

GUWU YU GUWU HUAXUE GAILUN

谷物与 谷物化学概论

国娜 和秀广 等著



化学工业出版社

前言
第一章 绪论
第二章 谷物化学的概述
第三章 谷物的化学成分
第四章 谷物的营养价值
第五章 谷物的加工与贮藏
第六章 谷物的化学变化
第七章 谷物化学的研究进展
第八章 谷物化学的应用
第九章 谷物化学的展望
第十章 参考文献
附录
索引

GUWU YU GUWU HUAXUE GAILUN

谷物与 谷物化学概论

国娜 和秀广 等著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从宏观和微观角度研究谷物外部形态特征、种类变化,化学成分的结构、性质、功能及谷物在加工和储藏过程中发生的物理、化学和生物化学变化,为改善谷物品质、开发食品新资源、革新食品加工工艺和储运技术、科学调整膳食结构、加强食品品质控制及提高食品原料加工和综合利用水平提供理论依据。

本书注重理论与实践相结合,具有较强的实用性和适用性。适合大中专院校粮食工程类专业的学生学习,也可供粮食工程类专业技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

谷物与谷物化学概论/国娜等著. —北京:化学工业出版社, 2017.9

ISBN 978-7-122-30122-2

I. ①谷… II. ①国… III. ①谷物-概论②谷物化学-概论 IV. ①S37②TS210.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第157565号

责任编辑:张彦

责任校对:边涛

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:北京国马印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张13 $\frac{3}{4}$ 字数338千字 2017年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00元

版权所有 违者必究

谷物主要是指禾本科植物的种子，系粮食作物的总称。作为一种具有战略意义的特殊商品——谷物，是国家安全战略的重要组成部分，对国民经济的稳定发展具有重要的战略意义。

谷物与谷物化学是研究各类谷物的物理、生理生化性质和谷物的合理利用的一门学科。本书从宏观和微观角度研究谷物外部形态特征、种类变化，化学成分的结构、性质、功能及谷物在加工和储藏过程中发生的物理、化学和生物化学变化，为改善谷物品质、开发食品新资源、革新食品加工工艺和储运技术、科学调整膳食结构、加强食品品质控制及提高食品原料加工和综合利用水平提供理论依据。

本书内容完整，浅显易懂，实用性强，注重理论与实践相结合，增设了实验实训操作技术的内容（8个实验），具有较强的适用性。为了便于读者自学和练习，每章后附有练习，附录中附有综合测试题、各章练习及综合测试答案。本书适用于大专院校粮食工程类专业的学生学习，也可供粮食工程类专业技术人员参考使用。

全书共十章，包括导论、谷物子粒结构与化学成分、谷物中的糖类、谷物中的脂类、谷物中的蛋白质、谷物中的酶类、谷物中的维生素、谷物中的水分和矿物质、谷物在储藏和加工过程中的变化、实验操作技术等内容。

本书由国娜、和秀广、朱莹、张甄撰写，国娜统稿。国娜撰写第二、第三、第四、第八、第九、第十章；和秀广撰写第一、第五、第六和第七章；张甄撰写第二、第三、第四和第五章练习及其答案；朱莹撰写第六、第七、第八、第九章练习和综合测试（一）~（三）及其答案。

本书在研究撰写过程中得到参与者所在单位的大力支持，在此表示感谢。笔者还向有关参考文献的专家、学者表示衷心感谢。

由于笔者水平有限，书中有不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

著者

2017年6月于哈尔滨

第一章 导论	1
第一节 谷物与谷物化学的概念与研究的意义.....	1
一、谷物与谷物化学的概念.....	1
二、谷物与谷物化学与其他学科的关系及研究意义.....	2
第二节 《谷物与谷物化学概论》研究的内容和学习方法.....	3
一、《谷物与谷物化学概论》研究的内容.....	3
二、《谷物与谷物化学概论》学习方法.....	3
第二章 谷物子粒结构与化学成分	5
第一节 概述.....	5
一、粮油的分类.....	5
二、粮油子粒的基本结构.....	7
第二节 主要谷物子粒形态与结构.....	8
一、稻谷.....	8
二、小麦.....	9
三、玉米.....	11
四、大豆.....	12
五、花生.....	13
六、油菜籽.....	14
七、高粱.....	14
八、芝麻.....	15
第三节 谷物的主要化学成分及分布.....	16
一、谷物化学成分.....	16
二、谷物中化学成分的含量及分布.....	16
本章练习.....	18
第三章 谷物中的糖类	21
第一节 概述.....	21
一、糖类化合物的概念.....	21
二、糖类物质的分类.....	22
第二节 单糖.....	22
一、单糖的结构.....	23

二、单糖的性质	26
第三节 低聚糖	32
一、谷物中常见的低聚糖	32
二、低聚糖的主要性质	34
三、谷物中的还原糖对谷物储藏特性的影响	35
第四节 多糖	35
一、淀粉	36
二、纤维素与半纤维素	41
三、果胶类物质	42
本章练习	44

第四章 谷物中的脂类 47

第一节 概述	47
一、脂类的概念	47
二、脂类的分类	48
三、脂类物质的生理意义	48
第二节 脂肪	49
一、脂肪的结构与化学组成	49
二、脂肪酸及脂肪的性质	51
三、油脂的乳化	58
第三节 类脂	58
一、磷脂	59
二、固醇	62
三、蜡	62
四、脂溶性色素	63
本章练习	64

第五章 谷物中的蛋白质 67

第一节 概述	67
一、蛋白质的化学组成	67
二、蛋白质的含量及分布	68
三、蛋白质的生物学意义	68
第二节 氨基酸	69
一、氨基酸的结构	69
二、氨基酸的分类	70
三、氨基酸的理化性质	73
第三节 蛋白质结构	76
一、蛋白质的一级结构	76
二、蛋白质的二级结构	77
三、蛋白质的三级结构	79

四、蛋白质的四级结构	80
第四节 蛋白质性质	80
一、蛋白质的两性电离和等电点	80
二、蛋白质的胶体性质	81
三、蛋白质的沉淀作用	82
四、蛋白质的变性作用	83
五、蛋白质的颜色反应	84
第五节 蛋白质分类	85
一、根据分子形状分类	85
二、根据分子组成和溶解度分类	85
三、根据营养学分类	87
第六节 粮食中的蛋白质	87
一、小麦蛋白质	87
二、玉米蛋白质	88
三、大豆蛋白质	88
四、稻谷蛋白质	89
本章练习	89

第六章 谷物中的酶类 92

第一节 概述	92
一、酶的概念	92
二、酶的化学本质	93
三、酶的催化特点	94
第二节 酶的化学组成与结构	96
一、酶的化学组成	96
二、酶的结构	96
第三节 酶的命名与分类	97
一、酶的命名	97
二、酶的分类	98
第四节 酶催化反应的机理	101
一、酶的催化作用与分子活化能	101
二、中间产物学说	101
三、诱导契合学说	102
四、酶原激活	102
第五节 影响酶促反应的因素	103
一、酶促反应速率的测定	103
二、酶浓度对酶促反应速率的影响	103
三、底物浓度对酶促反应速率的影响	104
四、温度对酶促反应速率的影响	106
五、pH 对酶促反应速率的影响	106

六、激活剂对酶促反应速率的影响	107
七、抑制剂对酶促反应速率的影响	107
第六节 谷物中重要的酶	110
一、淀粉酶	110
二、酯酶	112
三、蛋白酶	113
四、氧化还原酶	114
本章练习	115

第七章 谷物中的维生素 119

第一节 概述	119
一、维生素的概念	119
二、维生素的分类和命名	119
第二节 脂溶性维生素	120
一、维生素 A	120
二、维生素 D	121
三、维生素 E	122
四、维生素 K	123
第三节 水溶性维生素	124
一、B 族维生素	124
二、维生素 C	133
本章练习	134

第八章 谷物中的水分和矿物质 138

第一节 谷物中的水分	138
一、水的生物功能	138
二、水分的存在状态	139
三、谷物的平衡水分	140
四、粮食的安全水分	141
五、水分活度	141
六、水分对谷物储藏和加工的影响	143
第二节 谷物中的矿物质	144
一、谷物中矿物质的含量与分布	144
二、矿物质的生理功能	145
三、矿物质含量与谷物加工的关系	145
四、几种重要的矿物质元素	146
本章练习	148

第九章 谷物在储藏和加工过程中的变化 151

第一节 谷物在储藏过程中的变化	151
-----------------	-----

一、影响谷物劣变的因素	151
二、谷物的呼吸作用	152
三、谷物主要化学成分在储藏期间的变化	156
第二节 谷物在加工过程中的变化	159
一、制米过程中化学成分的变化	159
二、小麦制粉过程中化学成分的变化	160
本章练习	161

第十章 实验操作技术 164

实验一 蔗糖和淀粉的水解	164
实验二 动植物油脂中不饱和脂肪酸的比较实验	165
实验三 油脂酸值的测定	166
实验四 蛋白质的沉淀反应	168
实验五 氨基酸的纸色谱	170
实验六 酶的底物专一性实验	172
实验七 温度和 pH 对酶活性的影响	174
实验八 维生素 B ₁ 的定性试验	176

附录一 综合测试 178

综合测试 (一)	178
综合测试 (二)	181
综合测试 (三)	184

附录二 各章练习及综合测试答案 188

第二章 练习答案	188
第三章 练习答案	190
第四章 练习答案	192
第五章 练习答案	194
第六章 练习答案	197
第七章 练习答案	199
第八章 练习答案	202
第九章 练习答案	204
综合测试 (一) 答案	206
综合测试 (二) 答案	208
综合测试 (三) 答案	209

参考文献 211

第一章 导论



研究要点

1. 谷物与谷物化学的概念与研究的意义
2. 《谷物与谷物化学概论》研究的内容和学习方法

第一节 谷物与谷物化学的概念与研究的意义

一、谷物与谷物化学的概念

人类在漫长的演变及发展过程中，一直把植物性食物作为一个重要的营养来源。当人类发展到一定阶段后，植物种植经济替代了植物采集经济。一些植物因被人们选作主食食料，经过世世代代的栽培而成了粮食作物。

人们种植粮食作物主要是以收获成熟果实为目的。这些成熟果实分为谷物、豆类、油料和薯类。其中谷物主要是指禾本科植物的种子，系粮食作物的总称。它包括稻谷、小麦、玉米及其他杂粮（如小米、黑米、荞麦、燕麦、薏仁米、高粱等）。谷物通过加工成为主食，为人类提供 50%~80% 的热能、40%~70% 的蛋白质、60% 以上的维生素 B₁，同时也提供一定量的无机盐。谷类因种类、品种、生长条件和加工方法的不同，其营养成分的含量有很大的差别。

豆类和油料本不属于谷物范畴，但由于它同谷物栽培方法相近，其果实具有很高的营养价值，食用中也同谷物密切相关，在我国又是与谷物共同经营的，因此，我们把油料和豆类也作为本书的内容加以研究。

作为我国人的传统饮食——谷物，几千年来一直是人们餐桌上不可缺少的食物之一，在我国的膳食中占有重要的地位，被当作传统的主食。据近年来的估算，谷物占世界食品总产量的 60% 以上。尽管在一些国家，特别是工业化国家中，谷物的产品消耗相对减少，但谷物在人类营养摄取中的重要作用仍保持不变，这归功于谷物所具有的高能量、良好的耐储存性以及谷物品种的多样化。

谷物化学是研究各类谷物的物理、生理生化性质和谷物的合理利用的一门学科。从宏观和微观角度研究谷物外部形态特征、种类变化、化学成分的结构、性质、功能及谷物在储藏和加工过程中发生的物理、化学和生物化学变化。同时为改善谷物品质、开发食品新资源、改进食品加工工艺和储运技术、科学调整膳食结构、加强食品品质控制及提高食品原料加工和综合利用水平等奠定理论基础。

二、谷物与谷物化学与其他学科的关系及研究意义

(一) 谷物与谷物化学与其他学科的关系

谷物与谷物化学是食品科学的一个重要组成部分。它的研究是以物理学、化学为基础，在许多方面都涉及生物学、育种学、畜牧学、粮油储藏学、粮油检验、粮油加工、饲料加工以及粮食安全等农业学科（图 1-1）。特别是谷物作为人类的主食或副食，它与人体营养学有着最为密切的联系。

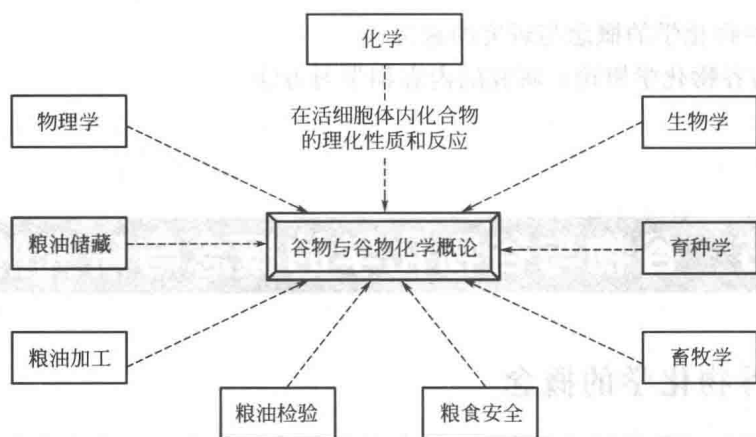


图 1-1 谷物与谷物化学与其他学科关系示意

谷物与谷物化学有它自己需要研究和解决的特殊问题，这些问题对于谷物储藏和加工是至关重要的。与生物科学相比，谷物科学更关注以下几点。

- ① 谷物中各种物质所固有的特性和变化规律。
- ② 环境因素对谷物中各种物质的影响。
- ③ 在储藏和加工条件下，谷物中各组分可能发生的物理、化学和生物化学变化以及这些变化对食品品质的影响。

生物科学的主要关注点则是在与生命相适应的环境条件下，生物所进行的生长、繁殖和变化。

如上所述，可以认为现代的谷物与谷物化学已成为一个综合性的学科。谷物科学在近年中发展很快，究其原因，一方面它受益于其他相关学科如生物化学、分子生物学等的快速发展；另一方面则受到世界人口增多，人类普遍要求提高生活水平和改善营养条件的压力所致。

(二) 《谷物与谷物化学概论》研究的意义

谷物是人类赖以生存的生活物质，是人类发展的重要物质基础。“民以食为天，国以粮为本”，我国是一个农业大国和粮食生产、消费大国，我国国民的食物结构以植物

蛋白为主，直接消费的谷物所占比例较大，由谷物转化为肉、蛋、奶的消费量较少。谷物是食品工业的重要基础原料，无论是直接消费还是间接转化后消费，它与人类的密切程度是其他商品无法替代的。谷物作为一种特殊商品，是国家安全战略的重要组成部分，对国民经济的稳定发展具有重要的战略意义。研究谷物及其加工制品的物理、化学和生物学特性，对指导谷物安全储藏和谷物加工具有重要的意义，同时对其他许多领域的发展都有深远的影响。

《谷物与谷物化学概论》就是要阐明谷物在储藏、加工等过程中各种营养成分的结构、性质、变化和对人体健康的影响，为谷物储藏及加工工艺、新技术和新产品的研究与开发、膳食结构的科学调理和食品包装的改进等提供理论依据。随着科技的进步和基础学科在食品科学方面的应用，谷物与谷物化学在揭示食品营养方面有了较快发展，谷物中有毒、有害成分的研究，已成为保障食品质量与安全的理论基础。由此可见，谷物与谷物化学在食品科学中有着重要的作用。

第二节 《谷物与谷物化学概论》 研究的内容和学习方法

一、《谷物与谷物化学概论》研究的内容

全书共十章。第一部分介绍了粮油的分类、谷物子粒构造、化学成分及分布等情况；第二部分介绍了谷物中的糖类、脂类、蛋白质、酶类、维生素、水分和矿物质等营养成分的结构、性质及功能；第三部分从谷物储藏和加工的角度介绍了谷物在储藏和加工过程中营养成分的变化规律；第四部分介绍了常用的谷物与谷物化学实验。为了使学习者能更好地掌握所学的知识，本教材各章均附有习题，书后附有综合测试题及答案。

二、《谷物与谷物化学概论》学习方法

《谷物与谷物化学概论》是粮食工程类专业的专业基础课程。学习本课程应具备无机及分析化学、有机化学等基本知识，并为后续课程如粮食微生物、储粮害虫与防治技术、粮油储藏技术、粮油检验技术、粮油质量安全管理、粮油加工技术、饲料加工技术等奠定基础。

《谷物与谷物化学概论》学习方法不同于《无机化学》和《有机化学》等基础化学学科，它既不以周期系为体系，也不以官能团性质为体系，而是以谷物生物学功能为体系来研究谷物生物体系的化学组成及其性质，从生物整体功能协调的基础上来认识机体内的静态和动态变化过程。谷物体系中的化学反应都是多步骤、相互联系的过程，这就要求我们用新的学习方法来掌握新的知识。因此，在学习过程中首先要确立谷物生理功能是谷物生物体系中成分分类的基本出发点；其次要知道谷物生物体系中的反应是分阶段、分步骤的过程；再次要建立谷物化学反应过程中相互联系和相互制约的关系。在学习方法上要善于运用“归纳、对比与分析”，经过归纳、对比与分析，从而使知识点便于理解和记忆。如食物中的成分是多种多样的，根据其溶解特性可归纳为水溶性及脂溶性两类；生物体内各种反应数以千计，可归纳为分解反应与合成反应两大类等。学习者学习时要注意复习，这样既有利于原有知识的加深巩固，又有利于新知识的理解与记忆。

《谷物与谷物化学概论》也是一门实验性较强的学科，它运用了化学学科中的实验手段与方法来分析谷物的组成成分以及在机体内所发生的各种化学变化。通过实验学生不但可以掌握基本操作技能，提高分析问题和解决问题的能力，同时可以帮助学生更好地理解所学的基本知识和基本理论。因此，学生必须对实验课给予高度重视，并按要求完成各项实验内容。

《谷物与谷物化学概论》是“谷物与谷物化学”专业的一门专业基础课。本课程的主要任务是使学生掌握谷物化学的基本概念、基本原理和基本实验技能，为后续课程的学习打下良好的基础。本课程的教学内容主要包括：谷物的化学成分、谷物的化学性质、谷物的化学变化、谷物的化学分析等。本课程的教学方法采用讲授法、实验法和讨论法相结合的方式进行。通过本课程的学习，使学生能够了解谷物的化学组成和性质，掌握谷物化学的基本实验技能，为后续课程的学习打下良好的基础。



《谷物与谷物化学概论》第二版由中国农业大学出版社出版。本书在编写过程中，参考了国内外有关谷物化学的最新研究成果，力求做到概念清晰、重点突出、循序渐进、由浅入深。本书可作为农业院校相关专业本科生的教材，也可供从事谷物化学研究的科技人员参考。

本书共分五章。第一章介绍谷物的化学成分和化学性质；第二章介绍谷物的化学变化；第三章介绍谷物的化学分析；第四章介绍谷物的化学应用；第五章介绍谷物化学的研究进展。本书在编写过程中，力求做到概念清晰、重点突出、循序渐进、由浅入深。本书可作为农业院校相关专业本科生的教材，也可供从事谷物化学研究的科技人员参考。

第二章 谷物子粒结构与化学成分



研究要点

1. 粮油的分类及粮油子粒的基本结构
2. 主要谷物子粒形态与结构
3. 谷物的主要化学成分及其分布

第一节 概 述

一、粮油的分类

粮油通常是指谷物、油料及其初加工品的总称。根据粮油商品的性质、用途，通常可将其分为粮食、油料与油脂、粮油副产品和粮油食品四大类。

粮油的分类如图 2-1 所示。

(一) 粮食

粮食是人类主食食料的统称，它包括原粮和成品粮。

1. 原粮

原粮是指收获后尚未经过加工的粮食的统称。按照它们的某些植物学特征和化学成分以及用途的不同，又可分为谷类、豆类和薯类。

(1) 谷类 如稻谷、小麦、玉米、大麦、燕麦、高粱、粟、黍（稷）等。它们有发达的胚乳，内含丰富的淀粉，一般作为主食食用。

(2) 豆类 如大豆、花生、蚕豆、豌豆、绿豆、小豆等。它们的种子无胚乳，但有两片发达的子叶，内含丰富的蛋白质、脂肪或淀粉。豆类在我国一般作为副食食用。大豆、花生因含油量多，通常也将其列为油料。

(3) 薯类 主要是指甘薯、马铃薯和木薯。它们新鲜的块根或块茎中含有大量的水分，主要成分是淀粉。它们既可作为主食，也可作为蔬菜，但木薯需脱毒处理后才能食用。



图 2-1 粮油分类示意

2. 成品粮

成品粮是原粮经过碾、磨加工而成的，符合一定质量标准的粮食成品。例如，大米、小麦粉、小米、黍米等。

对于一些不需经过加工即可直接蒸煮食用的粮食，如豆类，既可归属于原粮，也可归属于成品粮。

(二) 油料与油脂

1. 油料

油料是指用来制取油脂的植物原料。它们的共同特点是子粒内（主要是子叶）含有丰富的脂肪。油料的种类很多，通常有以下分类方式。

(1) 按用途分 可分为食用油料和非食用油料（或称工业用油料）。

食用油料是指可用于制取食用油脂的原料，如油菜籽、大豆、芝麻、花生、棉籽、小麦胚、玉米胚、米糠等。

非食用油料是指制取的油脂因有异味或毒素不宜供人食用而只适宜工业用途的油料，如桐籽、乌柏籽、蓖麻籽等。

(2) 按植物学特征分 可分为草本油料和木本油料。

草本油料是指由草本植物所生产的油料，如油菜籽、大豆、花生、芝麻、葵花籽、蓖麻籽等，在我国 90% 以上的油料是草本油料。

木本油料是指由乔木或灌木所生产的油料，如油茶籽、油橄榄、乌柏籽等。

2. 油脂

油脂是油料经压榨或浸提等工艺制取得的符合一定质量标准的油脂成品。与油料的分类相对应，油脂也可以分为食用油脂和非食用油脂两类。

(三) 粮油副产品

粮油副产品是指粮油经加工除主产品以外的其他产物。它可分为粮食副产品和油脂副产



品 2 大类。

(1) 粮食副产品 如米糠、米粃、麸皮等。

(2) 油脂副产品 如各类饼粕、油脚提取物等。

(四) 粮油食品

粮油食品是指以粮食或粮油副产品为原料加工而成的食品。它可以分为以下五大类。

(1) 米面食品 如米粉、各式面条、年糕等。

(2) 焙烤食品 如面包、饼干等。

(3) 发酵食品 如酱油、醋、味精、发酵酒类。

(4) 淀粉食品 如粉丝、食用淀粉等。

(5) 植物蛋白食品 如豆腐制品、面筋等。

二、粮油子粒的基本结构

粮油种类繁多，子粒的形状、大小、色泽等复杂多样，但粮油子粒的基本结构是相同的，即每个子粒都是由皮层、胚乳和胚三部分组成的。

(一) 皮层

果皮和种皮合称皮层。果实的外围皮层是果皮，种子的外围皮层是种皮。对于果实，在果皮以内还有种皮。果皮和种皮的厚薄、色泽、层次等因粮油种类的不同而有较大的差异。

(1) 果皮 一般可分为外果皮、中果皮和内果皮。外果皮通常由 1~2 层表皮细胞组成，常有茸毛和气孔，可依茸毛的有无和多少来确定品种。如硬粒小麦，上端无茸毛或不明显，而普通小麦茸毛很长。中果皮大多数只有一薄层；内果皮则由一至数层细胞组成。稻谷、小麦、玉米、高粱等禾谷类粮食的果皮分化不明显。果皮有颜色，是由于花青素或其他杂色体存在导致的。未成熟的果实中含有大量叶绿素。

(2) 种皮 可分为外种皮和内种皮。外种皮革质、坚韧、质厚；内种皮多呈薄膜状。禾谷类粮食子粒到成熟时种皮只有残留痕迹，而豆类的种皮则比较发达。

果皮、种皮包裹着胚和胚乳，对湿、热、虫、霉有一定的抵御作用，可保护胚和胚乳免遭或缓遭不良环境的影响，这就是原粮比相应的成品粮容易保管的原因所在。

(二) 胚乳

胚乳是谷类粮食养分的储存场所，为禾谷类粮食子粒萌动发芽时提供生长的养料，也是人类食用的主要部分。

谷类粮食的胚乳很发达，其中富含淀粉、蛋白质。在胚乳贴近种皮的部位，有一层组织叫糊粉层，含有较多的蛋白质，又叫蛋白层。

豆类 and 大部分油料，在发育过程中胚乳就被吸收消耗，成为无胚乳种子。无胚乳种子的营养成分储存在胚中。

(三) 胚

胚是粮油子粒生理活动最强的部分，一旦水分、温度、氧气条件适宜就会发芽，形成新的个体——幼苗。

不同的粮油子粒，胚的形状、大小各不同，但基本结构是相同的，都是由胚根、胚茎(轴)、子叶和胚芽四部分组成。种子萌发后，胚根、胚茎和胚芽分别形成植物的根、茎、叶

及其过渡区。谷类粮食只有 1 片较发达的子叶，属于单子叶植物；豆类和油料有 2 片肥大的子叶，属于双子叶植物。

粮食中的薯类可食用的部分是植物的块根或块茎，它们是由根或茎积累养分膨大而成的，其实质是变态了的根或茎，所以它们的结构组成与一般的粮食、油料不同。

第二节 主要谷物子粒形态与结构

一、稻谷

(一) 稻谷的形态和结构

稻谷是由颖（稻壳）和颖果（糙米）两部分构成，一般为细长形或椭圆形。稻谷子粒

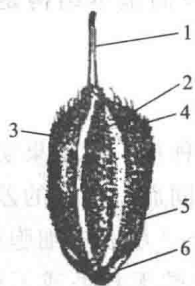


图 2-2 稻谷子粒结构

1—芒；2—外颖；3—内颖；
4—茸毛；5—脉；6—护颖

形状结构如图 2-2 所示。稻壳包括内颖（内稃）、外颖（外稃）、护颖和颖尖（伸长即为芒）四部分，即为稻谷加工后所得砻糠（俗称大糠）。内、外稃各有一瓣，呈船底形，彼此通过两个钩状结构连接，包裹着颖果，起着保护颖果的作用。护颖位于稻谷的基部内、外稃的外面，左右各一片呈针状，一般比内稃短小。内、外稃表面生有针状或钩状的茸毛，粳稻的茸毛密而长，籼稻的茸毛稀而短。外稃的尖端一般有芒，内稃的尖端一般无芒，也有的稻谷内、外稃均无芒或均有芒，均有芒的稻谷为双芒畸形稻。稻谷芒多，不仅增加了谷壳的重量，而且在加工过程中易堵塞机器，增加清理难度，影响清理效果。

稻谷加工去壳后的颖果部分，称为糙米，其形态与稻粒相似，一般为细长形或椭圆形。糙米由果皮、种皮、糊粉层、胚和胚乳所组成。其中稻壳占稻谷子粒的 18%~20%，作为胚乳的保护组织，含有大量的粗纤维和矿物质（硅），质地坚硬；果皮和种皮占稻谷子粒的 1.2%~1.5%，含有较多的纤维素、脂肪、蛋白质和矿物质；糊粉层占稻谷的 4%~6%，含有丰富的脂肪、蛋白质和维生素等，营养价值比果皮、种皮和珠心层高，但细胞壁较厚，不易消化；胚乳占稻谷子粒的 66%~70%，由含淀粉的细胞组织组成，细胞内充满淀粉粒，淀粉粒之间填充蛋白质。胚乳含蛋白质和脂肪较少，但却是稻谷子粒中最有价值的部分；胚占稻谷子粒的 2%~3.5%，含有较多的脂肪、蛋白质和维生素 B₁ 等，营养价值高。近年来，上海和浙江等地培育巨胚稻，巨胚稻的胚比普通稻米的胚芽重 2~3 倍，其糙米中的蛋白质、脂肪、纤维素和烟酸等营养成分的含量明显高于普通稻米，是举世公认的高营养稻米。巨胚稻的糙米可作保健食品原料，制成适合小孩、老人和病人的天然保健食品，如婴儿米粉、速溶米糊等。

糙米有胚的一面叫腹面，为外稃所包；无胚的一面称为背面，为内稃所包。糙米两侧各有两条沟纹，其中较明显的一条在内、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，糙米共有纵向沟纹 5 条。纵沟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，对出米率也有一定的影响。

糙米继续加工碾去皮层和胚（即细糠），基本上只剩下胚乳，就是我们平时食用的大米。