

淀粉糖 [第三版]

THIRD EDITION

STARCH SUGAR

张力田 高群玉 编著

淀粉糖

(第三版)

张力田 高群玉 编著
彭志英 主审

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

淀粉糖/张力田, 高群玉编著. —3 版. —北京:
中国轻工业出版社, 2011. 8
ISBN 978-7-5019-8136-6

I. ①淀… II. ①张…②高… III. ①淀粉糖品-基
本知识 IV. ①TS245. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 049042 号

责任编辑: 马妍 张靓 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王超男 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 航远印刷有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2011 年 8 月第 3 版第 1 次印刷

开本: 720×1000 1/16 印张: 20.25

字数: 385 千字

书号: ISBN 978-7-5019-8136-6 定价: 42.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

060859K1X301ZBW

序

PREFACE

当今，淀粉与淀粉糖的科学技术发展日新月异，其产品广泛应用于食品、化工、医药和其他工业，在我国国民经济发展中起着越来越重要的作用。张力田教授是我国著名的淀粉与淀粉糖专家，是我国淀粉与淀粉糖工业的创始人，也是中国淀粉工业协会名誉会长。张教授毕生从事淀粉、变性淀粉和淀粉糖等方面的教学和科研工作，成绩卓著。20世纪70年代，张教授带领课题组承担了国家攻关项目“双酶法生产注射葡萄糖新工艺的研究”，攻克了一个个技术难关，不仅取得了工艺技术的成功，而且成功研制了酶法葡萄糖生产的关键设备——淀粉连续液化喷射器，首次创造出取代传统酸法淀粉糖生产的工艺。该项科研成果通过国家级技术鉴定，并在全国淀粉糖行业得到推广应用，产生重大经济效益和节能减排作用。在此基础上，张教授进一步完成了“果葡糖浆生产工艺”、“木薯直接生产结晶葡萄糖和果葡糖浆”等研究工作。张教授先后在国内外重要期刊发表了300多篇学术论文；出版专著颇丰，其中包括《淀粉生产基本知识》、《碳水化合物化学》、《淀粉糖》、《变性淀粉》和《淀粉糖浆的制造》等。其著作内容新颖，深入浅出，具有重要的学术价值和实践指导意义，深受广大读者的喜爱，被公认为这一领域的权威性著作。

张力田教授编著的《淀粉糖》于1981年第一次出版，修订版于1998年第二次出版。本书是在张力田教授专著《淀粉糖》（修订版）的基础上，根据国内外淀粉与淀粉糖工业的发展现状，由张力田教授的同仁、学生高群玉教授执笔撰写而成的。本书内容全面翔实，理论精辟，技术先进，是当今国内外较为完整有用的经典《淀粉糖》科技书，是从事淀粉与淀粉糖行业生产、科研、教学人员最好的学习、参考书籍。它的出版必将进一步推动我国淀粉与淀粉糖工业的发展，也是张力田教授再次为我国淀粉与淀粉糖工业做出的贡献。

陈徽

于石家庄

前言

我国是世界淀粉生产与消费大国，淀粉糖是淀粉深加工中一个重要的产品。随着改革开放与人民生活水平的提高，我国的淀粉糖工业取得了飞速发展，生产技术不断更新，工厂规模和产量不断扩大，产品品种不断增多。淀粉与淀粉糖是当今多糖与糖类技术的重要组成部分，其应用极为广泛。

本书内容包括了淀粉糖工业的发展、原料淀粉的理化性质、淀粉糖生产的基本理论、各种淀粉酶的应用特性、淀粉糖生产的工艺过程、工艺参数和设备，以及数十种各有特色的淀粉糖品种，其中包括各种结晶葡萄糖、液体糖浆、全糖粉、各种麦芽糖、麦芽糊精、果糖及果葡糖浆、低聚糖和各种糖醇。它几乎涵盖了全部淀粉糖，不仅论述了这些糖品的特性、用途，还有制造过程。同时本书还增加了淀粉糖的检测方法，包括样品采集、淀粉原料分析、酶活力测定，淀粉糖、低聚糖、糖醇的测定。

本书是在张力田教授专著《淀粉糖》（修订版）基础上，根据国内外淀粉与淀粉糖工业的发展现状，由张力田教授的同仁、学生高群玉教授执笔撰写而成；并经我国著名的食品专家彭志英教授审阅。全书共分为十二章，第一章淀粉糖、第二章淀粉、第三章淀粉酶的应用特性、第四章淀粉的酶水解糖化、第五章淀粉糖化液的精制、第六章葡萄糖、第七章葡麦糖浆、第八章麦芽糖类、第九章果糖、第十章低聚糖、第十一章糖醇类、第十二章淀粉糖检测方法。

本书较全面系统地介绍了国内外淀粉与淀粉糖生产技术最新进展，把生物技术与碳水化合物学科有效地融合，特别介绍了酶技术在淀粉糖制造中的应用，并成功地生产出多种淀粉糖品，例如超高麦芽糖浆、功能性低聚糖和糖醇类产品等，具有重要的学术和应用价值。

张教授虽然已于2009年11月不幸去世，但他为我国淀粉与淀粉糖行业留下了珍贵的理论宝库。但愿我们同行专家学者团结一致继承张教授治学严谨、求精务实的精神，为我国食品工业的发展做出更大的贡献。

高群玉
于广州

初版前言

FOREWORD

由淀粉为原料生产的糖品统称为淀粉糖，产品种类多，有结晶葡萄糖、全糖、糖浆等，每一类又有不同产品，具有不同的糖分组成和性质，适合于不同食品、化工和医药等工业应用。在我国和许多其他国家的淀粉糖生产都发展成相当大规模的工业。近年来，淀粉糖生产技术更有重大进展，特别是酶法工艺生产的，由葡萄糖转变成果糖的果葡萄糖浆（又称为异构糖）产品，甜度等于蔗糖，工业上大量投产以来，已成为重要的甜味料。因为酶法工艺能用任何一种淀粉为原料，生产不受地区和季节的限制，生产设备较简单，成本较低，更大大促进了淀粉糖工业的发展。

为了适应我国淀粉糖工业日益发展的需要，特收集国内外有关资料，编写《淀粉糖》这本书，以供从事生产、科研的广大工人、技术人员以及大专院校有关师生们参考。本书共分淀粉糖、淀粉、淀粉的酸糖化化学、淀粉的酸糖化工艺、淀粉酶、淀粉的酶液化和糖化工艺、淀粉糖化液的精制、葡萄糖、淀粉糖浆、果葡糖浆等十章，比较全面地介绍各种淀粉糖生产技术的基础理论，工艺和发展动向，并附有较重要的参考文献。

本书的内容和编写方面都难免存在缺点和错误，请读者们批评指正。

张力田
1981年

修订版前言

张 力 田
1998年4月10日

我国首先发明淀粉制糖，但这些年来若干西方国家的淀粉糖生产技术发展迅速，工厂规模很大，产品多，产量大，在食品、化工、医药和其他工业中应用广泛。本人原编著的《淀粉糖》于1981年出版，许多内容已不符合现状，现在进行修订，加入些新科学技术资料，删去些旧资料。全书共十章，为淀粉糖、淀粉、淀粉酸水解糖化、淀粉酶、淀粉酶水解糖化、淀粉糖化液精制、葡萄糖、葡麦糖浆、麦芽糖、果糖等，基础理论与工艺技术并重，供生产、科研、教学人员参考。

淀粉糖的种类多，有些名称相当混乱，最好根据产品中的糖分命名，能明确表示其糖分组成，又能较好地与其他产品区别。淀粉糖为淀粉制糖多种产品的统称，产品有结晶葡萄糖、麦芽糖、果糖固体糖品，还有葡萄糖浆、葡麦糖浆、麦芽糖浆、果葡糖浆液体糖品。淀粉经高度水解糖化得葡萄糖含量95%以上的糖浆，称为葡萄糖浆。淀粉经中等程度水解糖化所得糖浆，含葡萄糖和麦芽糖各约20%。另一种较高程度水解糖化所得糖浆含葡萄糖和麦芽糖各为35%~40%，这类糖浆称为葡麦糖浆。葡萄糖浆经异构化反应转变一部分葡萄糖成果糖所得的糖浆含果糖和葡萄糖，称为果葡糖浆。果葡糖浆现有三种产品，为F-42、F-55、F-90，“F”表示果糖，其后数字表示其含量百分率。本修订的编写便是这样命名。

本书的内容和编写都可能存在缺点，甚至错误，请读者们批评指正。

张力田

1998年4月10日

目录

CONTENTS

第一章 淀粉糖	1
一、淀粉糖工业的发展	1
二、淀粉糖品的种类	5
三、淀粉糖品的性质	7
第二章 淀粉	17
一、淀粉的物理性质	17
二、淀粉的化学结构	23
三、工业淀粉的化学组成	35
第三章 淀粉酶的应用特性	37
一、液化酶	37
二、葡萄糖淀粉酶	47
三、 β -淀粉酶	55
四、脱支酶	61
第四章 淀粉的酶水解糖化	65
一、液化	65
二、糖化	76
第五章 淀粉糖化液的精制	81
一、中和	82
二、过滤	87
三、脱色	92
四、离子交换树脂的精制	106
第六章 葡萄糖	118
一、葡萄糖水溶液的平衡体系	120
二、含水 α -葡萄糖	123

三、无水 α -葡萄糖	139
四、无水 β -葡萄糖	143
五、全糖	144
第七章 葡麦糖浆	148
一、中转化糖浆	150
二、高转化糖浆	153
三、麦芽糊精	157
第八章 麦芽糖类	161
一、麦芽糖	161
二、麦芽糖浆	162
三、啤酒专用糖浆	165
四、结晶麦芽糖	168
第九章 果糖	172
一、果糖	172
二、葡萄糖和果糖的异构化反应	176
三、碱性异构化	181
四、酶法异构化	185
五、果葡糖浆	190
六、结晶果糖	194
第十章 低聚糖	196
一、麦芽低聚糖	196
二、异麦芽低聚糖	201
三、海藻糖	206
第十一章 糖醇类	210
一、赤藓糖醇	210
二、山梨醇	212
三、甘露醇	215
四、丙三醇	216
五、麦芽糖醇	217
六、低聚异麦芽糖醇	220

第十二章 淀粉糖检测方法	224
一、样品的采集.....	225
二、淀粉原料的检测.....	226
三、淀粉酶的活力测定.....	232
四、淀粉糖常规分析.....	240
五、淀粉糖浆质量检测.....	248
六、低聚糖的测定.....	267
七、糖醇类的测定.....	274
附表	282
参考文献	299

第一章 淀粉糖 ···

甜味是人类喜爱的味道。人类最早开始用蜂蜜为甜味料，大约有 5000 多年的历史。以后劳动人民发明了用含淀粉的谷物和甘蔗制糖。利用甜菜制糖却是近代的发展，开始于 19 世纪末。在古代和中世纪，糖品为珍贵品，只限于贵族统治阶级享用，只是到后来，由于制糖工业发展，大量生产，价格低廉，糖品才成为人民群众普遍享用的甜味料。

一、淀粉糖工业的发展

利用淀粉为原料生产的糖品统称为淀粉糖，产品种类多，生产历史悠久。淀粉是主食米饭、馒头、面包等的重要组成成分，经食用后消化、水解成葡萄糖，经代谢供给身体热能。但是葡萄糖的甜味没有被利用，因为味蕾只是在舌尖，不在身体内部。利用淀粉为原料制成糖品，用作甜味料，食用后同样供给身体热能，起到供给甜味和热能两种作用，这是对淀粉的更好利用。根据淀粉糖的发展历程，可分为如下发展时期。

（一）古代的发明

“糖”字具有“米”字旁，可见造字时我国劳动人民已经用米等谷物制造糖品。“糖”字在北魏贾思勰著的《齐民要术》（533—544 年）中已使用。解释字义的书如南朝顾野王（519—581 年）编的《玉篇》和隋朝（589—618 年）隆法言编的《广韵》两书中都有“糖”字专条。可见“糖”字在约 1500 年前就已经普遍使用了。相传扬雄（公元前 53—公元 18 年）著的《方言》书里只有食字旁的“饴”字。“糖”字虽然不是很古的字，但不能认为在此以前就没有糖生产。古书里有许多与糖同义或相接近的字，如饴、飴、饴、饴、饴、饴、饴等。这些字的字义与糖相同，只是古人常因糖品外形的不同和杂质含量多寡差异而取不同名称。这些古字，只“饴”字至今还在应用。

根据古书的记载，在公元前 1000 年左右，我国劳动人民已经采用麦芽由淀粉制造饴糖，远远领先于西方国家。《诗经》、《大雅》、《绵篇》都是歌颂

3000年前的周文王，其中有“周原膻膻，董茶如饴”的歌词。郑玄（127—200年）注解“周之原地在岐山之南，膻膻然肥美，其所生菜，虽有性苦者，甘如饴也。”

战国时，不仅在北方制造饴糖，南方也有生产。屈原（公元前340—278年）所撰的《楚辞》、《招魂》中有“柜枚蜜饵有餈餈”句。“餈餈”就是饴糖。这种糖品为人民群众所喜爱，很早就已有小贩沿街叫卖。郑玄注释《诗经》、《周礼》里“笱管备举”句中的“笱”字为“为今卖饴者所吹也”。可见在2世纪的东汉时代，饴糖已成为很普通的糖品了。至于当时的制饴方法却很少记载。只有《说文解字》里解释为“饴，米蘖煎也”和“释名”里解释为“煮米消烂”等很简单的说明。“蘖”是发芽的麦子，即麦芽，能使煮过的米淀粉糖化，这种制造饴糖的方法一直沿用至今。

《齐民要术》一书中贾思勰详细地记载了“白饴”、“黑饴”、“琥珀饴”、“煮饴”和“作饴”等五种制造方法。这五种方法基本上是相同的，现摘录“煮白饴”法中的一段如下：“干蘖末五升，投米一石。米必细筛数十遍，净淘，炊为饭。摊去热气，及暖，于盆中以蘖末和之，使均调。卧于醋瓮中，勿以手按，拨平而已。以被复盆瓮令暖，冬则覆茹。冬须竟日，夏即半日许。看米消减，离瓮作鱼眼沸汤以淋之。令槽上水深一尺许乃止。向一食顷。便拔醅取汁煮之。每沸辄益两灼。尤宜缓火，火急则焦气。盆中汁尽量不复溢，便下甑。一人专以杓扬之，勿令住手，手住则饴黑。量热止火，良久向冷，然后出之。用梁米者，饴如水精色。”

明末宋应星著的《天工开物》（1637年）中介绍了制饴方法。其中有“饴饴人巧千方，以供甘旨，不可枚述”句，可见当时饴糖的产品种类已经很多。书中还特别提到“一窝丝”产品，它是将热饴用拔糖棒多次拉拔而成，颜色白而发光，松虚多孔，既酥且甜，一直到现在仍然是有名的一种饴糖产品。

（二）近代的发展

利用酸法水解淀粉制造糖品开始于欧洲，发展较晚。德国化学家柯乔夫（Kirchoff）在1811年用硫酸处理马铃薯淀粉，原意是制造可能代替阿拉伯树胶用的胶黏剂，但酸的作用过度，所得产物为黏度很低的液体，清澈，具有甜味。柯乔夫于是开始研究制造糖品，最后制成一种糖浆，放置一定时间以后有结晶析出，用布袋装盛，压榨，除去大部分母液，得固体产品。当时正值拿破仑战争时代，由于战争封锁，欧洲不能获得甘蔗糖，于是有不少工厂设立生产这种淀粉糖，主要酿造工业为供应原料。1815年战争结束，甘蔗糖恢复进口，这种淀粉糖工厂相继停工。

由淀粉制糖的化学反应为水解反应，水解的最终产品为葡萄糖，与葡萄糖

汁中的葡萄糖完全相同。这个事实被一位法国化学家沙苏里 (de Saussure) 于 1815 年确定。19 世纪初, 法国人曾研究用许多种原料制糖, 1801 年朴罗斯特 (Proust) 试验成功由葡萄汁提制出葡萄糖, 葡萄糖的名称便是由此得来, 一直沿用至今。

19 世纪曾有不少人从事制造结晶葡萄糖的研究, 但成就不大, 主要是由于对于葡萄糖几种异构体的化学和结晶规律缺乏了解, 沿用蔗糖结晶的方法, 困难很多。淀粉糖的生产主要为糖浆和包含糖蜜的固体糖, 少量的结晶葡萄糖产品是用有机溶剂重复结晶而得, 纯度也相当高, 但是成本高, 不能大量生产。

(三) 现代的发展

大约于 1920 年美国牛柯克 (Newkirk) 发现含水 α -葡萄糖比无水 α -葡萄糖容易结晶。使用 25%~30% 湿晶种的冷却结晶法容易控制, 所得结晶产品易于用离心机分蜜, 产品质量高, 被世界各国普遍采用, 现在工业上基本还应用此结晶工艺。

应用麦芽生产饴糖虽已有很悠久的历史, 但近年来淀粉酶制剂和技术大发展, 促进了淀粉制糖工业大发展。约于 1940 年美国开始采用酸酶合并糖化工艺生产高甜度糖浆, 能避免葡萄糖的复合和分解反应, 产品甜味纯正。约于 1960 年, 日本开始采用 α -淀粉酶液化和葡萄糖淀粉酶糖化的双酶法生产结晶葡萄糖工艺, 后被各国普遍采用, 逐渐淘汰了旧的酸法糖化工艺。这种双酶法所得糖化液的纯度高, 甜味纯正, 能省去结晶工序直接制成全糖, 工艺简单, 生产成本低, 质量虽不及结晶葡萄糖, 但适于若干种食品工业应用。

果糖的甜度相当于蔗糖的 1.8 倍, 为天然糖中最甜的, 但是没有含果糖高的适当农作物为原料, 故工业上未能大量生产。虽然早在 1897 年已经发现碱能催化葡萄糖发生异构化反应转变成果糖, 以后也曾相当深入地研究过这种碱异构化反应, 但是工业上未采用, 主要原因是反应不易控制、转化率较低、糖分分解、产品颜色深、味道差、精制较困难。1957 年美国马歇耳 (Marshall) 等发现假单胞杆菌酶 (*Pseudomonas hydrophilila*) 能催化葡萄糖发生异构化反应转变成果糖, 但酶产率低, 培养需要价格贵的木糖, 还需要加用有毒的砷盐, 异构转化率也低, 还是不适于工业生产应用。1965 年日本高崎义辛于土壤中分离出白色链霉菌 (*Streptomyces albus*), 能利用木糖为碳源, 又能利用价廉的木聚糖, 还能利用价格更为低廉的农副产品麸皮、玉米芯、稻秆、麦秆等, 酶产量高, 性质也好, 异构酶的生产成本大大降低, 为工业化生产开辟了途径。1966 年日本首先利用这种异构酶生产果葡糖浆, 应用酶法将淀粉糖化, 得纯度高的淀粉糖化液, 用异构酶使一部分葡萄糖转变成果糖, 因为产品的糖分组成主要为果糖和葡萄糖, 故称为果葡糖浆。果糖是通过异构化反应转变而

得，又称为异构糖浆，但是这个名称不及果葡糖浆为妥。

美国 Clinton 玉米加工公司于 1967 年首先采用水溶异构酶间歇工艺生产果糖含量 14% 的果葡糖浆，次年应用固定化异构酶提高果糖含量达 42%，甜度与蔗糖相当，为重要甜味料。随后，其他工厂也相继生产。1972 年采用固定化异构酶连续生产工艺。1978 年采用色谱分离技术，将果糖含量 42% 产品中的葡萄糖和果糖分离开来，得果糖含量 90% 以上的糖液，再与适量 42% 果糖的产品混合，生产果糖含量 55% 和 90% 的产品，其甜度高，分别约为蔗糖的 1.1 倍和 1.4 倍，这又进一步促进了淀粉制糖工业更大发展。最甜的果糖已以淀粉为原料大量生产，这是制糖工业工艺技术的突破性革新。

根据果葡糖浆产品，按果糖含量分类有 F-42、F-55 和 F-90 三种，“F”表示果糖，其后数字表示其占干物质的质量分数。

淀粉制糖首先开始于我国，但近 30 多年来国外发展快，产量大，特别是美国、日本和欧洲等国。美国生产淀粉糖已有 150 多年历史，开始发展速度不快，直到 20 世纪 60 年代，由于生物酶技术的飞速发展，推动了酶法制糖工艺，使产量和技术水平不断提高。1981 年美国的“两乐”公司将其产品中的蔗糖全部改用 F-55 糖浆，使果葡糖浆的需求量猛增了数百万吨，推动了淀粉糖工业的发展。自 1984 年起，淀粉糖品的消费量首次超过蔗糖。美国本是进口蔗糖的国家，自从利用玉米淀粉制糖以来，逐年减少蔗糖的进口量，已达到自给的程度。美国玉米原料丰富，工厂规模大，设备先进，全年生产，效率高，产品多，成本低，各淀粉糖品价格一直低于蔗糖，促进了淀粉制糖的发展。据统计，美国淀粉工业协会有会员公司 9 家，生产工厂 25 家，分布在美国中西部产区的 14 个州内，生产规模大，产品种类多。根据美国农业部统计，目前各种淀粉糖品产量约 1500 万 t，以干基计，其中果葡糖浆约 1000 万 t，葡麦糖浆约 250 万 t，结晶葡萄糖约 50 万 t。我国从 20 世纪 90 年代起，由于淀粉糖生产技术改进，规模扩大，成本下降，淀粉糖生产飞速发展，促使淀粉糖大幅增长，年平均递增 50% 以上。2008 年淀粉糖产量已超过 800 万 t，但我国人均耗用淀粉糖量较低，仅 4kg 左右，占美国的 10%。

美国现有淀粉糖产品 100 多种，以淀粉为原料的产品有 600 多种。国外淀粉糖品种生产量最大的是 DE38~42 的中转化淀粉糖浆，酶法工艺可控制转化程度到 DE 值 55，一般 DE60~70 的糖浆采用酸酶法，而生产麦芽糖浆和高 DE 值糖浆就采用双酶法工艺。产品规格和质量标准有时根据客户要求，因此产品形成系列化。功能性糖品的概念是日本首先提出来的，且开发最快，现在欧美国家也非常重视开发功能性糖。目前，我国淀粉糖企业在科技研究方面投入滞后，产品品种比国外少，尤其高科技、高附加值的产品更少。

美国盛产玉米，丰收年产量约达 2.9 亿 t，占世界第一位。美国淀粉工业

基本上全用玉米为原料，淀粉产量约 70% 加工成淀粉糖品。淀粉糖品的名称加有“corn”（玉米），为 corn sugar、corn syrup、high fructose corn syrup 等。这种命名符合美国情况。但除玉米外还能用其他农作物为原料，如马铃薯、甘薯、小麦等。选用原料因当地情况而定，生产的淀粉糖品不用加“玉米”两字。日本利用本国马铃薯、甘薯和进口玉米为原料发展淀粉制糖，年产量约 200 万 t，其中一半为果葡糖浆。韩国以进口玉米为原料，生产量约 70 万 t，其中一半为果葡糖浆。欧洲和澳大利亚用小麦和马铃薯为原料，南美和亚洲国家还采用木薯为原料。

我国的淀粉制糖历史悠久，首先发明了利用麦芽和米制糖的酶法工艺，麦芽中的 α -淀粉酶和 β -淀粉酶水解米淀粉成麦芽糖用作甜味料，产品有糖浆和糖果。由于其温和的甜味和特殊的风味，3000 多年来一直为人们所喜爱，现在仍在各地普遍生产。利用酶作用的专一性，麦芽只是水解米中淀粉，这是直接制糖法，不必先制成淀粉，再用作原料。许多家庭多自行制作，供给食用。与其他国家对比，这些都是很独特的。近年来建立了许多制糖工厂，产品和产量都有很大发展。2008 年我国淀粉糖产量已超过 800 万 t，其中结晶葡萄糖 210 万 t，液体葡萄糖（葡麦糖浆、麦芽糖浆、果葡糖浆等）超过 500 万 t，糖醇类 81 万 t，居世界第二位，仅次于美国。

二、淀粉糖品的种类

工业上生产的淀粉糖产品主要有以下几种。

（一）结晶葡萄糖

用酶法水解淀粉所得的葡萄糖液含葡萄糖 95%~97%，经精制、浓缩、冷却结晶得含水 α -葡萄糖 ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$)；蒸发结晶则得无水葡萄糖。如更高浓度、温度蒸发结晶得无水 β -葡萄糖，但现在工业上很少生产。

（二）全糖

酶法水解淀粉所得葡萄糖液纯度高，甜味纯正，能省去结晶工序直接喷雾成颗粒状产品，称为“全糖”，其主要组成为葡萄糖，还有少量低聚糖等。也能冷却浓糖浆成块状，切削成粉末产品。这类产品纯度虽不及结晶葡萄糖，但适于若干种食品加工和其他工业应用。

（三）葡麦糖浆

采用酸法、酸酶法和全酶法使淀粉的水解反应能控制、停止在一定的程

度，所得水解液包括葡萄糖、麦芽糖、低聚糖和糊精等。不同酶法工艺几乎能随意变更这些糖品的组成，使之具有特定要求的功能糖品。这是一类重要的淀粉制糖产品，种类多，一般浓缩到 80%~83%，放置不会结晶。也可经干燥得脱水糖浆。

淀粉水解在工业上常称为“转化”，产品根据转化程度分类，转化程度用葡萄糖值 (Dextrose Equivalent, DE) 表示，即产品的还原性完全当做葡萄糖计算，为占干物质百分率。工业上生产历史最久、产量最大的一类产品 DE42，为中等转化产品，又称为普通糖浆或标准糖浆。酸法制造的 DE42 糖浆的糖分组成成为葡萄糖 19%、麦芽糖 14%、麦芽三糖 11%，其余为低聚糖、糊精等。另一类酸、酶法生产的 DE60~70 高转化糖浆含葡萄糖和麦芽糖各为 35%和 40%。糖浆的糖分组成主要为葡萄糖和麦芽糖，故被称为葡麦糖浆较好，含义明确。国外习惯称为 Glucose Syrup，即葡萄糖浆，欠明确。淀粉高度转化所得水解液含葡萄糖达 95%以上，称为葡萄糖浆是适当的。

(四) 麦芽糖浆

麦芽糖浆又称饴糖浆，为生产历史最为悠久的淀粉糖品。其主要糖分组成成为麦芽糖 40%~50%。更高麦芽糖含量的产品称为高麦芽糖浆。麦芽糖含量达 90%以上的产品称为超高麦芽糖浆。结晶麦芽糖也有生产。

(五) 果葡糖浆

酶法水解淀粉所得葡萄糖液含葡萄糖达 95%以上，经用异构酶将 42%的葡萄糖转变成果糖，得这两种糖的混合糖浆称为果葡糖浆。又经色谱分离技术将这类产品中的果糖和葡萄糖分离得果糖液含果糖 90%以上，再与适量的果糖含量为 42%的产品混合，生产果糖含量为 55%和 90%的两种产品。工业生产的三种果葡糖浆分别称为 F-42、F-55 和 F-90。

(六) 结晶果糖

由高纯度果糖液制得结晶果糖，为 β -D-六环果糖，在天然糖品中甜度最高。

(七) 麦芽糊精

淀粉水解程度低的产品，在 DE20 或以下称为麦芽糊精，一般喷雾干燥成粉末状。因其含葡萄糖和麦芽糖很少，微甜或不甜。

(八) 低聚糖

低聚糖一般由 2~10 个分子单糖组成，具有糖类某些共同的特性，可直接

代替蔗糖，作为甜食配料。某些功能性低聚糖具有促使人体双歧杆菌增殖，不被人体胃酸、胃酶降解，不在小肠吸收，直接到达大肠等特殊生理功能。

(九) 糖醇

糖醇是指六碳糖、戊碳糖及四碳糖或其多聚物加氢后生成的一类氢化产品。目前在我国已形成产业的糖醇产品主要有山梨醇、甘露醇、木糖醇、麦芽糖醇、赤藓糖醇以及各种淀粉糖醇等。

三、淀粉糖品的性质

不同淀粉糖品具有不同甜度和其他功能性质。

(一) 甜味

甜味是人们喜爱的味道。糖品与舌尖味蕾接触产生一种感觉，经神经传送到脑便是甜味。人们都喜爱甜味，但感觉敏感性存在差别。糖品的甜味还受若干因素影响。甜味的高低称为甜度，为神经感受，没有科学仪器和标准比较不同糖品的甜度。蔗糖为普遍应用的糖品，乃被选用为标准，由评味的人们在一定条件下尝试，比较不同糖品的相对甜度。将蔗糖的甜度设为 100，各种淀粉糖品的相对甜度表示于表 1-1，并列有山梨醇、木糖醇、甘油、麦芽糖醇、乳糖和半乳糖等的相对甜度。

表 1-1 糖品相对甜度

糖品	相对甜度	糖品	相对甜度
蔗糖	100	果糖	180
葡萄糖	70	麦芽糖	50
葡麦糖浆		山梨醇	50
DE42	50	木糖醇	100
DE62	60	甘油	80
果葡糖浆		麦芽糖醇	90
F-42	100	乳糖	40
F-55	110	半乳糖	60
F-90	140	海藻糖	45

糖品的甜度受若干因素影响，特别是其浓度。糖液浓度增高，则甜度增高，但甜度增高的程度，不同糖品间存在差别。表 1-2 为几种糖品相等甜度的浓度。如表中数据所示，葡萄糖溶液甜度随浓度增高的程度大于蔗糖。在较低的浓度，葡萄糖的甜度低于蔗糖，但随着浓度的增高，差别则减小。12.7%葡萄糖溶液的甜度相当于 10.0%蔗糖溶液；21.8%葡萄糖溶液的甜度相当于