

小麦和面粉的储藏

倪兆楨 万慕林 编



中国财政经济出版社

小麦和面粉的储藏

倪兆楨 编
万慕麟

中国财政经济出版社

小麦和面粉的储藏

倪兆桢 编
万基麟

*

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 8.375印张 67,000字

1979年7月第1版 1979年7月北京第1次印刷

印数：1—34,000

统一书号：4166·116 定价：0.30元

目 录

一、小麦籽粒的结构与组成.....	(1)
(一) 小麦的形态结构.....	(1)
(二) 小麦籽粒各部分的组成.....	(4)
(三) 小麦的类别.....	(6)
二、小麦和面粉的化学成分.....	(8)
(一) 蛋白质.....	(8)
(二) 碳水化合物.....	(13)
(三) 脂类.....	(15)
(四) 酶.....	(17)
(五) 色素物质与粉色.....	(20)
三、小麦和面粉的微生物.....	(22)
(一) 微生物区系.....	(22)
(二) 为害小麦的储藏真菌.....	(28)
(三) 微生物对小麦及面粉品质的影响.....	(31)
四、储藏期间的生理生化变化.....	(39)
(一) 小麦的呼吸作用.....	(39)
(二) 小麦的后熟作用.....	(46)
(三) 面粉的氧化作用.....	(49)
五、储藏期间温度和水分的变化.....	(51)
(一) 温度变化.....	(51)

(二) 水分变化·····	(54)
六、虫、霉防治·····	(63)
(一) 虫害防治措施·····	(63)
(二) 防霉措施·····	(75)
七、小麦和面粉的储藏方法·····	(80)
(一) 小麦热密闭储藏法·····	(80)
(二) 小麦缺氧储藏法·····	(82)
(三) 小麦低温储藏法·····	(96)
(四) 面粉的储藏·····	(101)

一、小麦籽粒的结构与组成

小麦是世界性粮种，全世界大部分地区都以小麦作为主食。小麦中含有的一些重要氨基酸和维生素都是人类营养所必需的物质。

小麦籽粒的结构与组成对小麦的利用有很大关系。小麦结构与组成方面的一些特点，如有保护作用的皮层和较低的水分含量等，这都有利于储藏。有了储藏的可能性才能解决一些季节性生产与人民经常消费需要之间的矛盾。小麦的结构与组成也是小麦加工的基础，从古老的一直到现代的制粉方法都是利用结构和组成方面的不同而进行的。因此，不论是对小麦的加工利用，还是对小麦的储藏，都需要了解小麦的形态与结构。

（一）小麦的形态结构

1. 外部形态

小麦种子由胚和胚乳组成而被种皮所包围。种皮外面紧密的覆盖着果皮。这种类型的果实在植物学上叫做“颖果”。也是禾本科作物籽粒的共有特性。小麦籽粒长4—10毫米，随品种和在小穗上着生的位置而有不同。小麦籽粒粗放的结构和各部分之间的关系见表1-1和图1-1。粒形为卵圆形或椭圆形，顶端生有或多或少的茸毛称做“麦毛”，麦毛脱落，形成杂质。麦粒背面隆起，基部有胚，腹面较平，中央有一条纵沟

叫做“腹沟”，腹沟两侧叫做颊。腹沟是灰尘、细微杂质和微生物积聚的地方。因此麦毛多或腹沟深的品种不利于储藏。

表1-1

小麦籽粒的组成部分

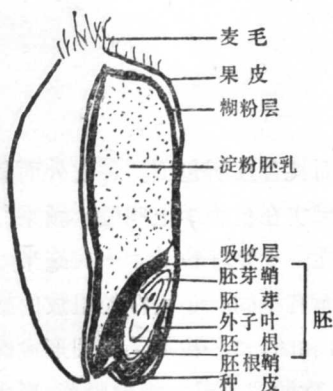


图1-1 小麦籽粒的形态结构

小麦的皮色有红皮与白皮两类，白皮小麦种皮内没有色素物质，皮为黄白色或乳白色；红皮小麦种皮内含有色素物质，呈现黄、红黄、淡红、深红等色泽。鉴别种皮内有无色素可用氢氧化钾稀溶液浸泡麦粒十分钟，色素即能脱出。小麦皮色虽是品种特征，但也随成熟时的环境条件而有深浅不

同。一般干旱高温，皮色即略深，阴雨低温则略浅。

2. 内部结构

(1) 果皮：由表皮、真皮、薄壁细胞层、横细胞层、管状细胞层（从外向内）等组成，一般厚度为45—50微米。表皮外面有一层很薄的不透水的角质层。收获和处理时发生的机械损伤能使角质层及其下面的细胞层破裂。顶端的表皮细胞形成麦毛。有些麦毛可以长到1毫米，但大多数只有半毫米长，有的短到0.12毫米。真皮由一或二层细胞组成，真皮的最内层部分自然的形成外果皮与内果皮的分界面，在这一部分缺乏细胞组织，水分很易流动，同时这一部分经常发现有真菌的菌丝。

(2) 种皮：可以明显地区分为三层，即较厚的外角质层，含色素物质的色层和较薄的内角质层。但白皮小麦种皮不含色素层而是由两层压紧的细胞形成种皮的中间部分。种皮一般厚5—8微米，而外角质层约厚2—4微米。

籽粒的全部外层结构和糊粉层构成了麸皮。麸皮所占的比重主要决定于品种。

(3) 糊粉层：胚乳的最外层组织，一般厚度为65—70微米。糊粉层为一层近于方形的细胞，细胞壁大部分为半纤维素。每一糊粉层细胞含有较大的核。蛋白质是以糊粉粒状态存在于糊粉层细胞内，但缺乏面筋。

(4) 淀粉胚乳：面粉的主要来源。胚乳细胞内充实着淀粉粒，嵌入大部分为蛋白质的细胞间质中。淀粉胚乳中蛋白质含量由中心到外围部分而逐渐增加。硬质胚乳蛋白质含量高于粉质胚乳，但它们之间相关性很差。有时胚乳外部为

硬质，内部为粉质则称为“角粉质胚乳”。淀粉粒一般近于球形，大的淀粉粒直径约为28—33微米，小的淀粉粒直径约为2—8微米。在硬质胚乳中，小的淀粉粒分散于蛋白质一类的物质中而被蛋白质所包围；在粉质胚乳中，淀粉粒相互挤压成多边形而为较少的蛋白质所包围，小麦各个部分的淀粉胚乳细胞壁的厚度不同，大部分胚乳细胞壁的厚度少于3微米，靠近糊粉层的部分约为4微米，接近腹沟处约为7微米。细胞壁愈薄，出粉率愈高。细胞壁较薄的淀粉胚乳与较高品质的面粉之间有相关性。

(5) 胚：由两个主要部分构成。一是胚轴，由未发育的胚根和胚芽构成；另一是吸收层，它是储藏、消化和吸收养分的器官。胚轴的上部是胚芽，萌发时形成植物的地上部分，胚芽由几片卷曲的胚叶附着在胚茎的顶端，其外有保护作用的胚芽鞘。胚轴的下部是胚根，末端有根冠，并有两对侧根与腹沟相平行。吸收层位于靠近胚乳的一侧而与胚轴相连接，像一个盾牌覆盖于胚轴的一侧，在胚轴的另一侧有一小的结构为外子叶。吸收层在成熟时储藏营养物质，萌发时不仅将吸收层储藏的养分，而且也将从胚乳中吸收的养分，供给胚轴生长的需要。胚是种子的一个独立部分，在胚与胚乳和胚与皮层之间存在着自然的分界面，因而，胚部很容易分离。

(二) 小麦籽粒各部分的组成

小麦籽粒各部分的化学组成资料，尚不完全，而且往往由于分析方法不同，所取得的数据也不一致。小麦籽粒各个

主要组成部分的比例见表 1-2。

表1-2 小麦各部分的组成(%, 干基)

外果皮	横细胞层	种皮	糊粉层	清 麸 皮	淀粉胚乳	胚 轴	吸收层	全 胚
4.35	1.44	2.21	6.7—7.0	14.1—15.9	81.4—84.1	1.0—1.6	1.4—2.0	2.5—3.6

(摘自“小麦化学与工艺”，1964)

1. 果皮和种皮

果皮和种皮的成分主要为粗纤维、戊糖、蛋白质、矿物质(灰分)及少量脂肪。

2. 糊粉层

这一部分组织内含有的灰分、全磷、植酸磷、脂肪和烟碱酸的含量均较高。根据荧光分析测定糊粉层中的硫胺素和核黄素的含量比其他组成部分为高。

3. 淀粉胚乳

淀粉胚乳的化学组成从接近糊粉层的外部到中心部位有不同的变化,蛋白质和灰分的含量均为外部大于中心位置。蛋白质含量不同的小麦,它的部分氨基酸也有不同。蛋白质含量低的品种中,谷氨酸和脯氨酸的含量也低。另一方面在蛋白质含量低的品种中,精氨酸和赖氨酸的含量却较高。维生素的含量以胚乳的外层部分含量较高。胚乳中硫胺素和核黄素以接近胚的部分和腹沟周围含量最高。胚乳中的主要成分是淀粉、蛋白质、糖分,也含有少量的脂肪、灰分等。

4. 胚

胚的胚轴部分与吸收层的组成有些不同。吸收层含有的

脂肪、灰分、锰、全磷和植酸磷的百分率均较高，而蛋白质含量则较低，整个的胚含有矿物质和维生素均较多。胚部含有的蛋白质约为17.7—35%，主要是清蛋白和球蛋白。脂肪含量为5.05—18.8%。胚部含有0.2—3.5%的还原糖，蔗糖含量为5.2—14.6%，胚部所含色素物质主要是叶黄素和极少量的胡萝卜素。胚部还含有各种酶，也可以说小麦中的酶主要存在于胚部。因此胚为麦粒生理活性最强的部分。

小麦籽粒各部分所含的一些重要营养成分，如表1-3。

表1-3 小麦籽粒各组成部分所含的营养成分 (%)

成 分	胚 乳	糊粉层	皮 层	胚 轴	吸收层
蛋 白 质	72	15	4	3.5	4.5
矿 物 质	20	61	7	4	8
硫 胺 素	8	32	1	2	62
核 黄 素	32	37	5	12	14
菸 碱 酸	12	82	4	1	1
吡 哆 醇	6	61	12	9	12
泛 酸	43	41	9	8	4

(三) 小麦的类别

我国小麦的种类与优良品种极多，常用的分类方法有三种：

1. 按播种期分，有冬小麦与春小麦两类。冬季播种的称冬小麦，春季播种的称春小麦。我国生产以冬小麦为主，仅东北、新疆、内蒙古等长城以外地区气候寒冷，种植春小麦。春麦皮色较深，粒形较瘦长，麦毛长，腹沟深，蛋白质

含量高。

2. 按皮色分，有白皮小麦，红皮小麦及花麦三类。白皮麦皮薄，粉色白，出粉率高，品质较好。我国河南、河北、山东、山西、陕西及苏北、皖北等地种植的多为白麦。红皮麦皮厚，出粉率低，品质较差。我国南方各省，东北、新疆北部多为红皮麦。花小麦指同一批小麦中混有红麦与白麦而言。

3. 按粒质分，有软质小麦和硬质小麦两类。麦粒横断面二分之一以上透明的（俗称玻璃质）称为硬质小麦，二分之一及二分之一以上不透明的称软质小麦。硬质小麦皮薄，出粉率高，麦毛不明显，蛋白质含量高，筋力大。软麦皮较厚，出粉率较低，麦毛长，蛋白质含量低、筋力小。

二、小麦和面粉的化学成分

小麦化学成分的种类和数量关系到品质的好坏和营养价值的高低。粮食储藏的目的就在于保持好粮食的品质，不降低其使用价值。因而，我们应当对其化学成分有所了解。

（一）蛋白质

1. 含量和分布

小麦是提供人类所需蛋白质的主要粮种之一。小麦蛋白质的含量随品种和生长期间的环境条件的不同而有不同，一般在6—20%范围内。成熟期间雨量大，蛋白质含量低；气候干燥，蛋白质含量高；土壤中氮肥多会增加蛋白质含量。为了提高小麦蛋白质的含量，人们试图培育含蛋白质高的新品种，作为扩大人类所需蛋白质来源的一种途径。

麦粒各部分的蛋白质含量是不均匀的。小麦的麸皮（皮层包括糊粉层在内）平均约占粒重的14—15%，其中糊粉层约占粒重的6—7%。一般麸皮蛋白质的含量将近15%，其中糊粉层占有很大比例。单独测定糊粉层蛋白质的含量约在20—35%。胚乳部分平均约占粒重的85%，胚乳部分蛋白质含量一般约在5—16%范围内。但胚乳蛋白质含量约为全粒蛋白质总量的70%。胚乳部分蛋白质的分布是不均匀的，接近胚乳中心部分蛋白质含量较低，愈接近糊粉层的边缘部分含量愈高。了解这种情况，可以为控制产品的质量，合理的加

工利用提供依据。

2. 简单蛋白质和氨基酸

粮食中的蛋白质是由各种不同种类和数量的氨基酸组成，这种蛋白质就叫做“简单蛋白质”。简单蛋白质与其他物质相结合叫“复合蛋白质”。粮食中的复合蛋白质极少，只有在种子胚部存在有少量的核蛋白（简单蛋白质与核酸的结合体）。

粮食中的简单蛋白质，根据它们在不同溶剂中的溶解特性而分为四类：即清蛋白，能溶于水；球蛋白，不溶于水，但能溶于盐类溶液；醇溶谷蛋白，不溶于水和盐类溶液，但能溶于70%的酒精；谷蛋白，不溶于水，盐类溶液和稀酒精，但能溶于0.2%的碱溶液。这种分类方法是有条件的，也是不完善的。因为成分一致的物质可能因溶液浓度的不同而有不同的溶解度。例如用各种不同浓度盐类溶液从面粉中抽出的简单蛋白质的数量就有强烈的变化。小麦中的醇溶谷蛋白叫麦胶蛋白，谷蛋白叫麦谷蛋白，这二种是小麦中的最重要的蛋白质。小麦中各类蛋白质占蛋白质总量的比例如下：清蛋白4%；球蛋白8%；麦谷蛋白39%；麦胶蛋白49%。

粮食的营养价值首先是按照蛋白质的含量来评定的，但各种粮食中蛋白质含量即使相等仍不能说明它们的营养价值相同，因为蛋白质的品质有所不同。为了说明各种粮食蛋白质的状况，必须了解它们的氨基酸组成情况。当蛋白质和酸一起煮沸进行水解，最后的产物就是氨基酸。有10种氨基酸（例如色氨酸、赖氨酸、蛋氨酸等）在人体内不能合成，必

须由食物中得到补充，才能制造自己所特有的蛋白质。这些氨基酸称为必需的氨基酸。玉米蛋白质中缺少上述氨基酸，它的营养价值就不完全，而小麦蛋白质就具有上述必需的氨基酸，小麦蛋白质的营养价值就较高。所以在评定粮食蛋白质的营养价值时，不仅要考虑到蛋白质的含量而且要看所含氨基酸是否完全。小麦和面粉蛋白质的氨基酸组成见表 2-1。

表2-1 小麦和面粉的氨基酸组成

	小 麦		面 粉	
氨基酸N占总N量的% (克/100克总N)	①	②	①	②
氨基酸	2.41—3.1	1.6	2.3—3.0	1.5
丙氨酸	3.19	3.57	2.73	2.93
*精氨酸	9.42	9.90	7.64	8.14
天冬氨酸	3.35	3.29	2.72	2.75
胱氨酸	1.44	1.30	1.54	1.49
谷氨酰胺	16.95	15.17	20.53	18.45
甘氨酸	4.53	4.59	3.76	3.85
*组氨酸	3.25	3.23	3.18	3.10
*异亮氨酸	2.60	2.51	2.84	2.70
*亮氨酸	4.33	4.13	4.66	4.34
*赖氨酸	3.28	3.67	2.49	2.71
*蛋氨酸	1.03	0.96	1.02	0.98
*苯丙氨酸	2.34	2.03	2.61	2.25
脯氨酸	7.49	6.82	8.90	8.21
*丝氨酸	4.22	4.13	4.53	4.26
*酪氨酸	2.22	2.14	2.07	1.98
*色氨酸	0.93	1.13	0.87	0.84
酪氨酸	1.50	1.39	1.57	1.43
异戊氨酸	3.37	3.52	3.39	3.50

注：有*号为必需氨基酸。①两种硬红冬麦和两种硬红春麦的混合样品。
②一种小麦样品。

根据上表和其他资料证明，蛋白质含量高的小麦和蛋白质含量低的小麦之间的氨基酸浓度是有差异的。蛋白质含量低的小麦中赖氨酸的含量则较高，而谷氨酸、脯氨酸和苯丙氨酸的含量则较少。

3. 面筋

面团在水中揉洗便产生结实而有弹性的胶体物质，这就是面筋。面筋主要是小麦的麦胶蛋白与麦谷蛋白的络合物，实质上就是小麦的蛋白质。据分析面筋的成分是麦胶蛋白为43.02%，麦谷蛋白为39.10%，其他蛋白质为4.41%，脂肪为2.80%，糖类为2.13%，淀粉为6.45%。小麦蛋白质才能形成面筋，而且只有小麦胚乳蛋白质才能形成面筋，胚和糊粉层因含有清蛋白和球蛋白，不参与面筋的形成作用。小麦胚乳中面筋的分布也是不均匀的，面筋的数量由胚乳中心部分向外部分渐次增加，但就品质而言则情况相反，中心部分品质较佳，愈近外围则愈差。这一事实对于了解各种等级面粉的成分和品质来说都很重要。虽然大麦及一些其他种子中蛋白质也能洗出面筋，但粘性小，易于碎裂，质量很差。

面筋的品质是小麦品质的重要标志，这是因为面筋具有一系列良好的理化性质，在面包制造业上有着重要的功用。有了面筋才能使面团烤成疏松、美观而轻软的面包。糖类物质决定面粉产生气体的性能，而面筋便决定着面粉保持气体的性能，因为面筋胶体的网状结构能容纳这些气体，因而使面团变得多孔而疏松。同样道理，如果面粉中没有面筋也不能蒸出松软、膨大的馒头。同时也不能制成面条，后者与面筋的弹性和延伸性有关。

面筋的物理性质主要以弹性和延伸性作为衡量面筋品质的指标。根据面筋的弹性和延伸性，一般将面筋分为三类：

(1) 优良的面筋：弹性大，延伸性大或适中。

(2) 中等的面筋：弹性大，延伸性小或弹性中等而延伸性小、中等及大。

(3) 低劣的面筋：弹性小或完全没有弹性，拉长易于碎裂，水洗时不粘结而分散。

4. 变性作用

各种蛋白质分子由于结构的不同，因而分子的形状也有不同。蛋白质分子的形状一般可分二种类型，即线状蛋白与球状蛋白。植物体内的蛋白质绝大多数属于球状蛋白。蛋白质在紫外线、酸、碱、有机溶剂、重金属离子、以及加热等条件影响下，蛋白质的结构发生变化，从而蛋白质的各种理化性质也发生改变。这种蛋白质就叫做变性蛋白质，这一过程就叫做蛋白质的变性作用。

蛋白质变性时所产生的变化是溶解度和吸水能力减小，蛋白质被酶所引起的水解度增加，蛋白质溶液粘性的改变，蛋白质分子好象在裂开、伸展，并且变为更成线形的分子。这时候蛋白质分子的长轴与短轴的比率便会增大。

在粮食储藏实践方面，最应注意的是粮食因受热而引起的变性，这称为热变性。发生热变性的条件一般是温度、受热时间和粮食本身的水分。一般温度达到 55°C — 60°C ，便可能发生热变性。受热时间愈长，变性程度加大。粮食水分愈大愈容易发生变性。粮食发热或烘干不当，都可能发生变性。变性后的粮食如是种子则不能做种，如为食用，也要影响粮