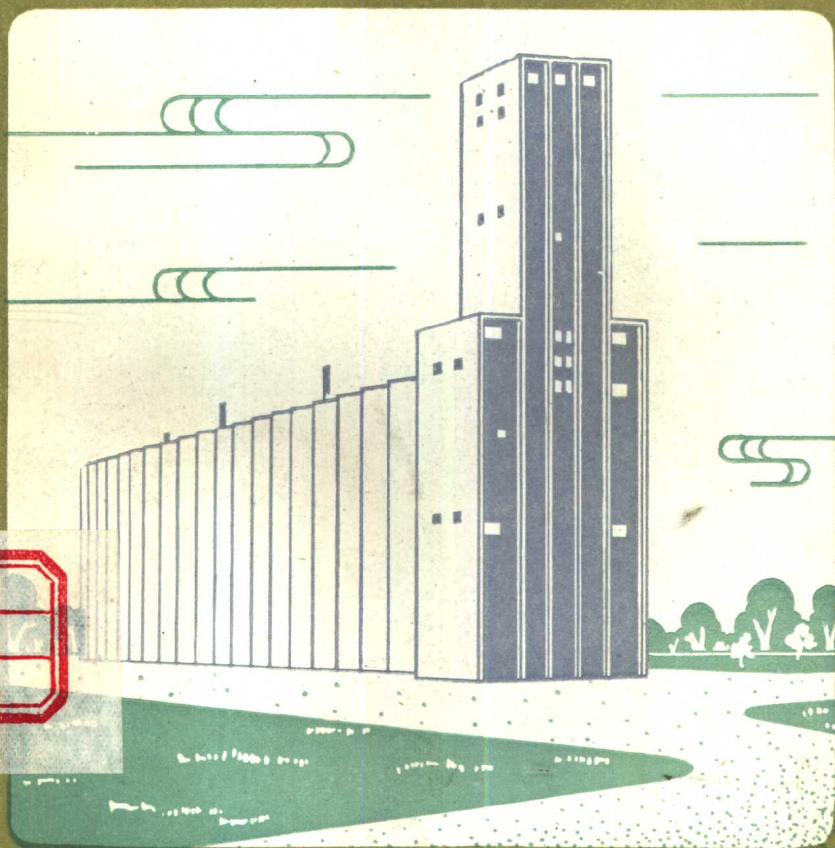


稻谷和大米的储藏

倪兆楨 万慕麟 编



中国财政经济出版社

稻谷与大米的储藏

倪兆楨 编
万慕麟

中国财政经济出版社

稻谷和大米的储藏

倪兆桢 编
万慕麟

*

中国财政经济出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷二厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 3.375印张 67,000字

1981年9月第1版 1981年9月北京第1次印刷

印数：1-16,000

统一书号：15166·091 定价：0.30元

编 者 的 话

稻谷是世界主要粮种之一，总产量仅次于小麦，占第二位，但其栽培面积则占全世界主要粮种的首位，是人类重要的粮食资源。亚洲是全世界稻谷的主要产区，约占全世界稻谷总面积的百分之九十左右。我国又是世界上生产稻谷最多的国家，我国稻谷栽培面积约占亚洲的三分之一。因此，稻谷是我国首要的粮种，总产量超过小麦而占粮食的首位。全国人口中约有一半以上以稻谷做为主食，是我国重要的商品粮，不仅供应城镇和工矿区的需要，而且还有一定数量的输出。稻谷的副产品也有广泛的用途。米糠含有大量的脂肪、蛋白质和多种维生素，除做为家畜的精饲料外，米糠又是重要的油源可以用来榨油；油脚和饼粕又可进行多方面的综合利用，制取多种轻化工产品及药剂，如亚油酸、硬脂酸、谷维素、肌醇等等；稻壳还可制取糠醛等化工原料，能适应多种经济部门的需要。因此，做好稻谷和大米的储藏工作，更好地合理地加工利用，对于保证人民生活的需要和支援国家现代化建设都有着重大意义。

目 录

一、稻谷的形态结构与类别	(1)
(一) 外部形态	(1)
(二) 内部组成	(6)
(三) 稻谷的类别	(8)
二、米的化学成分及其在储藏期间的变化	(10)
(一) 碳水化合物	(11)
(二) 蛋白质	(15)
(三) 脂类	(20)
(四) 维生素和矿物质	(24)
三、稻谷和大米上的微生物	(28)
(一) 微生物区系的形成与演替	(28)
(二) 微生物对稻谷和大米品质的影响	(33)
四、稻、米的陈化作用及蒸煮品质的鉴定方法	(40)
(一) 米的品质概述	(40)
(二) 陈化作用	(42)
(三) 大米蒸煮品质鉴定方法	(47)
五、虫害	(52)
(一) 为害类型、途径及发生条件	(52)
(二) 为害稻谷和大米的几种重要害虫	(55)
(三) 防治措施	(58)
六、稻谷和大米的通风	(66)

(一) 自然通风.....	(66)
(二) 单管机械通风.....	(69)
(三) 通风槽机械通风.....	(71)
(四) 机械通风的操作管理.....	(75)
七、稻谷和大米的干燥	(77)
(一) 水分的蒸发和平衡水分.....	(77)
(二) 日光晒粮.....	(79)
(三) 机械烘干.....	(80)
(四) 机械烘干注意事项.....	(83)
八、稻谷和大米的储藏技术	(85)
(一) 稻谷的储藏特点.....	(85)
(二) 稻谷的储藏措施.....	(89)
(三) 大米的储藏特点.....	(94)
(四) 大米的储藏措施.....	(96)

一、稻谷的形态结构与类别

稻谷籽粒的形态结构对稻谷的储藏和加工有一定的影响。例如稻粒外壳的完整性对储藏稳定性有很大关系，而加工则在于将稻粒的组成部分进行分离并加以合理利用，因此，都需要首先了解稻谷的形态结构。稻谷具有外壳（俗称大糠），去掉外壳即为糙米。糙米为果实，由于它的果皮与种皮连结一起，不易分离，这一类型的果实在植物学上叫做“颖果”。现将稻谷及糙米的外部形态及内部结构叙述于下。

（一）外部形态

1. 稻谷：稻谷一般为细长形到椭圆形。联合国粮农组织根据稻粒长度分为四类：特长粒 7 毫米以上；长粒 6 ~ 7 毫米；中间型 5 ~ 5.9 毫米；短粒 5 毫米以下。又根据稻粒的长、宽比可分为以下类型：以籼稻言，长为宽的 3 倍以上的称细长粒；2 ~ 3 倍的称中长粒；2 倍以下的称短粒。以梗稻言，长为宽的 1.8 倍以上的称大粒；1.6 ~ 1.8 倍的称中粒；1.6 倍以下的称短圆粒。国内采用后一种标准。

稻壳包括内外稃和护颖。内外稃表面有茸毛。外稃上面有五条脉，尖端称稃尖，稃尖延伸即成芒，内稃上面有三条脉，一般无芒。内外稃是由一些厚壁细胞组成。稃内含有大

量粗纤维和硅质，质地粗糙而坚硬，水分低时富有脆性，易于破裂。一般梗稻内外稃薄而组织疏松，籼稻稃厚而组织紧密；早稻比晚稻的稃薄而轻，也易破裂；未成熟的稻谷，内外稃富有韧性和弹性，不易破裂。从储藏方面分析，内外稃属稻谷的保护组织，对外界的湿、热、虫、霉的侵害有一定的保护作用。也就是说，内外稃完整、接缝紧密的稻谷的储藏稳定性大，反之就小。护颖位于稻谷基部内外稃的外面，左右各一片呈披针形，一般比内外稃短小。

稻谷的护颖、内外稃、芒所具有的颜色和特征，可作为鉴定品种的依据。内外稃有淡黄、黄、金黄、赤褐、黑褐、黄褐、紫黑等色泽。稃尖有黄、赤、赤褐、淡褐、淡紫、深紫等色泽。护颖有黄、赤、赤褐、紫等色泽。芒有黄、浅红、褐红、紫褐等色泽。储藏稻谷种子时，要注意这些特点，防止品种混杂。

2. 糙米：糙米形态与稻粒相似，一般为细长形到椭圆形。色泽为白色、黄色或半透明的黄白色，少数品种为红色或紫黑色。糙米扁平面有二条纵沟，背部也有一条纵沟，都是内外稃的脉迹。纵沟深的，加工时不易精白。大米变质时，纵沟变化明显，沟纹现白线，俗称“起筋”，米粒顶端有一黑色小点为花柱迹，不是霉点。

糙米由果皮、种皮、糊粉层、胚和胚乳所组成。果皮、种皮和糊粉层俗称米糠。去除这一部分即为胚和胚乳。胚位于米粒的腹部下端，胚由胚芽、胚茎、胚根、子叶等部分组成（见图1）。胚与胚乳连接不甚紧密，在碾白时较易脱落，所以加工精度高的大米，胚部甚至全部脱落。这种大米实际

就等于胚乳。

米粒腹部常有不透明的白斑，称为“腹白”。

白斑如在米粒中心部分，就称为“心白”。一般腹

白是由于生长过程中气温低，雨量大以及肥料不足

而形成的。但腹白的产生也与品种有关。一般粳稻

腹白较少，籼稻中的早籼腹白较多。腹白部分组织

松散，淀粉粒之间空隙较多，内部充满空气，呈不

透明白粉状。有腹白的，米质不良，而且由于腹白

部组织松散，在加工过程中，腹白度大的容易产生碎米，出米率低。

稻谷成熟度不够，米粒中含有叶绿素的称为“青米”。透明的称为“活青”，不透明的称为“死青”。一般在晚熟、早割或倒伏情况下或成熟过程中遇到低温、风害、水淹等灾害时，均易发生青米。青米中以死青品质差，吸湿性强，不易储藏，一般视同杂质。青米所含叶绿素可因日光照射而分解。因此收割后经充分曝晒，可以减少青米。

稻谷在不适当的收割和储藏条件下，能使米粒色泽变成浅黄以至褐色。变色部位由米粒表层变色以至全粒变色。这

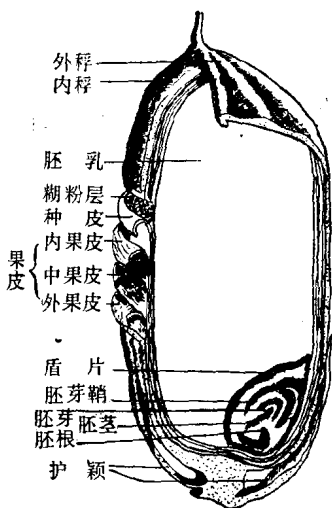


图1 稻谷的形态结构

种变色米粒一般称为“黄粒”，在我国南方广大产稻区几乎普遍存在。产生黄粒的原因历来有两种论点。一种认为米粒变黄是由于大米中的成分，主要是葡萄糖和氨基酸在一定的水分、温度条件下发生了化学反应，产生了有色物质使米粒变黄。这种现象在食品科学方面通常叫做非酶促褐变反应，有的资料上也叫做美拉德（Maillard）型反应。另一论点认为黄粒是由微生物引起的，由微生物造成的黄粒往往使大米带毒，因此引起人们极大的重视。这一方面在介绍微生物的章节中，再予阐述。

非酶促褐变现象，在大米及一般含淀粉食品的加工、储藏中经常可以发现。也就是说凡是含有羰基和氨基的物质，在储藏过程中，都有可能发生褐变反应，使食品带有特殊颜色。不同氨基化合物与羰基化合物发生褐变反应，产生从黄到褐的不同颜色。如果以葡萄糖和甘氨酸为例，两者反应缩合为葡萄糖基甘氨酸。经过移位作用变成氨基还原酮，进而变成果糖基甘氨酸。氨基还原酮还可以自动氧化生成葡萄糖酮醛；也可以分解生成3-脱氧葡萄糖酮醛，进而生成糠醛。这些生成物都是非常易于反应的羰基化合物，它们既可聚合生成褐色物质，又可继续与氨基化合物反应，加速褐变过程。大米含有还原糖和蛋白质及其分解产物，具备了褐变反应的基础。大米蛋白质主要存于糊粉层及胚部等外围部分，所以大米发生褐变反应，一定使米粒表面呈现一层特征性黄褐色，并以胚部最显著。早在三十年代已经有人提到：“稻谷、糙米储藏愈久，不仅精碾困难，而且常呈褐色。这样的米煮成的米饭亦成褐色。”至于影响褐变的条件，自1967年以来西

德谷物化学研究所将四个品种的大米分别储藏在 2°C 、 20°C 和 35°C 的各种气控条件下。在 2°C 和 20°C 储藏的大米都没有或基本没有变色，而在 35°C 储藏的大米则出现不同程度的黄色。经过研究认为储藏在 35°C 的大米颜色变黄，是大米蛋白质同还原糖发生非酶促褐变反应引起的。因此，黄粒的发生，由非酶促褐变反应所造成是完全有可能的。有的资料甚至提出褐变发生于微生物生长之前。但是粮食都是载菌的，由于微生物的交叉作用，致使大米的黄变增加了复杂性。

大米发生黄变，米中的氨基酸、还原糖等被消耗，蛋白质的溶解性和消化率降低，不仅色泽变黄而且香味和食味都发生不良变化，因而防止大米黄变是十分重要的。如果稻谷收割时能及时进行脱粒整晒、稻谷或大米进入储藏后，保持低温干燥，这样就能有效地防止黄变发生。

稻谷脱壳后，米粒上若出现裂纹就称为爆腰粒。爆腰米粒占试样的百分数便称为爆腰率。稻谷爆腰后，加工时碎米增加，出米率降低；加工后的大米商品价值低且难于保管。稻谷产生爆腰的原因主要是在干燥过程中操作不当，发生急热、急干现象，使米粒内外收缩，失去平衡而形成的。在储藏实践中，大米由于急剧吸湿或骤冷骤热也能造成爆腰，但这一情况的出现，一般与品种特性有关。在急速干燥的情况下，米粒外层失水快，内部水分向外转移慢，因而在米粒内部和外部形成较大的湿度梯度，促使内部水分沿着毛细管外渗，但外部毛细管因干燥而收缩变小，也即是米粒表层的“硬化”阻碍了水分的渗出，内部水分因外移而对毛细管壁发生一种“楔力”，在胚乳脆弱，机械强度较差而湿度梯度

又最大的地方就会首先爆裂。大米在急剧吸湿过程中，因外部吸涨快，内部吸涨慢，水分沿毛细管向内渗入受阻而产生“楔力”，形成爆腰。一般产生裂纹的部位以米粒腰部较多，两端较少，这是因为在腰部的湿度梯度大，毛细管“楔力”大，特别是腹面组织疏松，最易爆裂。不同大米中以粒型短圆的粳米最易爆腰。在储藏实践中，特别是对稻谷烘干或大米曝晒，要注意防止爆腰粒的产生。

（二）内部组成

稻壳约占稻谷重量的18~20%，糙米则占80~82%。糙米各个组成部分的重量比大致是：果皮为1~2%，种皮和糊粉层为4~6%，胚为2~3%，胚乳为89~94%。胚部的各组成部分占全粒的重量比大致是：外胚叶为0.26%，胚根鞘为0.18%，胚芽为0.34，胚根为0.18%，盾片为1.18~1.4%。有的研究资料提出，果皮、种皮和糊粉层占全粒的重量比约为6.5%，盾片约为2.0~2.1%，胚为0.8~1.1%，胚乳为90.4~90.6%。从以上资料可以看出，糙米中以胚乳所占比重最大，一般达90%以上。特别是糙米经过碾白，去掉糠层（包括果皮种皮和糊粉层）和胚成为白米（大米），几乎全为胚乳，胚乳是构成粮食的主体。胚部所占比重很小，但它是生命活动最旺盛的部分，变质、生霉总是先由胚部开始。糠层含有较多的油和可溶性物质，储藏时也不稳定，所以精度高的大米，储藏稳定性较大，较耐储藏。现将内部组成成分述于下。

1. 果皮、种皮：果皮分外、中、内三层为管状细胞所构

成。含有纤维素、半纤维素和蛋白质等。果皮下面为种皮分两层，称外种皮和内种皮。种皮为薄壁细胞所组成，含有半纤维素、脂肪、蛋白质以及色素等物质。

2. **糊粉层**：内种皮下面为糊粉层，它也是胚乳的最外层。糊粉层由一到七层细胞组成，一般背部的较腹部的糊粉层厚。不同类型的糙米，糊粉层厚度也不一样。短圆粒的细胞层次多于细长粒。糊粉层是由近于方形的薄壁细胞所组成，细胞中充塞着小的富于蛋白质的糊粉粒，并为脂类物质组成的外鞘所包围。

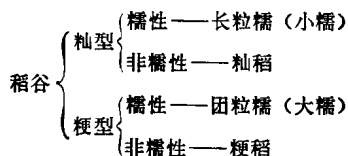
3. **胚**：胚很小，位于腹部下端。胚芽和胚根由很短的胚茎连接并为一团软组织所保护。胚轴紧靠盾片一边，盾片紧接胚乳。胚芽鞘被盾片和外胚叶所包围。胚芽和胚根是由方形、多边形或长形薄壁细胞所组成，这些细胞内充塞着小的蛋白质粒和脂肪球。盾片的功能是作为吸收和输送营养的器官，萌发时即将胚乳营养输送给胚。

4. **淀粉胚乳**：一般为长形放射状薄壁细胞组成，含有淀粉粒和一些蛋白质体。大米淀粉粒是多角形的复合体，大小范围在2~10微米（一微米是千分之一毫米）。淀粉粒成为多面体的原因可能是米粒在发育过程中，淀粉粒相互挤压的结果。糯性和非糯性淀粉具有同样形状和大小的淀粉粒。淀粉胚乳外围部分细胞内的淀粉粒较小（2~4微米），被稠密的蛋白质所包围；中心部分较大（5~9微米），形成复合淀粉粒。胚部含有很少的淀粉粒，主要集中于盾片处。胚乳中的蛋白质是以分散的蛋白质体的形式存在。蛋白质体集中于胚乳外围部分的细胞内，大小约1微米；中心部分较少，大

小约 2~3 微米。用电子显微镜观察，蛋白质体具有层次结构，外面有膜，里面有极细的蛋白质颗粒。

(三) 稻谷的类别

在粮食业务方面一般根据稻谷的性质及粒形的不同，可分为粳稻和籼稻两大类。粳稻性粘，米粒短而圆；籼稻粘性差，粒形长而窄。粳稻和籼稻又因生长期不同而分为早稻、中稻、晚稻三类。早稻生长期短，米粒性质脆弱，加工时容易产生碎米；晚稻生长期长，米粒性质坚硬，加工时产生碎米较少；中稻生长期介于两者之间，性质也介于早晚稻之间。根据粳、籼稻的质地又有糯性和非糯性之分，它们之间的关系可表示于下：



籼、粳、糯稻在形态及性质方面的区别见表 1。

米的胀性与粘性直接关系到稻谷的食用品质。籼米与粳米粘性的不同主要决定于它们的淀粉组成。这是因为淀粉粒是由直链淀粉和支链淀粉两部分组成的。支链淀粉富于粘性，在蒸煮过程中能完全糊化成粘稠的糊状；直链淀粉只能形成粘度较低的糊状。所以含有大量直链淀粉的米粒在过分蒸煮时也很难粘稠。一般籼米与粳米比较含有较多的直链淀粉，这就可以说明籼米粘性小于粳米的原因。至于糯米几乎含有 100% 的支链淀粉，所以粘性最大。但在不同品种间粘性的

表 1

粳、粳、糯稻的区别

	粳 稻	粳 稻	糯 稻
稻粒形状	细长	短圆	随粳粳型
稃上茸毛	稀而短	浓密	随粳粳型
稻芒	大多无芒	大多有芒	随粳粳型
出糙率	较低	较高	随粳粳型
腹白(米)	大	小	没有
透明度(米)	半透明	透明或半透明	通常不透明
胀性(米)	大(1:3)	中(1:2.5)	小
粘性(米)	小	中	大
硬度(米)	中	大	小
色泽(米)	灰白无光	蜡白有光泽	乳白
沟纹(米)	稍明显	明显	不明显

差异也很大，同时环境条件对大米的粘性也有影响。据研究结穗期的高温可能是造成直链淀粉降低的因素，而低温能导致米粒直链淀粉含量的增加。粳米与粳米胀性的差别虽与淀粉有关，因淀粉能吸水膨胀，但直接影响的因素还不是直链淀粉与支链淀粉的关系。一般大米淀粉体积蒸煮时能涨大六十倍，但米粒的膨胀不会超出四倍，这就说明米粒内的非淀粉成分显然有阻止膨胀的作用。因此米的胀性主要决定于吸水能力，吸水能力与米粒的表面作用有关。长粒大米的表面积比短圆粒大，因而吸水能力也大。一般粳米都属长粒因而吸水能力大于粳米，胀性也大于粳米。

二、米的化学成分及其在 储藏期间的变化

化学成分是构成粮食的基础物质。各种粮食所含化学成分种类的不同以及它们之间量与质的不同,对粮食的营养价值和品质有着重要的影响。粮食储藏的任务,虽然,首先是保证数量上不受损失,但归根到底是要保持其化学成分的完整性,使品质不致降低,才能起到适应人体营养需要的作用。粮食中的化学成分以大米的变化较大。如何保持大米品质,为广大人民提供新鲜适口的大米,是一个重要的课题。而了解大米的成分及其变化是做好大米储藏工作不可缺少的基础知识。有关这方面的研究资料,现作简要介绍。

大米化学成分的组成和特性因品种和生长条件的不同而有差异。对大米化学成分的研究,以往着重研究整个米粒的某项成分的平均含量;现代的研究则着重于分析米粒各个组成部分的成分含量。这样做不仅是因为米粒的外层和内部所含的成分,在数量上有明显的差别,而且更重要的是米粒外层的成分和特性最易发生变化。这是因为大米外层组织所含有的成分为糖类、游离氨基酸、蛋白质、游离脂肪酸和酶等都是易于变化的物质。而且米粒表层细胞的完整性因加工而失去,也增加了一些成分变化的机会。此外,微生物也大量集中于米粒的外层区域,这就使外层更易发生变化。因此,分析米

粒外层的成分能较确切的反映大米在储藏中的变化情况。如用米粒的平均成分分析，就有可能掩盖了某些已发生的变化或使其变化表现不显著。这种分层研究的方法是对大米化学成分研究方面的一项重要进展。但对米粒的分层是一项较难掌握的技术，各个部分经常发生混杂。因此所得的数据，只能看作是近似值。表2所列的数值就是表明各部分所含成分的差别，其中糠层是专指糙米的皮层部分，米粃是指大于糠粉小于碎米的颗粒，包括皮层的内层和部分胚及部分胚乳。

表2 米粒及其组成部分所含主要成分的
近似值（%干基）

类 别	蛋 白 质 (NX5.95)	脂 肪	纤 维 素	灰 分	碳水化合物
糙 米	7.6—10.4	1.8—2.8	0.2—0.9	1.1—1.8	74.5—83.4
大 米	6.5—9.6	0.3—1.1	0.4—1.0	0.5—1.9	86.9—89.8
糠 层	13.1—15.2	17.5—21.7	9.6—13.1	9.6—12.2	40.9—49.1
胚	18.4—22.0	16.6—24.7	2.0—3.8	6.1—10.0	39.5—55.5
米 粃	12.8—16.4	8.8—15.3	2.1—5.3	5.0—9.3	53.7—71.3

上表数据可以明显看出，米粒各个部分所含主要成分的差别，并可为开展合理利用提供依据。现再将米粒中各主要成分的分布、含量、特性及其变化分述于下：

（一）碳水化合物

碳水化合物是粮食的主要成分。它主要由碳、氢、氧三种元素所组成。碳水化合物也称为糖类，其中由一个糖分子构成的叫单糖（如葡萄糖、果糖等）；由二个糖分子构成的