

· 高等学校专业教材 ·

# 焙烤食品工艺学

· 李里特 江正强 卢山 编著 ·



高等学校专业教材

# 焙烤食品工艺学

李里特 江正强 卢山 编著

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

焙烤食品工艺学/李里特等编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2000. 8

高等学校专业教材

ISBN 7-5019-2802-9

I. 焙… II. 李… III. 焙烤食品-食品工艺学-高等学校-教材 IV. TS219

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 27835 号

责任编辑: 李亦兵 责任终审: 唐是雯 封面设计: 崔 云  
版式设计: 丁 夕 责任校对: 方 敏 责任监印: 胡 兵

\*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.5

字 数: 566 千字 印数: 1—4000

书 号: ISBN 7-5019-2802-9/TS·1699 定价: 50.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

## 前 言

随着社会的发展、农业科技的进步,我国人民已经迎来了“饱食时代”。食物丰富不仅使人们淡忘了饥荒的忧患,甚至还给食物生产者平添了越来越多“过剩”的压力。于是发展粮食加工、推进主食工业化生产成为当前的热门话题。在世界绝大多数国家中,无论是人们的主食,还是副食品,焙烤食品都占有十分重要的位置。因此,我国焙烤食品也迎来了大发展的时期。

人类食品文化的历史,几乎就是小麦食文化的历史。无论是古埃及的金字塔中,还是我国古代遗迹中,都展现了多彩的焙烤食品文化。人类钟爱焙烤食品首先是它营养丰富。从营养学角度分析,粮谷类食品是人类最重要的营养源,以小麦粉制品为中心的焙烤食品又在谷类食物中占有突出地位。且不说多数焙烤食品,都适合添加各种富有营养的食物原料,仅就其主原料小麦粉而言,就有着其他谷物望尘莫及的营养优势。小麦粉所含蛋白质是大米的2~3倍,是玉米粉的2倍左右,尤其是其含钙量约为大米的4倍,玉米粉的8倍以上。因此,在西方国家,焙烤食品的面包(Bread)几乎就成了食物和粮食的代名词。以唐菓子为代表的我国焙烤食品,也在世界食文化历史上占有重要位置。唐菓子传到今天,不仅有月饼、点心,更有烙饼、馅饼、馒头、包子之类,成为我们主食的主要组成部分。

焙烤食品不仅营养丰富,更具有其他食品难以比拟的加工优势。小麦粉特有的面筋成分使得以其为主要原料的焙烤食品,不但可以加工成花样繁多、风格各异的形式,而且由于其面团的加工操作性、烘烤胀发性、成品保藏性和食用方便性等特点,使它成为人类进入工业化时代以来,最有影响的工业化主食品。早在1870年伴随着工业革命,西方国家就开发出了面包和面机,1880年发明了面包整型机,1888年出现了面包自动烤炉,尤其是在20世纪40年代,人们对以面包、饼干为代表的焙烤食品的开发,已不仅是生产操作的机械化和自动化,而且扩展到以提高品位和质量为中心的生产工艺的开发,逐步建立了对产品品质控制和评价的质量测试系统。同时,对其发酵工艺和添加剂的研究也取得进展,使得焙烤食品加工不再是家庭主妇或作坊面包师的手艺,它已经发展成为可以指导生产实践、涉及许多学科的一门科学。

欧美等国18世纪的工业革命和二次世界大战后的经济发展,都曾伴随着面包生产工艺的革命性进步。我国正处在迎接新时代的巨大变革时期,焙烤食品加工业的发展无疑会更加令人注目。

我国焙烤食品近年不管是从加工工艺方面,或是品种方面,都有了较大的进步,但也存在着一些不容忽视的问题。其一,它在人民日常饮食中还未占到应有的地位,与世界其他国家相比,无论是加工技术、成品质量,还是生产规模、花色品种方面,还有较大差距。其中,科研和技术上的差距比较突出;其二,对我国的传统焙烤食品研究不够。要使焙烤食品在我国有进一步的发展,不但要学习和引进外国的焙烤食品加工技术,而且更要研究适合我国国情的焙烤食品。

笔者曾于20世纪80年代留学日本,学习食品加工专业并取得博士学位。又在日本最

大的面包公司——山崎面包公司中央研究所对面包、糕点工艺进行了一段博士后研究。积累了许多焙烤食品加工工艺的资料和经验，包括关于面食文化的资料和面包开发新技术的成果，于1990年完成了《焙烤食品工艺学》讲义，该讲义比较系统全面地论述了焙烤食品工艺学知识。内容不仅有较深的研究方法和分析，还有详细的操作实践经验。在教学和研究实践过程中，讲义内容也得到不断充实。为满足我国对焙烤加工技术知识的需要，决定与中国农业大学食品学院从事焙烤食品教学和科研的教师江正强、卢山一起，对原讲义进行较大地修改和补充，正式出版。

本书主要包括八章：第一章 概述；第二章 焙烤食品原料学；第三章 饼干生产工艺；第四章 面包生产工艺及基本理论；第五章 糕点生产工艺；第六章 焙烤食品包装与贮藏；第七章 焙烤食品品质保持；第八章 焙烤食品有关标准。其中，第一章至第四章由李里特编写，第五章至第八章由江正强编写，卢山参与了全书的校对和部分图表制作。

本书的特点：不仅讲述焙烤食品的加工方法，更叙述了焙烤食品加工的科学原理。例如，对搅拌的理论与操作，发酵的原理与品质，烘烤理论与设备，面包老化的机理及研究现状等，都作了详细论述。本书对焙烤食品原料科学也作了深入介绍，其中对小麦粉、糕点用油脂、蛋品、面团改良剂、酵母等所介绍的一些内容，填补了国内同类书的空白。为了满足广大技术人员的要求，本书也注重实际制作技术的详尽表述，对各种典型的糕点、面包，列举了它们的配方、加工步骤和要点。本书的内容不仅可以直接指导面包、糕点的制作，其理论对于馒头、烙饼等传统食品的开发也具有重要参考价值。

本书既可以供从事食品专业和食品科研的技术人员和技术工人参考，也可以作为食品专业大专院校的教材。

由于笔者水平有限，错误和疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

中国农业大学 食品学院  
李里特 教授

# 第一章 概 述

## 第一节 焙烤食品的概念和历史

### 一、焙烤食品的概念

焙烤食品是指以谷物为主原料，采用焙烤加工工艺定型和熟制的一大类食品。虽然肉、蛋、蔬菜也有类似加热工艺，但这里指的主原料为谷物，主要是小麦粉的焙烤加工食品。因此，焙烤食品与小麦粉有着非常紧密的关系，也是我们生活中最重要的食品之一。焙烤食品除了我们常说的面包、蛋糕、饼干之外，还包括我国的许多传统大众食品，如烙饼、锅盔、点心、馅饼等。

### 二、焙烤食品的历史和现状

如上所述，焙烤食品多以小麦粉为主原料，所以焙烤食品的生产和发展与小麦栽培的发展有着不可分割的关系。按照人文学的观点，不但把人类的饮食文化当成人类进化的一个重要部分，而且还认为人类的饮食文化是从芋文化、杂谷文化、米文化，发展到小麦文化这一淀粉文化层的最高峰的。因而焙烤食品体现了人类饮食文化和科学技术的结晶。焙烤食品是自有历史以来即被发现而成为人类的食品。历史上关于此类记载屡见不鲜，最早可以追溯到金字塔时代。人们已经发现，大约 6000 年前，埃及已有用谷物制作的类似面包的食品。在公元前 1175 年，埃及首部底比斯的宫殿壁画上，考古学家就发现了制作面包的图案。据说这一面包技术后来传到希腊。希腊人在公元前 1000 年就有用大麦粉制作的烙饼，称作“Mazai”。公元前 8 世纪他们从埃及学来了发酵面包的方法。随着面包的发展，希腊人往面团里掺了蜂蜜、鸡蛋、奶酪等，于是蛋糕类也产生和发展起来。后来面包技术又从希腊传到罗马，据有记载表明，公元前 312 年罗马就有一个 25 人的面包作坊，还办了面包制作学校，罗马的中央广场还有一个国营的大烤炉，人们和好了面，去那里焙烤。中世纪后，面包作法传到法国逐步形成了所谓大陆式的面包 (Continental Type)。即：面包原料除了小麦粉外，还有少量的其他谷物粉，除盐外，不用或很少添加糖、蛋、奶、油等辅料，是当时流行于欧洲大陆的面包，也称硬式面包或乡土面包。后来面包技术传到了英国，因为英国畜牧业发达，则在面包中加入牛奶、黄油等。随后英国人把此项技术带到美国，美国人则在面包中加了很多糖、黄油及其他大量辅料，就发展成所谓英美式的面包 (Anglo-American Type)，这种面包原料比较丰富，成本也较高。

饼干是由面包发展而来的，饼干最早出自法语“Biscuit”，是把面包片再烤一次的意思，也就是烤面包片。

面包、饼干之类对于我国人民似乎是一个新名词，在历史书上记载比较少。据历史推考，我们的先民是利用小麦磨成粉后，掺水做成糊状的面糊，然后放在土窑内烤成薄饼的

形状，成品又硬又脆。如今北方的烙饼、锅盔乃是我国特有的焙烤食品。另外，中式点心也算是立于世界众多焙烤食品之林的一大门类。其中，月饼更是驰名中外，深受欢迎的焙烤食品之一。

值得一提的是由于我国蒸炊技术的发达，汉代以后面粉制品采用烤制的不多而代之以蒸煮加工，主要有馒头等。古代馒头是有馅的，相当于今天的包子。现在我国北方主食品除馒头之外，还有花卷、窝头等。所以，广义地讲也应算作焙烤食品。因为除熟制工艺外，其他加工的基本操作都很相似。因此，焙烤食品加工工艺知识也是研究我国传统蒸制、烙制谷类食品的基础。

## 第二节 我国焙烤食品的现状和发展前景

我国焙烤食品的加工，近年不管是从加工工艺方面或是品种方面都有了较大的发展，特别是面包、饼干、蛋糕的生产，不仅在品种上，而且在消费量上增加都很大。但是也存在着以下两个主要问题。

### 一、焙烤食品在人们日常生活中尚未占到应有的地位

面包等焙烤食品与世界其他国家比，还有相当大的差距。不管是加工技术、成品质量，还是生产规模、花色品种方面，还都有大量工作要做。尤其是我国的焙烤食品还没有发挥在国民经济中应有的作用，还没有对广大人民的饮食生活现代化发生巨大的影响。例如：面包在欧、美、前苏联等世界许多国家都是人们的主食，其工业化、自动化的发展，对减轻广大人民的家务劳动、使食品方便化、合理化，以及节约能源、解放生产力起了巨大的推动作用。欧美等国 18 世纪的工业革命和二次世界大战后的经济发展，都曾伴随着面包生产工艺的革命性进步。就连祖祖辈辈以大米为主食的日本，面包类的消费也是惊人的。1955 年日本经济恢复初期，当时日本的经济安定本部就作了一个粮食生产计划。在制定计划时，许多专家学者作了这样一个有趣的分析：纵观各民族的主食，可分为食米粥民族和食面包民族，而发展中国家都属于前者，发达国家都属于后者。食米粥民族的日本要通过高速经济增长赶上吃面包的先进国家，就要看日本的饮食生活以多大速度向吃面包的民族接近。的确，日本当时的面包发展战略和学校标准面包供给制，对日本经济的起飞和人民体质，特别是青少年体质的改善起了重要的作用。可是我国的面包还只是停留在糕点、小吃的消费位置上，属于高档消费食品。因此对广大人民的日常饮食生活影响不大，还远未达到改善人民饮食结构，使我国饮食向工业化、现代化发展的地步。

### 二、对我国的传统焙烤食品研究不够

要使焙烤食品在我国有大的发展，不但要学习和引进国外的焙烤食品加工技术，而且更要研究适合我国国情的焙烤食品。我国也有许多传统的焙烤食品，除了花样繁多的点心类外，与人民生活关系最密切的，恐怕还是作为人们，特别是我国北方广大地区人民主食的烙饼、火烧、锅盔等焙烤食品。这些食品大多原料简单、经济实惠，具特有风味，深受我国消费者的欢迎。然而，由于对这些食品重视不够，不仅使我国的这些焙烤食品加工技术一直处于手工生产的落后状态，而且一些品种除了农村以外城市已不多见了。大众食品

不能向工业化发展，而焙烤食品向高级化发展的现状是我国焙烤食品加工业发展缓慢的原因之一。国外的面包技术并非是作为糕点发展起来的，而是作为他们的主食而被研究和发展的，因而具有广大的市场和发展潜力。

在社会高速前进的时候，以往的传统生活方式，饮食习惯不改是不行的。焙烤食品加工业应对我国的家务劳动社会化、饮食结构合理化、食品炊事工业化、现代化发挥更大的作用。我们学习焙烤食品加工工艺这门科学，在这个意义讲，也是学习现代化知识的一个重要方面。教学计划中我们虽然主要学习面包、饼干的焙烤工艺，但是基本理论和原理也适合于其他焙烤食品，甚至也对其他面类食品（如馒头等）的加工有指导意义。我们学习了焙烤食品加工工艺学后，除了要发展我国的面包、饼干制造外，一定不要忘记我国的主食、传统食品中也有很多焙烤食品。我国不但要引进世界先进技术，而且还要用学到的东西来整理、改良和发展适合我国人民生活习惯，消费水平的焙烤食品。

### 第三节 焙烤食品的分类

焙烤食品已发展成为种类繁多，丰富多彩的食品。例如：仅日本横滨的一个面包工厂生产的面包就有 600 种之多，因而分类也是非常复杂的。通常有根据原料的配合、制法、制品的特性、产地等各种分类方法。这里介绍一种按发酵和膨化程度的分类。

(1) 用培养酵母或野生酵母使之膨化的制品 包括面包、苏打饼干、烧饼等。

(2) 用化学方法膨松的制品 这里指各种蛋糕、炸面包圈、油条、饼干等。总之是利用化学疏松剂小苏打、碳酸氢铵等产生的二氧化碳使制品膨化。

(3) 利用空气进行膨化的制品 天使蛋糕 (Angel Food Cake)、海绵蛋糕 (Sponge Cake) 等不用化学疏松剂的食品。

(4) 利用水分气化进行膨化的制品 主要指一些类似膨化食品的小吃，它不用发酵也不用化学疏松剂。

另外，还有按生产地域分类、产业特点分类等。按照生产工艺特点分类有如下一些种类：

(1) 面包类 (Bread) 包括听型面包、硬式面包、软式面包、主食面包、果子面包等。

(2) 松饼类 包括牛角可松 (Croissants)、丹麦式松饼 (Danish Pastry)、派类 (Pie) 及我国的千层油饼等。

(3) 蛋糕类。

(4) 饼干类。

(5) 点心类。

由此可见，焙烤食品种类不但非常多，而且不断发展变化。由于篇幅的原因，本书主要介绍面包和饼干，以及蛋糕和月饼等的加工工艺。



## 第二章 焙烤食品原料学

### 第一节 小麦粉

小麦粉（也称面粉），是制造面包、饼干等焙烤食品最基本的原材料。面粉的性质对于面包等焙烤食品的加工工艺和产品的品质有着决定性的影响，而面粉的加工性质往往是由小麦的性质和制粉工艺决定的。因而从事焙烤食品制造的技术人员一定要了解一些关于小麦和面粉的知识，只有掌握了焙烤食品的这一基本原材料的物理、化学性质后，才能帮助我们解决产品加工及其开发研制中的问题。

#### 一、小麦的生产

小麦不但是我国的主要粮食作物之一，而且更是世界上分布最广、栽培面积最大、生产量最多的粮食作物。它生长在北纬 30~60 度、南纬 27~40 度的广大地域里。从谷物的栽培面积上看全世界小麦约有 2.223 亿公顷，水稻 1.342 亿公顷，玉米 1.109 亿公顷。总产量小麦也超过了其他任何谷物。表 2-1 是全世界主要谷物生产量的比较，从表中可以看出我国小麦的生产已是世界之首。虽然我国小麦的产量只有大米的一半左右，但是我国还从国外进口粮食，其中有相当一部分是小麦。因此在我国，小麦的加工是很重要的，焙烤食品的发展余地十分广阔。

表 2-1 1996~1997 年度世界产粮大国主要谷物生产量比较 单位：10<sup>6</sup>t

国别	谷物总产量	小麦	稻谷	粗粮
全世界	2012.9	581	557.9	865
中国	425.7	109	185.7	131
前苏联	130	69	—	61
美国	331	62	8.0	260
欧盟 15 国	201.5	98	2.5	101
加拿大	58	30	—	28
澳大利亚	28	20	—	8
印度	223	66	123	34
日本	—	—	21.6	—

#### 二、小麦的种类

据说人类最早栽培小麦是在公元前 8000~10000 年，当时中近东和我国新疆的戈壁沙漠还是一片大海，小麦的发源地便在这一带。由于人类的栽培、改良和传播，小麦不但从

野生进化到现在这种样子，而且品种十分繁多。按植物学分类，小麦属于 *Gramineae* 科 *Triticum* 属，可按生殖细胞的染色体数把小麦分为一粒系（单粒小麦：Einkorn Wheat）、二粒系（二粒小麦：Emmer Durum Wheat）、普通系（普通小麦：Common or Bread Wheat）、提莫菲氏系（Timopheeri Wheat）四大类。但和小麦食品加工工艺有关的分类却是如表 2-2 中 10 种常用分类方法，也称商品学分类。

表 2-2 小麦的商品学分类

依据	胚乳质地	麦 粒				容积重	蛋白量	面筋性能	播种期	穗芒
		硬度	形状	大小	色					
分类	角质*	硬质	圆形种	大粒	白	丰满	多筋	强力	春	有芒
	粉质	软质	长形种	小粒	白	脊细	少筋	薄力	冬	无芒

注：\*角质也称为玻璃质。

### （一）种期

小麦可按生长时期或品种生态特点分为冬小麦（Winter Wheat）和春小麦（Spring Wheat）。冬小麦是我国主要小麦品种，它在秋天播种，夏天收获。春小麦是春天播种，秋天收获的小麦，我国种植不多，多分布在天气寒冷，小麦不易越冬的地带，如北美北部、北欧、前苏联等地。一般来说春小麦比冬小麦产量低一些，但作为面包用小麦，性质优良的品种比较多。

### （二）皮色

小麦的色泽主要是谷皮和胚乳的色泽透过皮层而显示出来的。按皮色可分为红麦和白麦，还有介于其间的所谓黄麦或称棕麦。白麦面粉色泽较白，出粉率较高，但多数情况筋力较红麦差一些。红麦大都为硬质麦，粉色较深，麦粒结构紧密，出粉率也较低，但筋力比较强。

### （三）面筋性能

按照小麦胚乳的质地可分为粉质和角质小麦。一般识别方法是将小麦以横断面切开，观察其断面，如果呈粉状就称作粉质小麦，呈半透明状就称作角质或玻璃质小麦，介于两者之间的也称中间质小麦。具体的判断方法是根据断面中粉质和玻璃质所占面积比来分类：玻璃质/粉质  $> 70\%$  为角质； $70\% >$  玻璃质/粉质  $> 30\%$  为中间质；玻璃质/粉质  $< 30\%$  为粉质。为什么会有不同的截面色泽呢？从小麦粒的组织上看，小麦粒的胚乳中蛋白质是以充填在淀粉颗粒之间的空隙而存在的。蛋白质越多，淀粉之间的空隙越少，粒质就呈半透明状态，称为玻璃质粒（Glassy Kernel or Vitreous Kernel）；相反蛋白质少，淀粉之间的空隙就越多，粒质就呈粉质状态，称为粉状质粒（Mealy Kernel or Chalky Kernel）；两者之间称为中间质粒（Semi-glassy Kernel）。

从硬度上讲，玻璃质粒的硬度大，粉质粒硬度小。这是因为充填淀粉颗粒之间空隙的蛋白质越多，淀粉之间的空隙越少，粒质组织就越致密，硬度就越大。相反淀粉颗粒之间没有充填的蛋白质，淀粉之间的空隙就只是微小的气泡，胚乳质地就软弱。所以一般也把玻璃质、中间质、粉质小麦称做硬质、中间质、软质小麦。用玻璃质率可以推测小麦的蛋

白质含量，但是这两者数学相关并不是太高，只能作为参考，进行准确的测定要用仪器。

从小麦粉的面筋性能上可将其分为强力、中力和薄力粉等。硬质小麦磨成的面粉称为强力粉（也称高筋粉），中间质小麦磨成的面粉称为中力粉（也称中筋粉），软质小麦磨成的面粉称为薄力粉（也称低筋粉）。在国外还进一步根据面粉面筋的强弱，把小麦粉细分为特强力、强力、准强力、中力和薄力粉等品种。我国台湾把以上分类称作特高筋、高筋、粉心、中筋和低筋粉。一般来说，面粉的筋力不同，用途也不相同。例如，强力粉较贵，多用来制作面包；中力粉多用来制作面条；薄力粉比较便宜，多用来制作饼干。加工时往往要根据制品的种类、加工工艺和品质要求来选择面粉。

小麦的名称往往根据以上分类被称作硬质红春小麦（Hard Red Spring）和软质白冬小麦（Soft White Winter）等。

### 三、小麦的物理结构

小麦籽粒是单种子果实，植物学名为颖果。小麦完整粒的结构可以分为四部分，胚乳所占的重量大约为 85%，麦芽约为 2.5%，麸皮约占 12.5%，如图 2-1 所示。

#### （一）顶毛（Beard）

在麦粒一端呈细须状，在脱粒时一般都被除去。

#### （二）麸皮（Bran Coat）

在 150 倍的显微镜下可看出小麦的麸皮从外向内共分为 6 层：第一层为表皮层（Epidermis）或称长细胞层；第二层为外果皮层（Epicarp），也称横断面细胞层；第三层为内果皮层（Endocarp），或称管形细胞层；以上三层是小麦的外皮，总称果皮（Pericarp），其灰分含量为 1.8%~2.2%，在磨粉时较易被除去。第四层为种皮（Testa），比以上三层小，质地很薄与第五层紧密结合在一起，不渗水，包含小麦有色体的大部分，又称为色素层；第五层为珠心层（Nucellar Layer），与第四层紧密结合在一起，不易分开；第六层为糊粉层（Aleurone Layer），细胞较大，作方形分布，灰分含量很高，体积约占麸皮总量的 1/3。以上三层总称为种子种皮（Seed Coat），灰分含量达 7%~11%之多，所以面粉中麸皮含量可以用灰分含量表示。

小麦的皮主要由木质纤维及易溶性蛋白质所组成，图 2-1 将小麦皮分为三部分来说明。最外层（包括表皮及外果皮）的纤维最多；中层（包括内果皮及种皮）的纤维较少，有色体成分较多；内层（包括胚珠层及糊粉层）的纤维最少，蛋白质最多，但灰分含量最高。小麦粒的颜色主要决定于种皮（Testa）里存在的色素（Phlobaphene）。由于麸皮部分透明，胚乳的颜色便可以呈现出来。在胚乳是粉状质时，光线射到白粉状组织表面，反射出的颜色就淡。如果是玻璃质胚乳时，一部分光线被吸收，所以呈暗一些颜色。所以小麦一般说来颜色从淡到黄，蛋白质也随之有增多的倾向，但当种皮颜色深时就不准确了。因而用小麦的外表颜色是不能准确判定小麦粉性质的。白小麦虽然磨出来的面粉白，而且出粉率高，是不是麸皮薄一些呢？从组织学观点看红小麦和白小麦麸皮厚度没有差异，只不过在磨粉时，麸皮即使混在面粉中，也不大影响白度而已。应该记住小麦的颜色和光泽还受收获时的成长状况，脱粒干燥过程的条件等影响。一般麸皮是面粉中不需要的东西，它的存在不仅使面粉白度下降，而且会影响面团的接合力，降低面团的保存气体能力，成品的口感和味道也会受到影响，因而在制粉时是除去的对象。

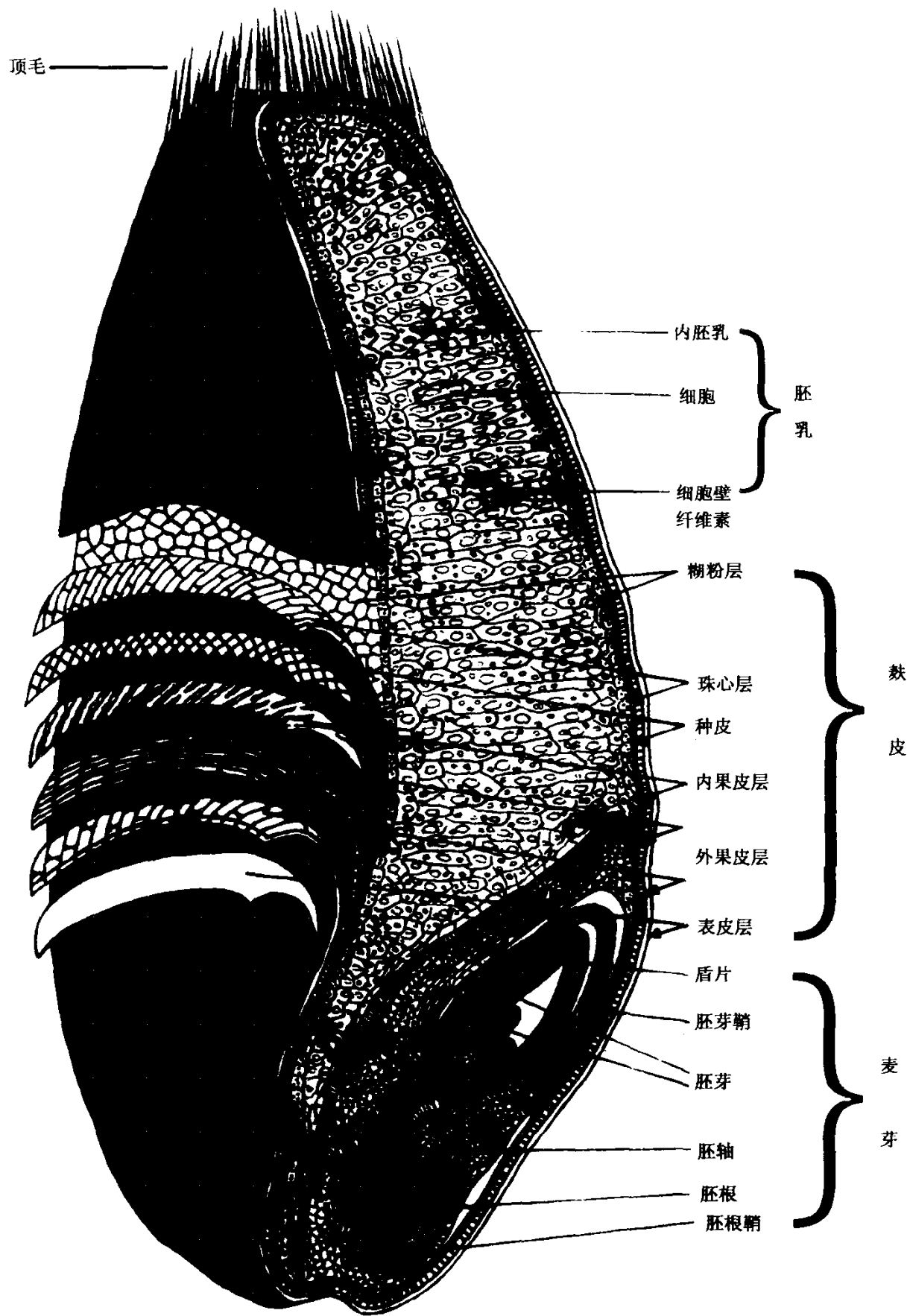


图 2-1 小麦粒的构造

### (三) 麦芽 (Germ)

麦芽在麦粒的一端与顶毛相对，是发芽与生长的器官。它由如图 2-1 所示的胚芽 (Plumule)、胚轴 (Hypocotyl)、胚根 (Radicle) 及盾片 (Scutellum) 等四部分组成，麦芽的组织细胞小而紧密，含有小麦粒里脂肪及类脂肪的大部分，还有脂肪酶等酶类、矿物质

和盐类。这些脂肪及酶类的存在易于使面粉在贮藏期中变质。

#### (四) 胚乳 (Endosperm)

胚乳是制造面粉的主要来源部分。细胞极小，细胞膜很薄，内含淀粉 (Starch) 和面筋质 (Gluten-Parenchyma)。越近麦粒中心的胚乳其面筋含量越少，但是其面筋质量越好。

### 四、小麦的物理性质

#### (一) 麦粒的形状、大小 (Shape、Dimension)

作为商品的小麦，其形状、大小一般都有一定规格。把小麦粒的长度与横断面宽度相比，可分为三类：长/宽  $> 2.2$  为长型；长/宽  $= 2.0 \sim 2.1$  为中型；长/宽  $< 1.9$  为圆型。

#### (二) 相对密度 (Specific Gravity of Grain)

整粒小麦的相对密度在  $1.28 \sim 1.48$  之间，硬质小麦较软质小麦相对密度大一些。春小麦相对密度：硬质为  $1.420$ ，软质为  $1.406$ ；冬小麦相对密度：硬质为  $1.423$ ，软质为  $1.403$ 。

#### (三) 千粒重 (The Mass of 1000 Grains)

千粒重是测定小麦品质的一个标准，即  $1000$  粒洁净小麦的重量。其大小相差很大，在  $15 \sim 50\text{g}$  之间。当然千粒重与种子大小成正比，但与水分含量也有关，所以国际上常换算成无水千粒重来表示。

#### (四) 积重 (Test Weight)

一定容积的小麦重量。由此物理量可以推知小麦的结实程度，一般说来容积重越高的小麦，品质越好，出粉率也越高。

#### (五) 硬度 (Hardness)

小麦粒的硬度相差很大，以硬度为标准则可分为特硬麦 (Extra Hard Wheat)、硬麦 (Hard Wheat)、半硬麦 (Medium Hard Wheat) 及软麦 (Soft Wheat)。小麦硬度通常与其小麦粉的强度成正比。所谓小麦粉强度，是以它被做成面包后其体积的大小及其形状的良好与否来评价的。强度较高的小麦粉具有较高的吸水性，做出的面包体积大。但特硬的小麦粉不适于作面包，而主要制成硬质小麦内胚乳粉 (Semolina)，用来生产通心粉 (Macaroni)。它因含有高的麦芽糖，作为其他面粉的添加物，可增加面团发酵时气体的产生能力。这种特硬小麦有美国“Durum”小麦、阿尔及利亚小麦及印度小麦等。

硬麦通常也称强力小麦，大量用于制造面包的面粉，此种面粉粒度较粗，富有流动性。半硬小麦也称中力小麦，这种小麦即使配合强力小麦或薄力小麦使用，也不会使面粉强度相差很大，但这种小麦通常具有较好的香味、颜色和出粉率。常用于制造面条和馒头。软麦也称薄力小麦，适于作饼干、蛋糕等。也可作为面包用粉的调节剂。这种小麦香味极佳，制出的面包很白。

### 五、小麦的化学结构

小麦粒各部分的化学组成和面粉的化学组成如表 2-3、表 2-4 所示。从表中可以看出，品种和产地不同，小麦或小麦粉的成分含量差异相当大。

表 2-3 小麦各部分的化学组成 (干物)

单位: %

	比率	蛋白质	脂肪	水分	灰粉	碳水化合物		
						粗纤维	戊聚糖	淀粉等糖类
全粒	100.0	14.4	1.8	15	1.7	2.2	5.0	74.9
表皮层	4.1	3.6	0.4	-	1.4	32.0	35.0	27.6
果皮层	0.8	10.6	0.2	15	13.0	23.0	30.0	23.8
种皮 胚珠层	0.6	13.7	0.1	15	18.0	11.0	17.0	50.2
糊粉层	9.3	32.0	7.0	15	8.8	6.0	30.0	16.2
胚芽	2.7	25.4	12.3	15	4.5	2.5	5.3	50.0
胚乳	82.0	12.8	1.0	15	0.4	0.3	3.5	82.0

表 2-4 小麦和面粉的化学组成

单位: %

品种	水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物		灰分
				糖类	纤维	
软质麦	12.0	12.0	1.9	72.2	2.0	1.5
硬质麦	13.0	13.0	2.2	67.8	2.4	1.6
薄力粉	14.0	8.3	0.9	76.2	0.2	0.4
中力粉	14.5	8.5	1.0	75.3	0.3	0.4
强力粉 1	14.5	11.0	1.1	72.6	0.3	0.5
强力粉 2	14.0	12.6	1.4	71.2	0.3	0.4
特强粉	12.9	14.1	3.3	67.7	0.4	1.2

### (一) 蛋白质 (Protein)

在国外制作面包等焙烤食品时, 因产品品种的不同而对面粉的选择是十分严格的。选择的着眼点就是小麦中蛋白质的量和质。小麦中所含蛋白质的多少与品种有很大关系。一般小麦的蛋白质含量占全粒的 8%~16% 左右。制成面粉后的蛋白质含量基本与小麦中含量成正比, 约 8%~15%, 鸡蛋中蛋白质含量大约是 12.8%, 大米中蛋白质含量大约是 6%~8%。可见小麦蛋白质含量是相当高的。其中, 一般小麦蛋白质含量以硬麦为高, 粉质的软麦为低。加拿大硬质春麦与美国红春麦蛋白质含量在 13.0%~17.0% 之间, 普通软麦则在 8.0%~12.0% 之间。

#### 1. 小麦蛋白质的组成

按 Osborne 的种子蛋白质分类法, 小麦中所含蛋白质主要可分为麦白蛋白 (清蛋白质类: Albumin)、球蛋白 (Globulin)、麦胶蛋白 (麸蛋白: Gliadin)、麦谷蛋白 (Glutenin) 等四种。前两者易溶于水而流失, 后两者不溶于水。这两种蛋白与其他动、植物蛋白不同, 最大特点是能互相粘聚在一起成为面筋 (Gluten), 因此也称面筋蛋白。这一特点可因贮藏时间太长、潮湿气候的影响、面粉或小麦发霉程度的增加而逐渐变化, 蛋白质含量虽未减少, 但面筋凝结力已逐渐减少, 甚至全部消失, 使其加工性能大大下降。小麦中的蛋白质组成如表 2-5 所示, 麦谷蛋白和麦胶蛋白占小麦中蛋白质含量的 80% 左右, 通常这两种蛋

白质含量相当。

表 2-5 小麦中的主要蛋白质组成 单位: %

蛋白质名称	春小麦	冬小麦	溶解性
麦胶蛋白 (Gliadin)	3.96	3.90	可溶于 70% 酒精
麦谷蛋白 (Glutenin)	4.68	4.17	不溶解
麦白蛋白 (Albumin)	0.39	0.36	溶于水
麦球蛋白 (Globulin)	0.62	0.63	溶于水

### 2. 小麦蛋白质所含的氨基酸

小麦蛋白质的肽链由氨基酸缩合而成。仅面筋蛋白中就有 18 种氨基酸。小麦蛋白质中主要氨基酸组成及其中必需氨基酸和其他农产品的比较如表 2-6 所示。

表 2-6 小麦及其他农产品蛋白质的氨基酸组成 单位: %

氨基酸	小 麦			玉米	大米	鸡蛋
	面筋蛋白	白蛋白	球蛋白			
丙氨酸 (Alanine)	2.1	3.4	3.3			
精氨酸 (Arginine)	2.3	5.9	8.2			
天门冬氨酸 (Asperity Acid)	2.8	5.9	7.1			
半胱氨酸 (Cysteine)	2.0	3.7	1.9			
谷氨酸 (Glutamic Acid)	35.8	19.5	11.6			
甘氨酸 (Glycine)	2.6	3.2	9.0			
组氨酸 (Histidine)**	2.1	3.4	5.2			
异亮氨酸 (Isoleucine)*	3.8	3.6		4.6	4.7	6.6
亮氨酸 (Leucine)*	6.5	6.7	11.4	13.0	8.6	8.8
赖氨酸 (Lysine)*	1.4	3.9	3.0	2.9	4.0	6.4
蛋氨酸 (Methionine)*	1.8	1.8	1.1	1.9	1.8	3.1
苯丙氨酸 (Phenylalanine)*	4.8	3.8	3.5	4.5	5.0	5.8
脯氨酸 (Proline)	12.6	10.0	2.2			
丝氨酸 (Serine)	4.7	4.6	6.7			
苏氨酸 (Threonine)*	2.3	2.4	2.0	4.0	3.9	5.0
色氨酸 (Tryptophan)*	1.0	2.8	1.2	0.6	1.1	1.7
酪氨酸 (Tyrosine)	3.8	3.9	3.2	6.1	4.6	4.3
缬氨酸 (Valine)*	3.8	5.7	4.6	5.1	7.0	7.4

注: 1. \* 必需氨基酸; \*\* 婴儿必需氨基酸。  
2. 玉米、大米和鸡蛋只列出必需氨基酸组成。

## (二) 碳水化合物 (Carbohydrate)

### 1. 可溶性碳水化合物 (Soluble Carbohydrate)

可溶性碳水化合物是指碳水化合物中可为人体消化利用部分, 包括淀粉和糖类。小麦淀粉主要集中在麦粒的胚乳部分, 糖分布于胚芽及糊粉层中, 这两种碳水化合物占麦粒的70% (干物) 以上, 其中以淀粉为主, 糖约占碳水化合物的10%。

### 2. 粗纤维 (Crude Fiber)

小麦的粗纤维不但不能为人体吸收而且由于它大多含在麸皮之中, 它的存在影响面粉质量, 在制粉工艺中应将其去除到最低程度。粗纤维又可分为纤维素 (Cellulose) 和半纤维素 (Hemicellulose), 半纤维素中值得一提的是戊聚糖 (Pentosan), 它在小麦胚乳中只有2.2%~2.8%, 皮部较多, 虽不能消化, 但对面团的流变学性质影响很大。据研究表明, 它有增强面团强度, 防止成品老化的功能。

## (三) 脂肪 (Oil and Fat)

小麦的脂肪主要存在于胚芽和糊粉层中, 含量很少, 只有1%~2%, 这虽是营养成分, 但多由不饱和脂肪酸组成, 很易氧化酸败使面粉或饼干等制品变味, 所以在制粉过程中一般要将麦芽除去。

## (四) 矿物质 (Ash or Mineral Matter)

小麦或面粉中的矿物质 (钙、钠、磷、铁等) 主要以盐类而存在, 小麦或面粉完全燃烧之后的残留物绝大部分为矿物质盐类, 因而也称灰分。面粉中灰分是很少的, 灰分大部分在麸皮中, 小麦粉的等级也往往以灰分量分级, 以表示麸皮的去除程度。

## (五) 维生素 (Vitamin)

小麦胚芽中含有丰富的维生素E。小麦中维生素B<sub>1</sub>、维生素B<sub>2</sub>、维生素B<sub>5</sub>较多, 还含有少量的维生素A, 微量的维生素C, 但不含维生素D。

## (六) 小麦的化学结构与制粉工艺的关系

### 1. 从营养角度来看

小麦胚芽中含有丰富的维生素和蛋白质, 但高级面粉、精白粉中几乎不含胚芽, 这是因为胚芽含脂肪及酶较多, 会影响面粉的发酵能力, 而且因脂肪中含有胡萝卜素 (Carotin) 这样的黄色素而影响面粉的洁白度, 尤其是脂肪存在于面粉中时, 使面粉易受其氧化酸败的影响, 所以不易贮存。

### 2. 从面粉加工上看

麸皮中种皮的糊粉层含蛋白质较高, 纤维素含量较少。果皮中纤维素含量远高于种皮, 在高产率的制粉操作中如何将果皮层除去, 而将种皮层保留下来是制粉工艺中的一个研究课题。

## 六、小麦及面粉中各种成分的性质

### (一) 水分

经过干燥成为商品的小麦水分与当地的气温、湿度有关, 大约在8%~18%之间。我国小麦则在11%~13%之间。水分太高会降低小麦的贮藏性, 引起变质。而且, 水分高的小麦也会给制粉带来困难。

小麦在制粉前, 一般都有一个水洗和调质的工序。这一工序的目的, 除为了洗去泥土、



石块等异物和调节水分外，还有一个非常重要的意义，即改善小麦的制粉加工性能。调质的效果可简述如下：①使麸皮变韧，减少细小麸屑形成，增进面粉颜色；②使胚乳与麸皮易于分离，减少麸皮磨除的动力消耗；③使胚乳易于粉碎，减少细磨的动力消耗；④麸片大，使筛粉工序易于进行；⑤使成品水分含量适当；⑥提高出粉率，降低灰分含量；⑦改进面粉的焙烤性能。

## （二）蛋白质

### 1. 面筋 (Gluten)

面筋是小麦蛋白质的最主要成分，是使小麦粉能形成面团 (Dough) 的具有特殊物理性质的蛋白质。面粉加入适量的水揉搓成一块面团，泡在水里 30~60min，用清水将淀粉及可溶性部分洗去，剩下即为有弹性像橡皮似的物质，称为湿面筋 (Wet Gluten)。去掉水分的面筋称为干面筋。一般湿面筋与干面筋的主要成分如表 2-7 所示。

表 2-7

湿、干面筋的化学组成

单位：%

面筋种类	水	蛋白质	淀粉	油脂	灰分	纤维
湿面筋	67	26.4	3.3	2.0	1.0	0.3
干面筋		80	10	6	3	1

小麦中的蛋白质主要有麦胶蛋白 (Gliadin) 和麦谷蛋白 (Glutenin)，这两种蛋白质也都并非单一成分，而是多种蛋白质的混合物。麦谷蛋白 (Glutenin) 比麦胶蛋白 (Gliadin) 相对分子质量大得多，是许多三级结构多肽链 (亚基：Subunit) 分子以—S—S—键组合而成，而麦胶蛋白则是三级多肽链分子内的—S—S—键结合。这两种蛋白的氨基酸组成也很相似，都含有相当多的半胱氨酸，使分子内和分子间的交联结合比较容易。麦胶蛋白有良好的伸展性和强的黏性，但没有弹性。麦谷蛋白富有弹性，缺乏伸展性。所以，这两种蛋白经吸水膨润、充分搅拌后，相互结合使面团具有充分的弹性和伸展性。由于麦胶蛋白和麦谷蛋白都是具有—S—S—键结合的多肽链结构，因此，当分子在膨润状态下相互接触时，这些分子内的—S—S—键就会变为分子间的结键，连成巨大的分子，形成网状结构。面粉内的淀粉就充塞在面团的网状组织 (面筋) 内，当面团产生气体时，网状组织就会形成包围小气泡的膜。当面团焙烤时，这些小气泡内气体由于受热而产生压力，使面团逐渐膨大，直至面团的蛋白质凝固，出炉后即成松软如海绵状的制品，称为面包。之所以只有小麦可以做成面包，就是因为它含有其他谷物所没有的、可以连成巨大分子网状组织的活性面筋蛋白 (Vital Gluten)。所以，判断面粉加工性能时不仅要看面筋蛋白的数量，也要看其质量。如果面筋蛋白变性，—S—S—键结合受到破坏，就不会形成具有好的黏弹性、伸展性 (Vitality) 的面团。小麦粒糊粉层和外皮的蛋白质，含量虽然很高，但由于不含面筋质，所以品质差。麦粒越是近中心部分，其蛋白质含量虽低，但品质比外围的要好。面筋的性能常常与其胀润时的吸水能力有关，活性面筋蛋白的吸水量为自身重 (干物) 的 2.8 倍左右。

活性面筋蛋白不仅对作面包等焙烤食品、面条类食品不可缺少，而且还被加工成粉末作为肉制品、水产品的黏结剂以增加弹性。利用面筋的黏弹性，还可加工成面筋制品 (油面筋、麦麸)、人造肉等。