

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，埃及首都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：纵观世界各民族的主食，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：10⁶t

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（Epi-dermis）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。

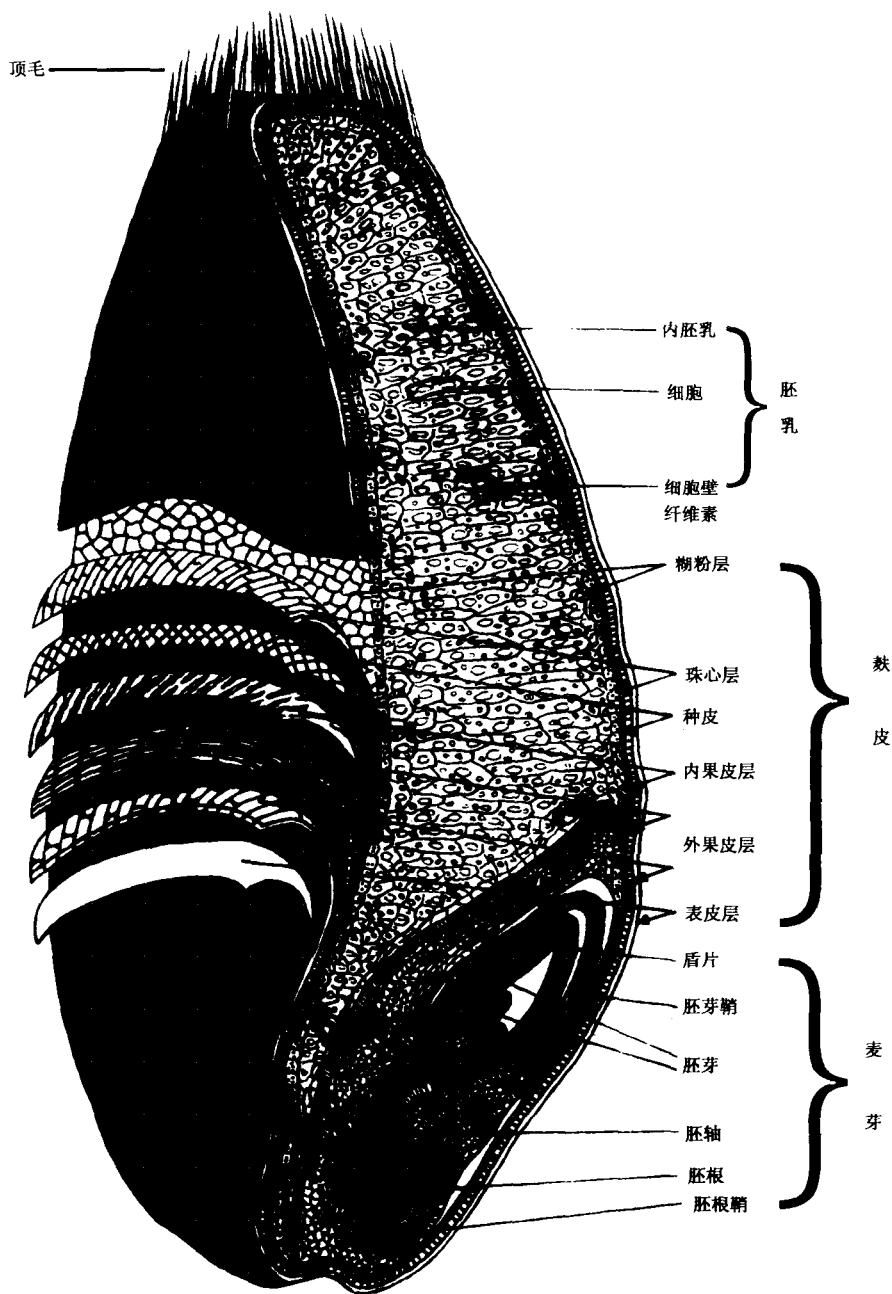


图 2-1 小麦粒的构造

(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。它也由如图 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	0.6	13.7	0.1	15	18.0	11.0	17.0	50.2
胚珠层								
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B₁、维生素B₂、维生素B₅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：使麸皮变韧，减少细小麸屑形成，增进面粉颜色；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。

2. 面粉蛋白质所含的氨基酸 (Amino Acid)

小麦蛋白质的氨基酸组成如表 2-6 所示。其中与食品加工关系较大的主要有以下几种：

(1) 赖氨酸 (Lysine) 面粉蛋白质属于不完全蛋白质，因为一种重要的人体必需氨基酸—赖氨酸 (Lysine)，在面粉中只含有极少量。因此营养面包制作时常常要加入脱脂奶粉等乳制品，这除了可以改善面团的物理性质和面包的风味颜色之外，其最重要的目的是提高面包的营养价值。在面包中添加适量的氨基酸、特别是赖氨酸〔奶粉的酪蛋白 (Casein) 含有丰富的赖氨酸〕，来弥补面粉蛋白质的不足，使之成为较完全蛋白质食品的制作方法，越来越受到重视。

(2) 谷氨酸 (Glutamic Acid) 在未使用发酵法制造味精前，制造味精的基本材料是面粉的面筋，因为面粉蛋白中含有 40% 的谷氨酸基可供提取制造谷氨酸钠 (味精)。

(3) 半胱氨酸 (Cysteine) 小麦中含有的半胱氨酸，对小麦粉的加工性能有很大影响。半胱氨酸含有巯基 ($-S-H-$)， $-S-H-$ 具有和 $-S-S-$ 迅速交换位置，使蛋白分子间容易相对移动，促进面筋形成的作用。因而它的存在使面团产生黏性和伸展性。但当 $-S-H-$ 含量较多时，这一作用将使面筋蛋白结构中的 $-S-S-$ 结合点无法固定，面筋缺乏弹性，面团发黏不易操作，而且会使面团气体保留性差，成品体积小，组织粗糙。 $-S-H-$ 还具有还原性，氧化后可成为连结蛋白质分子的 $-S-S-$ 结合，增加面筋的弹性和强度。以上原理可以用图 2-2 说明。

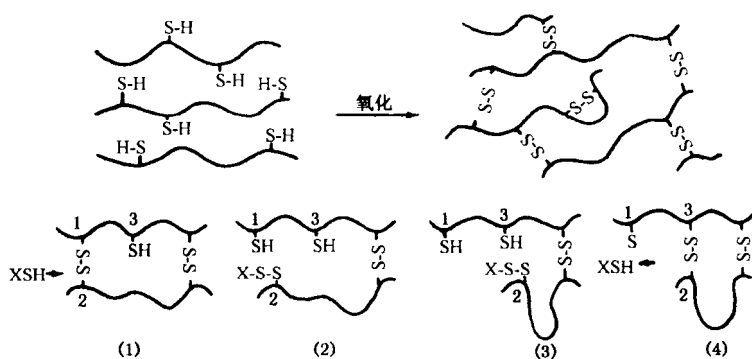


图 2-2 面筋蛋白结构的互变

因为以上原因，刚磨出的面粉因含有较多的半胱氨酸，故不宜马上用来做面包。常用自然陈化或添加改良剂处理的方法氧化 $-S-H-$ 基为 $-S-S-$ 结合形式，使面粉的加工性能得到改善。改良剂一般是指氧化剂 (碘酸钾、溴酸钾等)。

(三) 淀粉和糖 (Starch and Sugar)

小麦淀粉主要集中在麦粒的胚乳部分，糖分布于胚芽和糊粉层中。这两种碳水化合物占麦粒的 70% 以上 (干物质)，其中以淀粉为主。糖约占碳水化合物的 10%，随着小麦粒的成熟，糖大多转化为淀粉。糖所占比例虽小，然而在面团发酵时，却是酵母呼吸和发酵的基础物质。它可以由酵母直接分解为二氧化碳和醇，所以有一定重要性。

小麦的淀粉由直链淀粉 (Amylose) 和支链淀粉 (Amylopectin) 构成，前者由大约 50~300 个葡萄糖基构成，后者的葡萄糖基数量为 300~500 个。一般淀粉中直链淀粉占 20%~

30%。小麦淀粉中，直链淀粉为 19%~26%，支链淀粉占 74%~81%。直链淀粉易溶于温水，而且几乎不显示黏度，而支链淀粉则容易形成黏糊。用显微镜观察小麦淀粉时可以发现其淀粉颗粒分大颗粒和小颗粒两种，没有中间粒，大的形状如鹅卵石（25~35 μm ），小的接近球形（2~8 μm ）。

一般，淀粉在常温下不溶于水。但当加热到约 65 $^{\circ}\text{C}$ 时，淀粉粒开始吸水膨润，当继续加热到 85 $^{\circ}\text{C}$ ，淀粉粒一直会膨润到原直径的 5 倍以上，全体变成半透明的糊状，成为有黏性的状态。这是因为淀粉粒涨裂后分子成为单分子状态，这些直链或支链淀粉分子在被搅动时互相缠绕钩挂，即呈现黏性。这种糊化状态的淀粉称 α 淀粉。未糊化的淀粉分子排列很规则，称为 β 淀粉。一般来讲，由 β 淀粉变成 α 淀粉，在加热温度 65 $^{\circ}\text{C}$ 时，要经过十几小时，80 $^{\circ}\text{C}$ 要经几小时，90 $^{\circ}\text{C}$ 要 3h，100 $^{\circ}\text{C}$ 只要 20min 便可完全糊化。面类食品的由生到熟，实际上就是由 β 淀粉变成 α 淀粉。熟的 α 淀粉比 β 淀粉易消化。但 α 淀粉在常温下放置又会依条件不同，逐渐变为 β 淀粉。这种现象称做 α 淀粉的老化（Retrogradation）。面包在刚制成时，淀粉为 α 状态，但放置一段时间后也会老化，使其口感，外观等商品价值下降。因而面包的防老化问题也是面包制作工艺中一个很重要的课题，同样对其他焙烤食品也有这一问题。

在焙烤过程中，淀粉的作用也是十分重要的，当面团中心温度达 55 $^{\circ}\text{C}$ 时，酵母会使淀粉酶（Amylase）加速活化。使得淀粉分解为糖的变化加速，面团因之会变软。这时淀粉吸水膨润，形状变大，与网状面筋结合形成强劲结构。由于在膨润中，从面筋中吸取了水分，使得面团组织的弹性力和强度大大加强。

（四）脂肪（Oil and Fat）

面粉本身脂肪含量很少，通常为 1%~2%。如前文所述面粉中由于脂肪的存在，易发生酸败而产生不良影响。但最近也有研究表明，面粉中含有的类脂质（Lipid）的性质和作用对面粉性质有很大影响。研究认为大部分脂质在胚芽中，这部分脂质易酸败，属质量不好的脂质，而胚乳中类脂质是形成面筋的重要组成部分，如卵磷脂还是良好的乳化剂，它有使面包组织细匀、柔软和防止老化的作用。

一般也利用脂肪酸败的特征，通过测定面粉中的脂肪酸度或碘价，来判别面粉的陈化程度。

（五）面粉中的酶（Enzyme）

1. 淀粉酶（Amylase）

面粉中含两种对于焙烤食品制作上有非常重要作用的酶： α -淀粉酶（ α -Amylase）和 β -淀粉酶（ β -Amylase）。这两种酶可以使一部分 α 淀粉（糊精）和 β 淀粉水解转化为麦芽糖，作为供给酵母发酵的主要能量来源。但 β -淀粉酶对热不稳定，所以它的糖化水解作用都在发酵阶段， α -淀粉酶能将可溶性淀粉变为糊精，改变淀粉的胶性。它对热较为稳定，在 70~75 $^{\circ}\text{C}$ 仍能进行水解作用，温度越高作用越快。 α -淀粉酶的存在，大大影响了焙烤中面团的流变性，因而谷类化学专家公认 α -淀粉酶在烤炉中的作用可大大改善面包的品质。

正常的面粉内含有足量的 β -淀粉酶，而 α -淀粉酶一般在小麦发芽时才产生。在良好的贮藏条件下小麦几乎不发芽，因而 α -淀粉酶很少。为弥补这一缺点，一些先进国家在面粉中加入适量的麦芽粉（Malt）或含有 α -淀粉酶的麦芽糖浆（Malt Syrup）。但淀粉酶的活性过大，也会有不好的影响，因为它会使大量的淀粉链支解断裂，使面团力量变弱，发黏。受

潮发芽的小麦加工成的面粉就是因此而难以加工的。

2. 蛋白酶 (Protease)

面粉中蛋白酶可分为两种：一种是能直接作用于天然蛋白质的蛋白酶；另一种是能将蛋白质分解过程中的中间生成物多肽类再分解的多肽酶。搅拌发酵过程中起主要作用的是蛋白酶，它的水解作用可减低面筋强度，缩短和面团时间，使面筋易于完全扩展。

3. 脂肪酶 (Lipase)

脂肪酶对面包、饼干的制作影响不大，但对已调配好的蛋糕粉 (Prepared Mix) 则有影响，因为它可分解面粉里的脂肪成为脂肪酸，易引起酸败，缩短贮藏时间。

七、小麦粉的品质测定

(一) 小麦粉的品质及影响因素

因为小麦比大米及其他谷物有着更多的可食形态，加工方法也比较繁杂，所以，小麦粉品质的评价包括许多因素。

1. 加工性能

小麦粉的品质与原料有着直接的关系，因此评价小麦粉加工性能时有必要简单了解小麦的加工性能。小麦的加工性能分为一次加工性能和二次加工性能。一次加工性能是指小麦与制粉关系较大的性质。二次加工性能是指以小麦粉为原料，加工成面包、饼干、面条及其他食品时所表现的性质。例如，前者包括出粉率、制粉难易程度以及粉色等；后者有小麦的成分，特别是蛋白质的量和质（即面筋情况），含酶情况等。

2. 用途对品质的要求

按可食形态的品种不同，对原料的性能要求也不同。大体上一次加工性能的评价，对所有小麦粉制品是相通的。二次加工性能的评价对不同的制品，往往有所不同。

(二) 一次加工性能及测定方法

1. 小麦粒的物理性质测定

(1) 满粒率（整粒率）以 2.0mm 网眼的筛筛分，判断饱满粒率。

(2) 体积质量 一定体积小麦粒（原则上要先除杂）的质量。其值与测定方法关系很大。因此，每种测定方法使用的器具都有严格的规定。主要有美国的“Test Weight Apparatus”，欧洲、加拿大等地通用的“Schopper Scale (Chondrometer)”，日本等地的“Browel Scale”等。我国的斗和升也是以体积质量原理计量的，但很不准确，现在我国粮油、油料检验容重测定法（GB5498-85）的单位为“g/L”。

(3) 千粒重 (Thousand Kernels Weight) 如前小麦粒物理性质中所述。

(4) 玻璃质率 (Vitreous kernel Rate) 取 100 粒整粒小麦，用谷粒切断器或锋利刀片将每粒拦腰切断，观察其断面半透明的玻璃状部分的面积，超过断面 70% 面积的为玻璃质粒或硬质粒；玻璃状部分的面积是断面面积的 70%~30% 的称为半玻璃质（中间质）粒；在 30% 以下包括 30% 的称为粉质（软质）粒。玻璃质率的计算方法：玻璃质率 = [玻璃粒数 + (半玻璃粒数 × 0.5)] / 试验粒数 × 100

2. 小麦和小麦粉的组成分析

(1) 水分 (Moisture Content) 一般面粉的含水量在 10%~14%。在加工焙烤食品时，必须要了解小麦粉的水分，以确定调粉时的加水。一般测定时面粉水分以 14% 为准。水分

多用绝对干燥法测出。测定时的干燥条件：干燥温度为 $(130 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，干燥时间为 1h、试样量为 2g 等，详见粮油、油料检验水分测定法 (GB5497-85)。

(2) 灰分 (Ash Content) 测量灰分是取 3g 面粉先在电炉上预烤，烟尽后，将面粉置于 Muffle 炉 $(600 \pm 50)^\circ\text{C}$ 中焚烧 3~4h，称量计算。天平要求精度在 0.0001g，详见粮油、油料检验灰分测定法 (GB5505-85)。

(3) 蛋白质 常用的测定方法有化学分析法 (Kjeldahl Method)、含氮量自动分析装置测定法等。具体测量方法这里不作介绍。

3. 制粉试验

测定小麦一次加工性能，最综合的评价方法是制粉试验，而且制粉试验所采用的标准制粉方法，也为小麦粉的评价提供了可靠的比较基准。制粉试验一般是通过标准的制粉机测定的。试验制粉机系统主要有两种：一种是德国 Brabender 公司制的“Test Miller”；另一种是瑞士制的“Buhler Test Miller”。

(三) 二次加工性能及测定方法

1. 成分分析

如前所述，小麦粉成分分析与小麦基本相同，主要有水分含量、灰分含量和蛋白质含量。但是，二次加工性能对蛋白质含量的测定主要是针对面筋的评价。由于面筋的质与量决定了面粉的加工性质，所以面粉的品种往往以面筋含量或蛋白质含量来划分，根据湿面筋的含量可将小麦粉分为强力粉、中力粉、薄力粉等。也有以干面筋含量划分的，因为干面筋的组成绝大部分为蛋白质，所以也可认为是近似的蛋白质含量。面筋的测定方法在后文实验中讲述。由于手工操作误差比较大，国外一般采用专用测定仪器自动操作测定。一般来说，面筋不仅从数量上影响面团的加工性能，而且面筋的质量也对面团的性能有十分重要的影响。

2. 小麦粉颜色的测定

小麦粉颜色的测定主要有肉眼观察法 (Pekar Test) 和仪器 (分光光度仪) 测定法。

3. 面团物理性能的测定

搅拌好的面团应有三种特性：

(1) 胶黏的流动性 (Fluidity) 使面团具有良好的烤型流性 (Pan Flow) 胀发时能充填在烤型的每一个部位，得到组织、形状好的产品。

(2) 塑性 (Plasticity) 可使面包变得柔软，易于滚圆和整形。

(3) 弹性 (Elasticity) 使面团具有强韧的物性，在发酵和焙烤过程中，保气性好，能耐面包膨胀时候所受的张力，而使面包达到最大的体积。

面团性质的测定比较有名和广为使用的是布拉本德 (Brabender) 测定系统。这种测定系统包括了从制粉、面筋测定到面粉、面团性质测定的由德国 Brabender 公司生产的一整套仪器，主要有面团粉质仪 (阻力仪)、面团拉力测定仪 (延伸图仪)、淀粉黏焙力测定仪等。以上测定系统所测定的面团的延伸性、弹性、黏度、强度等，不是单一的物理性质，而是一个综合指标，虽然用纯物理学观点来分析这些指标，也许有种种不合理的方面，但对于就是高分子化学也没有完全解决的面筋、淀粉等混合物——面团的复杂性质来说，这些测定仪器不失为一种有效的测定手段。而且在现代化的面粉食品厂，这些仪器都是质量管理必不可少的设备。此系统的测定单位都定为“Brabender Unit”简称为 BU。这些仪器的刻

度、记录纸都是统一的规格 所以要直接换算成表示单一物理性质的单位是困难的。

(1) 面团阻力仪 (粉质仪: Farinograph) 由调粉(揉面)器和动力测定计组成(见图 2-3)。它是把小麦粉和水用调粉器的搅拌臂揉成一定硬度(Consistency)的面团,并持续搅拌一段时间,与此同时自动记录在揉面搅动过程中面团阻力的变化,以这个阻力变化曲线来分析面粉筋力、面团的形成特性和达到一定硬度时所需的水分,也称面粉吸水率。

操作方法:称量 300g (有的仪器是 50g)的面粉(水分为 13.5%)放入揉面器内搅动,并从滴定管加入水(30℃)。一边加水(25s 内加完),一边观察记录器的曲

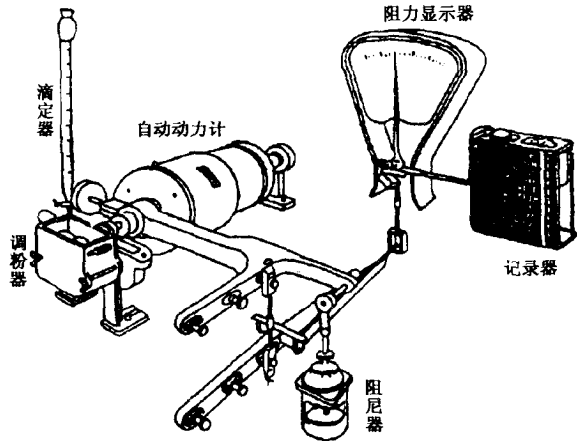


图 2-3 粉质仪

线变化,加水量要使阻力曲线中心线的顶点刚好在(500±20)BU 的范围内。一般没有经验的人,一次掌握不好加水量,可反复操作,直到达到要求。这时再继续使揉面机搅动 12min 以上。记录纸得出的面团阻力曲线就叫粉质曲线,如图 2-4 所示。

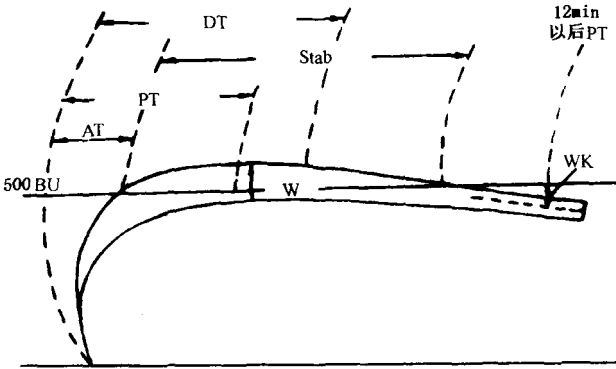


图 2-4 粉质曲线

- | | |
|-------------|------------|
| AT—面团初始形成时间 | PT—顶点时间 |
| DT—面团形成时间 | Stab—面团稳定度 |
| W—面团宽度 | WK—面团衰落度 |

① 面团初始形成时间(AT: Arrival Time):从面粉加水搅拌开始计算,粉质曲线中心线到达 500~20BU 时所需时间,说明面团初步形成。此时间表示面粉吸水时间,此值越大,反映面粉吸水量越大,面筋扩展时间越长。一般调制硬式面包、丹麦式面

包、炸面包圈等面团就是在此时刻结束调粉,只要面团水化作用完成,而面团的软化,留待发酵阶段进行。

面团形成时间(DT: Dough Development Time):从揉面开始至达到最高黏度的时间。但是在最高黏度值持续时,这时间就指从揉面开始至达最高值后此值开始下降时所需的时间。也有把这两个时间分开定义,把初达到最高点的时间称为顶点时间(PT: Peak Time)。此时的面团外观显得硬而粗糙,面团的流动性最小,即所谓的“连续相(Micro Plug Flow)”阶段。

面团稳定度(Stab: Stability):阻力曲线中心线最初开始上升到 500~20BU 到下降到 500~20BU 之间所需的时间。在此时间段内搅拌,面团质量不下降。因此这段时间越长,说明面团加工稳定性越好。在此阶段,面团面筋不断结合扩展,使面团成为薄的层状结构,随着搅拌臂的运动而流动,即所谓“薄层流动(Laminar Flow)”阶段,此时膜的伸展性和