



中国商业高等职业教育研究会统编
21世纪高等教育系列教材（粮食工程专业）

碾米工艺与设备

吴良美 主编



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

中国商业高等职业教育研究会统编
21 世纪高等教育系列教材(粮食工程专业)

碾米工艺与设备

吴良美 主编

西南交通大学出版社

• 成 都 •

图书在版编目(CIP)数据

碾米工艺与设备 / 吴良美主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2005. 9

21 世纪高等教育系列教材. 粮食工程专业

ISBN 7-81104-150-2

I. 碾... II. 吴... III. 碾米—食品加工—高等学校: 技术学校—教材 IV. TS212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 094089 号

Nianmi Gongyi yu Shebei

碾 米 工 艺 与 设 备

吴良美 主编

*

责任编辑 王 婷 李英明

责任校对 李 梅

封面设计 水木时代(北京)图书中心

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

安徽蚌埠广达印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185mm×260mm 印张: 24.25

字数: 584 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-81104-150-2/TS·041

定价: 39.00 元

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

中国商业高等职业教育研究会

主 任 钱建文

委 员 (以姓氏笔划为序)

方光罗	王金台	孙瑞新	杜明汉
李明泉	李显杰	沈耀泉	张大成
张百章	张 峰	陆一梁	周锦成
俞吉兴	胡燕燕	曹少华	

编写说明

近年来,随着我国国民经济的发展,高等职业教育也得以迅速发展。如今,高职教育已成为我国高等教育的一个重要分支。虽然高职教育的目标及其地位已得到社会各界的明确肯定,但由于其发展的时间较短,许多模式仍在探索之中,其中教材建设就是一个突出的问题。

目前,中国商业高等职业教育发展较为迅速,而相应的商业高职教材却未形成体系。由于商业高职教育的教材缺乏,因此许多商业高职院校只能选用本科或大专的教材。尽管目前已经出版了一些匆匆编写的教材,但往往也是本科教材的压缩,未能真正体现高职教育的特点。据此,中国商业高等职业教育研究会根据高职教育的目标和特点,于2002年研究制定了十四个专业的教学计划,并于2003年制定了八个专业共九十五门主干课的教学大纲。从2004年起,中国商业高等职业教育研究会开始组织编写“财务会计”、“市场营销”、“旅游管理”、“电子商务”、“计算机应用”和“粮食工程”六个专业共五十六门主干课的教材(现已陆续出版)。编写这一系列商业高职教材的要求是:①教材应充分体现高职教学的特点,以职业岗位要求的专业知识和业务能力来决定课程内容,着重理论的实际应用,不强调理论的系统性、完整性;②着重对与职业岗位相关的知识和业务水平进行培养,并加强课程实训;③同时,教材编写中应注意中职与高职的差别与衔接,以及高等教学与中等教学的差别。参加这批教材的编写人员,均是从教多年具有丰富教学经验和专业知识的教师,以及工作多年具有丰富实践经验和专业知识的技术人员,从而保证了这批商业高职教材具有相当的专业水准,内容丰富,知识全面、新颖。该书不仅可作为商业高职教材,也可作为相关职业的培训教材以及供相关技术人员阅读。

这一系列的商业高职教材出版后,我们殷切希望各院校在使用过程中不断提出宝贵意见,以使这批教材日臻完善,进一步适应高等职业教育人才培养的需要。

中国商业高等职业教育研究会

2005年9月

前 言

《碾米工艺与设备》教材是依据中国高等职业教育研究会制定的粮食工程专业教学计划、教学大纲,为适应高等职业学院人才培养和全面素质教育的需要,通过编者对本专业多年实践经验的积累,在分析和研究现有同类教材的基础上,收集近几年国内外相关领域的科技成果与文献资料,结合教学、科研与生产实践编写的。

本教材的编写力求符合高等职业教育培养目标的要求,体现以能力为本,提高学生职业技能的指导思想。注重理论联系实际,理论知识以够用为度,突出实用性,把能力培养放在首位。

本书详细地介绍了稻谷加工的设备与工艺过程,全面地叙述了稻谷新产品开发,副产品增值利用的途径。同时,对高粱等小宗杂粮的加工设备与工艺过程也作了必要的介绍。

本书由吴良美主编,参加编写工作的有:吴良美(绪论、第三、四、五、十、十三章);李天真(第一、六、十一章);陈建军(第七、八、九章);边国(第二、十二章)。

本书在编写工作中,承蒙诸多专家提供宝贵资料,同意引用很多有价值的文献,在此深表谢意。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2005年9月

目 录

绪 论	(1)
第 1 章 稻谷的工艺性质	(4)
1.1 稻谷的分类及其籽粒结构	(4)
1.2 稻谷的物理特性	(8)
1.3 稻谷的化学成分	(15)
复习思考题	(21)
第 2 章 稻谷的清理	(22)
2.1 杂质及其清理方法	(22)
2.2 风 选	(24)
2.3 筛 选	(29)
2.4 比重分选	(48)
2.5 磁 选	(62)
复习思考题	(66)
第 3 章 稻谷脱壳	(68)
3.1 概 述	(68)
3.2 胶辊砻谷机	(69)
3.3 脱壳工艺效果的评定	(98)
复习思考题	(100)
第 4 章 谷壳分离与收集	(101)
4.1 谷壳分离	(101)
4.2 谷壳收集与整理	(107)
复习思考题	(109)
第 5 章 谷糙分离与糙米调质	(110)
5.1 概 述	(110)
5.2 谷糙分离平转筛	(112)
5.3 重力谷糙分离机	(122)
5.4 巴基机	(129)
5.5 糙米整理机	(133)
5.6 厚度分级机	(136)
5.7 糙米调质	(138)
5.8 谷糙分离工艺效果评定	(141)
复习思考题	(142)

第6章 碾 米	(143)
6.1 概 述.....	(143)
6.2 碾米机.....	(147)
6.3 碾米工艺组合.....	(170)
6.4 碾米工艺效果的评定.....	(172)
复习思考题	(176)
第7章 成品及其副产品整理	(177)
7.1 成品整理.....	(177)
7.2 副产品整理.....	(201)
复习思考题	(214)
第8章 特种米加工	(216)
8.1 蒸谷米生产.....	(216)
8.2 免淘洗米加工.....	(219)
8.3 强化米生产.....	(222)
8.4 留胚米加工.....	(227)
8.5 增香大米加工.....	(227)
8.6 配制米工艺技术.....	(228)
复习思考题	(235)
第9章 大米的计量及包装	(236)
9.1 计 量.....	(236)
9.2 包 装.....	(241)
复习思考题	(249)
第10章 工艺流程设计	(250)
10.1 概 述	(250)
10.2 工艺流程设计的步骤与方法	(251)
10.3 工艺流程举例	(274)
复习思考题	(279)
第11章 副产品综合利用	(280)
11.1 稻壳的综合利用	(280)
11.2 米糠、米胚芽的综合利用.....	(290)
11.3 碎米的综合利用	(304)
复习思考题	(307)
第12章 杂粮加工	(309)
12.1 高粱加工	(309)
12.2 粟加工	(315)
复习思考题	(320)
第13章 生产技术管理	(321)
13.1 概 述	(321)
13.2 操作规程的制定和执行	(322)

13.3 劳动组织与劳动保护	(324)
13.4 技术测定	(326)
13.5 质量管理	(328)
13.6 设备管理	(337)
13.7 日常生产管理	(340)
13.8 节能管理	(346)
复习思考题	(351)
附录一 我国稻谷分类及质量标准(GB1350—1999)	(352)
附录二 我国优质稻谷质量标准(GB/T17891—1999)	(355)
附录三 糙米国家标准(GB/T18810—2002)	(360)
附录四 我国大米分类及质量标准(GB1354—1986)	(363)
附录五 日本糙米等级标准	(367)
附录六 日本大米质量标准	(367)
附录七 美国大米质量标准	(368)
附录八 泰国大米质量标准	(369)
附录九 各种金属丝筛网的规格	(371)
参考文献	(375)

绪 论

一、碾米工业在国民经济中的作用和地位

民以食为天,国以粮为本。粮食是人类最宝贵的资源,是国民经济基础的基础,是食品工业的主要原料。碾米工业是粮食工业的重要组成部分。我国历来盛产稻米,历史悠久、品种繁多且分布广泛,种植面积大、产量高、总产量占世界首位。据有关资料介绍:1998年全国粮食总产量为5.122 95亿吨,稻谷产量达到1.987 13亿吨,占粮食产量的38.29%。丰富的稻谷资源,为碾米工业提供了充足的原料,碾米工业遍及全国城乡各地。

随着我国国民经济的迅速发展,人民生活水平的日益提高,人们对主食的要求已逐步由粗放型向精细型发展,已从过去的粮食观念向现代化食物观念转变,从单一粮食消费向多样化食物观念转变。因此,要求稻谷加工企业运用现代化营养学理论和高科技对稻谷进行加工利用,生产出更有营养性、方便性、耐储性的食品,使食品向健康、方便、天然、美味方向发展。稻谷精加工是在粗加工的基础上发展起来的,它是采用更科学的方法将稻谷(或普通大米)制成各种精细、适口、富有营养的特种米。如蒸谷米、免淘米、营养强化米、留胚米、飘香米、配制米等。稻谷精加工可以多层次开发利用稻谷加工的各种副产品,大大提高企业的经济效益。

稻谷加工后得到的副产品有着广泛的用途。谷壳可以加工饲料,作能源,提取化工原料,制造建筑材料,以及稻壳发电等;米糠榨油后可利用饼粕生产植酸钙、肌醇、谷维素等价值较高的产品;碎米,米粳可以酿酒,制饴糖等。副产品综合利用,其经济效益可提高几十倍,这对稻谷增值,提高经济效益,提高粮食资源的附加值,调整农业产业结构,也会起到重要作用。由此可见,碾米工业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,保证人民身体健康,促进我国现代化建设的作用是巨大的。随着时代的发展,碾米工业不仅与农业,而且与机械工业,特别是碾米机械工业、食品工业、医药包装业、餐饮业等关系越来越密切。稻谷加工业的飞速发展,同时还刺激了电子、生物、信息、环保等高新科学技术的应用。因此碾米工业不仅是一个关系很大的综合产业,而且是一个与人类、国家永存的产业,无论科学如何发展,稻谷加工业都不会消失。所以碾米工业在我国国民经济中占有重要地位。

二、我国碾米工业发展简史

我国粮食加工有着4 000多年的悠久历史,应该说加工技术是有基础的,但在旧中国由于保守落后的封建制度,使社会生产力得不到发展,稻谷加工技术一直停滞在手工操作的落后状态。鸦片战争以后的100多年中,我国民族资产阶级在江、浙、粤等沿海产稻区及东北部分地区,先后建立了一些机制米厂。碾米工业进入计划发展阶段,有了一些进展,但规模小,设备简陋,成品质量低劣,技术落后。

新中国建立后,我国稻谷加工业进入计划发展阶段,新建了一批中小型碾米厂,对原有米厂进行改建和扩建,对陈旧设备进行更新,加工工艺有了改进。1957年,原粮食部工业局制定

了“碾米工厂操作规程”，于1963年正式颁布，并于1981年做了局部修改和补充。几十年来，“规程”一直指导生产，对发展新技术，提高工人操作水平起着重要作用。1954年以来，国家为了培养粮食加工方面的专门技术人才，先后成立了一个又一个高等院校、中等学校和科研院所，广大的粮食科技工作者，为了碾米工业的进步发展和节省粮食资源，都做出了积极贡献。

20世纪90年代，碾米工业进入快速发展阶段，从“六五”到“九五”的四个五年计划中，我国广大科技人员承担诸多国家级科技项目，取得了较多的科研成果，为我国的碾米工业开展了规模空前的技术改造，粮机生产不但能满足国内设备更新和新建厂需要，而且还有相当数量供应出口，碾米机械工业逐步实现现代化。

20世纪90年代后期以来，我国碾米工业进入高水平发展阶段，企业引进了国外先进技术和设备，兴办了一批中外合资米厂或外商独资企业。当前稻谷生产出现优良品种恢复和发展的新形势，品种繁多，加工精度要求高，我们必须增加科技含量，生产出优质、营养可口的产品，必须以市场为导向，以经济建设为中心，以科技为依托，博采众国之所长，结合我国实际，融合传统技术和现代科技，逐步形成有自己特色的新技术、新规程，大大提高我国稻谷加工技术水平，走科技兴粮之路，尽快使碾米工业在我国形成支柱产业，达到生产现代化，经营规模化，产品标准化，管理科学化的要求，满足人民多层次，多方面对大米的需求。

三、碾米工业技术发展方向

建国以来，碾米工业虽然有了很大发展，但在技术水平，产品质量，花色品种等方面与发达国家相比，仍有较大差距。我国米厂规模小，管理粗放，大米质量等级少，对精度、纯度、糠粉、含碎要求都不高，这在不同程度上造成资源的浪费，影响经济效益。

我国碾米工厂工艺流程一般较短，设备简单，只能生产低精度大米；而国外米厂一般均采用“多机出白”，米质均匀，糠粉少，对白米进行擦光、分级、精选，既提高了经济价值，又合理利用了资源。

在技术装备方面，与发达国家相比，还有较大差距。机械制造水平和材质都差，突出的是设备不完善、效率不高，如米厂成品整理设备，（精选机、色选机）白米增香和品质改良设备，配米和碎米提纯设备，高质量大米抛光和大米小包装设备等。

碾米工业虽然有很大发展，但技术水平和管理水平还有待于进一步提高，为了努力开创碾米工业新局面，实现碾米工业现代化，不断满足人民的物质生活需要，碾米工业必将不断进步、发展，其发展方向有以下几点：

第一，进一步加大碾米工业的改造力度，使碾米工业向规模化、集约化、现代化发展，向精加工、深加工、食品加工方面延伸。

第二，中国加入WTO后，为适应贸易自由化进程加速的形势，增强稻米在国际市场的竞争能力，必将促进我国优质稻米产业的快速发展。着力促进粮食种植结构调整，必将从高产向优质方向转移。

第三，加速米厂改造，使其达到国际水平，将中国优质米加工好，达到外观晶莹发亮，提高在国际市场的竞争力。

第四，走“科技兴粮”之路，随着我国国民经济持续快速发展，人民生活不断提高，粮食工业科技中心必然会向粮食流通、粮食资源综合利用等方面转移，向食品、生物、化工、医药领域延伸。

第五,开发成套的机电一体化的碾米设备,提高粮机制造质量,提高国产设备自动化、标准化、系列化水平,使成套设备立足国内并走向世界。

第六,应用酶技术、超临界萃取技术、分子蒸馏技术等高科技对米厂的产品进行开发利用,开发出高附加值产品。

第七,在发展中创名牌,在创名牌中求发展,用创新意识,采用现代高新技术发展碾米工业,开发出更多的名牌产品。在创新、创造上下工夫,攻克产品制高点,攻克尖端技术,自主创新,对大米副产品进行深度综合利用,开发出高附加值产品(如速煮米、方便米饭、冷冻米饭、营养米粉、米线等)使稻谷增值。

第八,要加快推进信息化步伐,要用信息化来全面提升企业经营管理水平,要通过政策法规,检验仪器,加工设备,科研项目,科研成果等加工业数据库的建立,促进科技成果转化,为实施宏观管理提供快速、高效、可靠的政策支持。

四、本课程主要内容、任务、学习要求和方法

碾米工艺与设备是介绍碾米生产技术的一门学科。它以稻谷加工工艺和设备为主要内容,在简述稻谷加工基本原理和方法、介绍原粮、成品粮的质量标准及生产过程中的技术要求的基础上,较详细的叙述稻谷的清理、脱壳、谷壳分离、谷糙分离、碾米、白米分级、精选、色选、抛光配米、成品整理、包装、副产品整理等工序和加工设备的结构、性能、工作原理、操作维修与保养、常见故障产生原因与排除方法,对工艺流程设计的原则、方法、步骤以及表示方法进行系统介绍,同时对蒸谷米、强化米、配制米以及大米精加工、副产品综合利用、杂粮加工也作了必要的介绍。

本课程的任务是提供稻谷加工的基本理论和基本技能,在最经济的条件下,保证产品质量,提高产品精度、纯度、整齐度、出米率、产量,降低消耗、降低成本,提供新技术,介绍新设备,促进碾米工业的发展。

通过本课程的学习,要求掌握碾米工艺与设备的基本原理,主要设备的结构、性能、工作参数、工艺过程、操作方法,了解工艺流程,按操作“规程”组织生产,以及设备选用、维修保养,分析和解决生产中一般问题,排除常见故障。

碾米工艺与设备是一门实践性较强的课程,学习时要活学活用、要理论联系实际、将理论不断的运用到生产中去,严禁死记硬背,要采用深入分析、举一反三的学习方法,为今后开展工作打下良好的基础。

第 1 章 稻谷的工艺性质

稻谷的工艺性质是指稻谷所具有的影响加工工艺效果的性质,主要包括稻谷籽粒的形态结构、物理性质、化学成分和谷粒群体的一些性质等。稻谷的工艺性质直接影响成品大米的质量和出米率。不同品种的稻谷,具有不同的工艺性质,即使同一品种的稻谷,由于生长条件的不同,其工艺性质也有较大差别。因此,我们必须对各种稻谷工艺性质有比较全面的了解,只有这样才能针对不同特性的稻谷,确定合理的工艺流程和加工方法,选择合适的加工设备,制定相应的操作规程,使生产的大米符合国家质量标准,符合国内外大米市场的质量标准,符合不同消费层次的需求,造福于社会。在纯度、出米率和产量上有所提高,在电耗和加工成本上有所降低。同时,为了使稻谷资源物尽其用,各地要视稻谷资源、市场需求、饮食习惯等实际情况,搞好大米的深加工和副产品的综合利用,提高企业的经济效益和竞争能力。

1.1 稻谷的分类及其籽粒结构

1.1.1 稻谷的分类与质量标准

稻谷是我国的主要粮食作物之一,其产量占全国粮食总产量的 1/3 以上。稻谷在我国种植历史悠久,种植区域广泛,种植品种繁多。为了便于稻谷的收购、销售、调拨、储存、加工和流通,国家标准局 1999 年 11 月 1 日批准了(2000 年 4 月 1 日实施)《GB1350—1999 稻谷》国家标准。该标准中将我国稻谷分为早籼稻谷、晚籼稻谷、粳稻谷、籼糯稻谷和粳糯稻谷五类(详见本书附录一)。为了适应市场经济、改革开放及加入 WTO(世界贸易组织)的需要,我国同时批准了《GB/T17891—1999 优质稻谷》的标准,该标准将我国优质稻谷分为优质籼稻谷、优质粳稻谷、优质籼糯稻谷和优质粳糯稻谷四类(详见本书附录二)。

我国种植的早籼稻谷和晚籼稻谷主要分布在华南热带和淮河、秦岭以南亚热带的平川地区,具有耐热、耐强光的习性。籼稻谷籽粒一般呈长椭圆形或细长形,米粒强度低,耐压性能差,加工时容易产生碎米,出米率较低。用早籼米蒸煮米饭粘性较小,而膨胀性较大。早籼稻谷生长期较短,收获期较早,米粒腹白较大,角质粒较少,米质疏松,耐压性差,加工时产生的碎米较多,出米率低。而晚籼稻谷生长期较长,收获期较晚,米粒腹白较小,角质粒较多,米粒坚实,耐压性强,加工时产生的碎米相对早籼稻谷较少,出米率较高。我国种植的粳稻谷主要分布在高寒地区和云贵高原及秦岭、淮河以北的平川地区,具有耐寒、耐弱光的习性。粳稻谷籽粒一般呈椭圆形或卵圆形,与籼稻谷相比,米粒强度高,耐压性能好,加工时不易产生碎米,出米率较高。用粳米蒸煮的米饭黏性较大,而膨胀率较小。籼糯稻谷为籼型糯性稻谷,粳糯稻谷为粳型糯性稻谷,粒形分别与籼稻和粳稻相同,粒质呈糯性。籼糯稻谷和粳糯稻谷的米粒均呈乳白色,不透明或半透明,强度略低于同类籼型或粳型稻谷,用糯性大米蒸煮米饭的黏性特别大,而膨胀率特别小。

除了上述纳入国家标准的稻谷外,还有在生长中需水量较少的陆稻(也称旱稻)以及一些

名贵品种,特殊品种的稻谷,这些稻谷皆因产量较低,播种面积较少,而未纳入国家标准中。

1.1.2 稻谷的籽粒结构

稻谷的籽粒结构(即稻谷籽粒的生物学结构)如图 1-1、1-2 及图 1-3 所示。稻谷籽粒主要由颖(稻壳)和颖果(糙米)两部分组成。

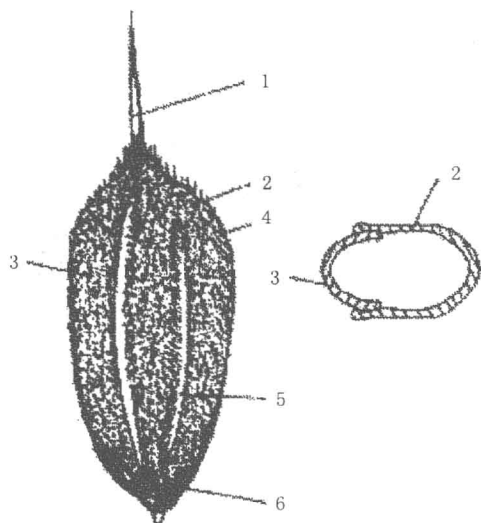


图 1-1 稻颖结构

1—芒;2—外颖;3—内颖;4—茸毛;5—脉纹;6—护颖

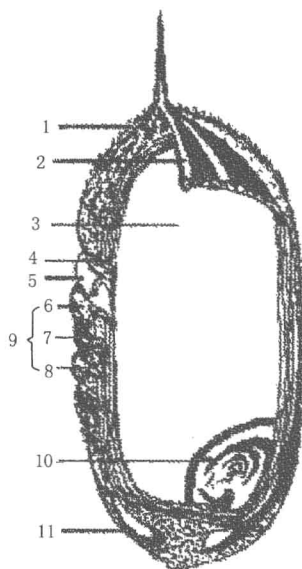


图 1-2 稻谷结构

1—内颖;2—外颖;3—胚乳;4—糊粉层;5—种皮;6—内果皮;
7—中果皮;8—外果皮;9—果皮;10—胚芽;11—护颖

1. 颖(稻壳)结构特征和性质

稻谷的颖包括内颖、外颖、护颖和颖尖(伸长为芒)四部分,如图 1-1 及图 1-2 所示。

内颖亦称“内稃”、“第二颖”。外颖亦称“外稃”、“第一颖”。内、外颖各一瓣,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,二者相互钩合包住颖果,起着保护颖果的作用。稻谷经砻谷机脱壳后,颖即脱落,脱下来的颖通称稻壳,有时也称砻糠、毛糠或大糠。

内、外颖表面粗糙,生有许多麻点和针状茸毛,茸毛的疏密和长短因品种而异。一般情况下,籼稻谷的茸毛稀而短,散生在颖面上;粳稻谷的茸毛密而长,多密集于棱上,而且从基部到顶部逐渐增多,顶部的茸毛比基部的长。因此,籼稻谷的表面一般比粳稻谷光滑。内、外颖的厚薄(一般为 $25 \sim 30 \mu\text{m}$)与稻谷的类型、品种、生长条件、成熟及饱满程度等因素有关。一般成熟和饱满程度好的稻谷,颖薄而轻;粳稻谷的颖比籼稻谷的颖薄而轻,且钩合较松,易脱壳;未成熟的稻谷,其颖富于弹性和韧性,不易脱除。

内、外颖基部的两侧生有护颖,护颖是稻谷籽粒基部外侧承托内、外颖壳的两片小颖。托住稻谷籽粒,起保护内、外颖的作用。护颖呈扁平形,一般长 $1.5 \sim 2.5 \text{ mm}$,相当于外颖长度的 $1/5 \sim 1/4$ 。

内、外颖都生有纵向脉纹,外颖有五条,内颖有三条。外颖顶端尖锐,称为颖尖,或伸长成芒,芒是某些稻谷外颖或内、外颖(如双芒稻)顶端或背部由中脉丝状延伸而成的针状尖刺。内颖一般没有芒,粳稻谷长芒者居多,籼稻谷大多无芒。有芒的稻谷单位质量小,流动性差,较难清理,容易造成加工机器的堵塞。芒的有无及长短,均随品种的不同而异,通过品种的选育,目前有芒品种已逐渐被淘汰。

2. 颖果(糙米)结构特征和性质

稻谷脱去颖后便是颖果(糙米)。如图 1-2 及图 1-3 所示。颖果主要由皮层、胚乳和胚三部分组成。内颖所包裹的一侧称为颖果的背部,外颖包裹的一侧(即米粒长胚的一侧)称为颖果的腹部,胚位于下腹部,在胚和胚乳的外面紧密地包裹着皮层。颖果在未成熟时呈绿色,强度很低,成熟后多为灰白色、淡黄色,表面较平整和光滑,随着稻壳脉纹的棱状突起程度不同,颖果表面形成深浅不同的纵向沟纹,如图 1-3 所示。纵向沟纹共五条,两侧面上各有两条小沟纹,其中,较明显的一条形成于内、外颖的钩合处,另外一条与外颖上最明显一条脉纹所对应,在颖果的背上还有一条纵向沟纹,称为背沟。颖果沟纹深浅随稻谷品种的不同而异,它对出米率的高低有一定影响。碾米主要是碾去糙米的皮层,在其他条件相同的情况下,要使糙米去皮程度相同(即大米精度相同),则沟纹越浅,皮层越易碾去,胚乳损失越小,出米率就越高;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(详见附录三)。

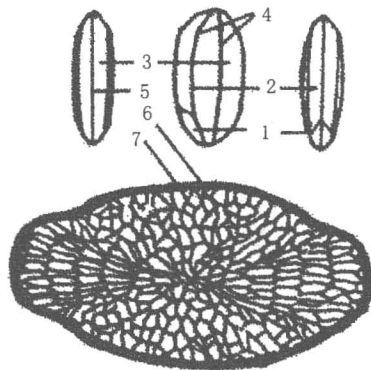


图 1-3 颖果

1—胚芽; 2—腹部; 3—背部; 4—小沟;
5—背沟; 6—胚乳; 7—皮层

糙米由果皮、种皮、珠心粉、糊粉层、胚乳、胚等几部分组成,如图 1-2 所示。

果皮:果皮是由子房壁老化干缩而成的一个薄层,厚度约为 $10\ \mu\text{m}$ 。果皮可分为外果皮、中果皮、内果皮。外果皮是果皮的最外层,是一层纵向排列的细长形细胞,即表皮;中果皮是果皮的中层,是由几层纵向排列的细胞所组成,多数被压,呈不规则形状;内果皮是果皮的内层,由一层横向细胞和一层纵向排列的长管状细胞组成,称“管状细胞层”。籽粒未成熟时,由于内果皮中尚含有叶绿素,米粒呈绿色,籽粒成熟后叶绿素消化、黄化或淡化褪成玻璃色。果皮中含有较多的纤维素,由粗糙的矩形细胞组成。

种皮:种皮在果皮的内侧,由较小的细胞组成。细胞结构不明显,厚度极薄,只有 $2\ \mu\text{m}$ 左右。有些稻谷的种皮中常含有色素,使糙米呈现各种不同的颜色。

珠心层:珠心层位于种皮和糊粉层之间的折光带,极薄,厚度约 $1\sim 2\ \mu\text{m}$,并无明显的细胞结构。横断面上只是一条无色透明的线。

糊粉层:糊粉层亦称“外胚乳”,位于胚乳组织的最外层,与胚乳紧密地连在一起,是由胚乳分化而成的。糊粉层有 $1\sim 5$ 层细胞,在米粒的不同部位,糊粉层中的细胞层数略有不同;侧面只有一层细胞,腹面则有 $1\sim 3$ 层细胞,而背面约有 $4\sim 5$ 层细胞,粗短粒品种比细长粒品种的细胞层数多。糊粉层的厚度约为 $20\sim 40\ \mu\text{m}$,其厚薄与稻谷的品种及环境等因素有关。糊粉层主要由含氮化合物组成,富含蛋白(球蛋白和植酸钙)、脂肪和维生素等,矿物质(磷、镁、钾)的含量也很高。

果皮、种皮、珠心层、糊粉层统称为糙米的皮层,碾米过程中要部分或全部去除。被碾下的物料统称为米糠,皮层质量占整个籽粒质量的5.2%~7.5%。

胚乳:胚乳是稻谷籽粒最主要的组成部分,质量占整个谷粒的70%左右。胚乳由大而充满淀粉粒的呈多面形的薄壁细胞所组成,近于横向排列,并密集地装填有淀粉颗粒和一些蛋白质体。胚乳的结构紧密坚硬,米粒呈半透明状态,断面光滑平整,似角类断面,称为角质胚乳;如胚乳的结构疏松,米粒不透明,断面粗糙呈石灰状,则称为粉质胚乳。角质部分占本粮粒截面面积1/2以上的籽粒叫角质粒;角质部分占本粮粒截面面积1/2(包括1/2)以下的籽粒叫粉质粒。整个米粒的胚乳,有的全部为角质,有的全部为粉质,也有的米粒粉质和角质兼有。对于最后一种情况,一般粉质部分多位于米粒的腹部或心部。相对地应称其为腹白或心白,腹白和心白的大小称腹白度。腹白度的大小与稻谷的类型、品种、成熟度有关,一般早稻谷大于晚稻谷,未熟粒大于成熟粒。

胚:胚位于糙米的下腹部,富含脂肪、蛋白质及维生素等,其中含有较多的易氧化酸钙的脂肪,长期储藏带胚米粒,容易发霉和变质。胚与胚乳连接得不太紧密,在碾米过程中容易脱落。

3. 糙米、大米质量标准

根据稻谷的分类方法,我国糙米也分为五类:即早籼糙米、晚籼糙米、粳糙米、籼糯糙米、粳糯糙米。各类糙米按容重、糙米整精米率两项定等。各类糙米均分为五个等级,以三等为中等。低于五等为等外糙米。等级指标及其他质量指标详见本书附录三。

作为大米,在国家标准中同样是根据稻谷的分类方法分为籼米、粳米和糯米三类。例如,用粳稻谷制成的米即为粳米,米粒呈椭圆形。粳米按粒质和收获季节不同又分为早粳米和晚粳米。各类大米按加工精度分为特等、标准一等、标准二等、标准三等4个等级。所谓加工精度是指大米背沟和粒面的留皮程度。大米的分类与质量标准详见本书附录四。

国外对糙米和大米具有更详细的分类和严格的质量标准。国外部分国家糙米和大米质量标准详见本书附录五、六、七。

1.1.3 稻谷籽粒各组成部分的质量比例

根据一般的综合资料记载,稻谷和糙米籽粒各组成部分质量所占的百分率见表1-1。

表 1-1 稻谷和糙米籽粒各组成部分的质量比例(%)

	稻 壳	外糠层	内糠层	胚 乳	胚
稻 谷	18~20	1.2~1.5	4~6	66~70	2~3.5
糙 米	—	2.1	4.7	90.7	2.5

表1-1中的外糠层指果皮和种皮,内糠层指的是珠心层和糊粉层。实际上,稻谷和糙米籽粒各组成部分的质量比例变动很大,它是随着稻谷的类型、品种、土壤、气候及栽培条件的不同而改变的。具体地讲,它是随籽粒的形状、大小、成熟度和饱满度的不同而改变的。研究稻谷籽粒各组成部分的质量比例及其特性,可为稻谷的加工和利用提供理论根据。

1.2 稻谷的物理特性

稻谷的物理特性是指稻谷在加工过程中反映出的多种物理属性,如稻谷的色泽、气味、表面状态、形状、粒度、谷壳率、出糙率、密度、单位质量、千粒重、爆腰、强度等以及稻谷的一些群体特性:如散落性、静止角、孔隙度、自动分级等。这些物理特性都与稻谷加工的工艺效果有着密切的关系。因此,对它们应有较详细的了解。

1.2.1 稻谷的色泽、气味与表面状态

每种粮粒都有其自然的色泽、气味和表面状态,这是它们所固有的特性,也是评定粮粒商品价值和工艺品质的重要方面。

1. 稻谷的色泽和气味

新鲜正常的稻谷应是金黄色或土黄色,其糙米大都呈白色或灰白色,表面均富有光泽。当稻谷在成熟、收获期间,遭受自然灾害或在储藏期间保管不善以及烘干温度过高、时间太长等,都将使稻谷产生各种异常颜色,如出现青色米、茶色米、黄变米等,表面无光泽、颜色变暗。稻谷具有特殊的香味,俗称稻谷香,无不良气味。如气味不正常,说明谷粒变质或吸附了其他异味的气体。如稻谷在脱粒、运输过程中,与不洁净场地、工具接触,会使谷粒吸附各种异味。谷粒发热霉变后,常带有霉味、酸味甚至苦味。储藏一段时间的稻谷,气味远比鲜稻谷差,这便是陈化。一般说陈化的稻谷所加工的大米或储藏较久的陈米,其米饭已完全丧失新鲜大米饭的香、黏、软的食用品质。在市场经济条件下,陈米的竞争能力差,因此,对陈米食用品质改良的研究,已成为当前粮食科研的一项刻不容缓的重要任务。

总之,凡是不太新鲜的稻谷和糙米都会失去原有的正常光泽和香味。色泽变暗,气味不良,不仅降低原粮和成品粮的商品价值,而且米质差,加工时易产生碎米,出米率低,成品质量不高,米饭食味差。

2. 稻谷的表面状态

稻谷的表面状态是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的影响,如表面粗糙的稻谷,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,摩擦系数大;籼稻谷表面茸毛稀而短,较平整,摩擦系数小,糙米表面均较光滑,所以,粳稻谷的脱壳及谷糙分离要比籼稻谷容易些。

1.2.2 稻谷的形状、粒度与均匀度

1. 稻谷的形状和粒度

稻谷的形状为椭圆形,其大小因稻谷类型、品种及生长条件不同而异。粒度是指稻谷籽粒长、宽、厚的尺度。籽粒基部到顶端的距离为长度,腹背之间的距离为宽度,两侧之间的距离为厚度。粒度的大小可用长、宽、厚的变化范围或平均值来表示。

稻谷的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。我国稻谷籽粒大小见表1-2。