五节 油脂的保存 .....	147
思考题 .....	149
<b>第九章 米面食品</b> .....	150
第一节 米面食品的分类及发展概述 .....	150
第二节 米面食品的主要原料 .....	151
第三节 米面食品的生产工艺 .....	161
思考题 .....	181
<b>第十章 粮油加工副产物综合利用及功能因子开发</b> .....	182
第一节 稻谷加工副产品综合利用 .....	182
第二节 大豆中的功能活性物质 .....	190
第三节 玉米加工副产物综合利用 .....	196
第四节 菜子饼粕的综合利用 .....	201
第五节 植物油脱臭馏分的综合利用 .....	206
思考题 .....	209
<b>第十一章 现代加工技术在粮油加工业中的应用</b> .....	210
第一节 生物技术在粮油加工业中的应用 .....	210
第二节 微波技术在粮油加工业中的应用 .....	217
第三节 现代膜分离技术在粮油加工业中的应用 .....	219
第四节 挤压膨化技术在粮油工业中的应用 .....	222
第五节 超临界流体萃取及分子蒸馏技术在粮油加工业中的应用 .....	228
第六节 微胶囊化技术在粮油加工业中的应用 .....	231
思考题 .....	232
<b>参考文献</b> .....	233

# 第一章 绪论

粮油是农产品的重要组成部分，是人类赖以生存的基础。粮油原料主要是农作物收获得来的果实和种子，如稻谷、小麦、玉米、大豆、花生、油菜子等；也包括富含淀粉和蛋白质的植物根茎器官，如甘薯、马铃薯等。粮油加工是指对粮油原料进行工业化处理，制成半成品粮油、成品粮油、粮油食品以及其他产品的过程。粮油加工业主要包括：稻谷加工、小麦加工、玉米加工、大豆加工、油料加工、杂粮加工、薯类加工、粮油食品生产、粮油加工副产品综合利用，以及相关机械装备和检测仪器的制造等。

## 第一节 粮油加工的分类及我国粮油加工业的特点

### 一、粮油加工的分类

粮油加工可按照加工层次、原料类型和加工产品类型分类。

#### 1. 按加工层次分类

按加工层次，粮油加工可分为初加工、精加工和深加工。

粮油初加工就是对原粮、油料直接进行的初步加工。如对稻谷、小麦、玉米、高粱、谷子等原粮，通过碾、磨等方法，加工成粒状或粉状成品等；对油菜子、花生仁、棉子、芝麻等各种油料，用压榨、浸出或水代的方法从中制取油脂。随着经济技术和人民生活水平的提高，特别是粮油科技工作的发展及粮油生产形势的好转，粮油加工逐步从初加工向精加工和深加工发展。粮油精加工仅是使原粮或油料初加工产品发生物理变化的加工，一般是指提高产品纯度和精度的加工。纯度是指符合质量标准、卫生标准；精度是针对精白米、精粉、精炼油等。粮油深加工，也称多层次加工，包括粮油及粮油副产品综合利用的各种加工，始于20世纪50年代后期，近年来发展很快。食品工业、饲料工业、制药业，甚至化学工业均可以粮油作原料，进行深层次新产品的开发，其中一些产品已经改变了粮油原料原来形态，发生了化学变化。

#### 2. 按原料类型分类

按原料类型分类，粮油加工可分为谷物加工、豆类加工、薯类加工和油料加工等。

(1) 谷物加工 谷物加工是指对禾本科植物的种子进行加工，包括稻谷、小麦、玉米及其他杂粮的加工，谷物种子所含营养物质主要是淀粉，其次是蛋白质，是许多亚洲人民的传统主食。

(2) 豆类加工 豆类加工是指对黄豆、绿豆、赤豆等豆科植物的种子进行加工，使之成为油脂或粮食的辅助主食。如黄豆制作豆腐、豆面，小豆制作红豆沙等。豆科植物蛋白质含量较高，营养丰富。

(3) 薯类加工 薯类加工是指对马铃薯、红薯、芋头等块茎进行加工，获得薯类淀粉、变性淀粉、薯类全粉、薯类复合薯片和速冻薯条等产品。

(4) 油料加工 油料加工是指对菜子、花生、大豆、葵花子、蓖麻子、芝麻、橄榄仁、棕榈仁、棉子、米胚等各种植物油料进行加工，获取油脂及其再制品等。



以上各种粮油作物的加工除获得主产品外，还包括加工过程中所产生副产物的综合利用。

### 3. 按加工产品类型分类

按加工产品的类型，粮油加工可分为碾米加工、制粉加工、制油加工、淀粉及淀粉糖加工等。

(1) 碾米加工 碾米加工主要是将稻谷、高粱、谷子等加工去壳去皮，使之成为粒状成品粮（如大米、高粱、小米等）。

(2) 制粉加工 制粉加工主要是将小麦、玉米、小米、大米（碎米）加工磨碎，制成粉状成品粮。

(3) 制油加工 制油加工主要是将各种油料，经过压榨或浸出，加工成各种油品。

(4) 淀粉及淀粉糖加工 淀粉及淀粉糖加工主要是指用玉米、薯类及其他植物原料制作淀粉，及以淀粉为原料，经酶法或酸法转换加工成糖品。

(5) 复制品加工 复制品加工是指以粮油为原料经简单加工的生食品，主要是将成品米、面进行再加工，制成各种米制品、面制品，以及豆类制品等。

(6) 副产品加工 副产品加工是指对粮食、油料在加工过程中除成品以外的其他产品，如麦麸、花生饼、米糠等进行加工，从中提取功能因子和活性成分，或使其用作饲料、肥料等。

此外，粮油加工还包括饲料加工、酿造，及以粮食和副产品为原料生产各种调味品、饮料、粉丝及各种食品等。

## 二、我国粮油加工业的特点

借鉴发达国家粮油加工企业规模大，精深加工及产品的开发能力强，企业经营管理水平高等特点，我国粮油加工业发展近年呈现如下新特点：产品档次、花色品种和包装有了很大的提高。各种小包装的精制米、面、油产品取代了以散装或大包装的标准二等米、标准粉和四级油，成为市场的主角，而且花色品种丰富，种类繁多，满足了不同消费层次的需求；粮油加工业的设备更新、技术改造的周期已经到来；粮油加工业的生产规模和技术水平有了很大的发展。现代化的大中型粮油加工企业已经取代过去的小企业成为主导力量，并建立了一批日加工能力 1000t 以上的大型米、面、油加工厂，这些大中型企业的生产技术水平基本上都达到了国外先进水平；国有粮油加工企业经过深化流通体制改革后开始复苏，民营企业经过初步的原始积累加快了扩大发展的步伐，由此形成了一批全国性的名牌产品。目前，我国已有 30 个粮油品牌获得中国名牌产品称号，包括金健、北大荒等 7 个大米品牌，金象、金苑等 13 个面粉品牌和福临门、金龙鱼等 10 个食用油品牌。

总之，与全国经济增长的大环境相协调，我国粮油加工业已经从起步阶段开始进入极为宝贵的全面成长的新时期。尽管如此，与发达国家相比，我国粮油加工业尚存在初级加工产品多，企业的效益和竞争力低；资金短缺、企业缺乏技术创新能力和发展活力；技术装备相对落后，机电一体化水平低；产品标准和质量控制体系不完善等不足。

### 第二节 粮油加工业在国民生活中的作用

粮油加工业是粮油再生产过程中的重要环节和基础性行业，是粮油产业化经营（或

者粮油产业链)中的重要组成部分,是搞活粮油商品流通,提升粮油产品附加值的重要环节,也是食品工业的基础工业。粮油加工业对于保证市场供应,丰富粮油食品品种,满足消费需要,增强人民体质,提高粮油产品经济价值,对国家积累资金和争创外汇等,都具有重要的意义。具体地讲,粮油加工业的发展在国民生活中的作用主要表现在以下几方面。

## 一、粮油加工业的发展,能不断满足消费者的需要

粮油加工业的发展,能够为市场提供更多的粮油生、熟复制品和精制品,这不仅能扩大粮油的销售品种,丰富市场,搞活供应,还可以从各个方面满足粮油消费者的需要。“民以食为天”,粮油加工和食品工业关系千家万户,影响着居民一日三餐。随着人民生活水平的不断提高,对食品市场提出了更多、更高的要求。为实现粮油主要食品市场多样化、优质化、绿色化、营养化和方便化,改善食物产品结构和营养结构,实现方便、快速的市场供应体系,粮油加工业的发展担负着重要的角色。过去由于受粮油加工科学技术所限,粮油中不少丰富的营养物质未能被充分利用,使营养素造成极大浪费。现在加工技术得以提高,可以运用现代化的加工方法,减少加工过程中营养成分的损失;在加工过程中,对粮油原料进行科学调配,可以提高粮油食品的营养价值;还可以按照人们对营养的不同需要,生产各种各样的专用食品。

## 二、有利于促进产业结构的优化和区域经济的协调发展

发展粮油加工业,能引导粮油生产结构调整,延伸粮食产业链。在我国“三农”发展的新阶段,农业和农村工作的中心任务是对农业和农村产业结构进行战略性调整。发展粮油加工业就是按照市场经济规律,用现代科学技术和发展工业的理念发展农业,以市场经济知识经营农业,最大限度地优化、配置好生产要素,形成以粮油加工为主的支柱产业,壮大粮油产业化龙头企业,培植粮油产业化发展的服务体系。做到以工业反哺农业并带动服务业,以农业支撑工业和服务业发展,努力实现农村各级产业间的合理布局 and 协调发展。

以高新技术促进粮油产品加工增值是一个新的产业和经济增长点,以此可以促进区域经济的协调发展。东部地区可以利用人才、资金和市场优势,发展具有高附加值的粮食深加工产业;位于东北和中部的粮食主产区,可以利用资源优势大力发展食品加工业特别是以粮食为主要原料的加工业;西部地区以杂粮、杂豆为主,发展特色粮油工业。

## 三、具有发挥农业资源优势 and 增加农村劳动力就业的双重功效

发展粮油加工业对促进粮油资源的综合利用和转化增值,提高农业综合效益 and 增加农民收入具有重要作用。建设社会主义新农村是我国现代化进程中的重大历史任务,党中央国务院把发展粮油加工业、促进农业产业化作为解决“三农”问题的主要措施之一。国家支持在粮食主产区进行粮油加工转化,作为增加农民收入的主要措施,并提出了一系列支持政策。粮油加工业通过提高粮油产品的加工深度,最大程度地提高粮油资源的综合利用率和产品的附加值,为提高农业的综合效益、增加农民收入开辟了新的有效途径。由于粮食的集散地往往在小城镇,粮油加工业的发展又可以推动小城镇建设,同时带动第三产业的发展,安排更多的劳动力就业。

#### 四、实现粮油商品价值的重要环节，有利于资金积累和外汇收入

粮油原料（如稻谷、小麦、玉米、谷子及油菜子、棉子等）都不能直接食用，必须通过加工改变原粮、油料的形态，使其成为成品粮油，才能经销售环节供人们食用，最终实现粮油的商品价值和使用价值。粮油加工业投资少、上马快，可以为国家提供较多的资金积累，还可以供出口，为国家增加外汇收入等。

总而言之，粮油加工业作为粮食面向市场的主要后续加工产业，具有粮食丰欠平衡器、增值转化器、效益放大器和食物应急缓冲器的重要作用。粮油加工技术进步及加工业的持续发展，直接影响着粮食种植结构的调整和国家粮食综合能力的提升，对促进农业发展、农村繁荣和农民富裕，带动关联行业发展和提供大量就业机会，具有十分重要的意义。粮油加工业是一个永不衰败的朝阳工业。

### 第三节 粮油加工的基本任务

粮油加工的基本任务是以科技为先导，遵循市场规律，依据市场对粮油产品的需要全面完成粮油生产任务，保证粮油商品流通的正常进行，满足广大消费者多层次的需要，并取得较好的经济效益。具体如下。

#### （一）严格执行粮油成品质量标准，保证产品质量

产品质量体现了产品的使用价值。粮油产品的质量直接关系到人民健康和国家声誉，所以，粮油加工必须把保证产品质量作为一项极为重要的任务。

#### （二）加大技术改造力度，在保证产品质量的前提下，提高粮油原料利用率

这要求粮油加工业要积极采用超临界萃取、膜分离、微胶囊、超微粉碎、生物发酵和酶工程等技术，开发粮油精深产品和高附加值产品；应用自动控制、信息化等技术改造粮油加工业，开发研制一批先进的大型粮油加工装备；通过技术创新和设备改造实现对粮油原料的节约和合理利用方面的要求，以提高粮油原料的利用率和粮油产品的得率。

#### （三）调整产品结构，研制新产品，促进粮油精深加工产业化

粮油加工的任务之一，就是要在市场调查与预测的基础上，结合我国国情，运用现代科学技术，使粮油加工从初加工向精加工和深加工发展，以增加花色品种，满足生产消费、生活消费和对外贸易不断增长的需要。粮油加工业要加强营养、方便、安全和专用产品开发，大力发展优质稻米、大豆和小麦等的精深加工，积极发展副产品综合利用，提高名、优、新、特产品比重。

#### （四）依靠科技进步，降低产品成本，提高经济效益

降低产品成本的关键是改善生产经营管理，节约物化劳动消耗，提高经济效益。目前，我国粮油供需仍呈紧平衡状态，粮食安全的形势不容乐观，煤、水、电等供给日趋紧张。为此，粮油加工业必须应用信息、生物、精细化工等新技术改造传统产业，研发新工艺、新设备，降低能源消耗，提高资源利用率，走资源节约型和发展循环经济的道路。

#### （五）注意环境保护和食品安全

粮油加工企业，要坚持高标准、严要求，采用先进工艺和装备，推行清洁生产，保护生态环境。同时要确保粮油加工产品安全，保障人民的身体健康，严格按标准组织生产及检查出厂产品，把好粮油产品质量和安全关。





## 第二章 主要粮油作物的理化品质

### 第一节 稻谷

稻谷是我国最主要的粮食作物之一，具有悠久的种植历史且种植面积大。目前，我国水稻的播种面积约占粮食作物总面积的1/4，产量约占全国粮食总产量的1/2，在商品粮中占一半以上，产区遍及全国各地。经数千年的种植与选育，全国稻谷品种繁多，据不完全统计，我国收集的稻种资源7万份左右（包括野生稻种、地方稻种和引进稻种），大面积栽培的品种约400个。稻谷高产、稳产，适应性强，经济价值高，在我国国民经济中有极其重要的地位。

#### 一、稻谷的分类及其子粒形态结构

##### （一）稻谷分类

我国稻谷产区广、产量大、品种多，所以其分类方法也不尽一致。普通栽培稻可分为籼稻和粳稻两个亚种。籼稻粒形细长，长度是宽度的3倍以上，扁平，茸毛短而稀，一般无芒，即使有芒也很短，稻壳较薄，腹白较大，硬质粒较少，耐压性差，易折断，加工时碎米多，出米率较低，米质胀性较大而黏性较弱，并且与野生稻易杂交结实；粳稻则粒形短切，长度是宽度的1.4~2.9倍，茸毛长而密，芒较长，稻壳较厚，腹白小或无，硬质粒多，耐压性强，加工时不易产生碎米，出米率较高，米质胀性较小而黏性较强。籼稻或粳稻，根据其生长期长短的不同，又可以分为早稻、中稻和晚稻三类。早稻的生长期为90~125d，中稻的生长期为125~150d，晚稻的生长期为150~180d。由于生长期长短和气候条件的不同，同一类型的稻谷的品质也表现出一些差别：早稻米一般腹白较大，硬质粒较少，米质疏松，品质较差，而晚稻米则反之，品质较好。

在我国粮油质量国家标准中，稻谷按其粒形和粒质分为三类：

第一类：籼稻谷，即籼型非糯性稻谷。根据粒质和收获季节又分为早籼稻谷和晚籼稻谷。

第二类：粳稻谷，即粳型非糯性稻谷。根据粒质和收获季节又分为早粳稻谷和晚粳稻谷。

第三类：糯稻谷，按其粒形和粒质分为籼糯稻谷和粳糯稻谷两类。

此外，根据栽种地区土壤水分的不同，又分为水稻和陆稻（旱稻）。水稻种植于水田中，需水量多，产量高，品质较好；陆稻则种植于旱地，耐旱性强，成熟早，产量低，谷壳及糠层较厚，米粒组织疏松，硬度低，出米率低，大米的色泽和口味也较差，播种面积一直较少，未纳入国家标准中。因而纳入国家标准的籼稻谷、粳稻谷和糯稻谷，都是指水稻而言。

##### （二）稻谷子粒的形态

稻谷子粒的结构由颖（稻壳）和颖果（糙米）两部分组成（见图2-1、图2-2）。





图 2-1 稻谷子粒形态

图 2-2 内颖和外颖钩合的横截面

1—芒 2—内颖 3—外颖 4—绒毛 5—脉 6—护颖

1—外颖 2—内颖

### 1. 颖

稻谷的颖由内颖、外颖、护颖和颖尖（颖尖伸长为芒）四部分组成。外颖比内颖略长而大；内、外颖沿边缘卷起成钩状，互相钩合包住颖果，起保护作用。稻谷机脱下来的颖壳称为稻壳或大糠、砉糠。

颖的表面生有针状或钩状茸毛，茸毛的疏密和长短因品种而异，有的品种颖面光滑而无毛。一般籼稻的茸毛稀而短，散生于颖面上。粳稻的茸毛多，密集于棱上，且从基部到顶部逐渐增多，顶部的茸毛也比基部的长。因此粳稻表面一般比籼稻粗糙。颖的厚度为 25~30 $\mu\text{m}$ ，粳稻颖的质量占谷粒质量的 18% 左右。籼稻颖的质量占谷粒质量的 20% 左右。颖的厚薄和质量与稻谷的类型、品种、栽培及生长条件、成熟及饱满程度等因素有关。一般成熟、饱满的谷粒，颖薄而轻。粳稻的颖比籼稻的薄，而且结构疏松，易脱除。早稻的颖比晚稻的颖薄而轻。未成熟的谷粒，其颖富于弹性和韧性，不易脱除。

内、外颖基部的外侧各生有护颖一枚，托住稻谷子粒，起保护内、外颖的作用。护颖长度为外颖的 1/5~1/4。内外颖都具有纵向脉纹，外颖有 5 条，内颖有 3 条。外颖的尖端生有芒，内颖一般不生芒。一般粳稻有芒者居多数，而籼稻大多无芒，即使有芒，也多是短芒。有芒稻谷体积质量小，流动性差，而且米饭胀性较小，黏性较大。

### 2. 颖果

稻谷脱去内、外颖后的果实便是颖果（即糙米）。颖果由皮层、胚乳和胚三部分组成，胚乳占颖果的绝大部分，胚所在的一侧称为颖果的腹部，胚的对面一侧称为背部。胚位于腹部下端，胚与胚乳连接不很紧密，在碾米时容易脱落。胚乳与胚都被皮层紧密地包裹着。颖果的皮层包括果皮、种皮、珠心层（又称外胚乳）和糊粉层，这四部分总称为糠层，在碾米时，被碾下的糠层和胚称为米糠，去皮的颖果则称为大米。

(1) 果皮 果皮是由子房壁老化干缩而成的一个薄层，厚度约为 10 $\mu\text{m}$ 。果皮又可分为外果皮、中果皮、内果皮（叶绿层管状细胞）。子粒未成熟时，由于叶绿层中尚有叶绿素，米粒呈绿色；子粒成熟后叶绿素消化、黄化或淡化成玻璃色。果皮中含有较多的纤维素，由粗糙的矩形细胞组成。果皮占整个谷粒质量的 1%~2%。

(2) 种皮 种皮在果皮的内侧，由较小的细胞组成，细胞构造不明显，厚度极薄，只有 2 $\mu\text{m}$  左右。有些稻谷的种皮内常含色素，使糙米呈现不同的颜色。

(3) 珠心层 珠心层位于种皮和糊粉层之间的折光带，极薄，为 $1\sim 2\mu\text{m}$ ，无明显的细胞结构。

(4) 糊粉层(外胚层) 糊粉层为胚乳的最外层，有 $1\sim 5$ 层细胞，与胚乳结合紧密，是由胚乳分化而成的，主要由含氮化合物组成，富含蛋白质(类球蛋白)、植酸盐、脂肪和维生素等。糊粉层中磷、镁、钾的含量较高。稻谷中糊粉层的厚薄及其位置与稻谷品种及环境等因素有关。糊粉层厚度为 $20\sim 40\mu\text{m}$ ，而且糙米中背部糊粉层比腹部厚，其质量约占糙米的 $4\%\sim 6\%$ 。

(5) 胚乳 胚乳占颖果质量的 $90\%$ 左右。胚乳主要由淀粉细胞构成，淀粉细胞的间隙填充蛋白质。胚乳细胞为薄皮细胞，是富含复合淀粉粒的淀粉体。其最外两层细胞为次糊粉层，富含蛋白质和脂类，所含淀粉体和淀粉粒的颗粒比内部胚乳的小。淀粉粒为多面体形状，而蛋白质多以球形分布在胚乳中。

(6) 胚 胚位于颖果的下腹部，富含脂肪、蛋白质及维生素等。由于胚中含有大量易被氧化酸败的脂肪，所以带胚的米粒不易贮藏。胚与胚乳连接不紧密，在碾制过程中，胚容易脱落。

稻谷和糙米主要组成部分的质量分数见表 2-1。

表 2-1

稻谷和糙米中主要组成部分的质量分数

种类	稻壳/%	外糠层/%	内糠层/%	胚乳/%	胚/%
稻谷	20.0	1.5	4.5	72.0	2.0
糙米	—	2.1	4.7	90.7	2.5

实际上，稻谷和糙米子粒各组成部分的质量分数变动很大，它是随着稻谷的类型、品种、土壤、气候及栽培技术等不同而变化的。具体来说，它是以子粒的形状、大小、成熟度和饱满度的不同而变化的。一般的情况是：稻壳占 $18\%\sim 20\%$ ，果皮和种皮占 $1.2\%\sim 1.5\%$ ，珠心层和糊粉层占 $4\%\sim 6\%$ ，内胚乳占 $60\%\sim 70\%$ ，胚占 $2\%\sim 3.5\%$ 。

## 二、稻谷的物理特性与加工品质

### (一) 稻谷的色、香、味和表面性状

每种粮粒都有其自然的色、香、味和表面性状，这是它们所固有的特征，也是评定粮粒的商品价值和工艺品质的重要因素。

#### 1. 稻谷的色、香、味

新鲜正常的稻谷，其色泽应是鲜黄色或金黄色。糙米的色泽应是蜡白色或灰白色，红色糙米呈紫红色。未成熟的稻谷和糙米一般呈淡绿色。无论是稻谷或糙米，表面均富有光泽，并具特有的香味。谷粒在成熟、收获期间，遭受自然灾害或贮藏期间保管不善而发生霉变，都将使子粒产生各种异常颜色，如出现青色米、茶色米、黄变米等；在机械干燥时，如温度过高，时间过长，则谷粒会因烘烤过度而产生焦黄色；在种植和仓库保管时，不同品种稻谷的互混，也会造成颜色的不均一。另外，在运输过程中，因运输和包装工具被污染，将会使谷粒形成各种异味，如腥味、臭味和酸味，甚至苦味。总之，凡是不太新鲜的稻谷和糙米，不仅会失去原有的正常光泽和香味，色泽灰暗，气味不良，降低原粮和成品的商品价值，而且米质差，加工时易产生碎米，出米率低，成品质量不高，食味差。一般陈稻的色、香、味都不如新稻，色泽都较暗淡。

## 2. 稻谷的表面性状

稻谷的表面性状指稻谷表面粗糙或光滑的程度。它对稻谷加工的工艺效果有直接影响，如表面毛糙的稻谷，脱壳和谷糙分离都比较容易。粳稻谷表面茸毛密而长，较粗糙，摩擦因数大；籼稻谷表面茸毛稀而短，较平整、摩擦因数小；糙米表面均较光滑。稻谷与糙米在表面粗糙度上的差异是：粳稻谷大于籼稻谷，籼稻谷大于糙米。所以，粳稻谷的谷糙分离要比籼稻谷的谷糙分离容易。

### (二) 稻谷的粒形、粒度和整齐度

#### 1. 粒形和粒度

稻谷子粒的形状为椭圆形、卵圆形和细长形，粒形可用长、宽、厚三种尺度来表示。稻谷子粒长、宽、厚的尺度又称粒度，粒度可用长、宽、厚的变化范围或平均值来表示。稻谷粒形可根据长宽比例的不同而分为三类，长宽比大于3者为细长粒形，长宽比小于3而大于2者为长粒形，长宽比小于2者为短粒形。一般籼稻谷均属前两类，粳稻谷大部分属于后一类。

对加工工艺而言，短粒形的稻谷对清理、砻谷、谷糙分离和碾米都较长粒形稻谷容易。粒形还与出米率和出碎率有密切的关系，子粒越接近球形；其长宽比越小，则壳和皮所占子粒的表面积就越小，而胚乳的含量则相对增高，同时，子粒越接近于球形，耐压性越强，加工时出碎率就低，这是粳稻与籼稻相比，出米率高、出碎率低的原因之一。

#### 2. 整齐度

整齐度是指稻谷粒形和大小的均一程度，在稻谷加工过程中谷粒的粒形和粒度是合理选用筛孔和正确调整设备操作的依据之一。如果稻谷整齐度很差，粒形、粒度很不一致，势必使整个碾米工艺的技术参数难以制定，给稻谷加工带来困难，所以粒形和粒度相差悬殊的稻谷要严防混杂，应分批加工。

### (三) 稻谷的千粒重、密度、孔隙度和体积质量

#### 1. 千粒重

千粒重是指一千粒稻谷所具有质量，以克为单位。由于稻谷的含水量很不稳定，经常受外界条件的影响而改变，为了排除水分对稻谷千粒重的影响，可根据稻谷的含水量换算成以干物质为基础的千粒重，称为“干物千粒重”或“绝对千粒重”。通常所讲的千粒重，是指自然状态下风干谷粒的千粒重。

稻谷类型、品种和生长条件的不同，对千粒重有很大影响。千粒重的大小取决于稻谷的粒度、饱满度、成熟度和胚乳的结构。一般粒大、饱满、成熟而结构紧密的稻谷，千粒重较大，反之则小。稻谷千粒重的变化范围为15~43g，一般为22~30g，千粒重在28g以上者为大粒，24~28g为中粒，20~24g为小粒，20g以下者为极小粒。粳稻谷的千粒重多为25~27g，籼稻谷的千粒重多为23~25g。

在其他条件相同的情况下，稻谷的千粒重越大，其子粒胚乳所占比例就越大，出糙率也越高（见表2-2）。

表 2-2

稻谷千粒重与出糙率的关系

千粒重/g	25.58	25.39	25.08	23.32	21.65	21.43	20.51
出糙率/%	82.57	82.06	81.90	81.07	80.21	79.72	79.50

## 2. 密度

密度是指稻谷子粒单位体积的质量，不同类型的谷粒其密度不同，就是同一类型的谷粒，其密度也不完全相同，因为品种和生长情况会有一定范围的变化。密度的大小还与子粒的化学成分有关，由表 2-3 可见，粮食子粒中各种化学成分的密度是有差别的，其中矿物质的密度最大，其次是淀粉，而脂肪的密度最小。稻谷子粒的胚乳中绝大部分是淀粉，故密度大；胚中富含蛋白质和脂肪，故密度小；皮壳中除含纤维素较多外，细胞空隙较多，故密度最小；白米的密度较糙米大，而糙米的密度又较稻谷大。

表 2-3

粮食子粒中各种化学成分的密度

单位: g/cm<sup>3</sup>

化学成分	淀粉	蛋白质	纤维素	水	脂肪	矿物质
密度	1.45~1.61	1.24~1.31	1.25~1.40	1.00	0.92~0.93	2.50

密度的大小也和千粒重一样，其决于子粒的粒度、饱满度、成熟度和胚乳结构，因为胚乳占全谷粒的绝大部分，而胚乳中绝大部分为淀粉，因此胚乳所占比例是影响谷粒密度的主要因素。一般而言，凡是发育正常，充分成熟，粒大而饱满的谷粒，具有较多的胚乳，其密度必然较大；而发育不良、成熟度不足，粒小而不饱满的谷粒，皮壳相对含量较多，其密度必然较小。如上述条件相同，密度则取决于胚乳的结构，胚乳角质率大的米粒，结构紧密，密度较大；胚乳腹白率大的米粒，结构较松，密度较小。由表 2-4 可见，密度大者，加工出米率也必然较高，所以密度也是评定稻谷工艺性质的指标。

表 2-4

糙米的密度与角质率的关系

角质率/%	95.34	95.0	34.0
糙米密度/(g/cm <sup>3</sup> )	1.397	1.395	1.379

## 3. 孔隙度

孔隙度是表示谷堆中谷粒间的紧密程度的指标。在谷堆占据一定的容积时，谷粒并非充满整个容积的全部，因为谷粒间的排列并非十分紧密，而是存在着大小不等的孔隙，谷堆所占的体积实际上是由于谷粒本身的体积和谷粒间的孔隙的体积所构成的。谷粒体积所占谷堆体积的百分率叫作紧密度，而谷粒间全部空隙体积所占谷堆体积的百分率叫作孔隙度。显而易见，紧密度和空隙度是互为消长的，即紧密度越大，则孔隙度越小，两者之和恒为 100%。

稻谷的空隙度和紧密度与体积质量（稻谷加工业习惯称“体积质量”为“容重”）有密切关系，体积质量与紧密度成正比，与孔隙度成反比。凡影响体积质量的因素，如稻谷的类型、品种、粒形、大小、整齐度、饱满度、表面性状、含杂、粮堆高度以及外界压力等，均影响着孔隙度。稻谷的平均孔隙度为 50%~60%，糙米的孔隙度为 40%~45%。大多数成品粮的孔隙度小于原粮，因成品粮粒度比原粮小，表面较光滑。

谷堆孔隙度对贮藏和加工具有重要意义，由于谷堆中有无数空隙，空隙与空隙间相互连通，这就使谷堆中的气体与外界新鲜空气的交换成为可能。外界新鲜空气能够透入谷粒间，将贮藏和加工中所产生的湿热气体交换出来，使谷粒得以冷却和干燥。在熏蒸消毒时，毒气易穿入，也易散发。如孔隙度过小，便阻碍新鲜空气和毒气穿过谷堆，影响谷堆冷却、干燥和消毒；如谷堆过高，其底层孔隙度减小，这样易造成底层稻谷孔隙阻塞，通风不良等情况。

## 4. 体积质量