

淀粉和变性淀粉

商业部科学技术情报研究所

一九八五年十月

TS23
143

绪 言

《淀粉和变性淀粉》内容包括三个部分。第一部分介绍以玉米、马铃薯、木薯、大米和小麦为原料生产淀粉的先进工艺和设备,资料主要选自苏联1983年版的《淀粉生产》和美国1984年再版的《淀粉化学和工艺》。第二部分介绍了具有发展前景的淀粉制品——变性淀粉和淀粉衍生物。变性淀粉是国外近几十年来迅速发展起来的一种新型淀粉制品,广泛应用于造纸、纺织、食品、医药、粘结剂等方面,也是淀粉加工的一个主要途径。这部分比较系统、全面地收集了有关变性淀粉和淀粉衍生物的特性、制备工艺、技术参数、用途等方面的资料,同时还介绍了部分有关的国外专利。第三部分介绍了淀粉在食品等方面的用途以及国外发展淀粉生产化学制品的新情况和新动向。最后还附录了有关淀粉术语和词汇的国际标准,并列出了英文、法文和德文的名词术语。可供从事淀粉生产和研究的人员参考。

本书由商业部科学技术情报研究所刘春浦、马丹菲、宋玉梅、朱建华等同志编译。同时,商业部武汉粮食科研设计所吴锦圃同志,商业部谷物油脂化学研究所林家永同志,中国农机研究院周志民和天津纺织工学院黄梅影、张友松、孙益仲等同志提供了部分资料,在此深表谢意。

限于水平,一定存在缺点和错误,敬请批评指正。

一九八五年十月

目 录

第一部分 淀粉的生产

| | | |
|-------------|-------------------------|---------|
| 第一部分 | 淀粉的生产 | (1) |
| 第一章 | 玉米淀粉的生产 | (1) |
| 第二章 | 马铃薯和木薯淀粉的生产 | (54) |
| 第三章 | 大米淀粉的生产 | (63) |
| 第四章 | 小麦淀粉的生产和用途 | (66) |
| 第二部分 | 变性淀粉及淀粉衍生物 | (77) |
| 第五章 | 概述 | (77) |
| 第六章 | 预糊化淀粉 | (79) |
| 第七章 | 酸变性处理淀粉 | (84) |
| 第八章 | 氧化淀粉 | (87) |
| 第九章 | 双醛淀粉 | (95) |
| 第十章 | 阳离子淀粉 | (97) |
| 第十一章 | 交联淀粉 | (109) |
| 第十二章 | 淀粉酯和醚 | (113) |
| 第十三章 | 淀粉接枝共聚物 | (147) |
| 第三部分 | 淀粉的其他用途 | (174) |
| 第十四章 | 淀粉产品在食品工业中的应用 | (174) |
| 第十五章 | 用淀粉生产化学制品 | (182) |
| 第十六章 | 其它用途 | (191) |
| 附录: | 淀粉词汇国际标准 | (201) |

| | | |
|------|--------|---------|
| | 5167.5 | 607409 |
| 罗马尼亚 | 5947.5 | 2020500 |
| 苏联 | 8945 | 2198500 |
| 印尼 | 3325 | 600000 |

... 品种、气候、土壤、耕作情况玉米的产量有很大差异，从200—600公斤/亩不等。

玉米的主要用途有两大宗：一是用来生产配合饲料，作饲料的能量成分；二是用作生产淀粉的原料。美国、日本等发达国家曾主要用甘薯、马铃薯作为生产淀粉的原料，后来逐渐用玉米代替了薯类。主要原因是：一、用玉米生产淀粉不受季节影响。二、玉米比薯类更便于开展综合利用。

第一部分 淀粉的生产

第一章 玉米淀粉的生产

玉米是世界农业中种植最广的禾本科作物，总的播种面积仅次于小麦居第二位。根据一九七七年的资料，世界玉米总种植面积达十七亿亩以上，总产量近七千亿斤，十大玉米生产国有：美国、巴西、中国、墨西哥、印度、南非、菲律宾、罗马尼亚、苏联和印尼。

表1.1 一九七七年十大玉米生产国的种植面积（万亩）和总产（万斤）

| 国 别 | 面 积 | 总 产 |
|-------|---------|----------|
| 美 国 | 42495 | 32297000 |
| 巴 西 | 17523 | 3824400 |
| 中 国 | 17022 | 6723000 |
| 墨 西 哥 | 11080.5 | 1798200 |
| 印 度 | 9000 | 1360000 |
| 南 非 | 8550 | 1942800 |
| 菲 律 宾 | 5167.5 | 607400 |
| 罗马尼亚 | 5047.5 | 2020600 |
| 苏 联 | 5043 | 2198600 |
| 印 尼 | 3825 | 606000 |

根据品种、气候、土质、耕作情况玉米的产量有很大差异，从200—600公斤/亩不等。

玉米的主要用途有两大宗，一是用来生产配合饲料，作饲料的能量成分；二是用作生产淀粉的原料。美国、日本等发达国家曾主要用甘薯、马铃薯作为生产淀粉的原料，后来逐步用玉米代替了薯类，主要原因是：一、用玉米生产淀粉不受季节影响。二、玉米比薯类更便于开展综合利用。

一、玉米的结构和化学组成

玉米与其他禾本科谷物一样，其果实主要是籽粒，但它的籽粒较大，千粒重约170—800克，而小麦的千粒重只有30—40克。

玉米粒有不同的形状和颜色，与其他谷物不同的是玉米胚芽较大，胚芽的重量占整个玉米粒的7.6—15.4%，而小麦胚芽只有2.5—4.2%。

玉米的果实比较复杂（见图1.1），粒的外面是一层由坚固而密实的细胞组成的种皮和不是由细胞组成的半透明薄膜。种皮可使籽粒免遭有害霉菌的侵蚀，对种子起保护作用，种皮上的色素是种子的颜色。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。胚乳的最外层是由透明的大细胞组成，被称作糊粉层。

糊粉层内沿四周分布着角质胚乳，胚乳中含有大量的多面形的、有棱有角的小的淀粉粒。淀粉粒永远不能充满整个细胞的内腔。细胞之间填充有蛋白颗粒。在籽粒中心的粉状部分是呈圆而大的淀粉粒，这些淀粉粒充满了细胞的内部空间且相互间几乎不相连。

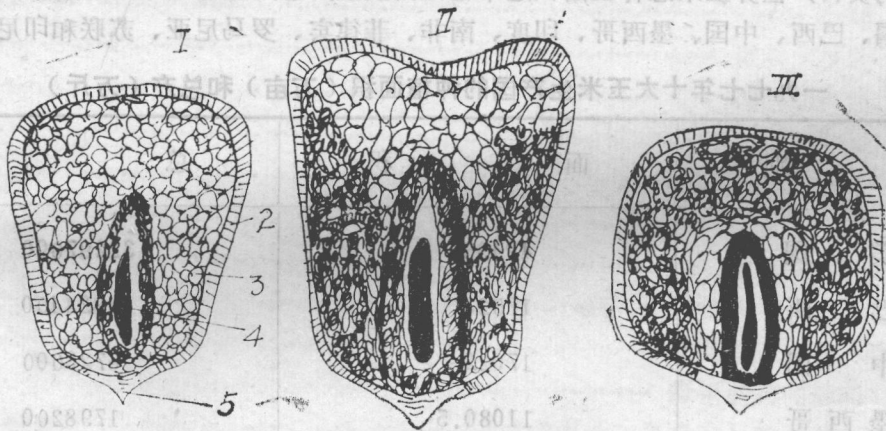


图1.1 各种玉米籽粒的结构图

1—种皮；2—糊粉层；3—胚乳；4—胚芽；5—鞘；I—粉质玉米；
II—马牙玉米；III—硬质玉米。

另外，在玉米籽粒的下部还有一个与胚芽相接的鞘突，它大约占了籽粒纵截面的1/3，是粮粒与轴穗连接部位。不同品种的玉米的形态是有很大差别的，此外，其形态还取决于玉米生长的土壤—气候条件。一般说种皮的重量为5—6%，胚芽的重量8—14%，胚乳的重量为78—85%（干基）。玉米的含水可以从组成成分中除去，这一点在用玉米加工淀粉时予以考虑。决定玉米营养和经济价值的主要组分是蛋白质、淀粉、糖和脂。这些组分的含量波动幅度较大，主要由粮食的自然品质和生长条件来决定。各种玉米在广阔耕地上种植的平均化学组成是基本相同的，然而一种品种或另一种品种的玉米在不同的土壤—气候条件下生长的，其化学组成却有很大的不同。

粮食中含有的化学组分在不同的部位的分布是不一样的：种皮中含有18.72%的纤维素和20.33%的戊聚糖，胚乳中主要含有淀粉和0.5%的纤维素和1.3%的戊聚糖，胚芽中含

油脂30%以上和含5.93%的纤维素、4.3%的戊聚糖。玉米各部分的平均化学组成如下表所列(%)：

| 籽粒部位 | 占粮食的 重量% | 化 学 组 成, % | | | | |
|------|-------------|------------|-------|------|------|-------|
| | | 淀 粉 | 糖 | 蛋 白 | 油 脂 | 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 | 34.5 | 10.10 |
| 种 皮 | 5.3 | 7.3 | 0.34 | 3.7 | 1.0 | 0.84 |

与其他谷物相比，玉米含碳水化合物的量较大(75—85%)，其中包括淀粉、糖和纤维素。

淀粉。淀粉粒由两部分组成：直链淀粉和支链淀粉。直链淀粉的葡萄糖残基间是成直线连接的，支链淀粉的葡萄糖残基间不是成直线连接而是呈枝状的。两种淀粉各有其特性。工业加工用的玉米品种直链淀粉含量约20%，支链淀粉约80%。有的玉米品种所含淀粉几乎全是支链淀粉，而有的则含直链淀粉达70%。除淀粉外，玉米中还含有大量的单糖和双糖。

玉米中的糖含量及其组成如下表所列：

| 籽粒及部位 | 每克干物质中的转化糖毫克数 | | | 糖 的 总 量 |
|-------|---------------|------|------|------------|
| | 单 糖 | 双糖总量 | 蔗 糖 | |
| 全 粮 | 1.1 | 3.4 | 2.5 | 4.5 |
| 胚 芽 | 0.3 | 19.6 | 19.6 | 19.9 |
| 种 皮 | 1.2 | 2.0 | 0.8 | 3.2 |

在玉米加工淀粉及预处理时上述单糖和双糖基本都溶于水跑掉了。

纤维素。纤维素主要在种皮中含量高，约20%，胚芽中含有约5%，胚乳中含量仅0.5%。

蛋白质。玉米中干基含蛋白质10—14%，蛋白质中的40%以上是醇溶蛋白。醇溶蛋白是非全价蛋白，因为它几乎不含有象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，后面的三种蛋白质为全价蛋白，因为它们含有必需氨基酸。

蛋白质在玉米籽粒的各部位分布是不均匀的。籽粒球蛋白的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。胚芽含的蛋白质的营养价值比种皮和胚乳含的蛋白质要高些。玉米粒各部位的蛋白质的氨基酸组成是不一样的，玉米蛋白含有几乎所有的氨基酸：精氨酸、组氨酸、赖氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、缬氨酸、丙氨酸、脯氨酸、含硫氨基酸等等。这些氨基酸主要在胚芽、胚乳蛋白中含有。玉米中蛋白和油脂的含量比率呈正相关，例如玉米胚芽中油脂含量高，蛋白的含量也高。

油脂。玉米中含油3.5—7.0%，而胚芽和种皮中却含油量很低，只有0.64—1.06%，主要存在于胚芽中。马牙玉米中的油脂含量比硬质玉米中要高些。

玉米油的特性与向日葵油相近。玉米油含有72%的液体酸和28%的硬脂酸。玉米油是多种甘油三酸脂的混合物，含有多种脂肪酸，其中亚油酸含量达56.2%，这是人体的必需脂肪酸之一，此外还含有30%的油酸、约10%的棕榈酸和近3%的硬脂酸。

近年来，美国、加拿大和南斯拉夫培育出了含油脂达10%的玉米品种。

矿物质。玉米粒各部位的矿物质含量是不一样的。它们主要是钙盐、钠盐、钾盐、锰盐和铁盐。这些矿物质主要存在于胚芽和种皮中。矿物质组成的质和量主要决定于土质和无机肥的施加情况。玉米粒主要部位的灰分组成如表所列：

| 籽粒部位 | 灰分 总量 | P ₂ O ₅ | 灰分组成 | | | | | |
|------|----------|-------------------------------|-----------------|-------|------|------|------------------|--------------------------------|
| | | | SO ₃ | NaO | MgO | CaO | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ |
| 胚乳 | 3.6 | 1.32 | 0.53 | 1.37 | 0.31 | 0.02 | — | 0.05 |
| 胚芽 | 80.3 | 33.80 | 15.10 | 19.17 | 5.38 | 6.43 | — | 0.42 |
| 种皮 | 16.1 | 3.79 | 3.89 | 0.45 | 1.89 | 0.66 | 4.83 | 0.59 |
| 总计 | 100.0 | 38.91 | 19.52 | 20.99 | 7.58 | 7.11 | 4.83 | 1.06 |

对玉米中的维生素含量的研究是很不充分的，维生素主要存在于玉米胚芽中。每100克商品玉米的维生素含量（毫克）：胆碱—71，维生素B₁—0.38，核黄素—0.14，泛酸—0.60，烟酸—2.10，维生素B₆—0.48，维生素E—5.50，β—胡萝卜素—0.32。

酶。脂肪酶、α和β淀粉酶主要存在于要进行后熟的玉米中，玉米中活性酶，尤其是脂肪酶的存在降低了玉米的储藏稳定性。完全成熟的玉米脱氢酶的活性和呼吸强度会明显降低。

在玉米籽粒生长和成熟过程中其化学成分的变化很大，灰分和总的蛋白氮含量降低，淀粉和脂肪的含量有所增加。在籽粒成熟的最后阶段主要是醇溶蛋白积累较多，同时水溶性非蛋白氮的量减少。尽管成熟玉米的不溶于水的醇溶蛋白增加，但比非成熟玉米仍然容易加工。高蛋白品种玉米的醇溶蛋白比低蛋白品种含量要高。淀粉的积累和最后形成是在玉米后熟完全完成后结束。玉米收获后立即进入玉米淀粉加工厂的最初几周内因其尚未完成后熟，加工困难，淀粉和油脂的出率比较低。

二、对进入加工厂的玉米的要求

只有用高质量的玉米加工淀粉才能获得较好的生产指标（即得到含蛋白低的高出率淀粉）。苏联用于淀粉—糖浆工业的淀粉要符合13634—81号全苏国家标准，主要指标如下：

| 指 标 | 值 |
|--------------------|------|
| 粮食水分不超过, % | 15.0 |
| 经人工干燥过的粮食水分不超过, % | 13.0 |
| 发芽率不低于, % | 55.0 |
| 尘芥杂质和粮食杂质的总和不超过, % | 3.0 |
| 其中有害杂质总量不超过, % | 0.2 |
| 可以归入粮食杂质的玉米粒不超过, % | 7.0 |
| 其中病粒不超过, % | 3.0 |
| 储粮害虫 | 无 |
| 螨类不超过 | 11头 |

有的地方的玉米淀粉厂也收购带穗玉米,带穗玉米的含水量不应超过25%,灰分杂质含量不应超过5%。淀粉厂收购的玉米应该是完全成熟的,水份要符合标准。水份超标会导致粮食很快变质,不成熟的玉米干燥后很难加工,用这样的玉米加工淀粉的技术经济指标很不理想。玉米的另外一个很重要的指标是发芽率,发芽率低于55%,淀粉的出率会明显降低。淀粉出率还往往因玉米不完全成熟而降低,淀粉—糖浆工业使用的玉米应按烘干种子粮的流程进行烘干,为了核算并检查被加工玉米的质量,要每十天测定一次原料的淀粉、蛋白质、油脂和灰分的含量。

三、玉 米 储 藏

粮食是活性有机体,进行着复杂的生理、生化过程,粮食生理和生化过程的强度主要取决于储藏条件、成熟期、粮食的物理特性和粮食重量。玉米的形态和生物学特性与其他作物有明显不同。玉米有很大的胚芽,胚芽有保护层的在种皮下有一层疏松的绒状组织,通过这层疏松层细胞与周围环境进行主要水份交换。作为粮粒组分的水是进行生命活动的媒介,它本身也参加连续的生化变化。水份从粮粒进入周围空气中和从空气中进入粮粒称作水份交换或水分转移。当粮粒表面的水汽压力与空气中的水汽压力相等时,粮粒和空气间不产生水份交换,这就称作平衡水份。水份平衡不能持久,会随着空气相对湿度的增加而增加,也会随空气温度的降低而升高。粮食水份是决定其储藏稳定性的主要因素,如果玉米的水份不超过14%则储藏时是稳定的,如果水份高于14%则粮食的呼吸强度增加(每100克干物质每昼夜放出1毫克CO₂)。呼吸强度和发芽率决定粮食的质量。随着呼吸强度的增加,产生的CO₂、水份和热量也越来越多。在这个过程中形成的水份首先是增加粮食的含水量并使呼吸过程进一步加速。在粮食水份14%时呼吸强度很小,如果水份增加1%,则呼吸强度就要增加两倍。

温度对粮食的储藏过程也有较大的影响,然而其影响程度要比水份差些。玉米的呼吸强度是当水份为20%、温度为8℃时和水份为15%、温度为30℃是相当的。粮食水份每减少1%,则与温度降低摄氏四度的呼吸强度的降低量相当。破损粒与非成熟粒大约在呼吸强度上是完好粒的两倍,所有这些在粮食储藏时应予考虑。

在温度差异的影响下水份呈汽状从温度高的粮堆部位流向不太高的部位，伴随着水份的这种转移在冷粮部位会出现水份结露，也会产生高水份结块，直至粮堆的自热、粮粒的膨胀和发芽等。

温度过低会使玉米的细胞机制受到损伤，也就是使粮食形成冰状细晶，引起其所含蛋白的不可逆的凝结。

温度过高会使玉米所含蛋白质变性并降低其吸水能力，也会降低玉米加工时浸泡的复水膨胀能力。胚芽对高温特别敏感，除会使胚芽的蛋白变性外，还会使其所含淀粉部分糊化或分解，使糖变焦。因此，储藏前的烘干处理时一定要保持温和流程（45—50℃），这样才能保持粮食的活力和较高的发芽率。

粮粒的活力不仅取决于水份和温度，还取决于微生物的作用。粮粒的微生物越严重、含水量越高、温度越高、粮食的成熟越差则对粮食的储藏越不利。霉菌和镰刀菌的最佳发育条件是温度22—37℃，当温度接近0℃微生物的生命活动就停止了。温度和水份增加会提高微生物生命活动的活性，也会提高所含酶及其他生理活性物质的活性。

可见，影响玉米储藏稳定性的多种因素中，水份和温度有着最大的意义。水份和温度的不同组配决定着玉米储藏时的特性和强度，因此也决定着玉米安全储藏的期限。硬质玉米比马牙玉米的储藏性能要好些，比粉质玉米也好些。

研究表明，玉米的生命活力对加工淀粉的出率和质量及加工工艺有一定影响。在加工冰冻过和烘干加热过份的玉米时淀粉与蛋白的分离比较困难，且淀粉出率与正常玉米相比减少约2%，淀粉的质量不佳、酸值高、相对粘性低。通常，进入淀粉厂的玉米原料质量不好的要立即进行加工，质量好的可以储存。玉米储存要用立筒库或专用粮仓。

玉米的最佳储藏条件是温度接近0℃，因为5℃以下螨类停止生长繁育，昆虫停止生长繁育的温度是10℃以下，而大多数霉菌是0℃以下。温度8—10℃雌性昆虫不再产卵，如果在15℃温度以下，昆虫和螨一昼夜即死亡。因此，玉米在储藏前要经低温通风处理，以降低其水份、加速其后熟过程。最常用的是通冷风和降水两用散装仓。不管是冷却还是降水，通风的效率主要取决于通风持续的时间和送风量，也取决于所送风的水份和温度。通风冷却的目的是要消除风与粮之间的温度差异，而干燥的目的则是要使风与粮之间的水份相等。

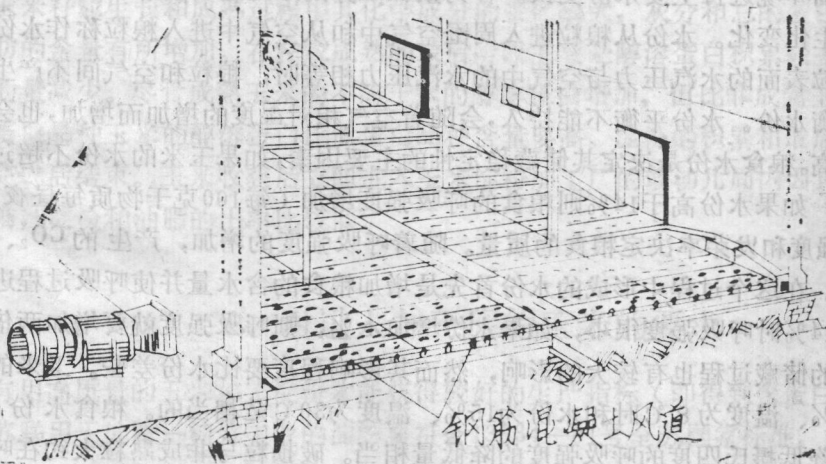


图1.2 平板式通风仓

图1.2是苏联研究设计并推广的一种钢筋混凝土平板式机械通风仓。混凝土平板埋有六条带通风孔的园形通道，平板的下底面是完整无缝的，平板放置在砂子壁上，要使园形通道的上表面与平板的上表面一样平。在通道的上表面每隔0.3米打一直径60毫米孔，孔要成棋盘状分布。每个孔的上面要盖一个带1.2—1.4毫米眼孔的钢制园形尖帽。容量3200吨的房式仓有16组独立的通风系统。上述机械通风装置的优点在于：将房仓的地板和通风装置结合在一起，并可分成部件进行工厂化生产；可以保证普通空气成热、冷风在粮堆的均匀分布；有可能实现粮仓的机械化作业并能在各种气候条件下进行工作。

上述装置的缺点是不能实现卸粮的完全机械化，用下面的输送机出粮大概不超过一半，其余的粮食通过出粮锥斗用移动式皮带输送机卸粮。平底仓散装卸粮使用这种装置性能不好。如果使用新式流槽，既可用于机械化卸粮也用来进行机械通风。

这种流槽式输送装置有一直角截面，用气体分配装置分隔为上部的输送部分和下部的气体分配部分（见图1.3）。气体分配装置是一冲孔鱼鳞板筛，散装物料在筛面上流到各处，同时进行通风并最终流到流槽底部。

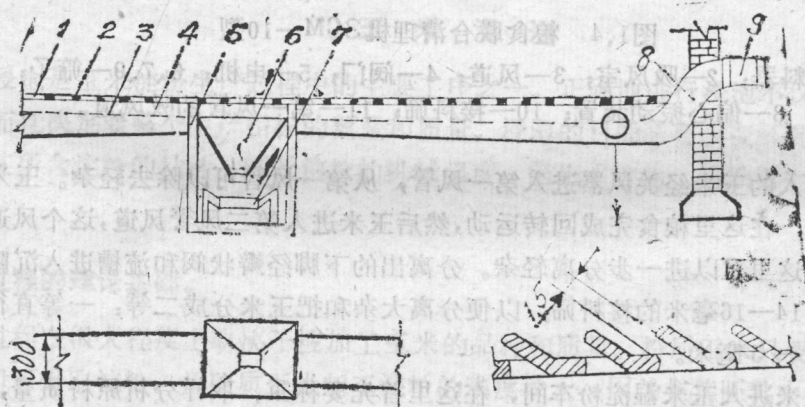


图1.3 流槽装置示意图

- 1—仓底；2—保护筛；3—能导风的冲孔式气体分配筛；4—横向输送通道；
5—纵向通道；6—卸粮锥斗；7—皮带输送机；8—风管；9—风机。

使用这样通风和卸粮两用系统可将玉米的堆粮高度从1.5—2米提高到3.6—5.5米，即接近两倍。

四、玉米的加工前处理

玉米的加工前处理主要是清理杂质。有立筒仓的工厂，一般在储存前就对玉米进行清理。现代化的筒仓实现了高度的机械化和自动化，装备有粮食接收装置、称量装置、斗式提升机、皮带输送机、筛理机、处理粮食的吸风装置等。

在小型工厂，玉米存放在料仓里，往往在购买来不及对玉米进行清理，在加工前要对玉米进行清理。在玉米中通常会混入土块、不成熟粒、瘪粒、损坏粒、其他作物种子、石块及金属杂质等。大杂和小杂可以分别用筛子筛除。苏联研制了3CM型联合筛，可以分离与粮

粒长短、厚度、大小不同的各种杂质，还有吸风统系可除去轻杂（见图1.4）。

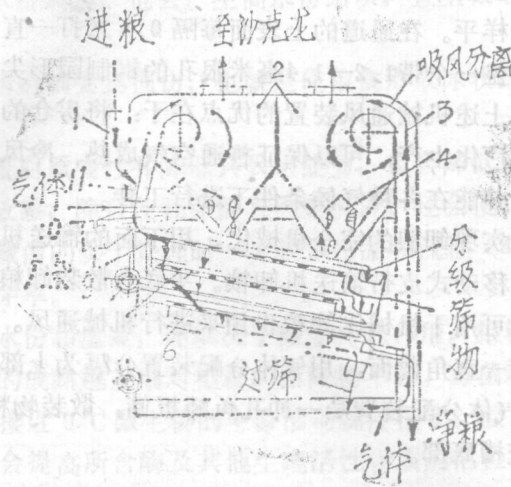


图1.4 粮食联合清理机3CM—10型

- 1—接料器；2—吸风室；3—风道；4—阀门；5—电机；6、7、9—筛子；
8—偏心振动装置；10—接料筛；11—第一风管的吸风道。

从接料管进入的玉米经关风器进入第一风管，从第一风管可以除去轻杂。玉米从这个风道自流进入筛框，在这里粮食完成回转运动，然后玉米进入第二风管风道，这个风道与第二沉降室联接着，在这里可以进一步分离轻杂。分离出的下脚经瓣状阀和流槽进入沉降室。清理玉米要安装孔径14—16毫米的接料筛，以便分离大杂和把玉米分成二等：一等直径7—12毫米，二等直径3—5毫米。

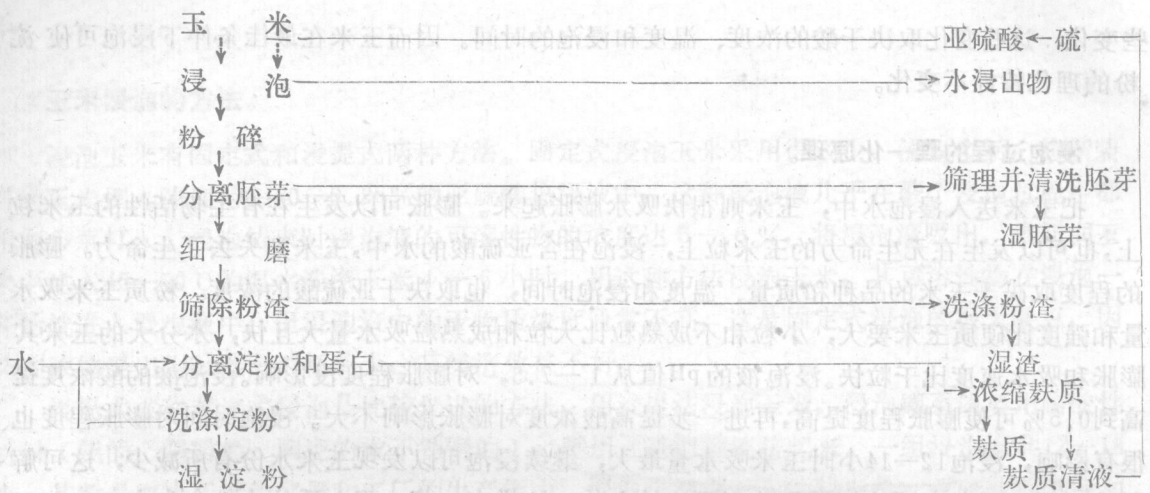
清理好的玉米进入玉米湿淀粉车间，在这里首先要称重、取样分析原料质量，以便确定其工艺指标和对湿淀粉生产情况进行计算。

五、苏联的玉米淀粉主要生产流程

玉米湿淀粉的主要生产工艺是要充分粉碎玉米粒及其各部分，提取出尽可能多的淀粉，最有效地提取和利用玉米粮的其他物质。

下面所画的是湿玉米淀粉生产的简单工艺流程图：

生产过程由下列连续工艺工序组成：用亚硫酸溶液浸泡玉米；破碎玉米；分离胚芽；细磨粉浆；清理并湿筛粉渣和胚芽；分离淀粉和蛋白；洗涤淀粉。经过这些工序可以得到淀粉、胚芽、麸质、渣、水提物等，用这些可加工食品及其他工业原料。



1. 玉米浸泡

玉米浸泡是玉米淀粉生产过程中的主要工序之一。正确地进行浸泡不仅决定着后面工序的进行，而且决定着整个生产指标的数量和质量。浸泡的目的是要改变胚乳的结构和理化特性、减小其所含淀粉的粘性、降低粮粒的机械强度、提出水溶物、消除微生物在粮粒上的不良活动。

浸泡过程的理论基础。

浸泡过程在很大程度上取决于被加工玉米的品种和质量。粉质玉米只要在温水中作短时间浸泡后即可提取淀粉。用硬质玉米加工淀粉的难度最大，因为在其胚乳中淀粉和蛋白结合得很紧密。为了释放出淀粉必须改变蛋白的结构并使蛋白与淀粉间的结合变弱。这就需要较长时间的浸泡，然后将玉米粒粉碎。

玉米浸泡是一个复杂的过程，会发生粮粒膨胀、水分和化学组成的变化、破坏粮粒的强度和结构等。在这个过程中亚硫酸起着很大的作用，亚硫酸的作用由其化学和防腐特性决定，而这些特性是由其浓度和温度决定的。亚硫酸溶液经半渗透的种皮进入粮粒内部，使蛋白分子分散化，并使部分蛋白分子由不溶性化变成能够溶解。亚硫酸还能使胚芽钝化，并使种皮由半渗透变得完全渗透。这样就能使水溶性物质更快地溶解于浸泡溶液中。由于在亚硫酸的作用下硬胚乳中的蛋白会失去其结晶状态变膨胀而呈凝胶状。这有助于淀粉粒从包围它的蛋白质中间游离出来。亚硫酸的作用由其氧化还原特性决定。此外，亚硫酸还有防腐作用，能抑制霉菌、腐败菌及其他微生物的生命活动，然而在浸泡过程中乳酸菌将会繁殖，将可溶性碳水化合物发酵变成乳酸，随着被浸泡的玉米由少到多，水中的乳酸浓度也增加，这说明亚硫酸浓度的降低和可溶性碳水化合物含量及微生物区系的提高，从浸泡水中导出的液中含有1.0—1.2%的乳酸。乳酸对浸泡过程有较大的影响，它能使粮粒含的蛋白质软化并膨胀。乳酸不挥发，当煮沸浸泡液时则留在浸出物中，当溶液中含有锰和钙离子时，乳酸能减少不溶性物在加热器表面上的沉积。过量地产生乳酸也是不好的，因为这能增加蛋白的溶解度而使淀粉和蛋白的分离更加困难；此外，乳酸和亚硫酸的共同作用能使淀粉的结构产生某

些变化, 这些变化取决于酸的浓度、温度和浸泡的时间。因而玉米在最佳条件下浸泡可使淀粉的理化特性不变化。

浸泡过程的理化原理。

把玉米送入浸泡水中, 玉米则很快吸水膨胀起来。膨胀可以发生在有生物活性的玉米粒上, 也可以发生在无生命力的玉米粒上, 浸泡在含亚硫酸的水中, 玉米则失去了生命力。膨胀的程度取决于玉米的品种和质量、温度和浸泡时间, 也取决于亚硫酸的浓度。粉质玉米吸水量和强度比硬质玉米要大, 小粒和不成熟粒比大粒和成熟粒吸水量大且快, 水分大的玉米其膨胀和吸水速度比干粒快。浸泡液的pH值从1—7.5, 对膨胀程度没影响。浸泡液的酸浓度提高到0.5%可使膨胀程度提高, 再进一步提高酸浓度对膨胀影响不大。浸泡时间对膨胀程度也很有影响, 浸泡12—14小时玉米吸水量最大, 继续浸泡可以发现玉米水份有所减少, 这可解释为一部分蛋白由可溶解转化为不可溶性之故, 这样有一部分蛋白质的水份会失去。

玉米粒各部分的吸水和膨胀是不一样的, 首先吸水的是胚芽, 浸泡后它含水60%, 而胚乳含水为38—45%。胚芽的膨胀速度也比胚乳快; 胚芽最大吸水量的时间是4小时, 胚乳是8—12小时。

浸泡时玉米化学组分的变化。

浸泡玉米的理化过程使玉米的化学组分发生变化, 大约有70%的矿物盐(灰分)、42%的可溶性碳水化合物和16%的可溶性蛋白从玉米进入浸泡液中, 而淀粉、油脂、纤维和戊聚糖事实上没什么变化, 但在百分比上与未浸泡玉米相比还稍有增加。大约有7—10%的干物质进入浸泡液中, 其中大约一半为胚芽的浸出物。胚芽要损失大约85%的矿物质和近60%的蛋白质, 这大约是其原来重量的35%。从胚乳浸提出的蛋白质大约是13—14%。这说明胚芽的蛋白质70—75%是球蛋白, 胚乳中球蛋白的量为8—10, 其余的是谷蛋白和胶蛋白。球蛋白和谷蛋白连续地进入水溶液中, 玉米醇溶胶蛋白即使在弱酸性溶液中较高的温度下也不溶解。

| 玉米成份 | 浸泡前干物质%比含量 | 浸泡后干物质%比含量 |
|----------|------------|------------|
| 淀粉 | 69.80 | 74.70 |
| 蛋白 | 11.23 | 8.42 |
| 纤维 | 2.32 | 2.48 |
| 油脂 | 5.06 | 5.40 |
| 戊聚糖 | 4.93 | 5.27 |
| 可溶性碳水化合物 | 3.51 | 1.73 |
| 灰分 | 1.63 | 0.52 |
| 其他 | 1.52 | 1.48 |

玉米在浸泡中应保持这样的工艺条件, 即使玉米中的可溶性物最大量地溶解在水溶液

中。

玉米浸泡的方法。

浸泡玉米有固定式和浸提式两种方法。固定式浸泡玉米采用得较少，流程包括：将新装料的玉米倒入浓度为0.20—0.25%的亚硫酸热浸液中，这种浸泡液几乎在整个浸泡过程中都用离心泵打入。浸泡结束时浸泡液的可溶性物的浓度达5—6%，将浸泡液吸出，重新向玉米中注入45—50℃的温水洗涤玉米4—6小时。用这种方法浸泡玉米，其可溶性物在浸泡一开始就进入浸泡液中，但浸泡液中的干物质浓度通常不高，这是固定式浸泡的很大缺点，因为在浓缩浸出物时蒸汽消耗较大，其经济效益不好。

浸提式或称对流式浸泡是比较先进的方法。用浸提法浸泡玉米，浸泡罐系统要用耐酸性材料（铝的、塑料的、陶瓷的或不锈钢的），要用管道把罐连接起来。一组浸泡罐共12—18个，其数量取决于罐的容量和工厂的生产能力。浸泡法浸泡玉米的特点是：亚硫酸的不饱和水溶液并不和新装料的玉米一起进入浸泡罐，而是在玉米浸泡即将结束的最后一个浸泡罐中加入，然后浸泡液带着少量浸泡玉米由后路向前流动，这样连续地从一个罐进入另一个罐与玉米浸泡的流向呈对流。

浸提式浸泡法的优点是：在玉米中的和浸泡液中的干物质浓度有一定的差别，因为亚硫酸是随已浸泡玉米送入浸泡罐的，当浸泡液顺序从一个罐打入另一个罐时其干物质的含量也跟着增加。用这种方法浸泡玉米的浸出物为7—9%，浓缩浸出物时的蒸汽消耗比固定式要少。用浸提式浸泡玉米法，被浸泡过的玉米含可溶性物少，这减轻了最终洗涤淀粉时分离可溶性物的工作量。浸泡玉米时浸泡液借助于离心泵的作用不停地流动，浸泡液流动有很大意义，因这可以加速使可溶性物从玉米粒进入浸液中。因而浸泡液应该不停地循环。泵的产量应该是保证在0.5—1小时的时间内吸出全部浸泡液。

在浸泡的过程中溶液和玉米不断地冷却，因此，为了防止溶液的冷却，当浸泡液在罐内循环时要用蒸汽进行加热，或者使用喷射加热器，或者使用表面加热器。使用喷射加热器会降低浸出物的浓度，这些缺点只有用表面加热器才能克服。

浸泡结束后要将浸泡液从罐中吸出，然后再洗玉米。

玉米向浸泡罐的装料和输送。

玉米浸泡是在由数个单罐组成的玉米浸泡罐组里进行的。玉米用斗式提升机、刮板机或皮带输送机、风运或水运入自动称称量后送入浸泡罐。

玉米在浸泡时体积明显增加，因此，为了不损坏罐并保证玉米粒均匀膨胀，在装玉米前要向罐内装入1/5—1/4的浸泡液，在装入玉米的同时也要加入浸泡液，这样能保证进入罐中玉米料堆的疏松，对罐壁的压力也最小。不能将玉米装满整个浸泡罐，要留出75—100毫米的空间。要特别注意浸泡时水面要高出玉米20厘米。

玉米浸泡的工艺流程。

玉米的不同部位对这种或那种因素有不同的反应。为了破坏种皮、胚芽和胚乳间的结合，也为了部分溶解和膨胀淀粉中含有的蛋白质，要使蛋白处于溶解状态。浸出物从玉米中流出最多是开始浸泡的10—12小时中，在这个时间中能浸提出60%的水溶物，在最后30—40

小时为10%，其余的水溶物留在浸泡粮中并在最后的工艺工序分离出来。

浸泡较好质量的玉米的最佳时间为泡48—50小时，未充分成熟的玉米或过度干燥的玉米浸泡55—60小时，高水份玉米泡42—50小时。在较低的温度下浸泡玉米的浸出物是较慢的，膨胀和软化程度也不大，因此浸泡过程要在高温下进行，这能加速蛋白质的溶解过程。然而在超过60℃的温度下会引起蛋白质的变性，这种变性的蛋白很难从粮食的淀粉中分离出来，这会使淀粉出率降低，浸泡较好质量的玉米的温度应在48—50℃，过度干燥的玉米和伤损粒的浸泡温度应为50—55℃。为了得到高质量的淀粉，玉米应在浓度为0.20—0.25%的亚硫酸溶液中进行。将亚硫酸的浓度提高到0.25%，可以提高球蛋白和谷蛋白的溶解度。最好在浸泡时能使蛋白产生不完全分解，因为在蒸煮浸泡液时将发生较少的凝结和变性并因而使其在加热蒸汽装置表面形成沉淀。蛋白的深度分解是不好的，因为这样形成的氨基酸和氨基很容易被淀粉吸附，它们很难被洗除，会使淀粉质量变坏。在浸泡过程中亚硫酸的浓度会慢慢降低，因为它会部分地被玉米吸收和蒸发，一般亚硫酸浓度在浸泡过程中会降低0.05—0.10%。浸泡过的玉米应该含水40—45%，水溶物不超过2.5%，酸度每100克干物质不应超过70毫升0.1N的氢氧化钠。

浸泡方式的变化取决于玉米的质量。加工质量相同的玉米首先在一个罐里浸泡，然后按作业图经过所有罐组。通常要改变浸泡时间，在其他辅助工序进行的时间不需什么大变化并由设备的产量来决定。玉米完成所有罐组浸泡的全部工艺工序的总时间为60—70小时。每步工序的时间为：向罐组中装料1—2小时，浸泡48—60小时（交替着将浸泡液从一个罐打入另一罐的时间为1小时，自身循环为1小时），抽取出浸出物为1小时，清洗玉米为4—6小时，玉米出料为3—4小时，检查并作装料准备为0.5—1小时。

用浸提法浸泡提取物的浓度为7—10%，每吨玉米干物质的提取物的量选择数为0.8—1.0米³。加工破损的玉米粒提取物要增加到1.2—1.5倍，以防止浸泡玉米的酸度的提高。在使用最好的玉米浸泡方法时，玉米能膨胀并变软，也能使玉米粒的各部位间的联系能很好地被破坏。

玉米浸泡过程改善并缩短时间的前景。

在玉米淀粉生产中玉米浸泡流程是间歇式的，这个过程所需时间很长且工序很多。为此，还需要大量的各种工艺管道和许多辅助设备。与此有关的是许多科研工作者在强化浸泡流程上花了大气力，提出了各种试剂、装置的结构和工艺方法。

到目前为止，亚硫酸是浸泡工序的最好试剂，但它有一系列缺点。硫酸是不稳定的化合物，即使在室温下也很容易分解成水和二氧化硫，二氧化硫从溶液中挥发出来会污染生产空间的空气并使设备生锈。

苏联的淀粉制品科技—生产联合公司为加速玉米的浸泡过程研究用其它试剂来代替亚硫酸，并已经证实，亚硫酸氢钠和焦亚硫酸钠可以完全代替亚硫酸。玉米在0.4—0.6%的亚硫酸氢钠或0.4%的焦亚硫酸钠溶液中浸泡24小时比在0.15%的亚硫酸溶液中浸泡效果要好得多。在这三种试剂溶液中浸泡的玉米的淀粉出率是一样的。这两种钠盐的优点是在生产过程中空气中的二氧化硫含量比用亚硫酸低25—27倍，而使设备的生锈度要低3倍，这说明使用这种钠盐能在金属表面形成薄薄的沉淀层，这种稳定的沉淀层能阻止金属被锈蚀。

这两种试剂都有其缺点，流态的亚硫酸氢钠运输不方便，焦亚硫酸钠的成本较高。

与寻找新的试剂的同时还研究出一些新的工艺途径来加速玉米的浸泡过程。有一种新方法是在去皮机中脱掉部分皮后，分两个阶段进行浸泡：首先整粒在浓度为0.25—0.30%的亚硫酸溶液中以48—50℃的温度浸泡12—20小时，然后分离胚芽，进行粉碎。

全苏淀粉产品科技一生产联合公司研究出了两级浸泡法，其主要根据是玉米胚芽和整粒玉米的膨胀的速度和程度不同，胚芽膨胀大约2—4小时，整粒玉米是10—14小时，在这个时间里玉米中的大部分可溶性物进入到浸泡液中，这就有可能分两个阶段进行浸泡：第一阶段的目的是为整粒玉米进行粉碎并分离胚芽作准备；第二阶段的目的是加速破碎的玉米胚乳的浸泡过程。照这一方法，在浓度0.15%的亚硫酸溶液中在温度为48—50℃条件下浸泡5—7小时，然后进行破碎并立即分离胚芽，然后在0.1%的亚硫酸溶液中浸泡3—5小时，玉米和水的比例为1:2.5—3.0。这种两级浸泡法可以批量式进行也可以连续式进行，它与一次浸泡相比可缩短浸泡时间3—4倍，且为连续作业提供了可能。全苏淀粉产品科技一生产联合公司集体研究出了这种浸泡罐。玉米按份量从上面的阀门进入浸泡区，试剂和浸泡水按份量加入浸泡区并从中连续流出。0.15%的亚硫酸溶液从园形罐的中心加入，而浸泡水则从下面加入，浸出物用管子从罐的上部打出。罐的容量可使玉米在其内泡5—7小时，经这样预浸泡后的玉米送去破碎，然后再进行第二阶段的浸泡。

2. 玉米的破碎、分离和胚芽洗涤、浸泡玉米的输送。

浸泡过的玉米用水运法输送至破碎工段，水运系统使用敞开式涡轮离心泵、过滤筛和带阀门的装配管道。浸泡结束后用温水淋洗，然后用泵将玉米和水的混合物打入筛子沥去水。玉米在沉降离心力的作用下进入管道，水的量不应超过2.5—3.3倍，增加水的量会降低泵对玉米的输送能力，而如果水的量过少又会出现碎粮现象，造成淀粉流失。输送玉米的水可以重复使用，这种水内大约含有6—7%的干物质，其中悬浮物约1—2%，悬浮物的半数左右为淀粉粒。用于水运浸泡玉米的水最好使用从洗涤胚芽的头道筛下来的含淀粉的悬浮液，这些悬浮液一部分用于输送玉米，另一部分带着玉米一起进入头道破碎机。使用淀粉悬浮液输送玉米的优点在于，这种方法能减少水的消耗并使干物质和淀粉得以充分利用，淀粉能完全回收，也就是说增加了淀粉的出率。

从输送液中分离玉米是采用自流方式使之破碎前进入料仓，料仓的容量应该能够保证破碎机15—20分钟的工作量。分离输送水使用曲面筛，筛面是用梯形截面的金属丝编织的筛网，筛孔为窄长形，其宽度为2.5—3.0毫米。整个过滤筛面1.4—0.8米²，产量为以脱水玉米计200和120吨/昼夜，每平方米筛理面积约为3吨/时。

分离矿物杂质。

设备的运转状况是遵守严格的工艺流程的重要条件，而运转状况在很大程度上取决于玉米的含矿物杂质的情况。清除了这些杂质能成倍减少破碎机、粉碎机、泵和筛子工作机件的磨损。

为了分离与玉米粒一样大的矿杂质（并肩石），要使用旋液器。实际生产经验表明，使用旋液器可以分离80—90%的矿物杂质。全苏淀粉制品科技一生产联合公司在生产中研制并推广了ГМП—2型旋液器（见图1.5），这种旋液器是用来从淀粉乳中分离砂石的，它是由外壳、废液排放室、转碟、带阀门的收集器、筛理装置和排放管等组成，其工作原理是：水和玉

米的混合物以0.1—0.3兆帕的压力经进料管进入机壳的圆筒部分，经排放室作旋转运动从旋液器排出，矿物杂质因较重而进入收集器。为了不使玉米粒落入收集器，从排放管送入一定压力的水。

从玉米中分离出的矿物杂质从高压区选出，并经两个同轴安装的管子组成的筛理装置，管内有孔口以使水能通过。如果是从淀粉乳中分离砂石，那么液体是从转碟和排放室之间的空间选出砂石，在这种情况下，送入旋液器的液体经转碟和机壳间的环形缝沿排放管进入收集器。这种结构的特点在于，在收集器中液体的压力是根据旋液器入口的压力自动调节。随着入口的压力增加，收集器液体的旋液压力也增加。收集器中的砂石压迫旋液器下出料口的阀门并使之开启，砂石即进入收集接收器。

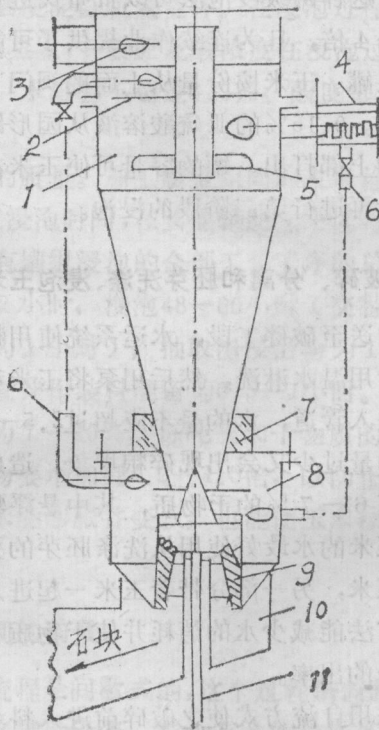


图1.5 ГМП—2型分离矿物杂的旋液器

- 1—机壳；2—转碟；3—物料排放室（玉米或淀粉乳）；4—筛理装置；
5—小转碟；6—排放管；7—透明部位；8—矿物杂收集器；9—阀门；
10—倾斜流槽；11—阀门连接埠。

玉米破碎。

经浸泡后，玉米的胚芽、种皮和胚乳间的结合变弱，在胚乳中蛋白和淀粉间的结合也变弱。浸泡过的玉米胚芽含水份60%左右，胚芽具有较高的弹性，破碎时很容易与玉米的其它部分分开。此外，同时从胚乳中破碎出的粉中大概含25%的淀粉，因此，破碎的目的是使胚乳与胚芽分离并使部分淀粉游离出来。玉米破碎是在打击式破碎机中进行的。

图1.6示出的是苏联产P3—ПДК—250型破碎机。破碎机的机座上装有破碎室，破碎室的边盖可以折起、打开，另外还有进料口及传动部分。在中间支撑架的轴承上装有轴，轴的伸