



稻谷 精深加工技术

周显青 主编



化学工业出版社



稻

谷

精

深

加

工

技

术

ISBN 7-5025-8186-3



9 787502 581862 >

● 销售分类建议: 轻工/食品工业

ISBN 7-5025-8186-3

定价: 38.00元

稻谷 精深加工技术

周显青 主编 张玉荣 钱向明 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

稻谷精深加工技术/周显青主编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 2
ISBN 7-5025-8186-3

I. 稻… II. 周… III. 稻谷-粮食加工-基本知识
IV. TS212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 004060 号

稻谷精深加工技术

周显青 主编

张玉荣 钱向明 副主编

责任编辑: 侯玉周

文字编辑: 温建斌

责任校对: 李 林

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 20¼ 字数 369 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8186-3

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

我国稻米品种繁多、资源丰富，是世界上稻米主要生产国之一。稻米除可作为食粮外，还可用于酿酒、生产各类大米制品（如粉丝、粉条、粉皮等）及方便米制品和各类传统大米制品（如年糕、米果和米糕点等），以及用于生产各类罐头和饮料。它们不仅是家庭饭食的佳品，还是轻工业的重要原料。稻米及其制品又是我国的重要出口产品，在国际市场上，尤其是在东南亚及欧洲享有极高的声誉。其副产品碎米、米糠和稻壳的增值空间极大，可深度开发的产品很多，市场潜力巨大，将成为稻米加工整个产业链中增值空间和附加值最大的一部分。因此我国稻米资源具有很高的经济价值和极好的发展前景。

随着国民经济的发展、人民生活水平的提高和营养与健康观念的更新，人们对食物及食品的要求越来越注重其质量与结构。依据我国的国情，在相当长的时期内，稻米依然是我国主要食粮之一，要改善人们的膳食结构或提高人们的营养及健康水平和生活质量，积极开展稻谷种植、生产及其资源的精深加工与利用，生产出优质大米及其制品和相关功能性产品，利用现代新技术，全面而合理地利用大米加工后得到的副产品开发系列产品，延长稻米产业链，提高稻米资源的附加值，实现稻米这一优势资源的可持续发展，无疑是十分重要的。在编写过程中，查阅了大量国内外稻谷精深加工技术方面的资料，在此基础上，本着科学性、前瞻性和实用性相结合的原则，理论联系实际，力争使本书成为稻谷精深加工技术领域有影响的著作。

本书全面系统地论述了稻谷精深加工技术的基础理论及其相关的新工艺、新装备，并结合国情对稻谷资源、稻谷品质评价体系、稻谷的干燥与储藏、普通大米的加工、特种米加工、大米的包装与保藏、大米产品的转化以及稻谷加工后副产品的综合利用技术进行了较为详细的叙述，以期对我国稻谷的生产、流通、加工和综合利用，提高其附加值起到一定的促进作用。

本书共分九章，编写分工如下：周显青编写第四章、第五章和第九章，张玉荣编写第一章、第二章和第六章，张来林编写第三章，李雪琴编写第七章，钱向明编写第八章。

本书在编写过程中，承蒙专家、学者提供宝贵的资料和建议，在此表示衷心的感谢。

如果本书能对生产、教学与科研起到一定的作用，则是编者所衷心期望的。
由于水平有限，不妥之处恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2005 年 10 月于郑州

目 录

第一章 稻米资源概论	1
第一节 稻米生产与贸易概述.....	1
一、世界稻米生产与贸易.....	1
二、我国稻米生产与贸易.....	2
第二节 稻米的分类及其籽粒形态结构.....	3
一、稻米的分类.....	3
二、稻米的籽粒形态结构.....	3
第三节 稻米的物理特性.....	7
一、稻米的气味与色泽.....	8
二、稻米的粒形、粒度与均匀度.....	8
三、稻米的千粒重、相对密度与容重.....	9
四、谷壳率与出糙率	10
五、散落性	10
六、自动分级	10
第四节 稻米的化学特性	10
一、稻米籽粒的化学成分及分布	11
二、稻米中的水分	12
三、稻米籽粒中的碳水化合物	12
四、稻米籽粒中的蛋白质	17
五、稻米籽粒中的脂类	20
六、稻米籽粒中的维生素和矿物质	23
七、稻米籽粒中的酶类	25
第二章 稻米品质评价	27
第一节 稻米的感官品质	27
一、稻谷的感官品质指标	27
二、稻谷感官品质指标的测定方法	28
第二节 稻米的加工品质	31
一、稻米的加工品质指标	31

二、加工品质指标的测定方法	31
第三节 稻米的蒸煮及食用品质	34
一、稻米的蒸煮和食用品质指标	34
二、稻米蒸煮和食用品质指标测定方法	35
第四节 稻米的营养品质	43
一、稻米的营养品质指标	43
二、稻米营养品质指标的测定方法	43
第五节 稻米的储藏品质	54
一、稻米的储藏品质指标	54
二、稻米储藏品质指标测定方法	55
第六节 稻米的卫生品质	56
一、稻米的卫生品质指标	56
二、稻米卫生品质指标的测定方法	56
第三章 稻谷干燥与储藏	67
第一节 稻米的通风	67
一、通风降温散湿的作用	67
二、储粮通风降温、降水的物理基础	68
三、储粮通风系统	68
四、机械通风降温	71
五、机械通风降水	73
六、机械通风增湿调质	74
第二节 稻米的干燥	75
一、干燥降水的方法	75
二、稻谷干燥的特点	76
三、稻谷干燥降水工艺	76
四、低温慢速干燥	78
五、高温快速干燥	80
第三节 稻谷的储藏	84
一、稻谷的储藏特性	84
二、稻谷在储藏期间的品质变化	87
三、稻谷的储藏措施	89
第四章 普通大米加工	96
第一节 稻谷清理	96
一、概述	96

二、清理的基本方法与原理	97
第二节 砻谷及砻下物分离	102
一、砻谷	102
二、稻壳分离与收集	104
三、谷糙分离	104
第三节 碾米	105
一、碾米的基本方法与原理	106
二、典型碾米设备	112
第四节 成品处理及副产品整理	116
一、成品处理	116
二、副产品整理	119
第五章 特种大米加工	120
第一节 蒸谷米加工	120
一、概述	120
二、蒸谷米生产	121
第二节 不淘洗米加工	134
一、概述	134
二、不淘洗米的加工方法	135
三、不淘洗米加工中应注意的技术关键	139
第三节 营养强化米加工	140
一、概述	141
二、营养强化米加工工艺	143
第四节 留胚米加工	147
一、概述	147
二、留胚米加工	148
第五节 大米配制技术	150
第六章 大米包装与保藏	154
第一节 大米包装	154
一、大米包装要求	154
二、大米包装规格	154
三、包装材料要求	154
四、大米包装材料与容器	155
五、包装方法	157
第二节 大米储藏特点及品质变化	158

一、大米储藏特点·····	158
二、大米储藏过程中的品质变化·····	160
三、粮堆二氧化碳气体变化·····	163
第三节 大米保藏技术与管理·····	163
一、大米储藏的形式·····	164
二、大米保鲜技术·····	164
三、大米储藏管理·····	172
第七章 大米转化与利用·····	175
第一节 米粉加工·····	175
一、米粉生产工艺·····	175
二、常用米粉加工设备·····	177
第二节 大米粉条及粉丝加工·····	180
一、方便米粉生产工艺·····	180
二、常用米粉条及粉丝加工设备·····	192
第三节 方便米饭加工·····	197
第四节 方便米粥加工·····	204
一、方便米粥生产工艺·····	204
二、方便米粥主要生产设备·····	208
第五节 大米膨化食品加工·····	209
一、大米膨化食品生产·····	209
二、常用大米膨化设备·····	211
三、典型大米膨化食品——日式米果·····	213
第六节 大米发酵制品加工·····	214
一、甜米酒·····	214
二、米醋·····	215
第七节 碎米的利用·····	217
一、制米淀粉·····	218
二、生产高蛋白米粉·····	219
三、制米乳汁饮料·····	220
四、制麦芽糖醇·····	221
第八章 米糠综合利用·····	224
第一节 概述·····	224
一、米糠资源状况·····	224
二、米糠的组成·····	224

三、米糠利用的途径及技术现状·····	225
第二节 米糠稳定化技术·····	229
一、概述·····	229
二、米糠稳定化技术·····	230
第三节 米糠油生产技术·····	234
一、概述·····	234
二、米糠油的制取·····	235
三、米糠油的精炼工艺·····	244
第四节 植酸钙生产技术·····	249
一、概述·····	249
二、植酸钙的提取工艺·····	250
第五节 肌醇生产技术·····	252
一、概述·····	252
二、肌醇的理化性质及用途·····	253
三、肌醇的生产工艺·····	254
四、影响肌醇得率和质量的因素·····	256
五、肌醇生产的经济指标和质量指标·····	259
第六节 谷维生素生产技术·····	259
一、概述·····	259
二、谷维生素的组成与分布·····	259
三、谷维生素的理化性质及用途·····	260
四、谷维生素的生产工艺·····	262
第九章 稻壳综合利用·····	269
第一节 稻壳及稻壳灰的理化特性·····	269
一、稻壳的理化特性·····	269
二、稻壳灰的理化特性·····	272
第二节 稻壳能源利用·····	273
一、概述·····	273
二、稻壳直接燃烧与发电·····	274
三、稻壳气化发电·····	277
第三节 稻壳制取化工原料·····	278
一、稻壳制有机化学品·····	278
二、稻壳炭源利用·····	289
三、稻壳硅源利用·····	294

第四节 稻壳饲料利用.....	302
一、统糠饲料.....	302
二、膨化饲料.....	303
三、化学法制稻壳饲料.....	303
四、生物法制饲料.....	304
第五节 稻壳的其他利用.....	305
一、稻壳制一次性全降解环保餐具.....	305
二、稻壳板材加工.....	305
三、稻壳灰制水泥.....	307
参考文献.....	309



第一章 稻米资源概论

第一节 稻米生产与贸易概述

一、世界稻米生产与贸易

稻谷是地球上重要谷物之一。据统计,世界人口食物热量的 21% 取自稻米。2003 年全球谷物播种面积为 658220.38km^2 , 谷物的总产量为 202939 万吨; 其中稻谷播种面积为 147144.157km^2 , 总产量为 57628 万吨。2003 年联合国粮农组织 (FAO) 统计数字表明, 当年世界稻米总产量为 57628 万吨, 亚洲 52303 万吨, 非洲 1703 万吨, 北美洲 1188 万吨, 南美洲 1985 万吨, 欧洲 319 万吨, 大洋洲 129.6 万吨。世界三大产稻国也集中在亚洲, 它们分别是中国、印度和印度尼西亚。印度 2003 年稻米总产量为 11658 万吨, 高居世界第二位, 印度尼西亚 2003 年稻米总产量为 5160 万吨, 是世界第三产稻国。2003 年中国和印度两国稻田面积占世界稻田面积的 46.3%, 总产量占世界的 50.9%。非洲和拉丁美洲稻田面积分别占世界稻田面积的 5.8% 和 3.5%, 而这两洲稻米总产量只占世界的 6.4%。

稻谷种植分布很广。据 David (1980) 报道, 稻谷的栽培, 北界到达北纬 50° 以北的我国黑龙江省, 南界到达南纬 35° 的澳大利亚的新南华莱士。种植最低地方, 已知是印度的卡勒拉 (低于海平面), 种植最高处是尼泊尔和不丹, 其海拔高达 3000m 以上。但稻谷主要分布在夏季气候有足够温度和水分的地域, 主要的生长区域是中国南方、中国台湾、日本、朝鲜半岛、东南亚、南亚、欧洲南部地中海沿岸、美国东南部、中美洲和非洲部分地区, 中国北方沿河地区也种植稻。

稻谷生长期对雨量气候的适应范围也很大。它可以生长在年降雨量高达 5100mm, 同时也能生长在低于 100mm 的地区; 能在年平均气温 17°C 的地方生长, 同时还可以生长在年平均气温高达 33°C 的地带。根据种植地形、土壤类型、水层厚度和气候条件, 大致可将稻作分为五种类型, 即灌溉稻、无水低地稻、潮汐湿地稻、深水稻和旱稻, 其中灌溉稻种植面积占世界稻作 50% 以上, 并且集中于我国和朝鲜。

亚洲仍将是世界稻米贸易的主要市场。稻米出口大国依次为泰国、美国、越南等国家, 这些国家稻米出口量占世界稻米出口量的 90%。泰国是世界上的主要产稻国之一, 1991 年, 泰国出口稻米 450 万吨, 其中优质精白米占 70%, 蒸

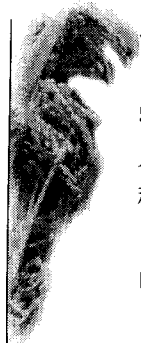
谷米占 20%。该国成为世界最大的稻米出口国已有 20 多年历史, 1999 年以来每年出口稻米 650 万~750 万吨, 价值超过 20 亿美元, 2003 年为 750 万吨。其主要出口市场是印度尼西亚、尼日利亚、伊朗、美国和新加坡。1990 年美国稻米总产量只有 720 万吨, 2/3 的稻米都用于出口。越南, 1990 年稻米总产量为 1710 万吨, 出口量占世界稻米出口量的 16%。由于在湄公河三角洲投资灌溉项目, 稻谷种植面积得以扩大。2003 年越南稻米总产量为 3460.54 万吨, 占世界第 5 位。自 20 世纪 90 年代以来, 越南已成为世界第二大稻米出口国, 达到 400 万吨/年左右, 1999 年为 460 万吨/年。而且还呈现出长期增长势头, 仅 2003 年上半年便比头一年增长 50%, 业内有人相信不久的将来越南可能会取代泰国成为世界头号稻米出口国。

二、我国稻米生产与贸易

中国是世界上 100 多个水稻生产国中的“稻米王国”, 我国在 1996~2000 年期间, 水稻播种面积占世界 20%, 仅次于印度; 稻米年均总产量占世界稻米总产量的 35.26%, 居世界第一。稻谷是中国最主要的粮食作物之一, 全国稻谷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。中国的稻谷栽培, 大体上以秦岭—淮河为界, 分为南方和北方 2 个稻区, 分为 6 个耕作地带: ①东北早熟稻作带: 包括长城以北, 大兴安岭以东。②华北单季稻作带: 包括秦岭—淮河以北, 长城以南。③西北干燥稻作带: 包括河西走廊以西, 祁连山以北。④华南双季稻作带: 包括南岭以南及台湾。⑤华中单双季稻作带: 包括南岭以北, 秦岭—淮河以南。⑥西南高原稻作带: 包括云南、西藏及四川甘孜藏族自治州。主要分布在江苏、江西、湖南、湖北、广东、广西和四川等省(区), 占全国总产量的 62.4%。按经济区域分布, 东部地区稻谷占全国总产量的 35.2%, 中部地区占 44.7%, 西部地区占 20.1%; 按品种分布, 籼稻主要分布在江西、湖南、湖北、广东、广西、安徽和四川等省(区), 占全国籼稻总产量的 84.9%, 粳稻主要分布在江苏省和吉林省, 占全国粳稻总产量的 46.4%。按品种划分, 我国生产的稻谷主要是籼稻和粳稻, 其中籼稻产量为 9786 万吨, 占稻谷总产量的 60.9%; 粳稻产量为 4240 万吨, 占稻谷总产量的 26.4%。

目前我国杂交水稻的种植已占全国稻作面积的 51%, 占全国稻谷总产量的 57%~59%。在 20 世纪下半叶, 我国稻米生产以其辉煌的成就解决了占世界 1/5 人口的吃饭问题, 做出了历史性贡献, 对世界粮食安全也做出了重大贡献, 同时稻米加工业对国民经济的持续快速发展也具有重要的推进作用。

根据有关资料显示, 2003 年我国进口大米 26 万吨, 同比增长 3.7%; 出口大米 259 万吨, 同比增长 55.1%, 累计净出口 233 万吨。相比于产量和消



费量,我国大米进出口数量很小,进口大米主要是来自泰国优质米,用于补充大酒店、大饭店等高端需求;出口大米多限于亚洲和非洲的传统贸易国家。从进出口国别看,来自泰国的进口大米占我国总进口量的99.96%,居进口量第1位;大米出口地主要是科特迪瓦、俄罗斯、巴布亚新几内亚、日本、印度尼西亚、朝鲜、波多黎各和土耳其等国,其中科特迪瓦居出口量第1位,占出口总量的39.24%。

根据中国海关总署2005年1月公布的数据:2004年中国大米出口总量为89.6万吨,比上年同期下降65.5%。2004年进口总量为76.2万吨,年比提高1.9倍。2004年中国大米净出口量为13.4万吨,但仍保持净出口格局。

第二节 稻米的分类及其籽粒形态结构

一、稻米的分类

稻谷是我国的主要粮食作物之一,具有悠久的种植历史,种植面积大。经数千年的种植与选育,全国稻谷品种繁多,据不完全统计,达4万~5万个。据我国国家标准规定,稻谷按它的生长期、粒形和粒质分为早籼稻谷、晚籼稻谷、粳稻谷、籼糯稻谷、粳糯稻谷五类。

籼稻籽粒细而长,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,黏性较小。粳稻籽粒短而阔,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,黏性较大。

根据粒质和收获季节的不同,籼稻和粳稻又可分为早稻谷和晚稻谷二类。就同一类型稻谷而言,一般情况下,早稻谷米粒腹白大,角质粒少,品质比晚稻谷差。早稻谷米质疏松,耐压性差,加工时易产生碎米,出米率较低。而晚稻谷米质坚实,耐压性好,加工时碎米较少,出米率较高。就米饭的食味而言,早稻谷比晚稻谷差。如果是比较早、晚稻谷的品质,晚籼稻谷的品质仍然优于早粳稻谷。

糯稻谷米粒呈乳白色,不透明或半透明,黏性大,按其粒形可分为籼糯稻谷(稻粒一般呈长椭圆形或细长形)和粳糯稻谷(稻粒一般呈椭圆形)。

二、稻米的籽粒形态结构

稻谷是一种假果,外形如图1-1,一般为细长形或椭圆形,其色泽呈稻黄色、金黄色,还有呈黄褐色、棕红色等。联合国粮农组织根据稻粒长度,将稻谷籽粒分为四类:特长粒7mm以上;长粒6~7mm;中间型5~5.9mm;短粒5mm以下。稻谷籽粒是由外层起保护作用的谷壳和颖果或果实(糙米)两部分组成。糙米包括外层的果皮、种皮和珠心,还有胚和胚乳。胚乳由糊粉层和内胚

乳组成，内胚乳包括次糊粉层和含淀粉的胚乳组成。胚在糊粉层之内，色素位于果皮中，其结构如图 1-1 所示。

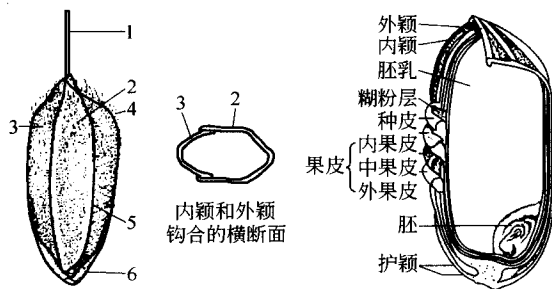


图 1-1 稻谷的结构

1—芒；2—外颖；3—内颖；4—茸毛；5—脉；6—护颖

谷壳占稻谷质量为 20% 左右，变幅为 16%~28%。糙米则占 80%~82%。糙米各组成部分的质量比大致是：果皮占 1%~2%，糊粉层及珠心和种皮共占 4%~6%，种胚占 1%，盾片占 2%，胚乳占 90%~91%。

糊粉层有 1~5 层细胞，背部糊粉层比腹部厚，在短粒米中

比在长粒米中厚。糊粉层和种胚细胞富含蛋白体和脂粒。

胚乳细胞为薄壁细胞，内含淀粉体，淀粉体内含复合淀粉粒。最外面两层细胞（次糊粉层）富含蛋白质和脂类，所含的淀粉体和淀粉粒比内部胚乳中的小。淀粉粒为多面体形状，一般 $3\sim9\mu\text{m}$ ，呈单峰分布。蛋白质多以球形蛋白体形式分布在胚乳中，而晶状蛋白体和小球形蛋白体则局限在次糊粉层中。

非糯米（含直链淀粉和支链淀粉）的胚呈半透明状，而糯米的胚乳由于淀粉粒之间和之内存在细孔而呈不透明状。因此糯米谷粒的质量为非糯米的 95%~98%。

（一）稻壳的结构

稻壳是由内颖、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。颖的厚度为 $25\sim30\mu\text{m}$ ，粳稻颖的质量占谷粒 18% 左右；籼稻颖的质量占谷粒 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。一般来说，成熟、饱满的谷粒，颖薄而轻；粳稻的颖比籼稻的颖薄，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。

稻谷的内颖、外颖是两片变态叶，内稃、外稃通过两个钩状结构彼此联结。互相钩合包住颖果，起保护颖果的作用，砉谷机脱下来的颖壳称为稻壳或大糠、砉糠。成熟籽粒外形与稻谷颖内侧形状一致。稻谷颖长约 $5\sim10\text{mm}$ ，宽约 $2.5\sim5\text{mm}$ 。其色泽呈稻黄色、金黄色，还有呈黄褐色、棕红色等。稻谷内外颖构造极为相似，其主要是由外表皮、皮下纤维组织、表皮海绵薄壁和内表皮组成，如图 1-2 所示。

1. 外表皮

由一层近乎方形的细胞纵向排列而组成。外表皮的细胞壁中含有很多硅，呈



矿质化变态，很厚而坚韧。由于这些细胞的凹凸不平，使稻壳表面形成纵横两面的皱纹，纵向皱纹比横向皱纹突出更多。外表皮上还有一些细胞突出形成茸毛，茸毛容易脱落并留下痕迹（图 1-2）。

2. 皮下纤维组织

由几层纵向排列的长条形的厚壁细胞组成。干燥时脆，吸水后坚固，所以谷壳不易破损。但是，纤维都呈纵列，因此，谷壳易纵裂。在纤维组织下有被维管束鞘包裹着的维管束，通过稃的基部与小穗轴的维管束相连接。

3. 薄壁组织

由几层排列比较整齐的长方形薄壁细胞组成，细胞内容物已完全消失，整个是海绵状组织，从正面可以看到孔纹，在横切面上还可看到构成脉纹的维管束。

4. 内表皮

由一层薄壁细胞组成，细胞形状与薄壁组成的细胞相似，但有的地方细胞外壁与内壁贴合在一起。内表皮细胞表面稀疏地着生一些极短的茸毛，有些地方还可以看到气孔。

（二）糙米的籽粒结构

稻谷加工脱壳后为糙米，糙米是完整的果实，其形态与稻谷粒相似（图 1-3），一般为细长形或椭圆形。糙米有胚的一面叫腹面，被外稃所包；无胚的一面叫背面，被内稃所包。糙米两侧各有两条沟纹，其中较明显的一条在内稃、外稃钩合的相应部位，另一条与外稃脉迹相对应；背脊上也有一条沟纹，称为背沟，糙米共有五条纵向沟纹。沟纹的深浅因品种不同而异，对碾米工艺影响较大。沟纹深的稻米，加工时不易精白，对出米率有一定的影响。

糙米是由果皮、种皮、外胚乳、胚乳及胚所组成。

1. 果皮

果皮是由原来子房壁老化干缩而成的一个薄层，

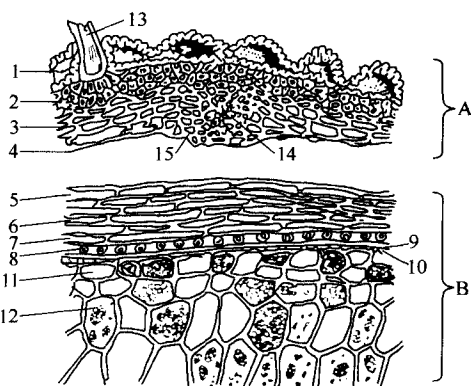


图 1-2 稻米粮粒的横切面

1—外表皮；2—中表皮；3—表皮海绵薄壁组织；4—内表皮；5—外果皮；6—中果皮；7—横列细胞；8—管状细胞；9—种皮；10—外胚乳；11—糊粉层细胞；12—淀粉细胞；13—茸毛；14—维管束；15—气孔

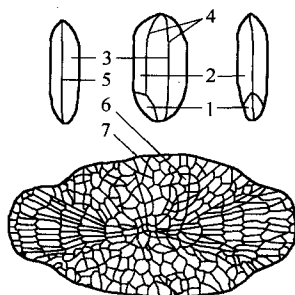


图 1-3 糙米形态结构图

1—胚；2—腹部；3—背部；4—纵沟；5—背沟；6—胚乳；7—皮层