

TECHNOLOGY OF STARCH PROCESSING
AND QUALITY CONTROL

淀粉生产 与质量控制技术

主编：王彦波

中国商业出版社

[2] 淀粉生产与质量控制技术

主 编 王彦波

中国商业出版社

图书在版编目(CIP)数据

淀粉生产与质量控制技术/王彦波主编. - 北京:中国商业出版社,1998.11

ISBN 7-5044-3803-0

I. 淀… II. 王… III. ①淀粉-食品加工②淀粉-食品加工-质量控制 IV. TS234

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 30863 号

责任编辑 孙锦萍

中国商业出版社出版发行

(100053 北京广安门内报国寺1号)

新华书店北京发行所经销

北京星月印刷厂印刷

787×1092毫米 16开 17.125印张 430千字

1998年11月第1版 1998年11月第1次印刷

定价:26.00元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)

内 容 简 介

本书系统介绍了目前国内最新、最适用的谷物、薯类淀粉生产技术,生产设备及质量控制技术。主要内容有淀粉生产原料的工艺特性、原料的预处理;淀粉生产原理、生产工艺及工艺参数;淀粉生产设备的原理、使用及维修;副产品的生产及利用;主副产品及中间产品的质量分析与控制技术;淀粉深加工的基本知识。

本书可作为淀粉工程设计人员,各级行业管理人员,粮食、淀粉加工技术人员,生产工人及淀粉设备制造行业人员的必备读物。也可供农副产品加工、粮食工程、食品工程及谷物品质分析等相关专业院校师生的参考用书。

前 言

淀粉工业是国民经济中占重要地位的产业,是粮食深度加工和综合利用的重要分支,是农业产业化的重要组成部分。淀粉及其深加工工业不仅满足日益增长的人民生活需要,而且由于淀粉,特别是其副产品及深加工产品的附加值高,也为国家经济建设发挥了较大作用。

淀粉及其深加工工业带动了食品、发酵、医药、饲料、造纸、纺织等相关行业的发展,同时又为农业、化学工业、酶制剂工业提供了市场。根据淀粉工业的发展目标,我国到2000年计划发展到年产淀粉430万吨,年人均占有3.3千克;1994年到2000年淀粉年平均递增8.36%。它的发展,对促进农业和相关行业的发展,对改善人民生活,增加国民经济收入,有着十分重要的意义。

十余年来,我国在引进、消化国外先进淀粉加工技术的同时,也大力发展了我国的淀粉生产工艺与装备。今后,我国淀粉工业发展的指导思想是依靠先进技术,优化结构,实行规模经济和现代管理,加速行业发展和改造,取得较快的速度和较高的经济效益。为进一步提高淀粉行业的综合加工技术水平,努力开发新产品、新技术、新工艺,以提高全行业的整体素质和市场竞争能力,我们编写了本书。

本书可作为粮食加工、食品加工及其副产品利用人员、淀粉工程设计人员、淀粉行业技术人员、管理人员、生产操作人员的读物,也可作为相关专业院校人员参考书籍。

本书由郑州粮食学院王彦波任主编;崔云洪任副主编。其中,王彦波编写第一、二、三、四、五、六、七、八、九章和第十二章的第一、三节及第十三章的第四节;崔云洪编写第十章;刘亚伟编写第十一章;李爱花编写第十二章的第二、四节,第十三章的第一、二、三、五节及第十四、十五章。

本书在编写过程中,年文恒高级工程师提出了许多宝贵意见,并得到了中国淀粉工业协会及郑州粮食学院等领导的大力支持,特在此致谢。

由于经验不足,水平有限,书中不妥之处还望有关专家、同仁和广大读者不吝指教。

编者

1998年2月

目 录

第一章 玉米生产淀粉的工艺特性	(1)
第一节 玉米的物理、化学及工艺特性	(1)
第二节 原料中的杂质	(4)
第二章 淀粉的特性及应用	(6)
第一节 淀粉的生成和理化特性	(6)
第二节 淀粉的用途	(12)
第三章 玉米清理及浸泡工艺	(14)
第一节 玉米清理工艺与参数	(14)
第二节 亚硫酸的生产及玉米浸泡工艺与参数	(16)
第四章 玉米破碎与胚芽分离	(25)
第一节 玉米破碎	(25)
第二节 胚芽分离及烘干	(26)
第三节 玉米破碎与胚芽分离工艺指标	(30)
第五章 玉米精磨及纤维分离	(31)
第一节 精磨及纤维分离与洗涤	(31)
第二节 精磨及纤维洗涤工艺指标	(33)
第六章 淀粉与麸质分离	(35)
第一节 淀粉与麸质分离的方法	(35)
第二节 淀粉与麸质分离的工艺指标及影响因素	(45)
第七章 淀粉乳脱水与湿淀粉干燥	(51)
第一节 淀粉乳脱水	(51)
第二节 湿淀粉干燥	(52)
第三节 淀粉乳脱水与湿淀粉干燥工艺指标	(56)
第八章 马铃薯淀粉生产技术	(57)
第一节 马铃薯的物理、化学及工艺特性	(57)
第二节 马铃薯淀粉生产技术	(60)
第九章 小麦淀粉生产技术	(67)
第一节 面粉、淀粉、谷朊粉的工艺特性及应用	(67)
第二节 小麦淀粉生产技术	(69)
第十章 淀粉生产设备	(75)
第一节 原料清理设备	(75)
第二节 玉米浸泡设备	(79)
第三节 破碎设备	(83)
第四节 细磨设备	(87)

第五节	筛分设备	(90)
第六节	分离设备	(95)
第七节	旋流分离器	(100)
第八节	脱水设备	(107)
第九节	干燥设备	(114)
第十节	工厂通用设备	(122)
第十一章	变性淀粉的生产及应用	(125)
第一节	概述	(125)
第二节	转化淀粉	(128)
第三节	交联淀粉	(132)
第四节	酯化淀粉	(134)
第五节	醚化淀粉	(137)
第六节	接枝淀粉	(141)
第十二章	品质检验与分析基本知识	(147)
第一节	基本技能与规则	(147)
第二节	常用检验仪器的原理与使用	(150)
第三节	淀粉检验分析基础与淀粉生产计算	(166)
第四节	常用化学试剂的制备	(172)
第十三章	玉米淀粉生产质量控制技术	(198)
第一节	原料的质量要求及检验	(198)
第二节	辅料的质量要求及检验	(203)
第三节	原辅料检验制度	(210)
第四节	中间产品的检验与分析	(212)
第五节	成品的检验与分析	(219)
第十四章	马铃薯淀粉生产质量控制技术	(243)
第一节	原料的检验	(243)
第二节	中间产品的检验	(246)
第三节	成品的检验	(247)
第十五章	小麦淀粉生产质量控制技术	(249)
第一节	原料的检验	(249)
第二节	中间产品的检验	(255)
第三节	小麦淀粉的检验	(255)
附表 1	波美度与温度修正表	(257)
附表 2	玉米浆波美度与干物质百分比含量关系表	(259)
附表 3	玉米淀粉乳浓度与波美度和比重关系表	(260)
参考文献		(264)

第一章 玉米生产淀粉的工艺特性

玉米是人类最主要的粮食作物之一,已有近 5000 年的栽培历史,约占世界粮食总产量的 1/4。玉米是一种高产、稳产作物,在我国粮食总产量中所占的比例仅次于稻谷和小麦而居第三位。

玉米的利用大部分是作为食用、饲料和工业原料。我国约 1/3 的玉米用于深加工,而美国约有 4/5 的玉米作为工业深加工原料。

玉米是加工淀粉的最好原料,它具有产量高、淀粉含量高、质量好,副产品有利于综合利用,生产成本低,易于运输和贮存,工厂可以整年生产等优点。

玉米淀粉的用途十分广泛,主要应用于饮料、食品、医药、化工、轻工、纺织、造纸、铸造、石油、农业等领域。

第一节 玉米的物理、化学及工艺特性

一、玉米的结构与分类

(一)玉米籽粒的结构

玉米的形状和颜色多种多样,结构都是由种皮、胚、胚乳和根冠组成,其结构如图 1-1 所示。

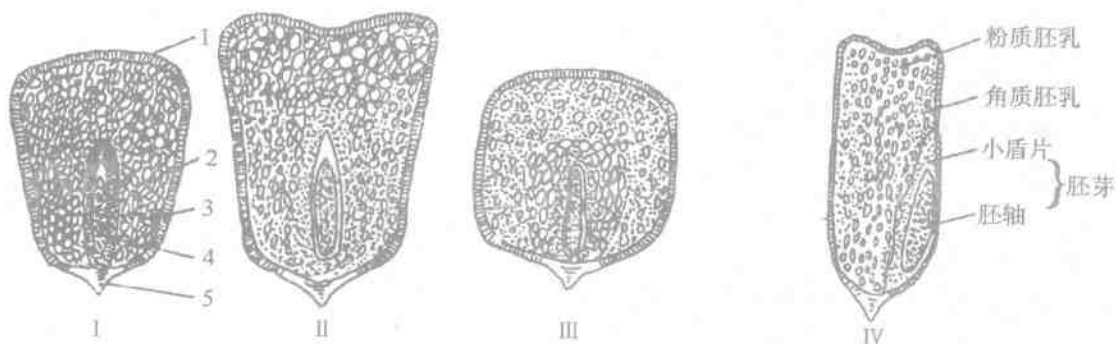


图 1-1 各种玉米籽粒的结构图

1.果皮 2.糊粉层 3.胚乳 4.胚芽 5.根冠

I 粉质玉米 II 马齿形玉米 III 角质玉米 IV 马齿形玉米

1. 皮层。玉米的皮层由果皮、种皮、糊粉层组成。籽粒的外面是由一层坚硬而紧密的细胞组成的果皮和一层很薄的、不具备细胞构造的半透明膜(种皮)。果皮是有厚壁和微孔的长椭圆形的细胞组成。种皮保护玉米籽粒免受寄生霉菌及有害液体的侵蚀,种皮所含的色素决定了籽粒的颜色。在种皮的里面是胚芽和胚乳,胚乳是被厚细胞壁包裹着的含有大量淀粉的细胞。胚乳的最外层由透明的大细胞组成,被称作糊粉层。糊粉层的重量约为整粒重的 3%,虽然在结构上糊粉层属于胚乳,但在淀粉湿磨法加工中它却与果皮根冠同属于“纤维”部分,在淀粉干

磨法加工中它属于糠麸部分。

2. 胚乳。玉米的胚乳分角质和粉质两类。角质胚乳组织结构紧密, 硬度大, 透明而有光泽。马齿形玉米的胚乳的两侧为角质胚乳, 中央和顶端均为粉质胚乳, 粉质区与角质区之比为1:2。不同类型玉米粒中, 这个比值也有相当大的变化, 如粉质玉米几乎不含角质胚乳, 而角质玉米和爆裂玉米的胚乳只含有很小的粉质胚乳芯核, 完全由角质胚乳包围着。虽然从形态学上说角质区与粉质区的分界线并不明确, 但粉质区的特点是细胞较大, 淀粉粒既大且圆, 蛋白质基质较薄, 因而也使淀粉提取变得容易一些。角质区的特点是细胞较小, 淀粉粒小而且呈多角形, 角质胚乳的蛋白质含量比粉质区多1.5%~2.0%, 黄色胡萝卜素的含量也较高。在糊粉层的下面有一排坚实的细胞, 称为次糊粉层, 其蛋白质含量高达28%, 这些小细胞在全部胚乳中的含量大致少于5%, 它们含有很小的淀粉和较厚的蛋白质基质, 这使得在净化淀粉时造成困难。

3. 胚芽。胚芽位于玉米的基部, 富有柔韧和弹性, 不易破碎。加工时可以完整地分离出来。胚芽占据玉米籽粒纵切面面积的1/3, 其脂肪含量很高。胚芽由小盾片和胚轴两部分组成。胚轴仅占整个胚芽重量的7.6%~15.4%。小盾片由一种不溶性胶粘物粘附在胚乳上, 这种胶粘物是细胞碎片的降解物, 其主要组成为多缩戊糖与蛋白质; 小盾片由圆柱形厚壁细胞组成, 从这些细胞的截面上可以看到许多油滴。

4. 根冠。根冠也叫根帽, 又称基胚, 位于玉米的底部, 没有食用价值。加工时作为渣皮去除。各种不同品种的玉米籽粒各形态部分的数量比也不相同。这也取决于玉米生长的土壤及气候条件。

玉米表皮占籽粒总重量的5%~6%, 胚芽占8%~12%, 而胚乳占79%~85%(干基)。

(二) 玉米的分类

1. 按中国国家标准(GB1356-86)的规定, 玉米分为以下几类:

第一类为黄玉米: 种皮黄色;

第二类为白玉米: 种皮白色;

第三类为糯玉米: 富有粘性;

第四类为杂玉米: 以上三类玉米超过互混限度的(一、二、三类玉米中混有其他类玉米的限度为5%)。

2. 中国农业科学院作物所根据玉米的粒型, 将玉米分为以下几类:

第一类为马齿型: 籽粒呈马齿形, 胚乳的两侧为角质, 中央和顶端均为粉质。

第二类为硬粒型: 籽粒呈圆形或短方形, 胚乳周围全是角质。

第三类为中间型: 马齿形和硬粒型各占一半。

第四类为硬偏马型: 硬粒型占75%左右。

第五类为马偏硬型: 马齿型占75%左右。

根据中国农业科学院作物所对中国128个杂交种玉米籽粒分析的结果: 马齿型占44.1%, 硬粒型占18.9%, 马偏硬占16.5%, 硬偏马占8.7%, 中间型占11.8%。

3. 根据成分及用途玉米又可分为生产淀粉用玉米(淀粉含量 $\geq 71\%$, 发芽率 $\geq 40\%$)、饲料用玉米、高赖氨酸玉米、高油玉米、甜玉米、高微量元素玉米等。

二、玉米的工艺品质

(一)粒度

玉米籽粒的大小差别较大,一般长度为7~16mm,宽度为5~12mm,厚度为3~7mm。玉米粒度差别越大,玉米的清理和破碎难度也越大。

(二)容重、千粒重、比重

玉米的比重:1.20

胚芽的比重:0.96

细渣的比重:1.13

旦白质比重:1.18

淀粉的比重:1.61

玉米浸泡装罐容重:0.55~0.58T/m³

玉米千粒重:295克左右

玉米容重:750克/升左右

玉米容重、千粒重、比重越大,产品出品率越高,加工性能越好。

(三)其他工艺品质

玉米输送物料与水的比例为1:(2.5~3.5)。

玉米在加工过程中,胚乳易碎,胚不易碎,皮层更不易破碎。据实验,胚的破碎强度是胚乳的1~2倍。角质玉米籽粒较坚实,强度大,不易破碎,磨碎后细渣较多,渣的流动性较好。粉质玉米籽粒较松散,强度小,易于破碎,磨碎后细渣含量较少。

三、玉米的化学成分

玉米籽粒的化学组成是随玉米品种的不同而变化的。粉质玉米富含淀粉和脂肪,而硬质玉米富含蛋白质。

玉米籽粒中所含的各种化学物质在其各形态部分的分布也是不均匀的。表皮集中了纤维素(18.72%)和戊聚糖(20.33%)。在胚乳里主要物质是淀粉,而纤维素和戊聚糖含量很小(分别为0.5%和1.3%)。胚芽中脂肪的含量很高,可作为生产营养价值较高的食用玉米油的原料,其纤维素(5.93%)和戊聚糖(4.3%)的含量也较高。玉米籽粒各部分的平均化学成分见表1-1。

表1-1 玉米籽粒各部分的化学成分(干物质%)

籽粒部分	占籽粒(%)	淀粉	糖	蛋白质	脂肪	灰分
胚乳	81.9	86.4	0.64	9.4	0.8	0.31
胚芽	11.9	8.2	10.80	18.8	45.5	10.10
表皮	5.4	7.3	0.34	3.7	1.0	0.84
根冠	0.8	5.3	1.61	9.1	3.8	1.64
整粒	100	72.4	1.94	9.6	4.7	1.43

与其他谷物相比,玉米含淀粉的量较大。除淀粉外,玉米籽粒中还含有相当多的单糖和双糖(约4.5mg/g玉米),这些糖大部分在加工玉米的浸泡过程中溶解而转移到浸泡液中。

(一)水分

玉米的水分根据国家标准规定,一般地区为14%;东北、内蒙、新疆地区的水分为18%。一般地区玉米的水分若高于14%,不易长期贮存,必须即时加工。水分的高低对玉米淀粉的生产也有一定的影响。主要反映在玉米的浸泡、破碎及分离阶段。

(二)淀粉

玉米一般含淀粉 68% ~ 73%, 淀粉含量大于 70% 的玉米适于加工淀粉。淀粉主要存在于胚乳中, 胚芽、表皮的淀粉含量较少。

(三)蛋白质

玉米中含有 10% ~ 14% 的蛋白质, 蛋白质中 40% 以上是醇溶蛋白。醇溶蛋白是非全价蛋白, 因为它几乎不含有像赖氨酸和色氨酸这样的必需氨基酸。除醇溶蛋白外还有白蛋白、球蛋白和谷蛋白, 这三种蛋白质为全价蛋白。蛋白质在玉米籽粒的各部位是不均匀的。籽粒中球蛋白的 70% 左右是在胚芽中, 籽粒的其他部位主要是醇溶蛋白、谷蛋白。玉米的籽粒各部位中的蛋白和脂肪的含量成正比例关系。蛋白质含量高的玉米通常在胚芽中同时含有大量的脂肪。

麸质是加工玉米时提取的不溶性蛋白质的商品名称, 也叫蛋白质或黄粉。它含蛋白质 50% ~ 70%, 质量也较好。但因为损失了有价值的必需氨基酸, 所以一般多用于动物饲料的配制。

(四)脂肪

玉米中含有 3.5% ~ 7.0% 的脂肪, 主要存在于胚芽中, 而胚乳和种皮中含脂肪量很低, 只有 0.64% ~ 1.06%。马齿形玉米中的脂肪含量比角质玉米中要高些。

玉米脂肪含有 72% 的液体脂肪酸和 28% 的固体脂肪酸, 脂肪的平均消化率为 95.8%, 营养价值很高, 具有明显的保健作用。所以精制玉米油很受消费者的欢迎。

胚芽的含油量一般为 45% ~ 55%, 由于胚芽油中亚油酸含量较高, 极易氧化变质, 所以生产出的玉米胚芽不易长期贮存。

(五)纤维素

纤维素主要存在于玉米的皮层。玉米生产淀粉时, 纤维素是构成粗渣和细渣的主要成分。粗、细渣皮是生产饲料的主要原料。

(六)矿物质

矿物质在玉米籽粒中的分布是不均匀的, 皮层、胚芽中含量较高, 胚乳中含量很低。矿物质主要由钙盐、钠盐、钾盐、镁盐、铁盐等成分组成, 是玉米灰分的主要组成。

第二节 原料中的杂质

一、杂质的种类

(一)无机杂质

指混入玉米中的泥土、砂石、煤渣、砖瓦、玻璃碎块、金属物及其他无机物质。

(二)有机杂质

指混杂在玉米中的根、茎、毛、野生植物的种子、异种粮粒、鼠雀粪便、虫蛹、虫尸及无食用价值的生芽、病斑、变质玉米粒等有机杂质。

二、杂质的物理性质

(一)粒度差别

1. 大杂质。一般指留存在直径 17.0 毫米圆孔筛上的杂质。

2. 并肩杂质。指通过直径 17.0 毫米圆形筛孔, 留存在直径 3.0 毫米圆形筛孔上的杂质。

3.小杂质。指通过直径3.0毫米圆形筛孔的杂质。

(二)比重差别

1.重杂质。指比重大于玉米的杂质。

2.轻杂质。指比重小于玉米的杂质。

(三)导磁性

指在磁场里发生磁化现象的金属物,如铁、钴、镍等在磁场中能被异性磁极吸引。

三、杂质的危害及利用

玉米在脱粒、干燥、贮藏、运输过程中,难免混入各种各样的杂质;玉米在生长中受自然灾害或病虫害的感染也会产生杂质。在玉米加工过程中,必须及时清理这些杂质,才能提高淀粉的纯度,保证产品质量,满足食品工业和人民生活的需要,并达到安全生产的目的,同时还有利于杂质的收集、整理和综合利用。

除杂时主要根据玉米和杂质的几何形状、空气动力学性质、比重差别、磁电性质的不同进行逐一清除的。

第二章 淀粉的特性及应用

淀粉是植物在阳光的作用下由于碳水化合物光合作用而形成的物质。它大量存在于植物的种子、块茎及根里。淀粉可广泛应用于食品、饲料、纺织、造纸、医药、化工等工业。淀粉对发展国民经济起着越来越大的作用。因此,深入、科学地了解淀粉具有一定的实际意义。

第一节 淀粉的生成和理化特性

一、淀粉的生成

淀粉是碳水化合物中的一种高分子化合物,组成的元素有碳 44.4%、氢 6.2% 和氧 49.4%。淀粉依靠在植物体内天然合成。凡是绿色植物都能利用日光的辐射能,吸收空气中的二氧化碳和水分,通过叶绿素的光合作用,生成葡萄糖,同时产生氧气。在植物体内,葡萄糖经过一系列的生物化学反应,最后生成淀粉,在植物的不同部位储存起来。这一过程的化学反应式简单地表示如下:



二、淀粉的理化特性

(一)淀粉的结构

淀粉是由许多个葡萄糖分子脱水聚合而成的高分子化合物。根据葡萄糖缩合失水后组成淀粉分子的葡萄糖单位为 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$, 所以淀粉的分子式为 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, n 为一个不定数,表示淀粉分子由许多个葡萄糖单位组成。为了与游离葡萄糖 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 区别,通常称 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ 为“葡萄糖单位”。

由三个和四个葡萄糖单位通过 1.4 键连接的小分子糖分别称为麦芽三糖和麦芽四糖,以三个至六个葡萄糖单位聚合的糖称为低聚糖;而七个以上葡萄糖单位聚合的几种糖称较大分子低聚糖;糊精则是指分子大于低聚糖而小于淀粉的各种短链的葡萄糖单位聚合物。

植物中存在的淀粉分子结构形式有两种。一种直链形式的称直链淀粉或链淀粉,另一种具有叉支链形式的称支链淀粉或支淀粉。一般所指的淀粉大都由这两种淀粉混合组成。

1. 直链淀粉。直链淀粉是由葡萄糖单位通过 1.4 糖苷键连接成直链状的大分子(见图 2-1)。直链淀粉没有一定的分子大小,差别很大,聚合的葡萄糖单位约在 100 ~ 6000 个之间,一般为 300 ~ 800 个。若以葡萄糖单位分子量 162 乘聚合的个数,则得直链淀粉的分子量。同一品种直链淀粉在分子大小方面也有很大差别,不同品种的差别就更大。例如谷类直链淀粉的分子较小,薯类的分子则较大。各种植物的淀粉中直链淀粉的含量不一样,例如普通谷类和薯类的淀粉中直链淀粉在 17% ~ 27% 之间。天然的淀粉中除了个别的品种以外,绝大多数品种的直链淀粉含量并不是很高的,粘高粱的淀粉基本上不含直链淀粉。

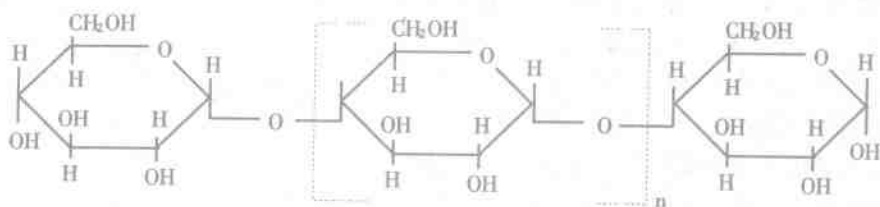


图 2—1 直链淀粉结构式

直链淀粉分子结构中一个尾端葡萄糖单位与麦芽糖分子结构中一端相似,亦具有还原性,故称为还原尾端基;而另一端的葡萄糖单位没有还原性,称为非还原尾端基。

由于直链淀粉遇碘立即产生蓝色反应,所以这种显色试验仍被作为鉴定淀粉的方法。不过,若加热至 70℃ 左右,蓝色会消失,冷却后蓝色又可重现。所以这种呈现蓝色的作用并不是化学反应,而是由于直链淀粉“吸附”碘分子而产生的结果。吸附碘的颜色反应与直链淀粉的分子大小有关,聚合的葡萄糖单位在 30~35 个以上的分子才能呈蓝色,8~12 个的分子呈红色,而 4~6 个的短直链分子则不显色。一般直链淀粉分子的葡萄糖单位在 200 个以上,所以遇碘均呈蓝色。

直链淀粉的凝沉性较强,然而凝沉速度和凝沉程度受分子大小、pH 值、温度和盐类等因素影响。淀粉溶液很不稳定,在储存过程中发生凝沉现象时,使淀粉溶液逐渐地变混浊,胶粘性降低,最后出现白色沉淀,所以凝沉性质对淀粉的应用很有影响。例如米饭、面包等放置长久会变硬,淀粉糊放置后胶粘性降低。因此,酶法制造葡萄糖的生产过程中,玉米淀粉液化困难是受了凝沉性质的影响。

2. 支链淀粉。支链淀粉分子是近似球形的庞大分子,聚合的葡萄糖单位约在 1 000~3 000 000 个之间,一般在 6 000 个以上,平均分子量约为 1 000 000。支链淀粉是天然高分子化合物中最大的一种。

支链淀粉的结构除了在直链结构部分以 1.4 糖苷链连接葡萄糖单位外,而在支叉结构部分是以 1.6 糖苷链连接的,如图 2-2 所示。

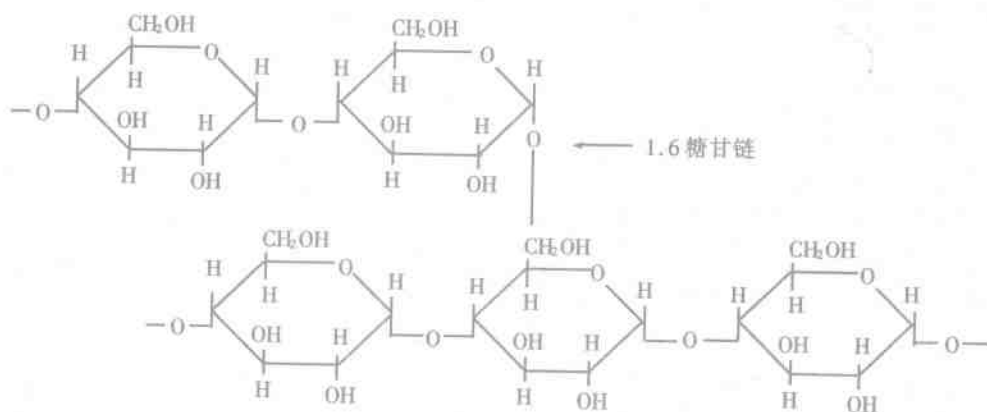


图 2—2 支链淀粉的支叉结构部分

支链淀粉包括 A、B 和 C 三种链结构,各链的尾端都具有一个非还原性端基,如图 2-3 所

示。A链是外链,通过1,6键与B链连接,B链又通过1,6键与C链连接,A链和B链的数目相等。C链是主链,每个支链淀粉分子只有一条C链。C链的一端为非还原尾端基,另一端为还原尾端基。A链和B链都没有还原尾端基,只有非还原尾端基。所以支链淀粉的还原性十分薄弱。

支链淀粉的分子量比直链淀粉大得多,因为一般支链淀粉的支叉侧链在50个以上,每条分支链大约由23~27个葡萄糖单位组成。

支链淀粉的一些性质与直链淀粉存在很大差别。支链淀粉易溶于水,生成稳定的溶液,具有很高的粘度。淀粉糊的粘度主要来自支链淀粉。一般说支链淀粉没有凝沉性。支链淀粉遇碘呈紫红色,而且吸附的碘量大大低于直链淀粉。这两种淀粉的主要差别如表2-1所示。

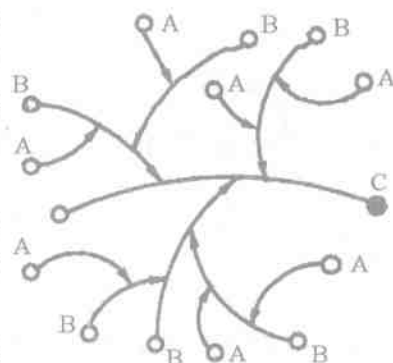


图2-3 支链淀粉结构图

表2-1 直链淀粉与支链淀粉的比较

名 称	直 链 淀 粉	支 链 淀 粉
分子结构形状	直链结构	支叉结构
聚合的葡萄糖单位	100~6 000个	1 000~3 000 000个
尾端基	一端为非还原尾端基, 另一端为还原尾端基	分子只有一个还原尾端 基,有许多个非还原尾端基
遇碘的显色反应	深蓝色 吸附碘量10%~20%	紫红色 吸附碘量小于1%
凝沉性	溶液不稳定,凝沉性强	易溶于水,溶液稳定, 凝沉性很弱
颗粒结构	结晶结构	无定形结构

在植物淀粉中,一般含支链淀粉80%左右,在粘性植物淀粉中,则基本上只含支链淀粉。

(二)淀粉的物理特性

淀粉是白色的微小颗粒,不溶于水和有机溶剂,颗粒内部呈复杂的结晶组织。淀粉乳遇热糊化成粘稠的液体。这些性质是一般淀粉所共有的,但由于各种原料制造的淀粉不同,其性状也不一样,现分别说明如下。

1. 颗粒的形状与大小。在显微镜下观察淀粉的颗粒是透明的。不同的淀粉具有不同的形状和大小。

淀粉的形状有圆形、椭圆形和多角形三种。一般含水分高、蛋白质含量低的植物的淀粉颗粒比较大些,多成圆形和椭圆形,如马铃薯、木薯;相反颗粒小的呈多角形,如大米淀粉。淀粉颗粒的形状又因生长的部位和生产期间遭受压力的大小而不同。如玉米淀粉有圆形和多角形两种。圆形的生长在玉米粒的上部,多角形的长在胚芽两旁。

淀粉颗粒的大小并不是均匀的,玉米淀粉最小的约为 $5\mu\text{m}$,最大的约为 $26\mu\text{m}$,500 克玉米淀粉约含有 8500 亿个颗粒。

2. 偏光十字。在偏光显微镜下观察,淀粉颗粒具有黑色十字,称为偏光十字。将淀粉颗粒分成白色的四个部分,十字的位置各种植物各不相同,如马铃薯淀粉不在颗粒的中心,玉米淀粉在颗粒的中心。其次,偏光十字的明显程度不同,利用这些区别,可借助于显微镜鉴别淀粉的种类。

3. 淀粉含水量。淀粉含有较多的水分,但并不显潮湿。玉米淀粉在一般情况下含水约 12%,淀粉虽然含有这么多水分,却呈干燥状态,这是由于淀粉分子中的羟基 ($-\text{OH}$) 和水分子互相作用,生成氢键的缘故。

淀粉含自然水分的多少,因空气温度和湿度而异,阴雨天气湿度大,淀粉含水分多;干燥天气湿度低,淀粉含水量降低。玉米淀粉的平衡水分为 12%,国家标准规定成品水分为 $\leq 14\%$,成品水分略高于平衡水分。

(三) 淀粉的糊化特性

淀粉在冷水中经搅拌成为淀粉乳,当停止搅拌静置后淀粉则沉淀于下部。这是因为淀粉不溶于水,其比重较水重的缘故。若将淀粉乳加热到一定温度,淀粉颗粒开始膨胀。温度继续上升,颗粒继续膨胀,终至晶体结构消失,体积膨大,相互接触变成粘稠状液体,即使停止搅拌,淀粉也不会再行沉淀。这种现象,称为“糊化”。生成的粘稠液体称为淀粉糊,发生糊化时的温度称为糊化温度。

各种淀粉的糊化温度是不同的。同一种淀粉由于颗粒的大小不同,糊化的难易也有差别。较大的颗粒容易糊化,能在较低的温度下达到糊化。因为各个颗粒的糊化温度不一样,通常用糊化开始的温度和糊化完成的温度来表示糊化温度。表 2-2 所列是几种普通淀粉的糊化温度。

表 2-2

几种粮食淀粉粒的糊化温度

淀粉种类	糊化温度范围($^{\circ}\text{C}$)	糊化开始温度($^{\circ}\text{C}$)
大 米	58 ~ 61	58
小 麦	65 ~ 67.5	65
玉 米	64 ~ 72	64
高 粱	69 ~ 75	69
马铃薯	56 ~ 67	56

1. 糊化的本质。淀粉糊化的本质要从淀粉粒的晶体结构去理解。淀粉糊化过程可分为三个阶段:

第一阶段:淀粉粒在水中,当水温未达到糊化温度时,水分子由淀粉的孔隙进入淀粉粒内,与许多无定形部分的极性基结合,或被吸附。这一阶段,淀粉粒内层虽有膨胀,但悬浮液粘度变化不大。淀粉粒外形未变,在偏光显微镜下观察,仍可看到偏光十字,这说明淀粉粒内部晶体结构没有变化。此时取出淀粉粒干燥脱水,仍可恢复成原来的淀粉粒,所以这一阶段的变化是可逆的溶胀。

第二阶段:水温达到开始糊化温度时,淀粉粒突然膨胀,大量吸水,淀粉粒的悬浮液迅速变成粘稠的胶体溶液。这时若用偏光显微镜进行观察,则偏光十字全部消失。若将溶液迅速冷却,也不可能恢复成原来的淀粉粒了。这一变化过程是不可逆的溶胀。偏光十字消失,就意味着晶体崩解,微晶束结构破坏。所以淀粉粒糊化的本质,是水分子进入微晶束结构,拆散淀粉分子之间的缔合状态,淀粉分子或其集聚体经高度水化形成胶体体系。

由于糊化,晶体结构解体,变成杂乱无章的排列,所以糊化后的淀粉,无法恢复成原有的晶体状态。

第三阶段:淀粉糊化后,如果继续加热,使温度进一步升高,则会使溶胀的淀粉粒继续分离支解,淀粉粒成为无定形的袋状,溶液的粘度继续增高。

不同品种的淀粉糊,在许多性质方面,例如在糊的透明度、热粘度、稳定性、胶粘性、冷却后生成凝胶体的性质、凝沉性等方面都存在差异。这些性质都会影响淀粉糊的用途。

2. 淀粉糊化后淀粉糊粘度的变化。与淀粉使用品质有很大关系的是糊化后的淀粉性质。为了表示淀粉糊的性质及其在不同温度下粘度的变化,一般采用淀粉糊化仪绘出的粘度曲线表示。各种植物的淀粉具有不同粘度曲线,如图 2-4 所示。

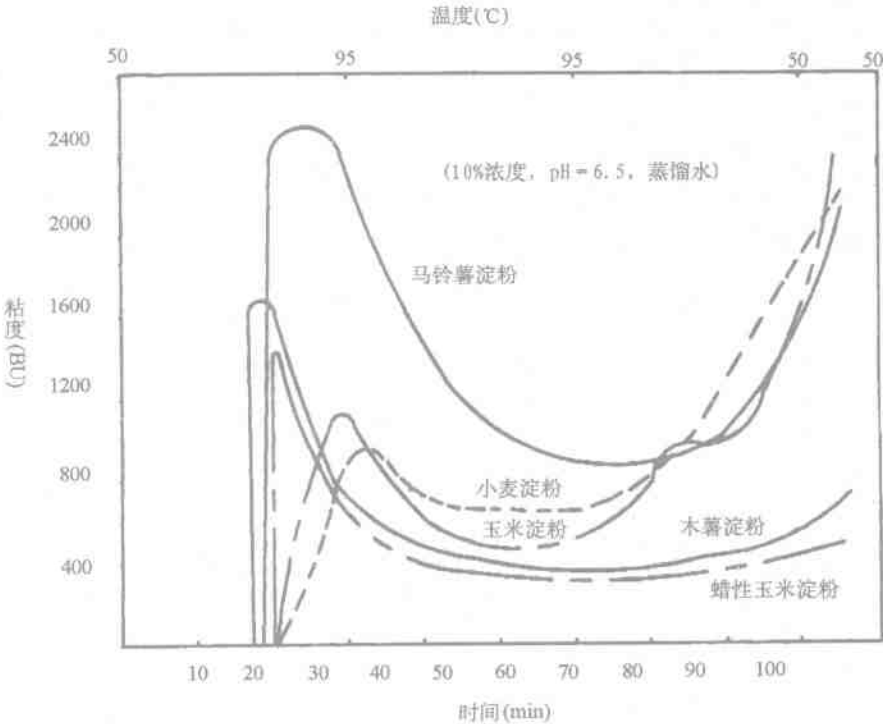


图 2-4 几种天然淀粉的糊化粘度曲线

由图中曲线可以看出马铃薯淀粉较玉米淀粉,在较低的温度下糊化粘度也达到最高值,在继续升温过程中,马铃薯淀粉糊的粘度降低较玉米为多,冷却时马铃薯淀粉糊的粘度增高也不及玉米淀粉糊。

3. 透明度。玉米淀粉糊混浊不透明,木薯淀粉糊较透明,马铃薯淀粉糊很透明。