

高等粮食院校试用教材

# 粮食学与粮食化学



中国商业出版社

高等粮食院校试用教材

# 粮食学与粮食化学

周世英 钟丽玉 编写

中国商业出版社

高等粮食院校试用教材

粮食学与粮食化学

周世英 钟丽玉 编写

中国食品出版社出版发行

北京顺义县印刷厂印刷

850×1168毫米 32开 19.25印张 479千字

1986年8月第1版 1987年10月北京第1次印刷

印数：1—10,000册

统一书号：13237·036 定价：2.90元

## 编 写 说 明

本书是根据高等粮食院校教材编写规划，为粮食工程专业编写的试用教材，也可供粮食及食品科研技术人员和中等粮食学校教师学习参考。

全书共两篇，十四章。第一篇共三章，为粮食学部分，介绍我国粮食作物的分类、粮食籽粒的形态与结构、物理性质和工艺品质。第二篇共十一章，为粮食化学部分，介绍各种粮食的化学成分及其性质，粮食的化学成分在加工和贮藏过程中的变化，以及粮食的食用品质与营养价值。

本书由无锡轻工业学院周世英副教授和钟丽玉讲师编写。无锡轻工业学院向瑞春教授担任主审。参加审稿的还有：上海粮食科研所赵同芳教授，上海第一医学院徐达道教授，商业部谷物油脂化学研究所刘瑞征副所长，商业部四川粮食储藏研究所杨浩然助理研究员，南京粮食经济学院王朝璋讲师，郑州粮食学院王兰讲师。本书在编写过程中，得到了无锡轻工业学院有关领导的关怀和支持，在此一并致谢。

由于编者水平所限，书中不妥和错误之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 绪 论

### 第一篇 粮食学

- 第一章 原粮籽粒的形态与结构..... ( 4 )
  - 第一节 粮食作物的分类..... ( 4 )
  - 第二节 粮食作物的花序、小穗、果实和种子..... ( 6 )
  - 第三节 原粮籽粒的形态与结构..... ( 11 )
  - 第四节 粮食籽粒各组成部分的重量比例..... ( 61 )
- 第二章 粮堆的组成及其含杂度..... ( 65 )
  - 第一节 粮堆的组成成分..... ( 65 )
  - 第二节 粮食中的杂质及含杂度..... ( 67 )
  - 第三节 粮食中的杂草种子..... ( 74 )
- 第三章 粮堆和粮粒的物理性质..... ( 77 )
  - 第一节 粮粒的颜色、气味和表面状态..... ( 77 )
  - 第二节 粮粒的形状和大小..... ( 79 )
  - 第三节 粮粒的比重、千粒重、容重和孔隙度..... ( 86 )
  - 第四节 粮粒的结构力学性质..... ( 97 )
  - 第五节 粮粒的散落性与粮堆的自动分级..... ( 106 )
  - 第六节 粮食品质标准及标准化..... ( 109 )

### 第二篇 粮食化学

- 第四章 粮食籽粒的化学成分及其分布..... ( 118 )
  - 第一节 粮食籽粒的一般化学成分..... ( 118 )
  - 第二节 粮食籽粒各部分的化学成分..... ( 122 )
- 第五章 粮食中的蛋白质..... ( 127 )
  - 第一节 蛋白质的种类、含量及分布..... ( 128 )
  - 第二节 蛋白质的化学组成..... ( 133 )

第三节	蛋白质的结构	( 167 )
第四节	蛋白质的理化性质	( 183 )
第五节	小麦面筋	( 200 )
第六节	核酸	( 209 )
<b>第六章</b>	<b>粮食中的酶类</b>	<b>( 223 )</b>
第一节	有关酶的基本概念	( 223 )
第二节	酶的命名和分类	( 225 )
第三节	酶的化学本质与组成	( 233 )
第四节	酶的催化作用机理与专一性	( 237 )
第五节	影响酶促反应速度的因素	( 247 )
第六节	酶的分离提纯及活力测定	( 270 )
第七节	蛋白酶类	( 275 )
<b>第七章</b>	<b>粮食中的碳水化合物</b>	<b>( 281 )</b>
第一节	粮食中的单糖和低聚糖	( 282 )
第二节	粮食中的淀粉	( 312 )
第三节	粮食中的纤维素和半纤维素	( 351 )
<b>第八章</b>	<b>粮食中的脂质</b>	<b>( 361 )</b>
第一节	脂质的分类及组成	( 361 )
第二节	天然油脂及脂肪酸的性质	( 371 )
第三节	类脂	( 391 )
第四节	脂肪酶及类脂酶	( 408 )
<b>第九章</b>	<b>粮食中的色素</b>	<b>( 413 )</b>
第一节	脂溶性色素	( 414 )
第二节	水溶性色素	( 422 )
<b>第十章</b>	<b>粮食中的维生素</b>	<b>( 431 )</b>
第一节	脂溶性维生素	( 432 )
第二节	水溶性维生素	( 444 )
<b>第十一章</b>	<b>粮食中的矿物质、水分和酸度</b>	<b>( 467 )</b>
第一节	粮食中的矿物质	( 467 )
第二节	粮食中的水分	( 479 )

第三节	粮食的酸度	( 497 )
第十二章	原粮的工艺特性及粮食在加工和贮藏过程中的变化	( 501 )
第一节	粮食在加工过程中的变化	( 501 )
第二节	粮食在贮藏过程中的变化	( 515 )
第十三章	粮食的食用品质	( 534 )
第一节	大米的食用品质	( 535 )
第二节	粉粮的食用品质	( 550 )
第十四章	粮食的营养价值	( 569 )
第一节	食物的消化与吸收	( 570 )
第二节	食物的发热量及其测定	( 577 )
第三节	粮食中蛋白质的营养价值	( 586 )
第四节	粮食中维生素和矿物质的营养价值	( 601 )

# 绪 论

## 一、粮食学与粮食化学的研究对象、任务和主要内容

粮食学与粮食化学是研究粮食籽粒及其加工品的性质和品质的科学。

粮食籽粒是农业生产中栽培的粮食作物的果实和种子。它们是由各种化学物质——碳水化合物、蛋白质、脂肪、维生素等——所组成的。由于粮食的种类很多，这些物质在各种粮食籽粒中的含量与分布各不相同，因此，人们就要研究如何使它们得到充分利用，以便取得最好的经济效益。

粮食学与粮食化学的主要内容，包括粮食籽粒的形态构造、物理性质与工艺品质、构成籽粒的各主要化学成分的含量与分布、结构与性质以及它们在加工和贮藏过程中的变化规律、粮食的食用品质和营养价值等。

粮食的品质直接或间接体现出它的使用价值。粮食主要是作食用、饲料用和工业原料用。粮食作为工业原料，就要研究它的工艺品质，作为食用就要研究它的食用品质，作为食用和饲料用还要研究它的营养价值。无论原粮或成品粮，都有一个贮藏过程，因此，还需要研究它的耐藏性。

## 二、粮食学与粮食化学的发展概况

我国古代关于粮食研究的脉络，可以从《吕氏春秋》、《淮南子》、《神农本草》、《天工开物》和《本草纲目》等著作中看出。

粮食学与粮食化学作为一门学科则是随近代植物学、生理学、生物化学、营养化学等学科的进步而发展起来的。随着世界人口的增长和耕地面积的限制以及人民生活水平的提高，粮食的



增产及合理利用日益为人们所重视。

粮食化学的研究最先是在农业化学的范围内进行的，从美国 Osborne 对谷类蛋白质的研究以后便逐渐发展成为一门专业学科，即所谓的谷物化学 (Cereal chemistry)。而后，这门学科在谷物化学的基础上逐渐完善起来。各国学者研究粮食学与粮食化学的成果，大多发表在《Cereal chemistry》杂志中。这份杂志可以说代表了粮食化学研究的国际水平。

我国关于粮食学与粮食化学的研究，解放前一直未得到重视，解放后成立了粮食部，设置了粮食加工与贮藏专业，先后建立了粮食方面的大专院校，培养出许多专业人才。随着生产的发展和需要，粮食部及各省、自治区、直辖市都建立了粮食科学研究机构，对粮食科学的进步起着重要的作用。粮食标准及统一检验化验方法的制定，粮油分析仪器的研制，粮食品质的研究，粮食贮藏生理生化变化的研究，粮食营养成分及食用品质的研究等等。对于粮食加工、贮藏、食品、饲料及综合利用等的发展都发挥了积极的作用。

### 三、粮食学与粮食化学在粮食工程专业教学计划中的地位

在高等学校粮食工程专业教学计划中，粮食学与粮食化学是一门专业基础课，它是承前启后的课程，前面有化学系统课程，其中特别是有机化学作为它的基础，后面有加工、食品、配合饲料等专业课程需要本课程为它们打基础。

正常的原粮籽粒都是有生命的。加工后作为人类食用或动物饲料用，无论是粮食籽粒内部，或是在人体和禽畜体中所起的变化都是一些有生物催化剂（酶）参加的生物化学变化，因此，粮食化学的内容就必然要牵涉到生物化学和生理营养化学，同时在实验课中，也要包括一些生物成分化学分析方面的内容。

粮食学与粮食化学是各门粮食科学的基础，要加工出更多更好的产品，就需要首先了解粮食籽粒的形态结构、化学成分和性

质以及加工过程中的各种变化，然后据以选择合理的加工方法，控制生产过程，检查成品质量以及进一步改善粮食的食用品质，提高其营养价值，最大限度地满足人们的营养需要和适应人的生理要求。在加工前，原粮和成品粮都要储藏，在贮藏中如何保质保量，如何利用储藏条件促进品质的改善，都需要了解原粮和成品粮在储藏时可能发生的变化，从而引导这些变化朝我们所希望的品质方向进行。此外，要为加工获得的副产品开辟利用途径，也必须以它的化学成分和性质作为理论依据。因此，粮食学与粮食化学在本专业教学计划中占有重要的地位。

# 第一篇 粮食学

## 第一章 原粮籽粒的形态与结构

作为贮藏和加工对象的原粮主要是田间栽培的各种粮食作物所产生的果实和种子。粮食作物属于绿色的高等植物。它们的根、茎、叶都很发达，能够从土壤中吸收水分和无机养料，同时利用太阳的能量在叶部进行光合作用，把二氧化碳和水合成糖和淀粉，并将含氮的无机盐合成蛋白质等有机化合物。这些粮食作物之中，一些属于单子叶植物纲，例如水稻、小麦等；另一些属于双子叶植物纲，例如大豆、荞麦和油菜等。它们都进行有性繁殖，开花结果，每一株都能产生大量的果实和种子。果实是由花中雌蕊的子房发育而成的，种子是由子房内的胚珠发育而成的，包藏在由子房壁变成的果皮之中。在种子的胚乳或子叶中都储有充足的养料，供种胚发芽长出下一代幼小植物体之用。人类则利用这些种子贮藏养分作为食粮借以获得生活所必需的某些营养素，我们国家所谓的主食基本上都是由各种禾谷类粮食作物的果实加工而成的。除此而外，某些植物的块根或块茎含有丰富的贮藏养料，例如甘薯和马铃薯等，也都可以作为粮食之用。

### 第一节 粮食作物的分类

粮食作物的种类很多，根据它们的某些植物学特征，主要的化学成分以及用途的不同，可以分为以下四类：

## 一、禾谷类作物

禾谷类作物都属于单子叶的禾本科 (Gramineae) 植物, 种子含有发达的胚乳, 主要由淀粉构成, 一般作为主食之用。例如小麦 (wheat)、大麦 (barley)、黑麦 (rye)、燕麦 (oat)、水稻 (rice)、玉米 (corn 或 maize)、高粱 (sorghum)、黍 (稷) (proso millet)、粟 (foxtail millet) 等, 都属于这一类。荞麦 (buck wheat) 虽然属于双子叶蓼科 (polygonaceae) 植物, 因种子中以淀粉为主要贮藏养分, 所以习惯上也把它包括在内。

## 二、豆类作物

豆类作物包括一些双子叶的豆科 (Leguminosae) 植物, 它们的种子无胚乳, 却有两片发达的子叶, 子叶中含有丰富的蛋白质和脂肪, 例如大豆 (soybean)、花生 (peanut), 有的含脂肪不多却含有较多的淀粉, 例如豌豆 (gardenpea)、蚕豆 (broad bean)、绿豆 (mung bean)、赤豆 (adsuki bean) 等。豆类作物, 我国习惯上都作副食之用。

## 三、油料作物

油料作物包括多种不同科属的植物, 例如十字花科 (Cruciferae) 中的油菜 (rape)、胡麻科 (Pedaliaceae) 中的芝麻 (sesame)、菊科 (Compositae) 中的向日葵 (Sunflower) 以及豆科中的大豆和花生。大豆一般也算是主要油料之一。它们的共同特点是种子的胚部和子叶都含有丰富的脂肪, 可以作为榨油的原料, 榨油后, 剩下的油饼都含有较多的蛋白质, 可作肥料和饲料, 或者经过精加工制成蛋白质食品。

## 四、薯类作物

薯类作物 (或称根茎类作物) 由属于不同科属的双子叶植物组成, 它们的块根或块茎中的主要贮藏养料都是淀粉, 例如旋花科 (Convolvulaceae) 中的甘薯 (Sweet Potato)、大戟科

(Euphorbiaceae)中的木薯(Cassava)、茄科(Solanaceae)中的马铃薯(Potato)等,其特点是水分含量较高,不易贮藏。

## 第二节 粮食作物的花序、小穗、果实和种子

花序、小穗、果实、种子等都是植物形态学上的概念,掌握这方面的知识对于鉴别原粮籽粒的形态、结构、类别很有必要。

### 一、花序 (inflorescence)

粮食作物的花都依一定的顺序着生在茎轴上面形成花序。花序可分为无限花序和有限花序两大类。粮食作物的花序都属于无限花序(或称单轴花序)。常见的有下列几种(图1—1):

#### (一)总状花序(raceme)

花轴(即茎轴)延伸,周围生许多有柄的花,花柄的长短大致相等,称为总状花序(图1—1.1),例如油菜、荞麦及某些豆类的花序。如果花轴上不直接长花而长出分枝,每个枝上再生花柄。花柄末端着生的小花,则每个分枝自成一总状花序,整个花序外形呈圆锥状,故称为复总状花序或圆锥花序(图1—1.2)。圆锥花序有开展的,例如水稻、燕麦、玉米的雄花序;也有收缩密集成圆柱状的,又称为穗形圆锥花序,例如粟和高粱的花序。

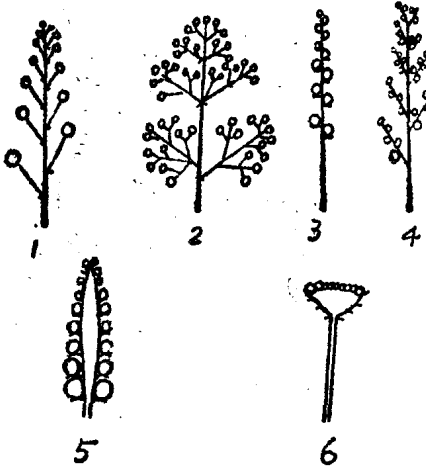


图1—1 几种无限花序的模式图

- |        |         |
|--------|---------|
| 1—总状花序 | 2—复总状花序 |
| 3—穗状花序 | 4—复穗状花序 |
| 5—肉穗花序 | 6—篮状花序  |

集成圆柱状的,又称为穗形圆锥花序,例如粟和高粱的花序。

## (二) 穗状花序 (Spike)

花轴延伸，周围着生许多无柄花，即花直接分布在花轴上，称为穗状花序（图1—1.3），例如大麦的花序。如果花轴分枝，枝上再生无柄花，则称为复穗状花序（图1—1.4），例如小麦的花序。

## (三) 肉穗花序 (Spadix)

基本结构与穗状花序相似，但花轴肥厚肉质化，呈棒状，花轴的周围着生许多无柄花（图1—1.5）。肉穗花序外面有许多叶状苞片，例如玉米的雌花序。

## (四) 篮状花序 (basket)

花轴缩短肥厚，顶端膨大，呈平盘状、凸出或凹陷，上面密集排列许多无柄花，花序的外面有几层由叶状苞片组成的总苞，形状似花篮，故称为篮状花序（图1—1.6），例如向日葵的花序。

花序的构造可以作为不同类型的花的重要特征。其他如花生、芝麻等，它们的花都是单生和2~3朵花簇生在叶腋内，通常不形成花序。

## 二、小穗 (spikelet)

禾本科植物的花序，不是以花而是以小穗为基本组成单位，由许多小穗在茎轴上聚集成为各式各样的花序，而茎轴则称为花轴或穗轴。

典型的小穗有一个短花轴，称为小穗轴 (rachilla)。轴的基部着生两个苞片，称为护颖或“空颖” (empty glume)。它们不在同一水平上，而略有高低，在下面的一片称为第一颖片，形小脉少，在上面的一片称为第二颖片，形较大而脉多，轴上着生一朵至数朵小花，每一朵小花为两个苞片所托，它们不在同一平面上，而稍有高低，在下面的苞片称为外稃 (Lemma) 或外颖 (outer glume)，外稃带芒 (awn) 或不带芒，在上面的苞片

称为内稃 (palea) 或内颖 (inner glume), 每朵小花则由外颖、内颖、雌蕊、雄蕊和鳞片 (或浆片) 组成 (图1—2)。

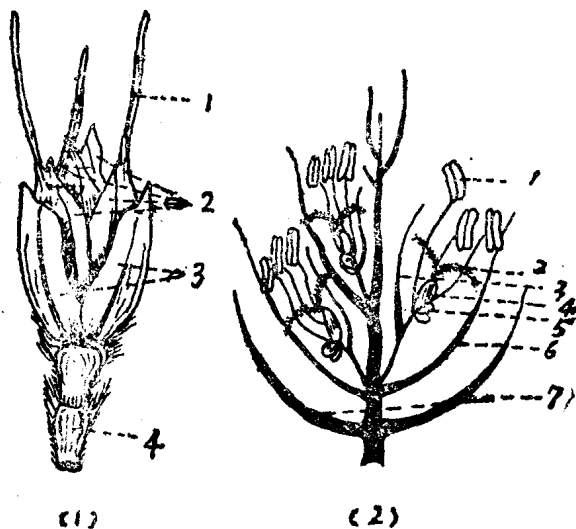


图1—2 小麦的小穗和小穗花略图

(1) 小穗 1—芒 2—外颖 3—护颖 4—穗轴

(2) 小穗花 1—花药 2—柱头 3—内颖  
4—子房 5—鳞片 6—外颖 7—护颖

小麦的小穗成熟脱粒时, 护颖和内、外颖仍留存穗轴上, 水稻则随稻粒一齐脱落。

### 三、果实

粮食作物的果实都属于干果。干果的特征是果实成熟时果皮干燥, 使果实具有一定的坚硬性, 籽粒水分很低, 便于贮藏。干果之中, 根据其成熟后果皮开裂与否, 可以分为闭果与裂果两大类:

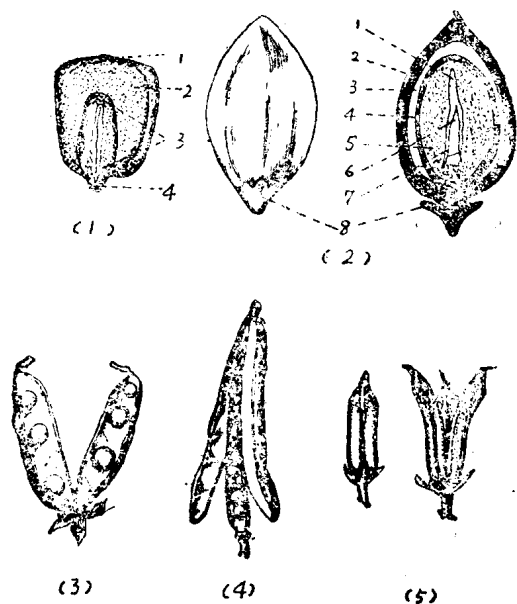


图1—3 粮食作物的各种果实

- (1) 玉米的颖果 1—残留的花柱末端 2—胚乳  
8—胚 4—果柄
- (2) 荞麦的瘦果 1—胚根 2—果皮 3—子房腔  
4—种皮 5—胚乳 6—胚芽  
7—子叶 8—花萼
- (3) 豌豆的荚果
- (4) 油菜的长角果
- (5) 芝麻的蒴果

### (一) 闭果 (indehiscent fruit)

闭果是成熟时果皮干燥而不开裂的果实，其中有颖果和瘦果。

1. 颖果 (caryopsis) 由合生的二心皮子房发育而成，内含一粒种子，果皮与种皮合生，不易分开，即种子不能脱离果实而单独存在，绝大多数禾本科植物的果实都属于这一类。例如稻



谷、小麦、玉米等(图1—3.1)。果实外面的颖并非颖果的特征,例如小麦脱粒时,颖便脱落,玉米则已退化,它们仍属颖果。

2.瘦果(achene) 由1~3个心皮的子房发育而成,内含一粒种子,果皮与种皮分离,例如向日葵(二心皮)、荞麦(三心皮)等。瘦果外有壳(果皮),内有仁(种子)。如图1—3,2所示。

## (二)裂果(dehiscent fruit)

裂果是成熟时果皮干燥而自动开裂的果实,一般要求在开裂前就要收割,以免构成田间损失。根据开裂方式又可分为荚果、角果、蒴果等。

1.荚果(legume) 由一心皮一室子房发育而成,果皮呈荚状,内含数粒种子,成熟时沿背腹两缝线开裂,例如大豆,豌豆等(图1—3.3)。

2.角果 由二心皮子房发育而成,果实中有假隔膜把子房分为二室,一排种子着生于假隔膜的边缘,成熟时沿二腹线自下而上开裂,露出假隔膜和种子。角果有长角果(silique)和短角果(silicle)之分,前者如油菜(图1—3.4) 后者如荠菜。

3.蒴果(capsule) 由合生的复子房发育而成,子房一室或多室,内含多粒种子,成熟时以不同的方式开裂,例如芝麻(图1—3.5),最普通的是四心皮四室,也有二室或三室者。成熟时纵向开裂,是为炸蒴型;也有闭蒴型,收获时不致损失,故为良种标志之一。

此外,还有其它种类的果实,但与粮食作物的关系较少,故不一一列举。

## 四、种子

种子在植物学上一般根据胚乳的有无分为有胚乳种子和无胚乳种子两大类。前者如禾本科、蓼科等植物的种子;后者如豆