



普通高等教育“九五”国家级重点教材

谷物加工工艺学

GUWU JIAGONG GONGYIXUE

姚惠源 主编

中国财政经济出版社

普通高等教育“九五”国家级重点教材

谷物加工工艺学

姚惠源 主编

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

谷物加工工艺学/姚惠源主编. -北京:中国财政经济出版社, 1998

普通高等教育“九五”国家级重点教材

ISBN 7-5005-3954-1

I. 谷… II. 姚… III. 谷物-粮食加工-工艺学 IV. TS2

10

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 37050 号

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.com>

E-mail: cfeph@dre.gov.cn

(版权所有 翻印必究)

社址:北京东城大佛寺东街 8 号 邮政编码:100010

发行处电话:64033095 财经书店电话:64033436

清华大学印刷厂印刷 各地新华书店经销

787×1092 毫米 16 开 36.25 印张 900 000 字

1999 年 7 月第 1 版 1999 年 7 月北京第 1 次印刷

印数:1—1 500 定价:48.00 元

ISBN 7-5005-3954-1/TS·0088

(图书出现印装问题,本社负责调换)

编写说明

《谷物加工工艺学》是普通高等教育“九五”国家级重点教材，是食品科学与工程专业粮食工程方向的专业教材。本书在编写过程中，在仔细比较，深入研究国内外同类教材的基础上，认真贯彻加强基础、拓宽专业面、精简学时数的教学改革精神，力求使本书体现综合性、科学性、先进性、实用性和思考性，成为本学科具有创新精神和时代气息的专业教材精品，满足粮食工程专业方向的本科生、研究生使用；还可供从事谷物与食品加工、副产品综合利用的工程技术人员、科学研究人员和相关中等专业学校的教师学习参考。

本书共分八章，详细介绍了我国稻谷、小麦、玉米三大主要谷物的品质及其理化性质、谷物清理除杂、谷物调质、稻谷制米、小麦制粉、玉米加工、谷物食品加工、副产品综合利用的基本原理与基本方法，充分反映了国内外谷物加工的科研成果和最新动态。

本书由无锡轻工大学食品学院姚惠源教授主编，蔡绥志副教授、周惠明副教授、郭贯新副教授、陈正行副教授参编。编写分工为：姚惠源（绪论、第一章、第四章第二、三、六节），蔡绥志（第五章），周惠明（第三章、第六章、第七章），郭贯新（第二章、第四章第一、四、五节），陈正行（第八章）。

本书由原国内贸易部无锡科学研究设计院院长方守仁教授级高级工程师主审，原国内贸易部科技质量局局长、中国粮油学会常务副理事长、秘书长刘兴信教授级高级工程师及《粮食与饲料工业》杂志社主编徐晋安高级工程师审阅。本书编写过程中参考引用了有关兄弟院校、研究院所和有关企业单位出版的教材和发表的论文中的若干资料，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中有不妥和错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1998年9月

目 录

绪 论	(1)
第一章 谷物品质及其理化性质	(5)
第一节 谷物分类及其籽粒形态结构	(5)
第二节 谷物的物理特性	(11)
第三节 谷物籽粒的化学成分及其分布	(23)
第四节 谷物的食用品质	(29)
第五节 谷物的营养品质	(39)
思考题	(44)
第二章 谷物清理的基本原理与方法	(45)
第一节 谷物清理概述	(45)
第二节 风选	(48)
第三节 筛选	(57)
第四节 重力分选	(83)
第五节 磁选	(100)
第六节 精选	(103)
第七节 表面清理	(118)
思考题	(125)
第三章 调质机理与基本方法	(127)
第一节 概述	(127)
第二节 调质的机理	(131)
第三节 调质的基本方法	(139)
思考题	(162)
第四章 稻谷制米	(163)
第一节 稻谷脱壳	(163)
第二节 谷糙分离	(195)
第三节 碾米	(219)
第四节 白米的后加工	(257)
第五节 稻谷制米工艺流程设计	(267)
第六节 稻米的精深加工	(277)
思考题	(310)
第五章 小麦制粉	(312)

第一节	小麦粉	(312)
第二节	搭配	(319)
第三节	研磨	(323)
第四节	筛理	(335)
第五节	清粉	(354)
第六节	松粉和杀虫	(360)
第七节	小麦制粉工艺	(363)
第八节	小麦粉后处理	(388)
	思考题	(397)
第六章	玉米加工	(399)
第一节	概述	(399)
第二节	玉米干法加工	(405)
第三节	玉米湿法加工	(426)
	思考题	(435)
第七章	谷物食品加工	(436)
第一节	速煮米加工	(436)
第二节	米粉及方便米粉	(446)
第三节	面包加工工艺	(450)
第四节	馒头加工	(462)
第五节	饼干加工工艺	(466)
第六节	挂面制作	(479)
第七节	方便面加工工艺	(485)
第八节	挤压膨化食品	(495)
	思考题	(503)
第八章	谷物加工副产品的综合利用	(505)
第一节	谷物加工的主要副产品	(505)
第二节	稻谷加工副产品的化学成分和利用	(508)
第三节	小麦加工副产品的化学成分和利用	(551)
第四节	玉米加工副产品的化学成分和利用	(556)
	思考题	(570)

绪 论

一、谷物加工工业在国民经济建设中的作用和地位

民以食为天。谷物是人类最宝贵的生命资源，是食品工业的重要基础原料。农业是国民经济的基础，粮食是基础的基础。中国是一个农业大国和粮食生产、消费大国，年产稻谷 1.85 亿吨，小麦 1.01 亿吨，占世界首位；年产玉米 1.12 亿吨，仅次于美国，占世界第二位。1978 年至 1995 年的 17 年中，我国粮食消费总量由 3 亿吨增加到 4.65 亿吨，人均粮食消费量由 300 千克提高到 385 千克（其中人均口粮消费为 235 千克）。谷物加工工业是农业的下游工业，又是食品工业与其他相关工业的上游工业。谷物加工工业的技术水平关系到粮食资源的科学、合理利用，对提高农业经济效益和增加农民收入，保障军需民用、稳定市场，提供有效供给，都起着十分重要的作用。

建国近 50 年来，国家始终把发展农业生产、提高粮食产量、搞好粮食的购、销、运、存和加工作为重要大事来抓。特别是改革开放以来，在正确的农业政策指引下，依靠科学进步，创造了仅占世界 7% 的耕地，供养世界 22% 人口的业绩，取得了举世瞩目的成就。我国是一个人多耕地少的国家，目前正面临着人口日益增长、耕地日益减少的矛盾，人均仅 1.2 亩耕地，人均占有粮食的水平还比较低。按“九五”发展规划，到公元 2000 年我国粮食产量达到 5 亿吨，但那时的人口将达到 13 亿，人均粮食还不到 400 千克，这与我国国民经济持续快速发展的形势不相适应，所以国家十分重视粮食生产，加速发展农业成为我国的基本国策。近年来，国家采取有力措施，积极发展“二高一优”农业，严格控制耕地减少，积极开垦耕地，实施科学种田，使我国的粮食获得连年丰收。1997 年我国的粮食总产量达到 4.95 亿吨，创历史的新水平。粮食丰收后，及时收购、贮运与加工，减少粮食产后的损失，具有同农业上增加粮食产量同样重要的意义。目前我国科学合理加工粮食的比例只占总量的 1/10，粮食产后浪费和损失超过 15%，与发达国家有较大的差距，严重制约着粮食生产的良性循环，既造成粮食资源的浪费，又影响农业经济的快速发展。所以谷物加工工业是我国发展农业产业化经营，形成生产、加工、销售有机结合和相互促进的机制，推进农业向商品化、专业化、现代化转变，走贸工农一体化道路中的重要环节。谷物加工工业目前正面临着增加产量、扩大加工品种、提高产品质量、满足市场需求、提高经济效益的重要课题。特别是依靠科技进步，应用高新技术将粮食转化为加工食品，提高粮食的综合利用价值和粮食资源的附加值，是我国谷物加工工业科技工作者面临的重大责任。当前我国粮食工业正面临着粮食流通体制改革机遇和知识经济的新挑战，必须贯彻科教兴国方针，大力开展科学研究，以高新技术振兴中国的谷物加工工业，使其在国民经济建设中发挥更大的作用。

二、谷物加工工业的发展历程

谷物加工在我国有四千多年的悠久历史。早在新石器时代,我们的祖先,已用杵和石臼舂米或捣碎小麦制粉,在明代已有谷物加工的文字记载。在世界古罗马时代和我国晋代就开始使用水力驱动卧式水轮机带动石磨磨粉,唐代是我国水力磨坊发展的昌盛时期。大约在12世纪人类已开始利用风力磨粉或舂米。

18世纪蒸汽机和后来的发电机的发明以及匈牙利首创的磨辊出现,导致了制粉工业的诞生。从1823年波兰建起第一座应用辊式磨粉机的小麦制粉厂起,仅仅80年左右的时间,到19世纪末、20世纪初,制粉工业已成为最先达到高度机械化和连续化生产的工业部门之一。

1878年我国第一座机制小麦粉厂在天津建成。第一次世界大战前,我国机制小麦粉厂发展到53家,但规模都较小,面粉主要依赖大量进口。1920年前后我国民族制粉工业曾一度出现短暂的兴盛,但此后基本一直处于设备技术落后、发展极为缓慢的状态。我国的碾米工业与制粉工业一样,在鸦片战争以后的一百多年中,仅在江、浙、粤等沿海产稻区及东北部分地区,先后建立了一批机米厂,但规模都较小,技术与设备处于落后和简陋状态。然而在第二次世界大战后,由于科学技术的高速发展和市场的激烈竞争,推动了世界谷物加工工业的迅速发展。随着许多新技术、新设备在谷物加工中的应用,许多发达国家在小麦制粉、稻谷制米和玉米加工领域的建厂规划逐步扩大,采用新型高效设备,促使工艺过程简化,产量提高,谷物加工的新产品层出不穷,特别谷物食品的生产方兴未艾。同时,气力输送、散装散运、自动监控、环境保护等现代化技术在谷物加工工业中得到广泛应用。

新中国成立之后,国家非常重视谷物加工工业的发展和建设。首先调整不合理的工业布局,有计划地在各产粮区和粮食集中消费区,兴建了一大批稻谷、小麦和玉米加工厂,并对老厂进行了改造。

同时,国家十分重视谷物加工专业技术人才的培养。1954年在原粮食部和教育部的重视和支持下,南京工学院创建了粮食加工与贮藏本科专业,并相继建立了一批粮食加工中等专业学校,开始培养粮食加工的专门科技人才。从此,中国的粮食工业科技如火如荼地发展起来,有关粮食工业的科学研究院、所也相继成立。在全国依靠刚起步的粮食工业科技力量,改造和兴建了一批机械化和半机械化的粮食加工企业,积极开展粮食工业领域的科学研究,向社会推出众所周知的“八一”粉和“九二”米大众主食产品,极大地缓解了建国初期粮食供求的矛盾,满足了全国人民对口粮的需求,保证了人们对营养的基本要求。广大科技工作者为了提高小麦的出粉率和稻谷的出米率,推广“前路出粉”的制粉工艺和稻谷脱壳、砂辊碾米的制米工艺,为节约粮食资源,保障粮食供给作出了积极的贡献。

60年代至70年代末是我国粮食工业科技发展提高的时期。在这20年间我国已形成了一支近2万人左右的粮食工业科技队伍,活跃在粮食工业的各条战线,大搞科学研究,取得了蒸谷米、速煮米,日产30吨、50吨成套碾米设备、碾米设备的选型与定型、小麦制粉设备的选型和定型等研究成果,有力地促进和提高了我国粮食工业的技术水平和生产效率,并积极开展粮食资源的综合利用,在米糠制油、糠饼生产植酸钙与肌醇、稻壳蒸馏糠醛、碎米生产饴糖,稗子制酒、稻壳发电等方面取得了大批科研成果,提高了粮食资源的利用价值和经济效益,为我国粮食工业科技的进一步发展奠定了基础。

改革开放的 20 年,是我国粮食工业科技飞速发展的时期。在“科学技术是第一生产力”思想的指导下,按照“经济建设必须依靠科学技术,科学技术必须面向经济建设”的方针,我国粮食工业科技的发展经历了一个由计划经济体制向社会主义市场经济体制转变的过程。从“六五”至“九五”的 4 个五年计划中,我国粮食科技战线广大科技人员通过承担国家科技攻关及行业重大科技项目的研究开发,取得了可喜的成绩并极大地推进了我国粮食工业的科技进步。近 20 年来,我国引进国外先进小麦制粉生产线 200 余条,使我国的制粉技术达到先进国家 80 年代的中后期水平。“七五”期间,我国粮食工业科技工作者承担制粉设备引进、消化、吸收的国家攻关项目,出色地完成了 108 台套制粉设备的消化、吸收;自行研究制订了 9 种专用粉的标准;发明创造了国际领先的小麦剥皮、分层碾磨的新型制粉方法,使我国制粉工业的科技水平上了一个新的台阶,大大缩短了与发达国家的差距。方便面生产线在引进的基础上,积极研究制造国产化设备取得成功,使我国一跃成为拥有 2000 多条方便面生产线的生产大国。目前年产方便面 150 亿包,成为世界方便面第一生产大国。在碾米工业方面,自行研究开发了达到国际先进水平的免淘米、营养米生产技术以及相应的大米抛光机、色选机等高科技设备。玉米加工突破了传统的玉米联产工艺,发展了玉米专用粉、玉米淀粉和变性淀粉的生产工艺和生产技术。尤其是近几年来,粮食工业科技随着经济体制的转变,进一步明确了粮食流通技术是粮食工业科技研究的重点,科技的改革以及对经济的渗透和参与,促进了科技对传统粮食工业的改造力度,使我国粮食工业向规模化、集约化、现代化发展,向精加工、深加工、食品加工方向延伸。科技研究与开发从传统加工领域向流通领域延伸,使粮食工业科技得到了飞速发展。仅“八五”期间,粮食工业科技就承担了国家攻关和自行安排的各级科研项目 1000 多项,获部级科研成果 600 多项,获部科技进步奖 242 项,获国家科技进步奖 6 项,获国家技术监督局科技进步奖 8 项,获国家科技成果重点推广计划 6 项,科技成果的推广率达 30%,有力地促进了我国粮食工业的发展和行业科技水平的提高。据全国工业普查,至 1995 年末,我国粮食加工独立核算企业有 14672 个,粮食工业固定资产比 1990 年净增 300 亿元左右,大米年生产能力达 5865.3 万吨,面粉年生产能力达 4936 万吨,工业总产值比 1990 年增加 115 亿元。产业结构和产品结构得到有效的调整,打破了计划经济体制下只生产传统的“标一米”、“七五粉”等老产品的格局。1995 年末,精米、精粉的年产量分别达到生产总量的 86% 和 69%。食品专用粉增长 36 倍,速冻米面食品达到 1.2 万吨,面包粉、蛋糕粉、饺子粉等多种专用粉,免淘米、珠光米、营养米、小麦及玉米淀粉等各类系列产品有几百种之多,极大地满足了市场需求,繁荣了粮食经济。在深化改革、转换经营机制,探索建立粮食加工业现代企业制度方面,迈出了可喜的步伐,组建了一批企业集团和股份制公司,使我国粮食工业的生产规模、技术装备、产品档次、企业管理等方面上了一个新的台阶。

改革开放以来我国粮食工业科技的飞速发展,不但有力地推动了粮食工业的快速发展,而且促进了科技队伍的迅速成长和壮大。目前我国有各类粮食科研院所 95 个,粮食行业拥有 2 个国家级质检中心,15 个部级检测中心。有关粮食院校建立了粮食工程硕士、博士学位授予点,近 10 年来我国已培养了几百名粮食工程的硕士和博士。一支年龄结构、学历结构较合理的粮食工业科技队伍已基本形成。1986 年我国成立了中国粮油学会,该学会充分发挥学会的桥梁和纽带作用,已成为中国广大粮食科技工作者的国内外科技交流中心,目前已有会员 6152 人,团体会员单位 571 个,“九五”期间个人会员将达到 10000 名,团体会员

单位将增加至 1000 个，为迎接 21 世纪高科技时代的到来作好高科技人才的准备。

面向 21 世纪，提高科技贡献率的重大责任将历史地落在我国广大粮食科技工作者肩上。我国粮食工业科技重心必然会向粮食流通、粮食资源综合利用转移。谷物加工必然会向食品领域延伸。预计进入 21 世纪，我国谷物加工在主要谷物稻谷、小麦、玉米的加工技术与设备会迅速达到国际先进水平。特别在大米、面粉和玉米制品的品种和质量方面会得到迅速增加和提高，谷物加工中的调质技术、后加工技术、谷物食品加工技术、自动监控和检测技术等领域会取得突破性进展。我国谷物加工的技术水平将进入世界发达国家行列。

三、学习本课程的要求和方法

《谷物加工工艺学》是一门研究主要大宗农产品稻谷、小麦和玉米产后加工的应用科学，是食品科学与工程专业粮食工程方向的主干课程之一。它主要研究稻谷、小麦和玉米的工艺品质、食用品质、营养品质及它们的物理化学性质。根据这些谷物的理化特性，学习谷物清理除杂的基本原理与基本方法，研究谷物品质调理的机理和方法，在此基础上深入研究学习稻谷制米、小麦制粉及玉米系列制品加工的基本理论、工艺过程以及主要加工设备的结构、工作原理、性能参数、操作方法和影响工艺效果的因素及其工艺效果的评价指标和分析方法，进而学习谷物转化为各种食品的基本原理与工艺过程，学习和了解谷物加工副产品的综合利用和深度加工的新知识和新技术。

本课程的基本理论是建立在大学本科已学的数学、物理、化学、机械基础等公共基础课和化工原理、谷物化学、生物化学等专业基础课知识的基础上，所以《谷物加工工艺学》是一门各种基础知识综合运用的课程。通过该课程的学习，培养学生具有谷物加工工艺流程设计、组织生产管理、制订操作规程、进行技术测定以及对加工设备选择、使用、改进的能力，初步具有科学研究、新产品开发、大中型工程项目论证和设计能力，并了解本学科最新科学成就和发展方向。

《谷物加工工艺学》是一门应用性的技术科学，所以在学习本课程时一定要理论联系实际，注重实验和生产性实习的实践性环节的学习。要以生产实践的感性认识来深化和发展对书本知识的理解，要善于用学到的理论知识总结谷物加工的生产经验和规律，特别要重视分析生产中的各种现象及其内在联系，并运用已学基本理论知识解释、解决生产中遇到的问题，特别要对本书各章节所提出的思考题进行深入思考和分析，借以提高分析问题和解决问题的能力。

学习本课程要克服死记硬背书本内容的不良学习方法，要形成深刻理解、深入剖析、反复思考、灵活应用的良好学习方法，通过本课程学习，为把自己培养成为一名优秀的谷物加工高级技术人才打下坚实的基础，为我国谷物加工高新技术的应用和发展作出贡献。

第一章 谷物品质及其理化性质

谷物品质包括谷物的工艺品质、食用品质和营养品质。谷物的工艺品质是指影响谷物加工工艺效果的特性,主要包括谷物籽粒的形态、构造、化学成分、物理特性和结构力学性质等。食用品质和营养品质主要是指谷物加工成大米、面粉、玉米糝、玉米面制作成各类食品的口感、食味及营养等相关的品质。本章主要介绍我国三大谷物稻谷、小麦和玉米的各种品质。

第一节 谷物分类及其籽粒形态结构

一、谷物分类和质量标准

(一) 稻谷分类和质量标准

1. 稻谷分类。

我国稻谷品种繁多,分布极广,全国各地都有种植,品种达6万个以上。稻谷有多种分类方法,根据我国国家标准计量局颁布的6种粮食国家试行标准规定,稻谷可按粒形和粒质分为籼稻谷、粳稻谷、籼糯稻谷和粳糯稻谷4类。

(1) 籼稻谷:籼型非糯性稻谷。稻粒一般呈长椭圆形或细长形。按其粒质和收获季节分为以下两种:

早籼稻谷:糙米腹白较大,硬质粒少。

晚籼稻谷:糙米腹白较小,硬质粒多。

(2) 粳稻谷:粳型非糯性稻谷。稻粒一般呈椭圆形,按其粒质和收获季节分为以下两种:

早粳稻谷:糙米腹白较大,硬质粒少。

晚粳稻谷:糙米腹白较小,硬质粒多。

(3) 籼糯稻谷:籼型糯性稻谷。稻粒一般呈长椭圆形或细长形,米粒呈蜡白色,不透明;也有的呈中透明状(俗称阴糯),粘性大。

(4) 粳糯稻谷:粳型糯性稻谷。稻粒一般呈椭圆形,米粒呈蜡白色,不透明;也有的呈半透明状(俗称阴糯),粘性大。

以上每类稻谷中混有其他类稻谷的总限度为5%。稻谷中的名贵品种、中熟稻谷和陆稻谷等,由省、市、自治区另订标准或分别归属。

粳稻谷籽粒阔而短,较厚,呈椭圆形或卵圆形,米粒强度大,耐压性能好,加工时不易

产生碎米,出米率较高,米饭胀性较小,而粘性较大;籼稻谷粒细而长,呈长椭圆形或细长形,米粒强度小,耐压性能差,加工时容易产生碎米,出米率较低,米饭胀性较大,而粘性较小。

在粳稻谷和籼稻谷中,根据其播种期、生长期和成熟期的不同,又可分为早稻谷、中稻谷和晚稻谷三类。一般早稻谷的生长期为90~120天,中稻谷为120~150天,晚稻谷为150~170天。它们的播种期和收获季节,由于各个地区气候条件的不同,也有很大的差异。因此,就同一类型的稻谷而言,一般是早稻谷的品质较晚稻谷为差。早稻谷米质疏松,耐压性差,加工时易产生碎米,出米率较低;晚稻谷米质坚实,耐压性强,加工时产生碎米较少,出米率较高。就米饭的食味而言,也是早稻谷较晚稻谷为差;中稻谷的品质、出米率居于早稻谷和晚稻谷之间。如果是不同类型的稻谷,比较其早晚稻谷的品质,则晚籼稻谷的品质仍然优于早粳稻谷。

籼糯稻谷和粳糯稻谷的粒形分别与籼稻谷和粳稻谷相似,米粒均呈蜡白色,不透明或半透明,米饭粘性特别大,而胀性特别小。

除水稻外,还有在生长期中需水量较少,种植于旱地的陆稻谷,又称旱稻谷。陆稻谷抗旱性强,成熟早,米粒结构疏松,品质不好,色泽暗淡,食味较差,产量也较低。播种面积一直较少,故未纳入国家标准中。

2. 稻谷的质量标准。

各类稻谷按出糙率分为五等,其质量标准见表1-1。

表1-1 稻谷质量标准

等级	出 糙 率 (%)			杂质 (%)	水 分 (%)				色泽、 气味
	早籼、籼糯、 晚籼最低指标	早粳、粳糯 最低指标	晚粳最低指标		早籼、籼糯	晚籼、早粳	粳糯	晚粳	
1	79.0	81.0	82.0	1.0	13.5	14.0	15.0	15.5	正常
2	77.0	79.0	80.0						
3	75.0	77.0	78.0						
4	73.0	75.0	76.0						
5	71.0	73.0	74.0						

以上各类稻谷以三等为中等标准,低于五等的为等外稻谷。实行全项目增减价的出糙率基础指标为:籼稻谷和籼糯稻谷76%,早粳和粳糯稻谷78%,晚粳稻谷79%。征购稻谷水分的最大限度和稻谷安全储存水分标准,由省、市、自治区规定。各类稻谷中的黄粒米限度为2%。卫生标准和植物检疫,按国家有关规定检验。

(二) 小麦分类和质量标准

1. 小麦分类。

小麦属禾本科小麦属,是一年生草本植物。小麦的种类繁多,目前栽培的小麦大多为小麦属中的普通小麦,普通小麦又可按播种期、皮色和粒质的不同分为三大类。

(1) 按播种期分类,可分为冬小麦和春小麦两种。冬小麦秋季播种,第二年夏初收获;春小麦春季播种,当年秋季收获。

(2) 按麦粒皮色分类,可分为红皮麦、白皮麦和花麦三种。红皮麦的皮层为红褐色或深红色,白皮麦的皮层呈乳白或黄白色,红皮麦与白皮麦互混时称为花麦。

(3) 按麦粒粒质分类, 可分为硬质小麦和软质小麦。麦粒硬质率达 50% 以上的为硬质麦, 麦粒软质率达 50% 以上的为软质麦。为适应商品小麦的销售、调拨、储存、加工和出口, 根据国家标准规定, 我国小麦分为六类。

第一类, 白色硬质小麦: 种皮为白色、乳白色或黄白色的麦粒达 70% 及以上, 硬质率达 50% 以上。

第二类, 白色软质小麦: 种皮为白色、乳白色或黄白色的麦粒达 70% 及以上, 软质率达 50% 以上。

第三类, 红色硬质小麦: 种皮为深红色或红褐色的麦粒达 70% 以上, 硬质率达 50% 以上。

第四类, 红色软质小麦: 种皮为深红色或红褐色的麦粒达 70% 以上, 软质率达 50% 以上。

第五类, 混合硬质小麦: 种皮红色、白色互混, 硬质率达 50% 以上。

第六类, 混合软质小麦: 种皮红色、白色互混, 软质率达 50% 以上。

2. 小麦的质量标准。

各类小麦按容量和不完善粒、杂质、水分等指标, 其质量标准见表 1-2、表 1-3、表 1-4。

表 1-2 北方冬小麦质量标准

容重 (克/升)		不完善粒 (%)	杂质 (%)		水分 (%)	色泽、气味
等级	最低指标		总量	矿物质		
1	790	6.0	1.0	0.5	12.5	正常
2	770					
3	750					
4	730					
5	710					

表 1-3 南方冬小麦质量标准

容重 (克/升)		不完善粒 (%)	杂质 (%)		水分 (%)	色泽、气味
等级	最低指标		总量	矿物质		
1	770	6.0	1.0	0.5	12.5	正常
2	750					
3	730					
4	710					
5	690					

表 1-4 春小麦质量标准

容重 (克/升)		不完善粒 (%)	杂质 (%)		水分 (%)	色泽、气味
等级	最低指标		总量	矿物质		
1	770	6.0	1.0	0.5	13.5	正常
2	750					
3	730					
4	710					
5	690					

以上各类小麦以三等为中等标准，低于五等为等外小麦。征购小麦水分的最大限度和小麦安全储存水分标准，由省、市、自治区规定。

(三) 玉米分类和质量标准

玉米是世界主要谷物作物之一，约占世界谷物总产量的 1/4 左右。玉米是我国三大谷物之一，目前的产量已达 1.12 亿吨，占我国谷物总产量的 23% 左右。北自北纬 53 度的黑龙江北部漠河起，南至北纬 18 度的海南岛均有栽培。东北、华北播种面积最大，占谷物作物播种总面积的 25% 左右，产量约占谷物总产量的 40% 左右，其次是山东、河南、四川、贵州和新疆。

1. 玉米分类。

按国家标准规定，我国玉米分为以下四类：

第一类，黄玉米：种皮为黄色。

第二类，白玉米：种皮为白色。

第三类，糯玉米：富有粘性。

第四类，杂玉米：以上三类玉米中混有其他类玉米超过 5%。

根据玉米的粒型，亦可将玉米分为以下五类：

第一类，马齿型：籽粒呈马齿形，胚乳两侧为角质，两中央和顶端均为粉质。

第二类，硬粒型：籽粒呈圆形或短方形，胚乳周围全是角质。

第三类，中间型：马齿型和硬粒型各占一半者。

第四类，硬偏马型：硬粒型占 75% 左右。

第五类，马偏硬型：马齿型占 75% 左右。

2. 玉米的质量标准。

玉米的质量标准按其纯粮率分为各种等级，其质量标准见表 1-5。

表 1-5 玉米的质量标准

纯粮率 (%)		杂质 (%)	水分 (%)		色泽、气味
等级	最低指标		一般地区	东北、内蒙古、新疆地区	
1	97.0	1.0	14.0	18.0	正常
2	94.0				
3	91.0				

在以上标准中，各类玉米以二等为中等标准，低于三等的为等外玉米。玉米的卫生标准和植物检疫按国家有关规定执行。

二、谷物的籽粒形态结构

(一) 稻谷籽粒的形态结构

稻谷籽粒的形态结构如图 1-1 所示，由颖（稻壳）和颖果（糙米）两部分组成。

1. 稻谷的颖。

稻谷的颖包括内颖、外颖、护颖和颖尖（伸长即为芒）四部分。内、外颖各一瓣，呈船底形，外颖较内颖略长而大。内、外颖沿边缘卷起成钩状，外颖朝里，内颖朝外，二者互相钩合包住颖果，起着保护颖果的作用。稻谷经砻谷机脱壳后，内、外颖即脱落，脱下来的颖

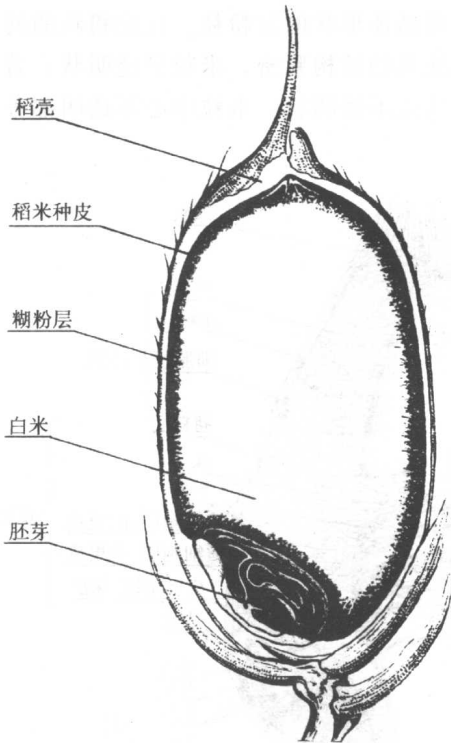


图 1-1 稻谷籽粒的形态结构

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。果皮和种皮称为外糠层，珠心层和糊粉层称为内糠层。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。

颖果籽粒在未碾去皮层时，表面光滑，具有蜡状光泽，并有纵向沟纹 5 条，背上的一条叫背沟（亦即种脊），两则面上各有两条纵沟，其中较明显的一条是内外颖钩合部位形成的痕迹，另一条与外颖上最明显的一条脉纹相对应。纵沟的深浅随稻谷品种的不同而异，它对出米率有一定的影响。碾米主要是碾去颖果的皮层，而纵沟内的皮层往往很难全部碾去，若要全部碾去，必然对胚乳造成很大的损伤。因此，在其他条件相同的情况下，如要达到同一精度（米粒表面去皮的程度），则纵沟越浅，皮层越易碾去，胚乳损失小，出米率就高；反之，出米率则低。

目前，我国对大米精度等级的鉴别，就是以米粒背沟和粒面留皮的多少来决定的。

稻谷籽粒在未成熟时都呈绿色，成熟后的稻谷一般呈黄色、黄褐色、褐色、赤褐色或紫褐色等，早稻比晚稻色浅。稻芒也有黄、褐、红、紫等不同颜色。颖与芒的颜色可作为鉴定品种的依据之一。

糙米籽粒在未成熟时为绿色，成熟后一般呈蜡白色或灰白色。如种皮内含有色素时，常使米粒呈现不同的颜色，其中最常见的是米面呈红色。也有呈赤褐色的，如江苏常熟的“血

通称稻壳。

内、外颖表面粗糙，生有许多麻点和长短不同的针状茸毛。内、外颖基部的外侧各生有护颖一枚，托住稻谷籽粒，起保护内、外颖的作用。护颖呈扁平形，一般长 1.5~2.5 毫米，相当于外颖长的五分之一至四分之一。

内、外颖都具有纵向脉纹，外颖有 5 条，内颖有 3 条。外颖顶端尖锐，称为颖尖，或伸长成芒。芒的有无及芒的长短，随品种不同而异。内颖一般无芒，但亦有内、外颖都有芒的，叫做双芒畸形稻。稻芒对稻谷的清理效果和散落性有影响，容易造成加工机器的堵塞。通过品种培育，目前有芒品种已逐渐被淘汰。

2. 颖果。

颖果是稻谷脱去内外颖后的果实（即糙米）。颖果由皮、胚乳和胚三部分组成，胚乳占颖果的绝大部，见图 1-2。胚所在的一侧称为颖果的腹部，胚的对面一侧称为颖果的背部。胚位于腹部下端，胚与胚乳的连接不很紧密，在碾米时容易脱落。胚乳和胚都被夹层紧密地

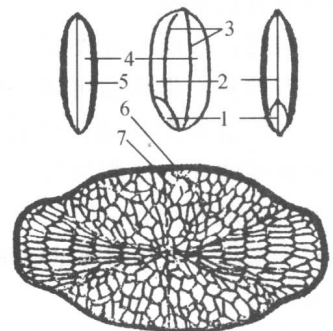


图 1-2 糙米形态结构

1. 胚 2. 腹部 3. 背部 4. 纵沟
5. 背沟 7. 胚乳 8. 皮层

糯”。

大米主要由胚乳构成，胚乳的淀粉细胞腔中充满着晶体形状的淀粉粒，在淀粉粒的间隙中填充有或多或少的蛋白质。若填充的蛋白质多，则胚乳的结构紧密，米粒呈透明状；若填充的蛋白质较少，则胚乳的结构疏松，米粒呈半透明状或不透明状。米粒中心不透明部分称为心白，而腹部不透明部分称为腹白。

(二) 小麦籽粒的形态结构

1. 小麦籽粒的形态。

小麦籽粒的形态如图 1-3 所示。由皮层、胚乳和胚三部分组成。麦粒顶端生有茸毛（麦毛），下端为麦胚。在有胚的一面称为麦粒的背面，与之相对的一面为腹面。麦粒的背面隆起，腹面凹陷，有一沟槽称为腹沟，其深度随小麦品种及生长条件不同而异。腹沟的两侧部分称为颊，两颊不对称。

小麦籽粒形状大致可分为长圆形、卵圆形和圆形几种，但其腰部断面形状都呈心脏形。

2. 小麦籽粒的皮、胚乳和胚的组织结构。

(1) 麦皮。麦皮分为果皮和种子果皮，在制粉工艺学上对果皮分为麦皮、外果皮和内果皮，将种子果皮分成种皮、珠心层和糊粉层共 6 层组织。

表皮：果皮的最外层，由与麦粒长轴平行分布的长方形细胞组成，细胞壁很厚，有孔纹，外表面角质化，染有稻秆似的黄色。麦粒顶端的表皮细胞为等径多角形，其中有一些突出形成麦毛。

外果皮：由几层薄壁细胞组成，紧贴表皮的一层形状与表皮相似，另外 1—2 层细胞呈不规则形。

内果皮：由一层横向排列较整齐的长形厚壁细胞和一层纵向分散排列的管状薄壁细胞组成，麦粒发育初期细胞内含有叶绿素。

成熟的麦粒果皮厚度为 40~50 微米。

种皮：由两层斜长形细胞组成，极薄。外层细胞无色透明，内层为色素细胞组成，称色素层。如果内层细胞无色，则麦粒呈白色或淡黄色，为白麦；如含有红色或褐色素时，则麦粒呈红色或褐色，为红麦。种皮厚度为 10~15 微米。

珠心层：很薄，看起来是一条无色透明的线，与种皮和糊粉层紧密结合，不易分开，在 50℃ 以下不易透水。

糊粉层：由一层排列整齐、近似方形的厚壁细胞组成，这层细胞大，外壁透明，胞腔中

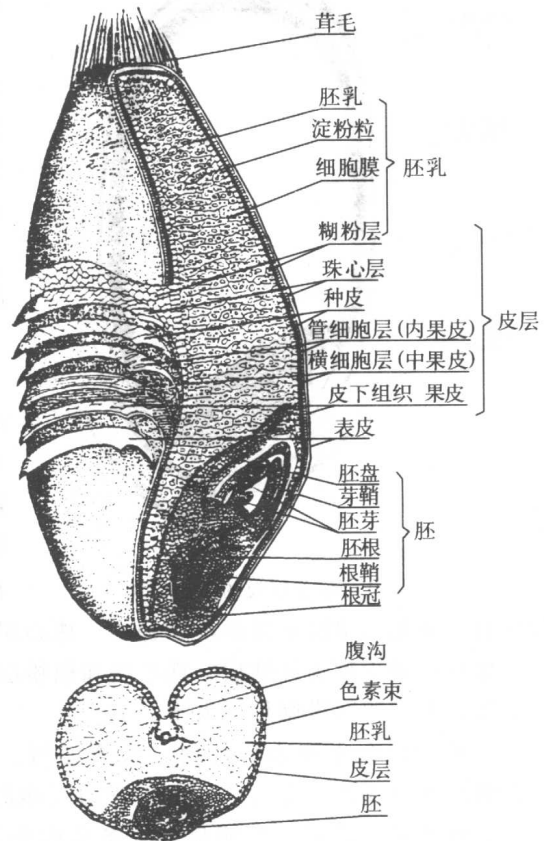


图 1-3 小麦籽粒的形态结构

充满着深黄色的细小糊粉粒。细胞皮极韧，易吸收水分，放入水中瞬即涨大。糊粉层厚度为40~70微米。

(2) 胚乳。胚乳紧紧地包裹在皮层内，由淀粉细胞组成。淀粉细胞是近于横排列的长形薄壁细胞，因含有淀粉而呈白色或略黄的玻璃色彩。胚乳细胞中充满着大小和形状各异的淀粉颗粒，小粒近似球形，粒径2~9微米；中等颗粒为9~18微米；大粒为扁豆形，粒径18~50微米。从糊粉到胚乳中心，小粒淀粉的相对数量逐渐减少，而大粒淀粉的数量逐渐增加。

胚乳基本上有两种不同的结构：如果胚乳细胞内的淀粉颗粒之间被蛋白质所充实，则胚乳结构紧密，颜色较深，断面呈透明状，称为角质胚乳即硬质麦粒；如淀粉颗粒及其与细胞壁之间具有空隙，甚至细胞与细胞之间也有空隙，则结构疏松，断面呈白色而不透明，称为粉质胚乳即软质麦粒。

(3) 胚。胚由胚盘、胚芽、胚根等组成。

(三) 玉米籽粒的形态结构

玉米的籽粒形态结构如图1-4所示，由皮层、胚乳、胚基等四部分组成。玉米籽粒基部窄而薄，顶端宽而厚，其大小不一，一般长度为7~16毫米，宽度为5~12毫米，厚度为3~7毫米，随品种和栽培条件而异。

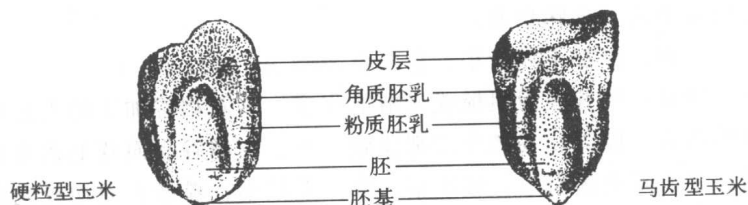


图1-4 玉米籽粒的形态结构

玉米的皮层包括果皮、种皮、糊粉层等部分组成。果皮结构紧密，有光泽，含有大量纤维素，韧性大，不易破碎，但用水润湿后较易剥除。种皮很薄，与果皮紧密结合，不易分离。

果皮和种皮俗称玉米皮。果皮和种皮的里层是糊粉层。皮层约占整个籽粒重量的7%。

玉米的胚乳分角质和粉质两类。角质胚乳组织结构紧密，硬度大，透明而有光泽，剥皮时不易碎，适宜制糝，出糝率高。粉质胚乳的组织结构松散，硬度小，剥皮时易碎，宜于制粉。玉米胚乳约占整个籽粒重量的80%。不同品种的玉米，其两种胚乳含量分布也不一样。

胚位于籽粒的基部，其体积约占整个籽粒的1/4左右，重量约占玉米籽粒的11%~14%，含有大量脂肪和较多的维生素，是制取玉米油的原料。

胚基约占玉米粒重量的1.0%~1.5%。

第二节 谷物的物理特性

谷物是一种散粒体颗粒物料，一方面具有一般固体物料的物理性质，如表面性状、比重、导热性、硬度等，另一方面又具有影响谷物加工工艺效果的若干物理特性，如千粒重、