

本书主要介绍了生产粉丝用淀粉的基本知识、粉丝生产的原料、影响粉丝品质的因素、各种淀粉的生产工艺、各种粉丝的生产新工艺，简要介绍了粉丝生产机械、小型粉丝厂存在问题及对策、副产品的综合利用途径和粉丝的食用。

本书内容条理清晰，理论和实际相结合，具有实用性和可操作性，可供我国生产粉丝（条）的食品加工企业、乡镇企业、个体户，以及从事各种粉丝（条）加工技术研究的科研人员和有关食品专业院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

粉丝生产新技术/杜连起，刘文合主编. —北京：化学工业出版社，2007.3
ISBN 978-7-5025-9973-7

I. 粉… II. ①杜…②刘… III. 粉丝-食品加工
IV. TS236.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 027615 号

责任编辑：张彦

装帧设计：潘峰

责任校对：陶燕华

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 装：北京兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张6¼ 字数169千字

2007年4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：16.00 元

版权所有 违者必究

前 言

粉丝（条）在我国有其悠久的历史，并在国内外享有盛誉。近年来，随着食品工业的发展，各地相继建立了许多中、小型粉丝（条）加工厂。生产粉丝（条）的原料已不再局限于利用绿豆及甘薯淀粉，而是拓展到利用各种杂豆、大米、马铃薯等各种淀粉；生产的品种也相继发生了很大的变化，不再是单一的粉丝（条），已经向方便化、实用化、多风味、高营养方向发展。

为了适应我国食品工业的发展，使粉丝（条）生产的从业人员对生产的全过程和各工序中技术问题的处理方法有一概括的了解，同时使各生产企业了解有关粉丝（条）生产的最新发展方向和新技术，特编写此书。本书由杜连起和刘文合主编，参加编写工作的还有朱凤妹、姜会、韩连军、李香艳、李润丰。

由于时间仓促，加之作者的水平有限，不妥之处，恳切希望广大读者、同仁及专家提出宝贵意见，在此也表示感谢。

杜连起 刘文合

2007年3月

目 录

第一章 淀粉的一般知识	1
第一节 淀粉的一般分布和分类	1
一、淀粉的一般分布	1
二、淀粉的分类	1
第二节 淀粉的性状、结构和组成	2
一、淀粉的性状	2
二、淀粉的化学结构与组成	5
第三节 淀粉的性质	8
一、物理性质	9
二、化学性质	9
第四节 淀粉的糊化与回生	10
一、淀粉的糊化	10
二、淀粉的回生	14
第二章 粉丝生产原料	16
第一节 豆类	16
一、绿豆	16
二、蚕豆	17
三、豌豆	17
第二节 薯类	18
一、马铃薯	18
二、甘薯	18
三、木薯	21
第三节 其他原料	21
一、芭蕉芋	22
二、玉米	22
三、辅料添加剂	22
第三章 影响粉丝品质的因素	24
一、水质对粉丝品质的影响	24

二、环境对粉丝品质的影响	25
三、淀粉性质对粉丝品质的影响	26
四、工艺因素对粉丝品质的影响	26
第四章 淀粉的生产	27
第一节 薯类淀粉的生产	27
一、甘薯淀粉的生产	27
二、马铃薯淀粉的生产	31
三、木薯淀粉的生产	33
第二节 玉米淀粉和芭蕉芋淀粉的生产	34
一、玉米淀粉的生产	34
二、芭蕉芋淀粉的生产	39
第五章 各种粉丝的生产工艺	41
第一节 豆类粉丝	41
一、绿豆粉丝	41
二、杂豆粉丝	70
第二节 薯类粉丝	80
一、甘薯粉丝	80
二、马铃薯粉丝	89
第三节 其他粉丝	101
一、黑米粉丝	101
二、保鲜湿米粉	102
三、营养鱼糜米粉丝	106
四、快餐米线	110
五、芭蕉芋粉丝	112
六、海胆珍味粉丝	113
七、竹香粉丝	114
八、蕨根粉丝	115
九、玉米粉条和粉丝	117
十、耐蒸煮鸡肉风味方便粉丝	121
十一、魔芋粉丝	123
十二、橡子粉丝	125
十三、杂粮粉条	126

十四、天然营养粉丝	128
十五、牛肉风味方便粉丝	129
第六章 各种粉丝生产机械、小型粉丝厂存在 问题及对策	131
第一节 各种粉丝生产机械	131
一、和面机械	131
二、粉丝加工机械	132
三、干燥机械	137
第二节 小型粉丝厂存在问题及对策	138
一、小型粉丝厂存在的问题	139
二、小型粉丝厂发展的对策	141
第七章 副产品的综合利用	144
第一节 渣的利用	144
一、渣的利用价值	144
二、渣的利用方法	145
第二节 黄浆水的利用	146
一、提取食用、饲料和水解蛋白质	146
二、生产饲料酵母	147
三、生产营养酱油	148
四、生产保健饮料	150
五、生产红曲色素	152
六、生产蛋白调味液	153
七、提取氨基酸	154
八、回收果胶	155
第八章 粉丝的食用方法	156
一、凉拌粉丝	156
二、龙须扣肉	156
三、荷包粉丝	156
四、炒三丝	157
五、粉丝菊花蛋	157
六、琉璃粉丝	157
七、粉丝蛋卷	158

八、粉丝芝麻糕	158
九、五柳鱼	158
十、凤凰卧巢	158
十一、粉丝大肠	159
十二、辣三丁	159
十三、粉丝虾煲	159
十四、粉丝蒸鱼	161
十五、菠菜拌粉丝	161
十六、肉末粉丝小白菜	162
附录	163
一、各种淀粉的标准	163
二、粉丝（条）标准	167
三、山东省粮油进出口分公司关于龙口粉丝品质的 检验标准	180
四、蚕豆和甘薯粉丝的等级检验标准	180
五、粉丝商品检验方法	181
六、生活饮用水水质标准（GB 5749—85）	182
七、粉丝生产中常用术语	183
参考文献	187

第一章 淀粉的一般知识

淀粉是粉丝生产的原料。对淀粉的分布、分类、结构和性质的了解是粉丝加工和质量控制的基础。

第一节 淀粉的一般分布和分类

一、淀粉的一般分布

淀粉在自然界中分布很广，是高等植物中常见的组分，也是碳水化合物贮藏的主要形式。在大多数高等植物的所有器官中都含有淀粉，这些器官包括叶、茎（或木质组织）、根（或块茎）、球茎（根、种子）、果实和花粉等。除高等植物外，在某些原生动物、藻类以及细菌中也都可以找到淀粉粒。

植物绿叶利用日光的能量，将二氧化碳和水变成淀粉，绿叶在白天所生成的淀粉以颗粒形式存在于叶绿素的微粒中，夜间光合作用停止，生成的淀粉受植物中糖化酶的作用变成单糖渗透到植物的其他部分，作为植物生长用的养料，而多余的糖则变成淀粉贮存起来，当植物成熟后，多余的淀粉存在于植物的种子、果实、块根、细胞的白色体中，随植物的种类而异，这些淀粉叫作贮藏性多糖。

二、淀粉的分类

淀粉的品种很多，一般按来源分为如下几类。

1. 禾谷类淀粉

这类原料主要包括玉米、大米、大麦、小麦、燕麦、荞麦、高粱和黑麦等。淀粉主要存在于种子的胚乳细胞中，另外糊粉层、细胞尖端即伸入胚乳淀粉细胞之间的部分也含有极少量的淀粉，其他部分一般不含淀粉，但有例外，玉米胚中含有大约 25% 的淀粉。淀粉工业主要以玉米为主。针对玉米的特殊用途，人们开发了特用型玉米新品种，如高含油玉米、高含淀粉玉米、蜡质玉米等，以适应工业发展的需要。

2. 薯类淀粉

薯类是适应性很强的高产作物，在我国以甘薯、马铃薯和木薯等为主。主要来自于植物的块根（如甘薯、木薯、葛根等）、块茎（如马铃薯、山药等）。淀粉工业主要以木薯、马铃薯为主。

3. 豆类淀粉

这类原料主要有蚕豆、绿豆、豌豆和赤豆等，淀粉主要集中在种子的子叶中。这类淀粉直链淀粉含量高，一般用于制作粉丝的原料。

4. 其他淀粉

植物的果实（如香蕉、芭蕉、白果等）、基髓（如西米、豆苗、菠萝等）等中也含有淀粉。另外，一些细菌、藻类中亦有淀粉或糖原（如动物肝脏），一些细菌的贮藏性多糖与动物肝脏中发现的糖原相似。

第二节 淀粉的性状、结构和组成

一、淀粉的性状

淀粉是以颗粒形式存在于植物种子、块根和块茎的一种能量贮存性多糖，来源广泛。不同的淀粉具有不同的性状。

（一）淀粉颗粒的形状和大小

不同种类的淀粉粒具有各自特殊的形状，一般淀粉粒的形状为圆形（或球形）、卵形（或椭圆形）和多角形（或不规则形），这取决于淀粉的来源。如小麦、黑麦、粉质玉米淀粉颗粒为圆形（或球形），马铃薯和木薯为卵形（或椭圆形），大米和燕麦为多角形（或不规则形），蚕豆淀粉为卵形而更接近肾形，绿豆淀粉和豌豆淀粉颗粒则主要是圆形和卵形。

同一种来源淀粉粒也有差异，如马铃薯淀粉颗粒大的为卵形，小的为圆形；小麦淀粉颗粒大的为圆形，小的为卵形；大米淀粉颗粒多为多角形；玉米淀粉颗粒有的是圆形有的是多角形。

不同来源的淀粉颗粒大小相差很大，一般以颗粒的长轴的长度表示淀粉粒大小，介于 $2\sim 120\mu\text{m}$ 之间。商业淀粉中一般以马铃薯

淀粉颗粒为最大（15~120 μm ），大米淀粉颗粒最小（2~10 μm ）。非粮食类来源的淀粉中，美人蕉淀粉最大，芋头最小（平均为2.6 μm ），绿豆8~21 μm ，平均16 μm ，蚕豆20~48 μm ，平均32 μm 。另外，同一种淀粉，其大小也不相同，如玉米淀粉颗粒小的为2~5 μm ，平均为10~15 μm ；小麦淀粉颗粒小的为2~10 μm ，大的为15~35 μm 。

淀粉粒的形状大小常常受种子生长条件、成熟度、直链淀粉含量及胚乳结构等影响。如马铃薯在温暖多雨条件下生长，其淀粉颗粒小于在干燥条件下生长的淀粉颗粒。玉米的胚芽两侧角质部分的淀粉颗粒大多为多角形，而中间粉质部分的淀粉颗粒多为圆形，这是因为前者被蛋白质包裹得紧，生长时遭受的压力大，而未成熟的或粉质的生长期遭受的压力较小。玉米的直链淀粉含量从27%增加至50%时，普通玉米淀粉的角质颗粒减少，而更近于圆形的颗粒增多，当直链淀粉含量高达70%时，就会有奇怪的腊肠形颗粒出现。

（二）淀粉颗粒的结构

1. 环纹或轮纹

在显微镜下仔细观察淀粉粒时，可看到淀粉粒都具有环层结构，有的可以看到明显的环纹或轮纹，像树木的年轮一样，其中以马铃薯淀粉粒的环纹最为明显。

环层结构是淀粉粒内部密度不同的表现，每层开始时密度最大，以后逐渐减小，到次一层时密度又陡然增大，一层一层地周而复始，结果便显示环纹。

各层密度不同，是由于合成淀粉所需的葡萄糖原料的供应有昼夜不同的缘故。白天光合作用比夜间强，转移到胚乳细胞去的葡萄糖较多，合成的淀粉密度也较大，昼夜相间便造成环层结构。实验证明，在人工光照下，如小麦或玉米淀粉粒则看不到环层结构，因为在这种情况下没有昼夜之分。但是马铃薯淀粉粒在常温下进行生长，仍有环层，可能是因为它的周期生理代谢强之故。

淀粉颗粒水分低于10%时看不到环层结构，有时需要用热水处理或冷水长期浸泡，或用稀薄的铬酸溶液或碘的碘化钾溶液慢慢

作用后，会表现出来环层结构。

2. 粒心或核

各环层共同围绕的一点称为粒心或核。粒心位于中央，故为同心环纹，如禾谷类淀粉。粒心偏于一端，故为偏心环纹，如马铃薯淀粉。粒心位置和显著程度依淀粉种类而异（见表 1-1，其中长轴长度/平均长度的单位为 μm ）。由于粒心部分含水较多，比较柔软，故在加热干燥时常常造成裂纹，根据裂纹的形态，也可以辨别淀粉粒的来源和种类，如玉米淀粉粒为星状裂纹，甘薯淀粉粒为星状、放射状或不规则的十字裂纹。

表 1-1 淀粉的颗粒性质

淀粉品种	长轴长度/ 平均长度	整齐度	形 状	环 纹	粒 心	单复粒
大米	2~10/5	整齐	多角形，棱角显著	不清楚	放大 400 倍中央可看出	复粒
玉米	5~30/15	整齐	圆形或多角形，棱角显著	比较清楚	中间，呈星状环纹	单粒
小麦	2~40/20	有大、小粒少数有中粒	大粒圆形，小粒卵形	不清楚	中间可以看出	单粒多复粒少
甘薯	5~40/17	不整齐	棱角较不显著，有些呈圆形	不清楚	明显，裂纹呈星状或放射状或不规则的十字形	单粒
马铃薯	5~120/50	不太整齐	大粒呈卵形或贝壳形，小粒圆形	完整	偏心明显	单粒多复粒也有

淀粉粒依其本身构造（如粒心的数目和环层的排列的不同）又可分为单粒、复粒、半复粒三种。单粒只有一个粒心，如玉米和小麦淀粉粒。复粒由几个单粒组成，具有几个粒心。尽管每个单粒可能原来都是多角形，但在复粒的外围，仍然显出统一的轮廓，如大米和燕麦的淀粉粒。半复粒的内部有两个单粒，各有各的粒心和环层，但是最外围的几个环轮则是共同的，因而构成的是一个整粒。

在同一个细胞中，所有的淀粉粒，可以全为单粒，也可以同时存在几种不同的类型。例如燕麦淀粉粒，除大多数为复粒外，也夹有单粒。小麦淀粉粒，除大多数为单粒外，也有复粒。马铃薯淀粉

粒除单粒外，有时也形成复粒和半复粒。

3. 淀粉颗粒的晶体构造

(1) 双折射性及偏光十字 双折射性是由于淀粉粒的高度有序性（方向性）所引起的，高度有序的物质都有双折射性。淀粉粒配成1%的淀粉乳，在偏光显微镜下观察，呈现黑色的十字，将颗粒分成四个白色的区域，称为偏光十字或马耳他十字。这是淀粉粒为球晶体的重要标志。十字的交叉点位于粒心，因此可以帮助粒心的定位。

不同品种淀粉粒的偏光十字的位置、形状和明显程度不同，依此可鉴别淀粉品种。例如，马铃薯淀粉的偏光十字最明显，玉米、高粱和木薯淀粉明显程度稍逊，小麦淀粉偏光十字最不明显。

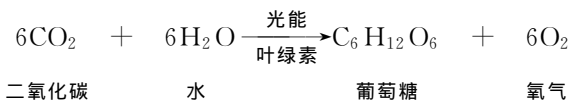
(2) 淀粉颗粒的晶型 用X衍射法研究，进一步证实发现淀粉颗粒的晶体结构。淀粉颗粒由几乎相等的两部分组成，即有序的结晶区和无序的无定形区（非结晶区）。结晶部分的构造可以用X衍射来确定，而无定形区的构造至今还没有较好的方法确定。

(三) 淀粉颗粒的持水能力

因为淀粉颗粒中有很多暴露的羟基，所以淀粉具有较强的持水能力。淀粉的持水能力与淀粉颗粒的大小、结构的紧密程度以及环境的相对湿度有关。一般情况下，玉米淀粉的含水量约为12%，马铃薯和甘薯淀粉的含水量约为20%。在一定温度和相对湿度条件下，淀粉的持水性会达到一个平衡状态，此时的水分含量称作平衡水分。如果产品中的水分高于平衡水分，则产品中的水分向空气中转移；如果产品中的水分低于平衡水分，则产品吸收空气中的水分。所以，在一定的水分含量以下时产品可以安全贮藏而不会变质，此时的水分含量又称为安全水分。

二、淀粉的化学结构与组成

淀粉是由葡萄糖转化而来的。在叶绿素的存在下，植物通过光合作用，将水和空气中的二氧化碳合成了葡萄糖，这一过程可用下列反应式表示：



除一部分葡萄糖用于植物的生长和代谢外，多余的葡萄糖则在淀粉合成酶的作用下合成作为能量贮存形式的淀粉。



淀粉合成过程中，葡萄糖分子间连接的位置不同，会产生线形和分支形的淀粉，前者称为直链淀粉，后者称为支链淀粉。天然淀粉颗粒中，这两种淀粉同时存在。

(一) 直链淀粉

直链淀粉是脱水葡萄糖通过 1,4 糖苷键连接形成多聚葡萄糖。

淀粉颗粒中，直链淀粉和支链淀粉的相对含量因淀粉的来源不同而不同（表 1-2）。直链淀粉含量的多少对淀粉糊的性质起着决定性的作用。

表 1-2 不同品种淀粉中直链淀粉的含量

淀粉种类	直链淀粉含量/%	淀粉种类	直链淀粉含量/%
大米	17	燕麦	24
糯米	0	光皮豌豆	30
普通玉米	26	皱皮豌豆	75
糯玉米	0	马铃薯	22
高直链玉米	70~80	甘薯	20
高粱	27	木薯	17
糯高粱	0	绿豆	30
小麦	24	蚕豆	32

直链淀粉没有一定的相对分子质量，不同来源的直链淀粉的分子聚合度范围为 100~6000，一般为数百。聚合度是指直链淀粉分子中脱水葡萄糖单位的数目。脱水葡萄糖单位的相对分子质量为 162，乘以聚合度即得到直链淀粉的相对分子质量。同一品种直链淀粉的相对分子质量差别很大，不同品种直链淀粉的相对分子质量差别更大。玉米、小麦等谷类的相对分子质量较小，马铃薯、木薯等薯类直链淀粉的相对分子质量较大。因为淀粉的分离方法和相对分子质量的测定方法不同，所以，从文献中看到的结果一般都不相同。直链淀粉分子在淀粉颗粒中并不是完全伸直的直线，由于分子

内羟基间的氢键缔合，而使整个分子卷曲成以每 6 个脱水葡萄糖单位为 1 个螺旋节距的螺旋结构。

(二) 支链淀粉

支链淀粉是脱水葡萄糖以 1,6 糖苷键的形式连接而成的聚合物，结构中具有分支，故而称为支链淀粉。

支链淀粉是由较多的链通过分支连接起来的，每条链都与直链淀粉相似。这些链又分成主链和侧链，每个支链淀粉分子由一条主链和若干条连接在主链上的侧链组成。一般将主链称为 C 链，侧链又分为 A 链和 B 链。主链中每隔 9 个葡萄糖残基（脱水葡萄糖单位）就有一个分支，每一个分支平均含有 15~18 个葡萄糖残基，整个支链淀粉分子是犹如树枝状的枝杈结构。

支链淀粉分子的聚合度为 1200~3000000，一般在 6000 以上，比直链淀粉分子的聚合度大得多。支链淀粉是天然化合物中最大的一种。支链淀粉和直链淀粉有很大的不同，它们的比较列于表 1-3。

表 1-3 直链淀粉和支链淀粉的比较

项 目	直 链 淀 粉	支 链 淀 粉
分子形状	线形	高度分支
聚合度	100~6000	1000~300000
糖苷键	1,4 键	1,6 键
碘反应	深蓝色	红紫色
碘吸收量	19%~20%	<1%
溶液稳定性	不稳定,易凝沉	稳定
X 射线衍射分析	高度结晶性结构	无定形结构
乙酰衍生物	可制成高强度纤维和薄膜	制得的薄膜很脆弱

(三) 直链淀粉和支链淀粉的分离

在利用淀粉时，将直链淀粉和支链淀粉分离开具有多种用途。分离直链淀粉和支链淀粉的方法很多，工业上主要采用硫酸镁法。由于直链淀粉和支链淀粉在硫酸镁溶液中具有不同的溶解度，从而可将两者分离。如在室温下用 10% 的硫酸镁溶液处理马铃薯淀粉，

其中的直链淀粉可沉淀析出；若硫酸镁溶液的浓度为 13% 时，支链淀粉在室温下即可以沉淀，而直链淀粉则要在 80℃ 才沉淀析出。此外，用异构酶有选择地切断支链淀粉的 1, 6 糖苷键，可使之全部变成直链淀粉分子。如在 10%~15% 的淀粉水悬浮液中加入异构酶，在 45℃ 下作用 1~2 天，即可分离沉淀聚合度为 300 以上的直链淀粉组分，再冷却到 5℃ 可得到聚合度为 15~50 的短直链淀粉，收率为 95%，且没有支链淀粉。

分离得到的直链淀粉有很强的凝沉性，在冷水中不溶解，其乙酰化衍生物能够制成强度很高的纤维和薄膜。薄膜的强度像玻璃纸一样，具有爽口透油、不透水、不透酒精、透气性很低的特性，因此，适用于做食品包装材料，还可做硬纸板的黏合剂和耐水涂层。支链淀粉不易凝沉，复水性好，可做调料、增稠剂和稳定剂。

（四）淀粉颗粒的微细结构

偏光显微镜观察表明，淀粉颗粒具有弹性变形性质，是球晶体，只是晶体结构在淀粉颗粒中只占小部分，大部分则是非结晶体。支链淀粉分子是结晶结构的主要支撑部分，其中的分支侧链上的葡萄糖单位链以氢键缔合平行排列束状，称为微晶束；支链淀粉分子也参与微晶束的构成，但更多的则是在淀粉颗粒的内部。无论是支链淀粉分子还是直链淀粉分子，都不是以整个分子参与一个微晶束的，而是以其链的各个部分分别参与微晶束的构成，其中一部分不参与构成微晶束，而成为淀粉颗粒的非结晶区，也就是无定形部分。支链淀粉主要在淀粉颗粒的外层（支链淀粉约占 90%，直链淀粉约占 10%），具有抗酸碱的作用。

第三节 淀粉的性质

自然界中，淀粉是由葡萄糖缩合而成的，但是，如果条件适宜，淀粉也可以发生逆向的水解反应，转化成不同聚合度（即分子量的大小）的产物，如可溶性淀粉、糊精、低聚糖、麦芽糖和葡萄糖。此外，羟基所具有的性质淀粉同样也有。淀粉的这些性质是工业上生产淀粉转化产品的基础。

一、物理性质

淀粉为白色粉末，有较强的吸水性和持水能力。天然淀粉颗粒分散在冷水中时不能溶解，但将淀粉的悬浮液加热到一定的温度，则会形成黏稠的胶体，直链淀粉先溶出。在温度足够高并不断搅拌的情况下，支链淀粉也会吸水膨胀形成溶胶，冷却后直链淀粉重新结晶而沉淀，支链淀粉重结晶的程度则非常小。淀粉常被用作碘分析方法中的指示剂，其原因是淀粉具有吸附碘的能力，淀粉与碘可以形成有颜色的复合物。直链淀粉与碘形成的复合物呈深蓝色，支链淀粉与碘的复合物则呈红紫色。6个葡萄糖单位以下的淀粉与碘不显色，8~12个葡萄糖残基与碘显红色，只有35个葡萄糖残基以上的直链淀粉分子与碘才能呈现深蓝色反应。支链淀粉分子的直链部分一般只有20个左右的葡萄糖残基，因而与碘的复合物呈现红紫色。

直链淀粉分子以螺旋结构方式存在，碘分子在其中与直链淀粉分子中的葡萄糖结合。每6个葡萄糖残基结合一个碘分子。碘分子犹如一根轴贯穿于直链淀粉分子的螺旋结构中，一旦螺旋伸展开来，结合着的碘分子就会游离出来。比如加热时会看到碘-淀粉溶液的深蓝色逐渐消失，而溶液冷却后深蓝色又会出现。

纯净的直链淀粉能定量结合碘，每克直链淀粉可结合200g的碘，这一性质通常被用于直链淀粉含量的测定。

直链淀粉除了可以跟碘结合形成复合物外，还能与脂肪酸、醇类、表面活性剂等形成结构类似于碘-淀粉的复合物。

二、化学性质

淀粉中的羟基所具有的性质使淀粉进行改性成为可能，从而生产出各种各样的淀粉再加工品，如葡萄糖、淀粉糖浆、饴糖、糊精以及各种淀粉化学品等。

(一) 淀粉的水解

在淀粉酶的作用下，淀粉分子发生降解，生成不同的产物。产物的种类视水解的程度而定，最终的产品为淀粉的基本组成单位——葡萄糖。淀粉的水解按下述步骤进行：淀粉→可溶性淀粉→红糊精→无色糊精→麦芽糖→葡萄糖。随着淀粉水解程度的加深，

渐增大，形成具有很大黏性的淀粉糊，这种现象就是所谓的淀粉的糊化。黏度开始增加的温度叫做糊化温度。淀粉糊化的实质是，在加热的作用下结晶或非结晶的淀粉分子间的氢键缔合被破坏，淀粉分子由紧密的有序排列变成散乱的无序排列，这时的淀粉称糊化淀粉，也称 α -淀粉，它是容易分散于冷水的无定形粉末，晶体结构完全被破坏。日常生活中我们经常用面粉加热后作成糰糊就是利用淀粉糊化的性质。

淀粉颗粒的形状和颗粒内部淀粉分子间结合的紧密程度决定了淀粉糊化的难易，即糊化温度的高低。颗粒形状为卵形和圆形的淀粉比多角形的淀粉容易糊化，直链淀粉含量低的比直链淀粉含量高的淀粉容易糊化。表 1-4 列出了部分淀粉的糊化温度。

表 1-4 几种淀粉的糊化温度

淀粉种类	糊化温度范围/°C	糊化开始温度/°C
玉米	64~72	64
大米	58~61	58
小麦	65~67.5	65
高粱	69~75	69
马铃薯	56~67	56
木薯	59~70	59
甘薯	70~76	70
绿豆		72.5
蚕豆		68

淀粉的糊化不是一步完成的，经过观察，整个糊化过程可以分成 3 个阶段。

第一阶段，暴露在淀粉颗粒外部的羟基或颗粒空隙中的羟基与溶液中的水分子通过氢键作用，使得淀粉吸收有限的水分，淀粉颗粒的体积只发生有限的膨胀，而淀粉悬浮液的黏度并没有任何的变化，水分子只是进入了无定形区，而结晶结构没有受到影响，因为偏光显微镜下仍能看到偏光十字，整个淀粉颗粒的外形和性质与原来没有区别。此时若是将水分子在温和的条件（较低的温度）下去除，则可得到原来的淀粉。

第二阶段，当给淀粉悬浮液加热到前面所述的糊化温度时，淀