

刘祖荫 丁纯孝 编著

玉米及薯类深加工

北京科学技术出版社



玉米及薯类深加工

刘祖荫 丁纯孝 编著

北京科学技术出版社

内 容 提 要

本书系统地叙述了玉米和薯类深加工的产品,各种加工工艺、设备装置、产品要求及各种副产品的合理利用等。

在我国玉米和薯类加工技术中,本书之内容是比较全面的,可供乡镇企业、从事粮油食品工作的科技人员和大、中专院校师生参考。

玉米及薯类深加工

刘祖荫 丁纯孝 编著

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

新华书店首都发行所发行 各地新华书店经售

北京通县马驹桥印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.75印张 148000字

1988年1月第一版 1988年1月第一次印刷

印数1—1,300册

统一书号17274·115 定价1.50元

ISBN7-5304-0053-3/Z·26

前 言

玉米和薯类是重要的粮食经济作物。近几年来，随着我国农业生产的发展，城乡人民生活水平的提高，直接食用玉米、薯类的情况逐渐减少，而转向于对玉米、薯类进行合理利用，深度加工，开拓新的产品和用途。它不仅能大大提高玉米及薯类的经济效益，而且能稳定和促进玉米及薯类的生产。本书就是为适应这一需要而编写的。

本书在叙述玉米、薯类的结构与化学成分的基础上，系统地阐述综合加工的各种方法与技术途径，重点介绍了淀粉加工，各种玉米及薯类食品的加工，淀粉糖、变性淀粉以及各种副产品的合理利用等。本书广泛收集了国内外的最新资料。经过综合分析，择其精粹编纂而成，在目前国内玉米、薯类加工利用技术中，本书之内容是比较全面的，可供乡镇企业、从事粮油食品工作的科技人员和大、中专院校师生参考。

由于编写水平有限，书中的缺点错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第一章 玉米	(1)
一、概述.....	(1)
二、玉米籽粒的结构与化学成分.....	(2)
三、玉米的加工.....	(5)
四、特制玉米粉.....	(19)
五、人造玉米米.....	(29)
六、玉米片.....	(32)
七、玉米胚芽油.....	(36)
八、玉米啤酒.....	(47)
第二章 马铃薯	(53)
一、概述.....	(53)
二、马铃薯的结构与化学成分.....	(53)
三、马铃薯的加工利用.....	(58)
第三章 甘薯	(118)
一、概述.....	(118)
二、甘薯的结构与化学成分.....	(118)
三、甘薯淀粉加工.....	(123)
四、甘薯制饴糖.....	(133)
五、甘薯制乳酸.....	(136)
六、甘薯的其它用途.....	(145)

七、腐坏薯的利用.....	(145)
第四章 木薯	(152)
一、概述.....	(152)
二、木薯的结构与化学成分.....	(153)
三、木薯的加工利用.....	(155)
第五章 淀粉	(164)
一、淀粉的基本概念.....	(164)
二、淀粉糖.....	(171)
三、变性淀粉.....	(183)
四、淀粉在工业上的应用.....	(203)

第一章 玉 米

一、概 述

玉米又有玉蜀黍、玉茭、包米、棒子、包谷、珍珠米之称。玉米是人类最古老的栽培作物之一，起源于南美洲，至今已有四千多年的栽培历史。1492年哥伦布发现了美洲新大陆，1494年哥伦布把玉米带回西班牙，之后，相继传入欧洲、非洲、大洋洲及亚洲等地。玉米从十六世纪传入我国，至今已有四百余年的栽培历史。

玉米是高产作物，适应力强，产量比较稳定。据联合国粮农组织公布：1984年世界玉米总产量为43973.8万吨，其中美国玉米产量居首位，为19119.9万吨；我国玉米产量仅低于美国，为6813.5万吨，居第2位。

一些发达国家（如美国、日本等国），主要把玉米作为饲料和工业原料；发展中国家则仍把玉米作为主要食粮。

国外加工利用玉米的经验表明：按照玉米的有效成分合理利用、综合利用，可以明显地提高玉米的经济效益。依玉米的成分顺序利用，可以得到玉米胚芽油、淀粉、胚饼、黄浆水、蛋白质和淀粉渣等产品。

玉米胚芽油的热稳定性好，降胆固醇效果显著，是理想的烹调用油。利用玉米胚芽油可加工出营养油、调合油、人造奶油、起酥油及蛋黄酱等油脂制品。榨油后的胚芽饼经过

处理，还可加工成营养价值高的营养粉，这种营养粉可作为营养强化剂和膨松剂，用于糕点加工。另外，胚芽饼还可直接用来酿酒。

淀粉是玉米加工的主要产品。利用玉米淀粉可生产饴糖、糊精、麦芽糖、葡萄糖和果葡糖浆等制品，这些制品被广泛应用于食品和医药工业；经过物理、化学或酶法处理，可制成种类繁多的变性淀粉，这些变性淀粉广泛用于食品、建材、造纸、纺织、医药、农业、化工等工业。

玉米食品种类繁多。据统计，世界上约有 150 多种玉米食品，如玉米蒸糕、玉米粉面包、玉米粉糕点、玉米面饺子、玉米面面条、膨化玉米粉、特制玉米粉、玉米片早餐食品、玉米快餐食品、玉米饮料以及玉米啤酒等。

玉米还是优质饲料的原料。籽粒可作精饲料，鲜叶、茎可作青贮饲料，干叶、茎、包皮和穗轴可加工粗饲料。另外，加工玉米淀粉及提取玉米胚芽油时产生的废弃物——发酵浸出液、纤维质残渣、胚芽残渣、油脂精炼后的残留脂肪酸以及葡萄糖结晶化时产生的母液，均可加工成饲料。

玉米是我国主要粮食作物之一，但玉米的开发利用，尚处于粗加工阶段，经济效益很低。因此，开发玉米的新用途，提高玉米的经济效益，是当前一项十分迫切的任务。

二、玉米籽粒的结构与化学成分

（一）玉米籽粒的结构

根据籽粒的形状、胚乳的性质和稃壳的有无，可将玉米分为马齿型、硬粒型、爆裂型、软粒形、甜质型、糯质型及

有稃型等。但为了方便起见，人们习惯从色泽上将其分为黄色和白色两大品种，此外还有红色和紫色等品种。世界上栽培最多的是马齿型品种，这也是我国栽培最多的一个品种。

成熟的玉米籽粒主要由果皮、胚芽，胚乳和胚根鞘组成。果皮的重量约占籽粒重量的6~7%，胚乳约占籽粒重量的81~82%，胚芽的重量占籽粒重量的8~12%，胚根鞘一般占籽粒重量的1~1.5%。

果皮 又称外皮，包括果皮和种皮两部分，果皮的主要成分是组织细密而坚硬的纤维素和半纤维素。

胚芽 位于籽粒的基部，主要由胚盘与胚根组成。其中胚盘约占胚芽重量的90%。

胚乳 由角质部分与粉质部分组成。普通马齿种玉米，胚乳中的角质部分与粉质部分的重量比为2:1；而爆裂种和硬粒种以角质胚乳为主体，只在中心部位含少量粉质胚乳；粉质部分主要是淀粉成分，蛋白质含量少；而角质部分蛋白质含量多。

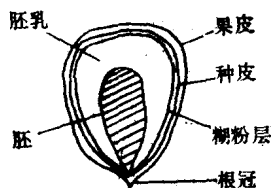


图 1.1 玉米籽粒的结构

胚根鞘 又称根帽，是玉米籽粒中最小的部分。胚根鞘连接种子与穗轴，使种子能够附着于穗轴上。胚根鞘常与胚芽连在一起，不好分离，胚根鞘虽能保护胚，但又会影响胚的纯度，降低胚的出油率。

玉米籽粒的结构如图1.1。

(二) 玉米籽粒的化学成分

玉米籽粒的化学成分主要包括蛋白质、淀粉、脂肪、纤

纤维素、糖分和灰分等，这些成分因玉米品种和栽培条件不同而异。玉米籽粒的化学成分如表1.1。

表 1.1 玉米籽粒的化学成分（干物质）

化学成分	淀 粉	蛋白质	脂 肪	糖	纤维素	灰 分
含量(%) 范围	61.6~78.4	6.5~13.2	3.6~6.5	1.05~2.82	1.50~2.51	1.04~2.07

淀粉 是玉米的主要成分，属于碳水化合物中的多糖物质。主要存在于胚乳中，约占胚乳的90%。普通马齿型玉米淀粉约含27%的直链淀粉和73%的支链淀粉。

蛋白质 玉米籽粒中含10%左右的蛋白质。根据蛋白质的溶解性，可分为水溶性清蛋白，盐溶性球蛋白，醇溶性胶蛋白，碱溶性谷蛋白以及不溶于水性溶剂的硬蛋白。

玉米蛋白主要是玉米醇溶胶蛋白与谷蛋白，二者分别占玉米含氮量的40%及37%。玉米醇溶胶蛋白中亮氨酸、丙氨酸、脯氨酸、苯丙氨酸、谷酰胺含量较高，但不含色氨酸。谷蛋白中氨基酸含量介于盐溶性蛋白质与醇溶胶蛋白之间。

玉米醇溶胶蛋白的特点是能溶于醇类，脯氨酸含量较高，水解能生成较多的氨。

玉米中的蛋白质含量比大米高，其必需氨基酸总量为48%（大米46%，小麦精粉37%），蛋白效率比为1.2。但是玉米蛋白中的赖氨酸和色氨酸的含量很低，这就限制了玉米的营养价值。因此在加工或食用玉米食品时，需增加赖氨酸和维生素PP。

但是玉米胚芽中的必需氨基酸成分却是比较完全的，赖氨酸含量约5.9%，其营养价值与鸡蛋的蛋白质相似，因此可以利用榨油后的胚饼生产玉米胚蛋白和分离蛋白。

脂肪 玉米脂肪大部分存在于胚之中，胚是玉米胚油的原料。玉米胚比其它植物种子的胚大，含油量一般为4~5%，近年来也出现了含油量高达7~8%的新品种。玉米胚芽油的成分主要是甘油三酸酯。其中亚油酸59%、油酸27%、棕榈酸12%、硬脂酸2%、亚麻酸0.8%、花生酸0.2%。除了甘油三酸酯之外，玉米胚油中还含磷脂、生育酚和甾醇等微量成分。

三、玉米的加工

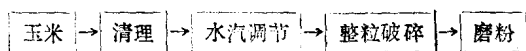
(一) 玉米的干法加工

1. 干法加工及其特点

玉米的干法加工是古老的加工方式，主要是生产供作主食的玉米楂、玉米糝、玉米粉和制啤酒用的玉米楂。

玉米干法加工，可根据提胚与否分为不提胚加工工艺与提胚加工工艺。

不提胚加工的一般程序是：



这种未经提胚处理的玉米制品，含有较多的油脂，由于油脂的氧化酸败，使制品不易保存，同时也不能有效地利用玉米胚芽，因此这种古老的加工方式正逐步被提胚加工工艺代替。

根据提胚方式的不同，提胚加工可分为干法提胚工艺和湿法或半湿法提胚工艺。

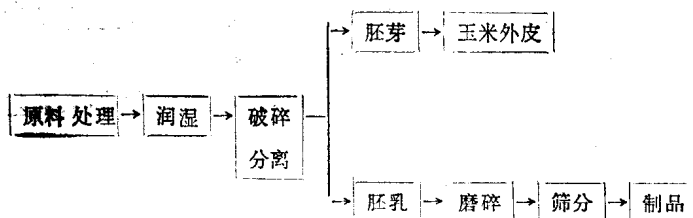
干法提胚加工工艺，是在籽粒水分含量低的条件下提胚，

润湿时间较短，不需要蒸汽装置，工厂设计较简单，动力消耗低，产品不需要干燥处理，因而生产费用较低。干提胚加工工艺一般能得到10%的胚芽，85%的粗玉米粉及中、细玉米碴，5%的下脚。由于油脂含量低，所以玉米粉的质量比较好，但玉米碴的得率较低。

湿法或半湿法提胚工艺，是一项较新的脱胚工艺。湿法脱胚是在籽粒水分较高的条件下提胚，其特点是能够得到完整的胚芽，大碴得率高，可得到50%以上的大、中碴。

2. 玉米干法加工工艺

由于玉米原料、设备条件不同，所以提胚工艺组成、所用设备及操作方法也不完全相同。玉米干法加工的一般程序如下：



利用砂辊米机进行脱皮、破碎和脱胚的工艺流程如图1.2。

(1) 原料清理

玉米籽粒一般含1.0~1.5%的杂质，清理的目的就是为了除掉这些杂质。清理设备包括筛选设备、磁选设备和去石设备。

筛选设备有振动筛和平面回转筛，通过筛选除掉比玉米籽粒大的大杂和比玉米籽粒小的小杂，在过筛清理的同时，

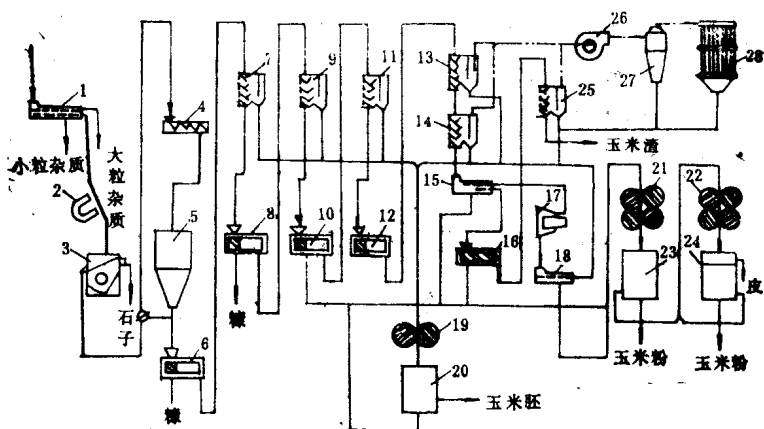


图 1.2 砂轮米机脱皮和破碎脱胚工艺流程图

1.清理筛；2.磁铁；3.去石机；4.润水（气）绞龙（螺旋输送机）5.润仓；6.8.10.脱皮砂辊米机；7.9.11.13.14.25.吸风分离器；12.破碎脱胚砂辊米机；15.分级筛；16.擦糠机；17.粉碎机；18.分级筛；19.压胚磨；20.选胚筛；21.22.磨粉机；23.24.筛粉平筛；26.通风机；27.卸料器；28.压入式布筒过滤器。

还应通过吸风除尘，去掉轻杂。

磁选设备一般使用马蹄形磁铁或滚筒磁选机，通过磁选处理，除去玉米中的磁性金属。

去石设备主要是使用比重去石机，通过去石处理。除掉原料中的砂石。

(2) 润湿（水汽调节）

当玉米籽粒的原始水分在14.5%以下时，胚芽、胚乳、与皮的结合较牢固，皮脆，不易脱皮，而且胚的韧性差，易碎。可是通过润湿处理，即用水或水蒸汽润湿玉米籽粒后，玉米

皮的韧性增加，容易脱皮，同时使胚吸水膨胀、变韧，能够保持胚的完整。玉米籽粒的最适含水范围为16~19%。

润湿时间因原料品种、水分含量及润水量不同而异，润水可使用冷水或温水。

润水量用下列公式计算：

$$G_1 = G_2 \left(\frac{100 - W_1}{100 - W_2} - 1 \right) \text{ (千克/时)}$$

式中 G_1 ：润水量（千克/时）

G_2 ：玉米流量（千克/时）

W_1 ：玉米润水前含水率（%）

W_2 ：玉米润水后含水率（%）

润水时间不宜过长，也不宜过短。一般，角质率在80%以上，润水时间为10分钟左右；角质率在80%以下，润水时间为5~8分钟。

润湿处理使用的主要设备有润水绞龙（螺旋输送机）和水汽调节机等。图1.3是简易水汽调节机，由螺旋输送机、

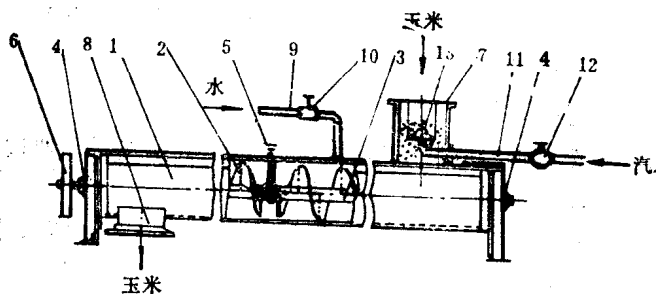


图 1.3 简易水汽调节机

1. 机壳；2. 螺旋叶片；3. 轴；4. 端盖轴承；5. 悬挂轴承；

6. 皮带轮；7. 进料口；8. 出料口；9. 水管；10. 水阀；

11. 蒸汽管；12. 汽阀；13. 散料盘

润水管、润汽管三部分组成。

(3) 脱皮

玉米脱皮包括干法脱皮和湿法脱皮两种方式。原料不经润水处理直接脱皮，称干法脱皮；原料经过润水处理后再脱皮，称湿法脱皮。在原料水分含量为18%左右时，可采用干法脱皮，而水分含量较低时，则应采用湿法脱皮。

脱皮工序很重要，脱皮的好坏直接关系到提胚的效率。

脱皮设备主要是砂辊米机，如横式两节砂辊米机、横式三节砂辊米机以及立式三节砂辊米机等。图1.2的工艺是使用三台两节砂辊米机连续脱皮。横式两节砂辊米机的碾白室如图1.4。

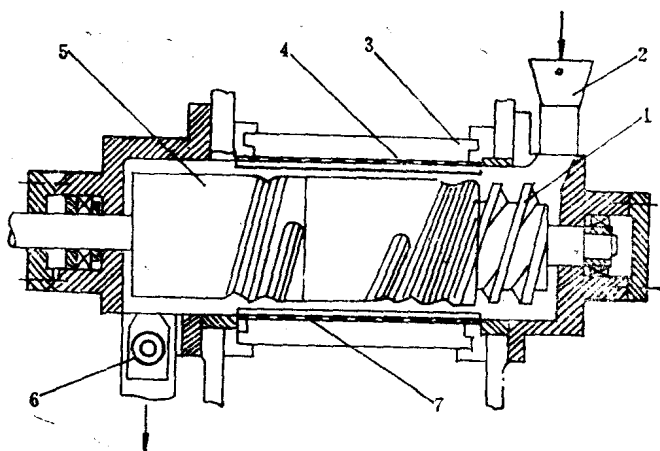


图 1.4 横式两节砂辊米机碾白室结构

- 1.螺旋推进器 2.进料口 3.横梁 4.米筛
5.出料口 6.砂辊 7.米刀

横式两节砂辊米机的转速为1200~1250转/分，流量1.5~2.5吨/时，前电机功率为17千瓦，后电机功率为13千瓦。

玉米进入米机后，被螺旋推进器推入碾白室，玉米粒在高速转动的砂辊作用下，脱掉外皮和一部分胚芽。

玉米经过脱胚处理后，脱皮程度不低于70%，玉皮破碎粒不超过15%。

(4) 破碎脱胚

在破碎脱胚工序中，将玉米破碎成4~6瓣，使80%以上的胚芽脱落。

使用的设备有辊式脱胚机、P-215横式脱胚机、锤片式破碎机和MHXG型脱胚机等。辊式脱胚机的结构与磨粉机基本相同。P-215横式脱胚机的结构与脱皮部分的横式两节砂辊米机基本相同（见图1.5）。

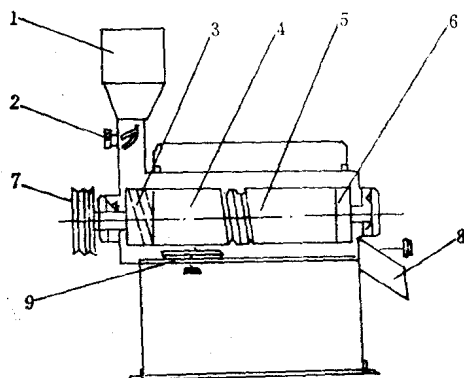


图 1.5 P-215横式破碎脱胚机结构

- 1. 进料斗；2. 进料调节机构；3. 螺旋输送头；
- 4. 破糞脱胚铁辊；5. 磨光砂辊；6. 排料铁辊；
- 7. 皮带轮；8. 出料口；9. 铁阻刀。

玉米从进料斗1经由流量调节装置2进入机内，由螺旋输送头3推向破糞铁辊4。铁辊的外围是圆形铁筒，筒内壁与辊

筒间有22.5毫米的间隙，组成破碎脱胚室。在铁辊下部的圆形铁筒内壁上装有铁阻刀9。玉米在铁辊和铁阻刀的作用下被破碎，再经磨光砂辊5磨光，通过排料铁辊6由出料口8排出。

美国的玉米加工厂，90%以上采用擦离式Beall脱胚机，这种脱胚机的动力较大，由锥形滚筒和套壳组成，转子上设有推进螺旋和起擦离作用的齿形装置，外套壳上大部分是筛孔。破碎后的种皮和部分细渣（约30%）作为筛下物由筛孔排出，其余的（70%）是玉米粒和胚芽，作为筛上物排出（见图1.6）。

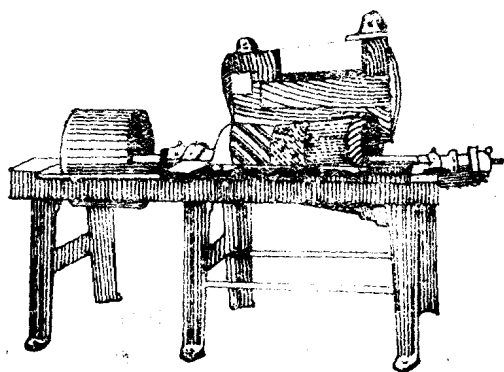


图 1.6 Beall脱胚机

(5) 分级提胚

玉米经破碎脱胚后，进行分级提胚。分级提胚使用的设备有平筛、风选机和重力分级机等。从破碎分离出来的物料，经平筛筛出玉米粉，并按粒度大小分级，再经风选机提出玉米皮后，进入重力分级机，按不同比重分离出玉米糝和胚