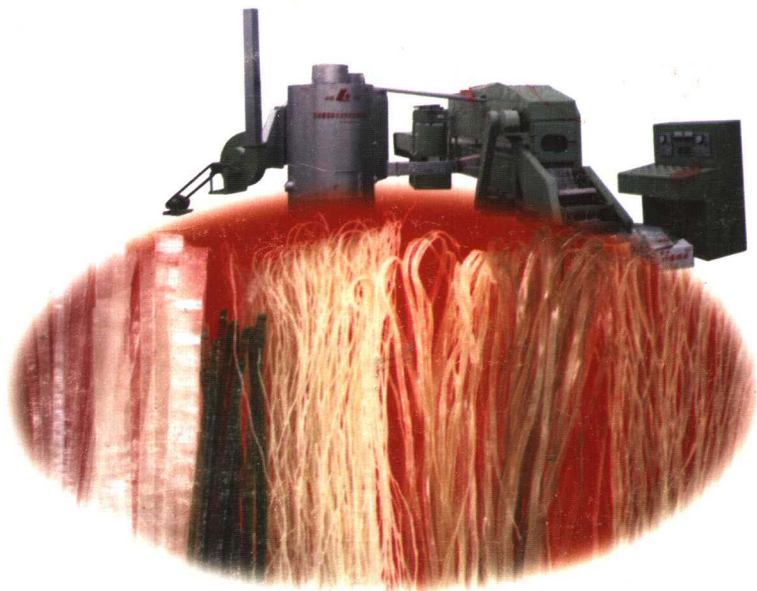


金土地工程·优质农产品系列

JINTUDI GONGCHENG
YOUZHI NONGCHANPIN XILIE
肖利贞 王裕欣 编著

薯类淀粉制品 实用加工技术



中原农民出版社

SHULEI
DIANFEN
ZHIPIN
SHIYONG
JIAGONG
JISHU

SHULEI
DIANFEN
ZHIPIN
SHIYONG
JIAGONG
JISHU

金土地工程·优质农产品系列

薯类淀粉制品实用加工技术

肖利贞 王裕欣 编著

中原农民出版社

图书在版编目(CIP)数据

薯类淀粉制品实用加工技术/肖利贞等编著. — 郑州:
中原农民出版社, 2000. 12

ISBN 7-80641-359-6

I. 薯… II. 肖… III. 薯类淀粉-食品加工
IV. TS235.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 49121 号

金土地工程·优质农产品系列

薯类淀粉制品实用加工技术

肖利贞 王裕欣 编著

责任编辑 汪大凯 责任校对 赵林青

中原农民出版社出版 (郑州市经五路 66 号)

河南省新华书店发行 偃师市海洋印刷有限公司印刷

787 毫米×1 092 毫米 32 开本 9.625 印张 205 千字

2000 年 12 月第 1 版 2002 年 2 月第 2 次印刷

印数:3001-6000 册

ISBN 7-80641-359-6/S·124 定价:9.80 元

出版者的话

优质才能高效,既是自然规律,更是市场法则,农产品生产也不例外。同是一种农产品,不同的质量价格相差几倍甚至十几倍,广大农民朋友对此应该有切身的体会。特别是在当前的情况下,一方面我国加入世界贸易组织(WTO)后农业将面临国际竞争,农产品的外在质量和内在品质较差、科技含量较低的状况必须尽快改善,才能在中立于不败之地;另一方面随着农产品短缺时代的结束和人们生活水平的提高,对农产品质量提出了更高的要求,那种“瓜不甜、肉不香、菜无味、有毒物残留”的农产品将遭到市场的排斥。因此,我社在调查分析农业产业政策和农业生产形势的基础上,特制定了“金土地工程·优质农产品系列”的出版规划。

本“系列”旨在依靠科学技术提高农产品质量,通过农产品优质化创造新的市场需求,增加农民收入,既解决生产中的技术指导问题,又力争部分地解决生产什么的问题,实用性和预见性相结合,着重为农民增收和农业健康持续发展提供智力上的支持。

前 言

甘薯、马铃薯和木薯是我国淀粉加工的主要原料。用薯类淀粉制成的粉条(丝)和粉皮晶莹剔透,口感筋软,风味独特,深受消费者喜爱。

长期以来,薯类淀粉制品多用传统工艺和手工操作,效率低、劳动强度大、色泽差、杂质多、成品包装简陋甚至多无包装。这种作坊式生产方式效益低,加工受季节影响大,生产的产品多数达不到国家卫生标准和质量标准,不能进入大城市市场和国际市场,制约了薯类淀粉制品的生产。近年来,随着人民生活的不断提高、产业化进程的推进和加入世界贸易组织的步伐加快,对薯类淀粉制品加工提出了更高的要求。生产不同类型精美包装的精白淀粉、精白粉条(丝)和粉皮已成为加工者共同追求的目标。然而,有关全面、系统地介绍薯类“三粉”加工新技术的书籍极少,尤其是详细介绍薯类淀粉制品加工技术的书更少。因此,人们渴望这一专著的出版。本书综合我国河北省卢龙县、四川省三台县、河南省社旗县和汝阳县及江苏、安徽、江西、内蒙、广西等地的先进单位加工薯类“三粉”的经验,重点介绍了薯类“三粉”加工的理论、工艺流程以及主要设备的结构、性能和操作方法,还详细介绍了淀粉制品增白、增筋、疏散技术和质量标准及其检验方法。有助于从事薯类加工农户和加工企业的工人、技术人员、管理人员对薯

类加工生产技术和设备进行全面地了解,旨在进一步推进我国薯类加工产业化的进程,把薯类淀粉制品的加工技术水平再提高到一个新阶段,为农民致富提供可靠的信息和实用技术。

本书由肖利贞、王裕欣编写。其中二、三、四、六部分由王裕欣编写,一、五、七、八、九部分由肖利贞编写,全书由肖利贞(河南省农科院粮作所)统稿。

在编写过程中参考了我国食品、化工、农业部门及河北、四川、山东、江苏、江西、安徽、广西、云南、河南等省区科研教学单位和个人编著的有关薯类加工的文献资料,在此向作者致谢,并感谢河南省农科院食品工程专家李光耀高级工程师在百忙之中帮助审稿。由于我们水平有限,加之时间仓促,缺点和错误之处敬请读者批评指正。

编 者

2000年7月

目 录

一、淀粉制品加工的理论基础·····	(1)
(一)淀粉的化学结构 ·····	(1)
(二)淀粉的物理特性 ·····	(8)
二、淀粉加工技术·····	(16)
(一)淀粉生产的基本原理 ·····	(17)
(二)薯类淀粉加工的原料及成分 ·····	(18)
(三)鲜甘薯淀粉的生产 ·····	(22)
(四)甘薯干淀粉的生产 ·····	(41)
(五)马铃薯淀粉的生产 ·····	(48)
(六)木薯淀粉的生产 ·····	(55)
(七)影响薯类淀粉得率的因素及预防措施 ·····	(60)
(八)淀粉质量的评判与贮藏 ·····	(66)
(九)淀粉加工副产物的综合利用 ·····	(73)
三、淀粉净化及制品增白技术·····	(80)
(一)淀粉褐变及制品杂质过多的原因 ·····	(80)
(二)物理法净化除杂增白技术 ·····	(85)
(三)生物法(酸浆法)净化除杂增白技术 ·····	(86)
(四)化学法净化脱色技术 ·····	(94)
四、粉条(丝)加工技术 ·····	(106)
(一)粉条成形原理·····	(107)
(二)挤压式粉条加工技术·····	(108)

(三)瓢漏式粉条加工技术·····	(123)
五、粉皮加工技术 ·····	(147)
(一)手工粉皮加工技术·····	(148)
(二)机制粉皮加工技术·····	(149)
六、粉厂的建厂设计与科学管理 ·····	(158)
(一)可行性研究·····	(158)
(二)可行性研究报告简例·····	(170)
(三)建厂程序要求·····	(173)
(四)中小型淀粉厂、粉条厂、粉皮厂的建设·····	(176)
(五)科学管理·····	(186)
七、加工设备 ·····	(192)
(一)淀粉加工设备·····	(192)
(二)粉条(丝)加工设备·····	(223)
(三)全自动全封闭粉皮机·····	(250)
八、主要食品添加剂与辅助配料 ·····	(253)
(一)主要食品添加剂·····	(254)
(二)快餐粉条(丝)、粉皮、方便粉的主要调料及其 加工方法·····	(273)
九、质量检验与分析方法 ·····	(278)
(一)检验项目·····	(278)
(二)检验取样规则·····	(279)
(三)检验方法·····	(280)
附录 I 淀粉制品类卫生标准及其分析方法 ·····	(291)
II 食用马铃薯、小麦、玉米淀粉质量标准及其 测定方法·····	(293)
III 粉丝、粉条质量标准及其测定方法·····	(297)

一、淀粉制品加工的理论基础

淀粉是植物储备的营养物质,由植物的地上部分经光合作用形成并贮存在许多植物的块根、块茎或种子里。当前我国工业上提取淀粉的原料主要是玉米、小麦、甘薯、马铃薯、木薯。利用植物淀粉原料提取的淀粉均称为天然淀粉。

天然淀粉经物理、化学和酶的作用,可生成很多种不同性质的变性淀粉,扩大了淀粉的用途。淀粉经酸或酶作用水解可生成一系列淀粉糖产品,又为食品、医药、化工提供了重要工业原料。淀粉经糊化和老化工序后,可制成粉丝、粉条、粉皮、凉粉等人们喜爱的淀粉食品。

在淀粉及制品加工中,掌握淀粉物理、化学特性对提高加工质量和效益具有重要意义。

(一)淀粉的化学结构

淀粉是高等植物储备的营养物质,是碳水化合物中的高分子化合物。组成的元素分别为碳、氢、氧,三者所占比例分别为44.4%、6.2%、49.4%。绿色植物在光的作用下,把二氧化碳和水转化成葡萄糖,同时产生氧气。葡萄糖经过一系列的生物化学反应,最后生成淀粉,在植物生命周期的某一阶段积累在储备器官中。

淀粉由葡萄糖组成,淀粉水解后又生成葡萄糖,这早在

19世纪初已得到证实。淀粉的化学结构和葡萄糖的结构之间存在着密切的联系。要了解淀粉的化学结构,必须先了解葡萄糖结构。

1. 葡萄糖分子结构 葡萄糖属于单糖类,分子结构有两种形式:在结晶态时,葡萄糖分子内部形成环状结构化合物;而在水溶液中,则以环状和链状二种分子结构同时存在(图1)。

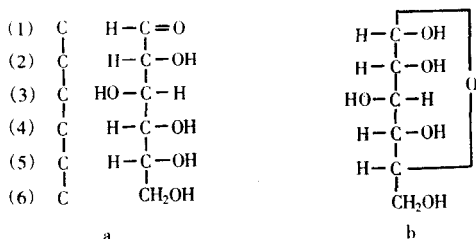


图1 葡萄糖两种结构

a. 开链式 b. 环状结构

在葡萄糖的环状结构中,醛基与第五位碳原子上的羟基形成半缩醛,成为

一个六圆环,与吡喃的结构相似,因此它又可称为吡喃糖。哈瓦思(Haworth)将吡喃葡萄糖的结构式写成六角形的环状(图2)。

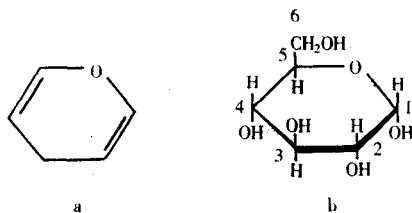


图2 吡喃葡萄糖

a. 吡喃 b. 吡喃葡萄糖 Haworth 表示法

葡萄糖的环状结构比它的开链结构多了一个不对称的碳原子,因而有 α -葡萄糖和 β -葡萄糖两种异构体(图3)。

在溶液中, α -葡萄糖和 β -葡萄糖能够通过开链式而互

相转变,并且与开链式形成平衡混合物。

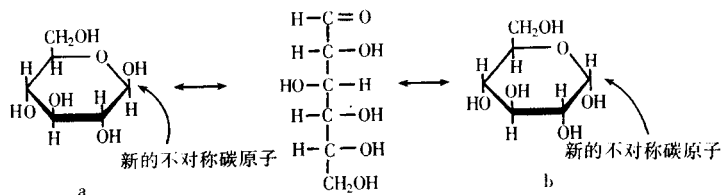


图3 葡萄糖两种异构体

a. β -D-吡喃葡萄糖 b. α -D-吡喃葡萄糖

由两个葡萄糖分子经过缩合失水反应生成的双糖,称为麦芽糖。它的分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$,结构式如图4所示。麦芽糖在植物体内含量较少,是淀粉的组成部分。淀粉经淀粉酶水解可以产生麦芽糖。麦芽糖和水反应,又可产生葡萄糖。

在两个葡萄糖分子之间连接的键,称为糖苷键。麦芽糖分子中的糖苷键是由前一个葡萄糖分子 C_1 上的OH和后一个葡萄糖分子 C_4 上的OH之间缩

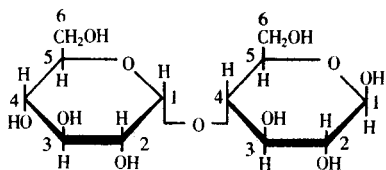


图4 麦芽糖(α -D-吡喃葡萄糖-1,4-D-吡喃葡萄糖苷)

合失去一分子水而形成的。这种连接方式的键结构称为1,4糖苷键或1,4键。麦芽糖被水解成葡萄糖,反应发生在1,4键部位。麦芽糖有一个自由的苷羟基,所以它是还原糖。

2. 淀粉结构 淀粉是由许多 α -葡萄糖分子通过1,4糖苷键重复连接起来的高分子化合物。组成淀粉葡萄糖单位是 $C_6H_{10}O_5$,那么,淀粉分子的葡萄糖分子式就应该是

$(C_6H_{10}O_5)_n$, n 为一个不定数, 表示淀粉分子是由许多个葡萄糖单位组成。

由 3 个和 4 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 3~6 个葡萄糖单位聚合的糖称为低聚糖; 以 7 个以上葡萄糖单位聚合的几种糖称较大分子低聚糖; 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则被称之为糊精。

淀粉的合成是由几种酶来完成的。每种酶各有它的葡萄糖受体和葡萄糖供体。每次反应把葡萄糖转移到受体上去, 使链加上一个葡萄糖单位。这样重复下去, 便可使链继续延长, 最后形成淀粉。

淀粉分子结构形式有两种, 即直链形式和支链形式。由直线排列方式形成的淀粉称为直链淀粉。由叉支链形式排列形成的淀粉称为支链淀粉。

(1) 直链淀粉 直链淀粉的构型呈线形, 早在 1940 年已被提出, 并在以后 3 年内得到证实。直链淀粉是由许多 α -D-葡萄糖单位由 1,4 糖苷键方式连接成直链状的大分子(图 5), 葡萄糖单位在 200~980 个之间, 一般为 300~800

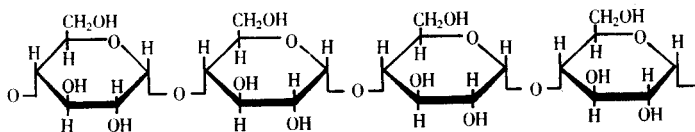


图 5 直链淀粉

个。若以葡萄糖单位分子量 162 乘以聚合的个数, 则直链淀粉分子量为 32 400~158 760。马尔切索(Mar-chessault)检

测了直链淀粉的构象,认为直链淀粉的链分布呈螺旋形,每个螺旋周期含有6个 α -D-葡萄糖残基。

直链淀粉遇碘呈蓝紫色,有人认为是与淀粉的螺旋结构有关。碘分子分布于由葡萄糖单位所形成的螺旋圈里,碘与淀粉生成吸附复合物而呈现出颜色(图6)。当加热到70℃时,颜色消失,冷却后又出现。碘与淀粉相遇时,呈现颜色的次序与链的长短有关,链由长到短时,颜色则由蓝经蓝紫、红、棕,到一定程度则不显颜色。另据报道,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,8~11个的分子呈红色,而4~6个的短直链则不显色。我们通常利用这种性质来判断淀粉水解的程度。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。

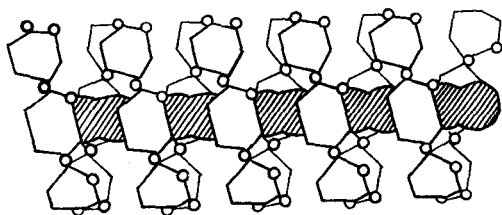


图6 淀粉螺旋结构充满碘的图解

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,具有还原性,所以被称为还原尾端基;另一端的葡萄糖单位没有还原性,称为非还原尾端基。

直链淀粉分子中,除末端葡萄糖单位外,内部每个缩水葡萄糖含有3个羟基。由于羟基具有亲水性,故淀粉能在水中吸水和扩散。当各个分子间通过氢键而结合时,分子对水的

亲和性减弱,聚集体增大,淀粉乳浓度低时,其分子间结合平行排列成束状结构而发生沉淀。浓度高时,液体升到一定的温度,分子结束成凝胶。凝胶是3个大小的网络由氢键结合而成的。这种直链淀粉分子间的结合现象通常称为凝沉。

直链淀粉的凝沉现象对制粉丝工艺非常有利,然而对酶法液化淀粉的工艺却是不利的。因为凝沉淀粉对于酶作用的抵抗力强,不易被酶水解,造成液化困难。甘薯、木薯淀粉含直链淀粉较少,有利于酶法制糖。玉米淀粉含直链淀粉多,有利于粉丝生产,但口感不如薯类粉条。

(2)支链淀粉 支链淀粉的结构除了在直链结构部分以1,4糖苷键连接葡萄糖单位外,而在支叉结构部分是以1,6糖苷键连接的(图7)。聚合的葡萄糖单位在1000~3000000个,一般6000个以上,平均分子量1000000。支链淀粉是天然高分子化合物分子量最大的一种淀粉。支链淀粉是高度分枝的(图8),淀粉分子主链中每隔7纳米,就出现大量的支

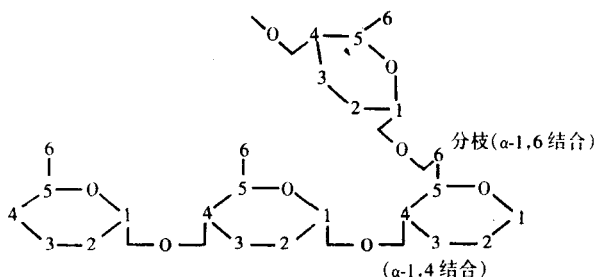
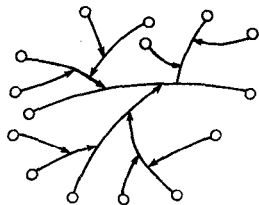


图7 支链淀粉

链,分枝的直径为10~15纳米、长度为200~400纳米。链的伸长呈现出这种规律性的变化,产生了7纳米的周期性分枝。

在主链的一端为还原尾端基,另一端为非还原尾端基。在主链上产生的所有分枝均没有还原尾端基,只有非还原尾端基。叉枝的侧链在 50 条以上,每条有 20~25 个葡萄糖单位。



淀粉的生物合成是在淀粉合成酶的作用下进行的。利用放射性的前体在体内合成淀粉的研究表明,新生的淀粉是沉积于原有团粒表面或其附近的。淀粉合成酶将 α -D-葡萄糖单元连接在直链淀粉或支链淀粉的非还原端上,使淀粉链不断增长。当支链淀粉的外链长到一定长度时,在分枝酶的作用下,发生支化,使分枝增加。

淀粉的糖化分解主要是利用酸和淀粉酶做催化剂。在利用酸糖化过程中,淀粉水解生成葡萄糖。两个葡萄糖分子通过复合反应相聚合,经 α -1,6 糖苷键聚合成异麦芽糖和 β -1,6 键聚合成龙胆二糖。在利用淀粉酶糖化过程中, α -淀粉酶水解淀粉分子的 α -1,4 糖苷键,从淀粉分子的内部开始作用,它不能作用于支链淀粉分子的 α -1,6 糖苷键,但可越过此键继续水解直链和支链淀粉分子的 α -1,4 糖苷键,所以又称内切酶。 β -淀粉酶的水解作用是从直链和支链淀粉分子的非还原尾端开始,由外向内,隔 1 个 α -1,4 键,切断 1 个 α -1,4 键,直至叉枝处的 α -1,6 糖苷键处为止,所以又称外切酶。

支链淀粉有很大的黏性,在粉条加工中,容易使粉条粘连。为克服这一问题,可采取调整直链淀粉与支链淀粉的比例和用酸或淀粉酶破坏粉条表面的支链淀粉结构,以降低表面的黏性。据严明突(1984)报道,不同作物品种淀粉中直、支

链比例不同(表1)。

表1 几种淀粉中直链淀粉和支链淀粉含量(%)

品种	玉米	大米	糯米	小麦	高粱	甘薯	马铃薯	木薯
直链淀粉	26	19	0	25	26	18	20	17
支链淀粉	74	81	100	75	74	82	80	83

支链淀粉遇碘呈紫红色反应,而且吸附碘量大大低于直链淀粉。一般说支链淀粉没有凝沉性。直链淀粉与支链淀粉的主要差别可参见表2。

表2 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	100~6000个	1000~3000000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,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

(二)淀粉的物理特性

淀粉大量贮存于许多植物的种子、果实及块茎、块根里。薯类的淀粉是贮存在地下部的块茎、块根里。不同的作物,其淀粉含量也不相同,薯类的淀粉含量一般在10%~26%。

由于淀粉的种类及来源不同,其性质也有一定的差异。例如淀粉颗粒大小、直链与支链淀粉的比例会因植物来源不同而有差异,而颗粒大小的不同、直链与支链淀粉比例的不同,对淀粉糊化要求的温度也不同。因此,掌握淀粉的基本特

性,对于淀粉制品加工选择适当的加工工艺和解决生产技术难题都具有十分重要的意义。

1. 淀粉的颗粒特性 淀粉是由不同形状、不同大小的微小颗粒组成。外观呈白色粉末状,但在 400 倍显微镜下观察,却是些形状及大小各异的结晶透明颗粒(图 9、图 10、图 11)。形状呈圆形、卵形、椭圆形和多角形。其中甘薯的多为圆形,马铃薯和木薯的为椭圆形或圆形、单粒,且马铃薯、木薯的淀粉粒上有皱纹;小麦的为凸透镜形、单粒,大米的为多角形、复粒,玉米的为多角形、单粒。淀粉颗粒直径大小以马铃薯的最大,其大小为 50~150 微米;大米的最小,仅几微米;甘薯的 7~15 微米;木薯的多数在 20 微米以下(表 3)。淀粉颗粒大小与糊化温度的高低有很大关系。一般来说,颗粒大的淀粉容易糊化,糊化温度较低;颗粒小的淀粉不容易糊化,糊化温度较高。在薯类淀粉中,以马铃薯的淀粉最易糊化,其次为木薯,甘薯糊化要求温度较高。

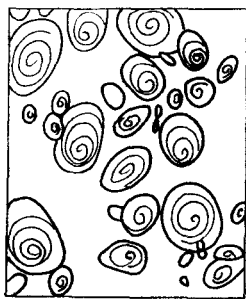


图 9 马铃薯淀粉颗粒

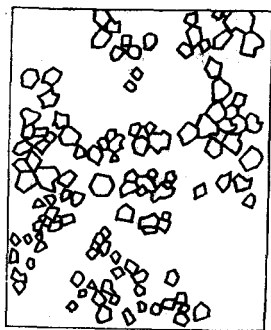


图 10 玉米淀粉颗粒