

● 乡镇食品企业实用技术丛书

玉米淀粉 和高果糖浆

王宜庆

编著



中国食品出版社

玉米淀粉和高果糖浆

王宜庆 编著

中国食品出版社

内 容 简 介

本书为《乡镇食品企业实用技术丛书》之一。全书概述了玉米淀粉与高果糖浆的性质、生产工艺、检验方法等知识，对玉米淀粉的主、副产品的综合利用、加工技术和应用前景做了详尽的介绍。文字通俗易懂。

本书可供从事淀粉和高果糖浆工业生产的人员以及有关食品加工部门的科技人员、生产人员和乡镇企业从业人员参考。

玉米淀粉和高果糖浆

王宜庆 编著

*

中国食品出版社出版
(北京市广安门外湾子)
北京益康印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

开本787×1092毫米1/32 7.25印张115千字

1987年9月第1版

1987年9月第1次印刷

印数: 5,000册

ISBN 7-80044-096-6/TS·097

书号: 15392·079 定价: 0.98元

出版说明

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第七个五年计划的建议》指出：发展乡镇企业，是振兴我国农村经济的必由之路。“七五”计划明确要求，到1990年，乡镇企业的总产值要达到4600亿元，比1985年增长一倍，并且具体提出以食品、服装和耐用消费品为重点发展项目。

经国务院批准的“星火计划”，是振兴我国农村经济、确保乡镇企业总产值实现“七五”计划的重大步骤。我们编辑出版这套“乡镇食品企业实用技术丛书”，就是配合“星火计划”，做一件实际而有意义的工作。

食品工业作为正在崛起的支柱性工业，在乡镇已有较大的发展，前途十分广阔。但长期以来，农村科技人员严重匮乏，乡镇食品工业在科学技术和经营管理方面都还比较落后，因此，把先进而适用的食品科技星火，撒播到资源丰富、人口众多的农村天地，为正在开发和将欲开发的乡镇企业。及时输送有用的食品生产技术、有效的企业管理方法、适宜的人材培训教材等方面的科技读物，是中国食品出版社为振兴地方经济义不容辞的任务。为此，我们在调查了解乡镇对食品科学技术实际需求的基础上，邀请具有理论和实践经验的有关技术人员，编写了这套适合乡镇兴办和扩大食品企业需要的技术丛书。希望这食品科技的星星之火，逐步在广大农村汇合成燎原之势，使食品企业成为乡镇经济的支柱。并为增进十亿人民的饮食文明和健康长寿做出贡献。

丛书组织编写过程中，得到了国家经委、轻工部、农牧渔业部和各地乡镇企业主管部门的有力支持；江苏省科学技术协会和江苏省食品工业协会以及 沈学源 陆振曦、胡雪

固、张洪涛、吴观钊、高修吾、杨文正、刘自强、李庆天、张洪泉、曹文杰、王宜庆、陈德铭、景火保、王沂、周博仁、丁晓明、邵治忠、王洁芬、王玲、胡居东等同志为丛书的编辑出版做了大量工作；参加丛书各分册编写的人员，分别付出自己珍贵的劳动。谨此一并致以诚挚的敬意和谢忱。

由于我们的水平有限，经验不足，编辑中的缺点和疏误在所难免。殷盼乡镇企业家、科技人员、食品专业经营者，对丛书提出宝贵意见。

目 录

一、玉米淀粉的性质和化学组成	(1)
(一) 我国玉米的分布和历来利用情况	(1)
(二) 玉米的结构和化学组成	(5)
(三) 玉米淀粉的性状	(8)
二、玉米淀粉的生产及深加工	(15)
(一) 我国中小型淀粉厂的生产流程	(15)
(二) 国外玉米淀粉厂的生产流程	(17)
(三) 一般生产工艺及主要设备	(20)
(四) 变性淀粉的制法及应用	(35)
(五) 玉米淀粉在乡镇企业的加工利用	(64)
(六) 淀粉衍生物的宏观发展	(64)
三、与淀粉水解有关酶制剂的性能	(70)
(一) α -淀粉酶	(72)
(二) β -淀粉酶	(78)
(三) 葡萄糖淀粉酶	(81)
(四) 异淀粉酶和普鲁蓝酶	(85)
(五) 淀粉水解与多酶协同作用	(87)
四、高果糖浆的性质与应用	(91)
(一) 高果糖浆的起源和产品类型	(91)
(二) 高果糖浆的性质	(94)
(三) 高果糖浆在食品工业中的应用	(98)

五、高果糖浆的生产	(108)
(一) 固定化葡萄糖异构酶.....	(109)
(二) 淀粉的液化和糖化.....	(118)
(三) 糖液的净化.....	(126)
(四) 葡萄糖液的转化(异构化).....	(132)
(五) 生产高果糖浆的主要设备.....	(137)
(六) 第二代高果糖浆的制造.....	(138)
六、有关的检测方法	(144)
(一) 玉米淀粉的分析.....	(144)
(二) 有关的几种酶的活性测定.....	(147)
(三) 过程控制的检测.....	(153)
(四) 成品的分析和检验.....	(156)
参考文献	(160)

一、玉米淀粉的性质与化学组成

玉米是从玉蜀黍穗上剥离下的颗粒物(即玉米粒)。玉蜀黍为一年生的禾本科植物,在植物学分类上属黍稷类。

玉蜀黍是一种喜温性植物,它在七个月中平均温度不低于 21°C 和全年降雨量不少于300毫米的地区适于种植和成熟。

玉蜀黍成熟收获后,用脱粒机从玉蜀黍穗上脱下颗粒,除去夹杂的碎穗和灰尘,即为商品玉米。

(一) 我国玉米的分布和历来利用情况

玉米是人类最主要的粮食作物之一,约占世界粮食总产量的 $1/4$ 。在我国粮食由于以稻谷、小麦生产为主,玉米的产量约占粮食总产量的 $1/6$ 。根据全国农业年鉴所载,1982年全国玉米播种面积为27263.2万亩,玉米的总产量为6029.5万吨,平均每亩产量为217公斤。我国种植玉米的主要地区分布如表1所示。

在我国农村以往将玉米碾碎后作为粗粮使用,因而玉米的出路大部分光作粮食或饲料,仅约 $1/3$ 用在工业原料方面。

玉米经过加工后,主要产物为胚乳(包括皮)和胚芽两部分。这两部分经再加工,在食品工业方面有如下的各种用途:

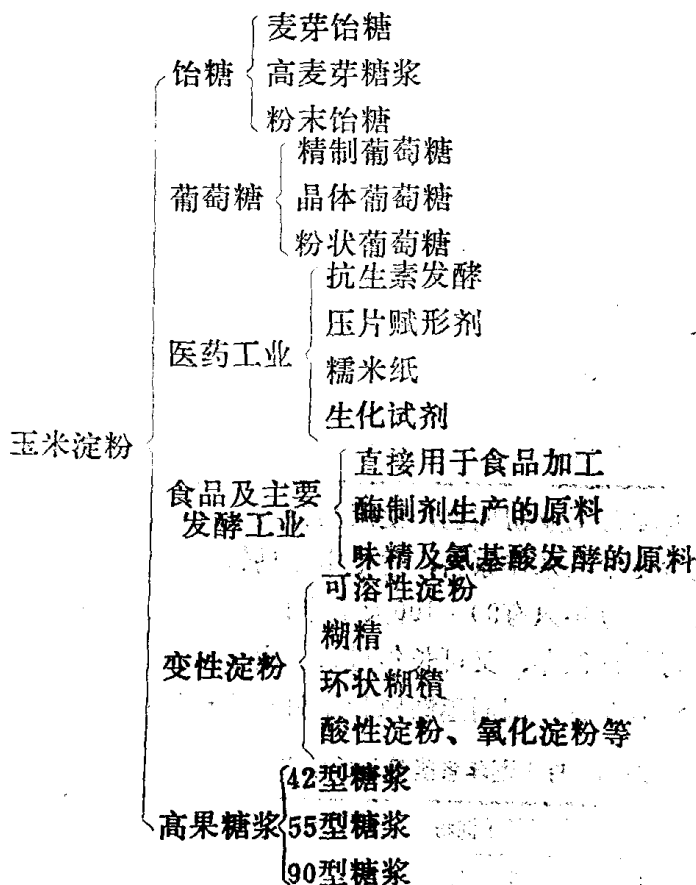
表 1 我国玉米的主要产区及产量

地 区	播种面积(万亩)	总产量(万吨)	亩产量(公斤)
河 北 省	3110.0	725.0	233.0
辽 宁 省	1733.3	583.0	322.0
吉 林 省	2408.2	589.5	245.0
黑 龙 江	2045.1	328.0	160.5
山 东 省	3250.8	848.0	261.0
河 南 省	2397.6	436.5	182.0
四 川 省	2649.9	612.5	231.5
陕 西 省	1481.6	282.5	190.5
云 南 省	1572.4	278.0	177.0
贵 州 省	1001.2	193.5	193.0
江 苏 省	725.0	194.5	268.5
广 西 省	819.7	122.0	149.0

胚乳 (包括种皮)	精玉米面：用于制挂面、通心面、发糕、糕点作配合粉，膨化食品，玉米强化营养食品等		
	粗玉米面：用作发酵工业的原料和制糖原料		
	玉 米 渣：供食用及作饲料		
胚芽	玉米胚芽油	食用油：精炼后可制作人造奶油、起酥油、色拉油	
		工业用油：制肥皂、染料、油漆等	
		制药用：制亚油酸、脉通、肌醇等医药产品	
	玉米胚芽饼粕	胚芽蛋白(营养食品)	
		饲料	
		制酱油等发酵工业的原料	

玉米中淀粉含量在70%以上。60年代以来国外利用淀

粉原料进行制糖、制药及精细化工产品的生产技术日益发展，因而为玉米淀粉的利用开拓了新的途径。



美国淀粉工业发展的初期多以甘薯、马铃薯为原料，但由于玉米综合利用的效益好，现在大都使用玉米生产淀粉。他们全年淀粉产量约为600~800万吨，其中65%以上是玉米淀粉。淀粉总量的60%用来生产糖浆，40%用于食品及其他工业。

美国淀粉的生产是与市场需求紧密结合的，因而使该项

工业获得持续的发展，情况如表2所述。

表 2 美国1974—1984年玉米淀粉的加工量及产品应用的比例

玉米加工量(万吨)		1974年	1984年
		800	1600
产品应用的比例(%)	酒 精	5	17
	淀粉加工	37	20
	葡 萄 糖	15	6
	玉米糖浆	37	21
	高果糖浆	6	36

日本的淀粉工业初期也是使用马铃薯及甘薯为原料，但现在已大量使用玉米作原料，这是由于马铃薯及甘薯受到栽培期的限制，每年只有90~100天工作日，不能长期开工；而玉米既可长期保存，又可长年进口。由于进口玉米，货源充沛，经济效益好，因而逐渐取代了薯类淀粉的地位。

表 3 日本逐年各类淀粉的生产量(万吨)

年 份	甘薯淀粉		马铃薯淀粉		玉米淀粉		米 淀 粉		总 量
	产量	%	产量	%	产量	%	产量	%	
1960	47.4	61	15.8	21	2.8	4	11.0	14	77.0
1970	23.0	21	22.4	20	58.1	53	6.0	6	109.5
1974	9.1	9	16.2	16	71.9	68	7.0	7	104.2
1982	12.0	7.5	26.0	16.4	120.0	76			158.0

由上表看出，日本薯类淀粉由1960年占总产量的82%下降到1982年只占24%，而玉米淀粉则由4%上升到76%。从1970年到1982年玉米淀粉的产量由58万吨增加到120万吨，增加1倍多。

(二) 玉米的结构和化学组成

玉米是由胚、胚末端的冠、壳皮、糊粉层及(角质和粉质)胚乳所组成。玉米各个部分的组成比例，因其品种而不同*。玉米粒中的胚芽占11.26~13.55%，壳皮占5.24~6.37%，粉质胚乳占15.50~81.90%，胚乳总量占81.9~83.5%。

玉米颗粒的外壳皮是由果皮层和种皮层组成。种皮是一种半渗透性的皮层，盐与酸的溶液不能渗入(亚硫酸除外)。种皮层下面是糊粉层，它含有很多的脂肪和蛋白质。各种蛋白质占粒重的9%，脂肪占粒重的0.8~1.0%。

糊粉层下面是胚乳(籽粒的粉质部分)，然后是胚芽。玉米粒胚芽中的脂肪含量也随玉米的品种而不同，粉质品种的约占41%，硬粒品种的约占35.5%，马牙种的约占34.1%

玉米粒中最基本的组成是淀粉、蛋白质和脂肪等。玉米粒的化学组成是：

水分	12~16%
淀粉	70~72%
蛋白质	8~11%
脂肪	4~6%
灰分	1.2~1.6%

* 即使同一品种其组成也因产地、气候和肥料等情况而不同。——编者

纤维 5~7%

玉米因产地不同，其化学组成也有差别，兹列举几种玉米的化学组成如下表。

表 4 几种不同产地玉米的化学组成

产 地	品 种	水分 (%)	淀粉 (干物%)	蛋白质 (干物%)	脂肪 (干物%)	灰分 (%)
河北唐山	白 马 牙	14	71.68	8.76	5.41	1.39
东 北	黄 马 牙	23.4	71.28	8.7	6.05	1.82
山 西	黄 马 牙	16.5	71.57	8.41	5.59	1.34
广 西	粉 质 及 白半马牙	11.5	72.35	8.91	5.20	1.55
进 口	大白马牙	10.5	73.14	10.11	4.71	1.29
进 口	黄白硬皮	11.5	70.09	9.80	5.89	1.76
进 口	黄 马 牙	13.93	71.14	9.77	5.51	1.41

玉米粒各部位的化学组成如下：

表 5 玉米粒各部位的化学成分

玉米粒的组成部分		蛋 白 质	脂 肪	灰 分	淀 粉
		(占总量的%)			
冠		1.1	0.7	1.1	1.6
谷皮		2.1	1.1	3.1	6.8
糊粉层		16.7	12.2	9.6	7.2
角质胚乳		42.4	2.3	7.4	51.1
粉质	上 部	11.9	0.6	2.7	18.9
胚乳	下 部	5.8	0.7	1.7	9.5
胚		20.1	82.4	74.6	9.9

玉米粒的化学组成是随玉米品种的不同而变化的，但其变化的范围并不很大。粉质品种的玉米富含淀粉和脂肪，而硬质粒品种的玉米富含蛋白质。

玉米粒的灰分成分为：氧化钾26~38%，磷酸40~50%，氧化镁14~18%，氧化钙1~3%，氧化硅0.5~5%。

玉米淀粉是由大约27%的直链淀粉和73%的支链淀粉所组成。

玉米粒的蛋白质属于醇溶朊、谷朊和球朊类。而醇溶朊是玉米蛋白质的主要成分，它占玉米蛋白质总量的40%。以干物质计，玉米粒中的蛋白质分配如下：醇溶朊为4.2%，球朊为1.99%，谷朊为3.25%。

玉米粒经过风筛选别，干磨法脱去玉米胚芽将剩余部分磨成细粉，可以作为一般生产原料，也可供直接法制淀粉糖用。

丹麦一家公司在哥本哈根市建立了一家直接法葡萄糖厂（不经制成淀粉，直接液化、糖化），每日处理玉米粉100吨，该厂所用原料的化学分析和细度分析如下。

表 6 干磨法玉米粉的成分

成 分	范 围(%)	平 均(%)
水 分	11.0~12.0	11.5
蛋 白 质	9.0~9.5	9.3
脂 肪	0.8~1.3	1.0
多聚戊糖	1.2~1.4	1.3
淀 粉	81.0~83.0	81.5
灰 分	0.4~0.5	0.4
其 他	5.0~6.0	5.5

注：表4、5及表6是一个样品分批、分项、分人测定的，由于测定略有误差，因而有的数据总和略大于100%

(三) 玉米淀粉的性状

玉米淀粉颗粒因生长的部位不同,有圆形和多角形两种。玉米淀粉的最小颗粒直径约为5微米,最大颗粒直径约为26微米。

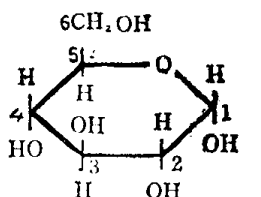
玉米淀粉在一般情况下含水分约为12%,虽然含水这样高却不显潮湿,仍呈干燥的粉末状,这是因为淀粉分子中的羟基和水分子相互生成氢键的缘故。不同品种淀粉的水分含量有差别,这是由于淀粉分子羟基自行结合和与水分子结合的程度不同的缘故。玉米淀粉的羟基自行结合的程度较马铃薯淀粉大,所剩余的能通过氢键分子相结合的游离羟基数目相对地减少,所以淀粉的水分含量较低。淀粉的水分含量受周围空气湿度的影响而有一定程度的变化。又由于周围的温度会影响空气的湿度,因此也间接影响淀粉的水分含量。温度高,相对湿度低,淀粉中水分易散失。

1. 淀粉的生化结构

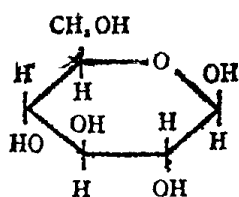
将淀粉与无机酸一起加热,结果淀粉被分解为葡萄糖。用淀粉水解酶在一定条件下起酶促作用,也能起到同样的效果。早在19世纪已经有科学家研究确认,淀粉是由葡萄糖组成的多糖。葡萄糖的分子式为 $C_6H_{12}O_6$,它体现 α 和 β 两种还原糖异构体,也可用六环和五环两种形式来表示它的结构。淀粉的分子是由 α -D-六环葡萄糖单位组成。

结构式中各碳原子的次序,采用顺时针的方向表示。在图的 α -D-(+)-六环葡萄糖的结构式上,第1碳原子位于环的右角,氧原子位于环的右上方, α -和 β -D-六环葡萄糖

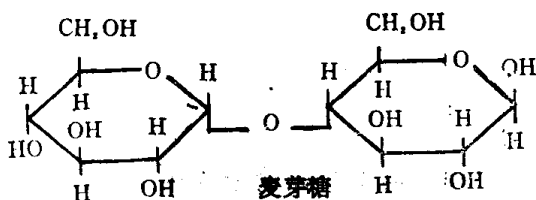
的不同，在于第1碳原子位置上的羟基， α -异构体的羟基在环的右下方， β -异构体的羟基在环的右上方。



α -D-(+)-六环葡萄糖



β -D-(+)-六环葡萄糖



麦芽糖

图 1

如果一个葡萄糖分子的第1碳位置上的OH和另一个葡萄糖的第4碳位置上的OH生成1分子的水，去掉水后结合而成的呈直线、长链状的分子，这种结合形式称为 α -1,4结合或称为麦芽糖型结合。具有这种结构的淀粉称为直链淀粉。如(图2)所示

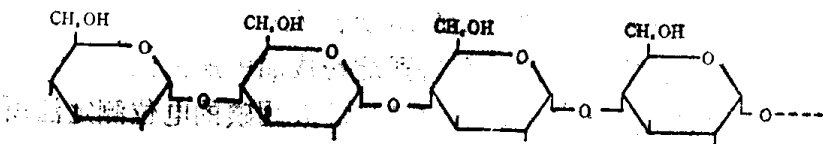


图 2 直链淀粉的结构

另一种结构是在直链淀粉上有分枝出来的分子。分出支链的部位，是发生在直链淀粉链上的第6碳位置，在此位置

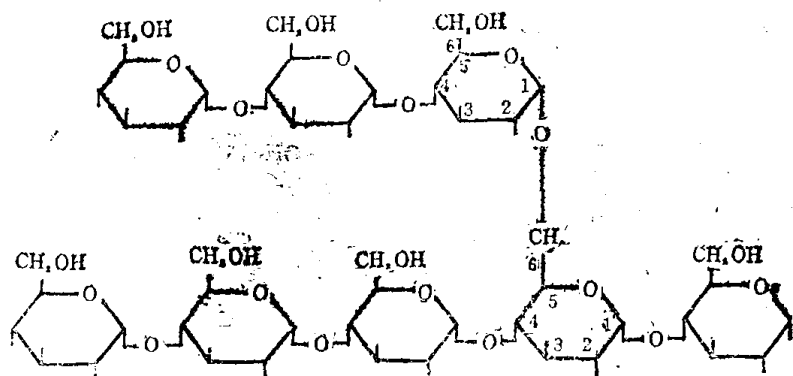


图 3 支链淀粉的结构

上的OH和另1个葡萄糖的第1碳位置上的OH结合，这种结合的形式称为 α -1,6结合。具有这种结构的淀粉称为支链淀粉(如图3所示)。

一般的淀粉是由直线分子的直链淀粉和分支分子的支链淀粉两种成分所构成。

支链淀粉的性质与直链淀粉不同，支链淀粉遇碘呈红紫色，不能形成络合结构。支链淀粉还易溶于水，生成稳定的溶液，具有高的粘度。淀粉糊的粘度主要由于支链淀粉形成。这两种淀粉的主要差别简示于表7。

直链淀粉和支链淀粉在普通淀粉成品中所占的比例，要用一定的方法进行测定。兹将贝特等人用碘的电位测定法所求得的数值列举如表8：

从上表来看，大部分淀粉是由20%以上的直链淀粉和80%左右的支链淀粉构成的。但糯米、糯玉米等则不含直链淀粉，仅由支链淀粉构成，因而这类淀粉的粘性特