



轻工业生产知识丛书

制糖

轻工业出版社

内 容 提 要

本书是轻工业生产知识丛书之一。

本书通俗、简明地介绍了我国制糖工业的历史沿革，制糖原料（甘蔗、甜菜）的栽培，制糖的基本原理、工艺流程，糖厂副产品的综合利用，以及国外糖业概况。

本书可供轻工业部门领导干部、管理人员和新工人阅读。读者通过本书，可以对制糖工业有个全面、扼要的了解。

轻工业生产知识丛书

制 糖

无锡轻工业学院编著

*

轻工业出版社出版

（北京阜成路3号）

重庆新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张：4 10/32 字数：93千字

1980年4月第一版第二次印刷

印数：15,501—22,500 定价：0.32元

统一书号：15042·1332

目 录

第一章 概 说	(1)
第一节 我国制糖工业发展简史.....	(1)
第二节 制糖工业在我国国民经济中的地位.....	(4)
第三节 蔗糖的性质.....	(5)
第四节 制糖原理及过程简介.....	(9)
第五节 制糖方法的分类.....	(11)
第六节 商品糖的质量标准.....	(12)
第二章 制糖原料	(16)
第一节 甜菜.....	(16)
第二节 甘蔗.....	(23)
第三节 甜菜和甘蔗的化学成分.....	(30)
第三章 甜菜制糖	(32)
第一节 生产过程概述.....	(32)
第二节 甜菜的预处理.....	(34)
第三节 切丝和渗出.....	(38)
第四节 清净和蒸发.....	(44)
第五节 煮糖、助晶和分蜜.....	(56)

第四章 甘蔗制糖	(68)
第一节 生产过程概述.....	(68)
第二节 甘蔗预处理.....	(70)
第三节 甘蔗提汁.....	(73)
第四节 蔗汁澄清.....	(81)
第五节 煮炼.....	(88)
第六节 粗糖加工.....	(93)
第五章 其他糖品物制造简介	(97)
第一节 绵白糖制造.....	(97)
第二节 冰糖制造.....	(98)
第三节 红粉糖制造.....	(99)
第六章 糖厂副产品的综合利用	(103)
第一节 概说.....	(103)
第二节 废糖蜜的利用.....	(106)
第三节 蔗渣的利用.....	(116)
第四节 滤泥的利用.....	(122)
第七章 国外糖业简介	(126)
第一节 糖料的发展.....	(126)
第二节 制糖工艺与设备的发展.....	(127)

第一章 概 说

糖是一种甜味食料，既可以把它直接作为食品，又可以加进其它食品、饮料、甚至药物里面，让它发挥特有的甜味和高效率的营养作用。

人们在日常生活中见到的都是商品糖，如白砂糖、绵白糖、冰糖、方糖、红糖等等。尽管它们的形状、颜色不相同，但主要成分都是“蔗糖”。“蔗糖”是一种化学物质的学名，因为它最早是从甘蔗中得到的，所以称为“蔗糖”。实际上，现在全世界制糖所用的原料除甘蔗外还有甜菜；其它如芦粟、枫树汁和椰子汁等也可用来制糖，但很少生产。

淀粉质原料如大米、玉米、甘薯等等，自古以来就用来制糖，用这种原料制出的糖叫饴糖，其主要成分不是蔗糖，而是麦芽糖和少许的葡萄糖，甜味较差，也不起砂结晶，所以它在性质上与蔗糖是有根本区别的。

我们现在所说的制糖工业主要是指甘蔗制糖和甜菜制糖，本书也是从这两方面来介绍制糖工业知识的。

第一节 我国制糖工业发展简史

甘蔗制糖的历史要比甜菜制糖的悠久得多。在我国古代，劳动人民早已知道取甘蔗汁作饮料，而后并发明了制糖方法。

战国时（公元前300年前后）宋玉写的《招魂》篇中有

“臠熬炮羔，有拓（古蔗字）浆兮”的辞句，说明当时已将蔗汁作祭祀用。

《汉书·郊祀歌》提到饮蔗浆用以解酒。

又《汉书·南中八郡志》云：“甘蔗围数寸，长丈余，颇似竹，断而食之甚甘。榨取汁曝数时成饴，入口消失，被人谓之石蜜”。这里描述了甘蔗的植株形状，说可以“截断生噉，取汁适口”，榨汁经太阳蒸发，还能制成糖块。

东汉张衡（公元78~139）写的“七辩”，其中有“沙飴石蜜”的词句。石蜜就是糖块，沙飴是指起沙结晶的糖膏。这说明到东汉时甘蔗制糖方法已有了一些进展。

南朝齐梁时期的医学家陶弘景（456~536）的《名医别录》云：“蔗出江东百胜，卢陵亦有好者，广州一种，数年生，皆大如竹，长丈余，取汁为砂糖，甚益人”。这里出现了“砂糖”这一名称。

到了唐朝，我国和西域天竺各国之间在文化和经济方面都有广泛的交流，也促进了双方制糖技术迅速发展。这时候已能生产白砂糖和冰糖，同时我国产糖地区已由华南伸展到四川盆地。

到宋朝（960~1279），王灼写了一本《糖霜谱》。这是我国最早的制糖专著，其中提到“甘蔗所在皆植，独福建、番禺、广汉、遂宁有冰糖，而遂宁为冠，四群所产皆颗碎，色浅、味薄，比遂之最下者”。

明朝李时珍的《本草纲目》，叙述了制糖方法和产品种类：“以蔗汁过樟木槽，取而煎成，清者为蔗锡，凝结有沙者为沙糖，漆瓮造成如石、如霜、如冰者为石蜜、为糖霜、为冰糖也”。

明朝科学家宋应星写的《天工开物·甘嗜第六卷》详细记载了各地种植甘蔗的方法，制糖所用机具，石灰法制糖工艺以及产品种类等。当时已经采用把糖膏放在瓦溜（陶制素坯）中淋水分蜜的方法，根据分蜜程度把白砂糖分为石山、团枝、瓮铅、小颗、沙脚等五个品级。用瓦溜分蜜是我国劳动人民在制糖术上所作出的独特创造。

一百多年前，我国曾是一个著名的产糖和出口砂糖的国家。

我国甜菜制糖工业也有七十年的历史。

在鸦片战争以后，由于洋糖大量拥入和台湾省被日本帝国主义侵占，我国糖业受到很大的摧残。二十世纪初，帝国主义者更进一步在我国设厂，就地掠夺我国糖料资源，对劳动人民实行残酷剥削。在东北，帝俄在阿城、日帝在范家屯和哈尔滨先后建立了三个甜菜糖厂；在南方则有英帝的太古糖厂等。官僚买办资本也在山东溥益设立甜菜糖厂，在广东的东莞、顺德、市头、新造、揭阳、惠阳和广西的贵县等地建立甘蔗糖厂。帝国主义和官僚资本建立糖厂都是为了掠夺和剥削，对我国的民间土糖制造工业肆意摧残。因此，解放前我国的制糖工业一直处于极落后的状态，一九四九年全国蔗糖产量（不包括台湾省在内）还不到20万吨。

新中国成立以后，制糖工业在毛主席的革命路线指引下得到了迅速的发展。为了增加食糖的生产量，广大贫下中农和制糖工人响应毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大号召，进一步发展了我国糖料作物和制糖工业。近年来，甜菜种植已经南移到河北、河南、山东、江苏等中部地区各省，甘蔗也种植到长江南岸，并就地新建了许多中小型糖厂。原来产甘蔗的

各省也正在试种甜菜，以便两种糖料同厂加工，延长生产期，增加产量。可以预料，不要多久，我国制糖工业将出现一个新的面貌。

第二节 制糖工业在我国国民经济中的地位

制糖工业在轻工业体系中是一个比较重要的部门。我国生产的食糖有白砂糖、赤砂糖、绵白糖、方糖、冰糖、土红糖（红糖粉、片糖、砖糖、碗糖等）。食糖是营养价值较高的大众化食品，甜度和发热量都比较高；又是食品工业和医药工业的重要原料。糖厂副产品综合利用的价值也很高。甘蔗渣可以造纸、纸板，甜菜废丝是牲口的好饲料，废蜜可以制酒精、柠檬酸、酵母、甘油等，滤泥可以作肥料，又可以制水泥等，综合利用还大有文章可做。

制糖工业与农业有密切的关系，正如毛主席指出的：“没有农业，就没有轻工业”，“农业生产是我们经济建设工作的第一位，它不但需要解决最重要的粮食问题，而且需要解决衣服、砂糖、纸张等日常用品的原料，即棉、麻、蔗、竹等的供应问题。”因此，我们必须在“以粮为纲，全面发展”的方针指引下，搞好糖料的生产。

实践证明，糖料生产和粮食生产不仅不是矛盾的，而且还能互相促进。发展糖料生产要占用一部分土地，但由于糖厂的副产品如甜菜的菜叶、青头、废菜丝、甘蔗的蔗渣糠都是很好的饲料，饲料多则家畜多，家畜多则粪肥多，有利于促进粮食增产；亚硫酸法糖厂的滤泥还可以直接作肥料。同时，甜菜与粮食作物适当组合起来种植，还可以取得极好的轮作效益。另

一方面，广大贫下中农创造的许多先进经验，如甘蔗上山下河滩、秋植蔗、蔗禾套种、蔗薯套种等取得粮糖双丰收的先进经验，有力地说明了糖粮的矛盾不但是可以解决的，而且还可以互相促进，获得糖粮双丰收。

第三节 蔗糖的性质

由于生产的发展和科学实验的进步，人们对于蔗糖这种物质有了比较深刻的认识，这种认识对于理解制糖过程是很重要的。

一、蔗糖是一种结晶体

市场上出售的白砂糖是提炼得比较纯净的蔗糖，仔细观察每个粒子，不难看出它们都是无色透明的结晶体。既然无色，怎么看起来好象是白的呢？这是由于各个粒子的结晶面反光散射的原故。大家知道，一个立方体具有上下前后左右六个面，食盐的结晶体就是这样的六面体；而正常的蔗糖结晶则是十二面体，有时结晶受到外界影响，常常结成八面体，晶粒越大，结晶面也越大。由于结晶面的反光使白砂糖具有相当的光泽。如果晶粒过小或在干燥和运输过程中发生磨损，就会损害到砂糖的光泽，影响产品的质量。这种现象是应当注意避免的。

二、蔗糖易溶于水

白砂糖易溶于水，这是人们所熟知的，其实蔗糖本来就是溶解在蔗汁或甜菜汁里面的，通过人工炼制，才使它结晶成为

白砂糖。

蔗糖的水溶液具有如下的特性：

（一）溶解度

在一定温度下，一定量的水所能溶解的蔗糖量是有一定的限度的，这种限度叫做溶解度。达到溶解度的溶液叫做饱和溶液。

蔗糖的溶解度与温度有关，温度越高，蔗糖的溶解度越大。因此，当糖的饱和水溶液的温度降低时，因为糖的溶解度降低糖溶液就变成了过饱和溶液。这是一种不稳定状态，超过溶解度的部分糖随时都可能结成晶体析出。

（二）转光度

单面波动的光束（偏振光）通过蔗糖水溶液时就会向右旋转一定的角度，这就是所谓的转光度。在没有其它的光学活性物干扰时，转光度与溶液的含糖量成正比。糖厂化验室中常用检糖计测出的转光度直接表示含糖量（%）。

（三）糖汁的比重

糖汁的比重随糖分浓度的增加而增大。糖厂中常用的锤度计就是测定糖汁比重的特种仪器。但是，完全纯粹的糖汁实际上是不存在的，糖汁中的可溶性非糖物会增加糖汁的比重。因此，尽管锤度计是根据纯糖溶液刻制出来的，而在实际工作中人们却用它来大致量取糖汁中所溶解的包括蔗糖在内的固形物总量（%），这就是制糖术语中的糖锤度或锤度（符号为Bx）。

糖度对锤度的百分比值代表糖汁的纯度。制糖主要就是通过逐步提高糖汁的纯度来实现的。

三、蔗糖的化学性质

(一) 蔗糖是一种碳水化合物

大家知道水的分子式是 H_2O ，这表明水的分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的。蔗糖的分子里面除有22个氢原子和11个氧原子之外，还有12个碳原子，它的分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 或 $(C_{12}(H_2O)_{11})$ 。可以看作是12个碳原子和11个水分子组成的物质，这就叫做碳水化合物，有比蔗糖更简单的碳水化合物，如葡萄糖和果糖。也有比蔗糖复杂得多的碳水化合物如淀粉、纤维素、果胶质之类。

(二) 蔗糖的转化

前面讲过蔗糖溶液能使偏振光束右旋。如果将蔗糖水溶液进行长时间煮沸，或在酸性条件加热，蔗糖即加水分解为葡萄糖和果糖的等分子混合物，这种混合物的溶液不再使偏振光束右旋，反而使它左旋，这就是蔗糖的转化。转化后的葡萄糖和果糖称为转化糖；由于葡萄糖和果糖都具有还原性，所以又统称为还原糖。当然蔗糖本身是不具还原性的。

(三) 蔗糖的焦化

蔗糖经受 $200^{\circ}C$ 上下的高温即行焦化脱水，缩合生成棕黑色的焦糖。焦糖没有蔗糖的甜味，食品工业中用作着色剂如作酱色。

四、蔗糖的生物学性质

(一) 蔗糖是生物合成的产物

碳水化合物包括蔗糖，是通过光合作用而制成的。它是由绿色植物吸收太阳光的能量，来同化大气中的二氧化碳气体和

植物根部吸收的水，制造成碳水化合物、蛋白质等有机物质。在合成中太阳的光能转变为碳水化合物分子的化学能。如果让碳水化合物燃烧，这种化学能又会转化成热能形式释放出来。实验证明每1克的碳水化合物完全燃烧时要放出4.4千卡热能。

（二）蔗糖是糖料作物的储藏养分

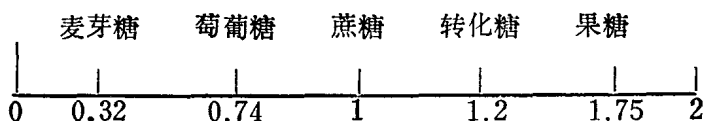
差不多所有的绿叶植物多少都含有蔗糖，因为它们的叶部合成的碳水化合物都是以蔗糖形式运送到植物体的其它部分（如根、茎、果实、种子等等）去的，糖料作物的特点就在于它们把运到茎部（甘蔗）或根部（甜菜）的蔗糖大量地贮藏起来，等到越冬期间作为能源。维持其最低限度的生命活动，同时在开春以后作为发芽或抽苔所需的碳源和能源之用。所谓能源就是蔗糖参加细胞呼吸作用放出的能量，所谓碳源就是把蔗糖作为新生组织的材料，合成其它的有机成分。

（三）蔗糖作为人的食料

人体利用蔗糖有两方面的作用，一是营养，二是它的甜味。蔗糖的营养作用主要是作为能源。蔗糖经过消化作用转化为葡萄糖和果糖，被肠壁吸收后进入血液，输送到神经和肌肉，参加细胞呼吸作用，释出能量。如有过剩，亦可变为肝糖和脂肪贮藏起来。蔗糖的消化吸收速度和服用葡萄糖几乎相等，比淀粉质粮食要快得多，所以能使人体抗御寒冷和迅速消除疲劳；蔗糖因此在军用粮食中有很重要的地位。

人们爱好吃糖与它的甜味是分不开的，但是蔗糖还不是最甜的糖，例如果糖和转化糖都比蔗糖要甜一些。怎样来比较各种糖的甜度呢？在这里，任何物理的、化学的方法和任何的精密仪器都是无能为力的，最有效的办法就是亲口尝一尝。通过人的味觉器官进行比较，各种糖类的相对甜度，大致按下列顺

序排列:



转化糖和果糖都比蔗糖甜,那为什么不大量生产它呢?因为它们特别容易吸水潮解,很难结晶;成本要比蔗糖高得多,同时,在处理、运输和贮藏等等方面都远远不及蔗糖方便。

糖精比蔗糖要甜500倍以上。它不是碳水化合物,没有营养价值,食用过多时对身体有影响。

大家知道,稀薄的糖汁很容易发酵或变酸,这是由于一般异养性微生物都能利用蔗糖作为碳源和能源的缘故。正因为如此,在糖料贮藏期间以及制糖过程的最初阶段,要特别注意防毒消毒,否则会造成糖分的大量损失。另一方面,却又可以因势利导,有意识地让某些微生物把蔗糖(主要是废糖蜜中的糖分)变成酒精、丙酮、丁醇、柠檬酸等等价值较大的化工原料。这就是糖厂废蜜综合利用的主要途径,这方面的材料将在后面第六章中叙述。

第四节 制糖原理及过程简介

所谓制糖,简单地说,就是把糖料中的蔗糖提取出来,也就是把甘蔗茎部或甜菜块根细胞内所含的糖汁提取出来,炼制为白砂糖。

前面说过,白砂糖是一种无色透明的结晶体,不过人们在甘蔗汁或甜菜汁中是找不到这种结晶体的,因为那里的蔗糖都

溶解在细胞汁里面。怎样才能使这种溶解状态的糖变成结晶体呢？如前所述，糖在过饱和溶液中就有可能结晶析出。如将白砂糖放在水里面让它溶解，便是糖的水溶液，然后将这种水溶液加热，蒸发去水，到一定的程度（过饱和）时，蔗糖又会从水溶液中再结晶出来。这就是制造白砂糖的最简单的实践和最基本的原理。

然而，若将甘蔗汁或甜菜汁直接蒸煮浓缩，就会发现汁的颜色越来越深，蔗糖不容易结晶出来，即使有结晶析出也不是白糖而是红糖，同时仍将有一部分蔗糖溶解在暗红色的糖蜜里。要是甜菜汁的话，还可能带有一种特殊的臭味。

为什么会这样呢？这是因为，无论是甘蔗汁也好，甜菜汁也好，都不是纯净的糖溶液，其中含有少量的各种非糖杂质，有来自糖料本身，也有是在制糖过程中产生的，甚至有些是由蔗糖本身转化而成的。

由此可以认为，所谓糖料应是糖与非糖的矛盾的对立统一体，而制糖的目的就在于解决这种矛盾。具体地说，就是一方面要尽量保持糖料中已有的糖，使它能结晶出。另一方面则尽量将非糖除去，并防止产生新的非糖。糖与非糖的矛盾具体表现在以下几个方面：一是可溶性非糖越多，则制糖越是困难；二是某些非糖具有造蜜能力，它们能够使相当一部分的蔗糖始终保持溶解状态，到最后也不会结晶出来，这就要影响到产糖量；三是产品含非糖越多则越不纯，质量就越低，而另一些着色非糖的存在还会影响到产品的色度；四是某些酸性非糖物质能促使蔗糖转化为非糖，这就进一步加深了前述的三项矛盾。

整个制糖过程，是糖与非糖的矛盾运动过程，同时又是一

个带有阶段性的发展过程。为什么会有阶段性呢？这是因为糖料中的非糖，不是单纯的一种东西，而是包含各种物质，它们的性质都不一样，只能根据它们的特性，分阶段处理。

制糖过程大体上分为提汁、清净蒸发和结晶三个阶段。

提汁：通过压榨甘蔗或水浸甜菜把糖料中的糖分提取出来，这是解决糖料中可溶性与不溶性两部分物质的矛盾。

清净：在提出的糖汁中，施加某种清净剂，使其中一部分可以沉淀的非糖分沉淀滤去而获得稀清汁。随后通过蒸发除去大部分的水，使稀汁变成糖浆，这样就为后一阶段的结晶创造了必要的条件。

结晶：糖浆继续蒸煮浓缩，使蔗糖结晶出来，通过分蜜，得出产品砂糖和副产品废蜜。

第五节 制糖方法的分类

上述制糖的三个阶段中，提汁与结晶两个阶段各厂所用的方法基本上相同，只在清净方面有较大的区别，因此制糖方法的分类主要是根据清净方法来区分，目前世界上通用的有三种方法：

（一）石灰法

用石灰清净糖汁，这是一种古老而简单的方法，应用比较普遍，石灰法一般只制造粗糖。

（二）亚硫酸法

用石灰和亚硫酸气体作清净剂，此法比石灰法较为复杂，清净效果较好，可以直接制出白砂糖来。我国的大中型甘蔗糖厂及中部地区的小型甜菜糖厂也大多采用此法。

(三) 碳酸法

糖汁先加石灰或石灰乳，然后通入二氧化碳气体。造成大量沉淀以达到清净的目的。成品为白砂糖。这是全世界甜菜制糖普遍采用的传统方法，也为很多大型甘蔗糖厂所采用。此法比亚硫酸法更为完善，产糖率比亚硫酸法高2%左右，但工艺和设备复杂，蒸汽消耗量也多10%左右。

第六节 商品糖的质量标准

一、商品糖的种类及其特性

目前市场上的商品糖除少量的土糖外，主要是机制糖。我国目前生产的机制糖主要是白砂糖和绵白糖，后者是用细粒白砂糖加上一部分转化糖浆制成的；有时也加工一些原糖，其产品仍是白砂糖和绵白糖，而不是精糖，精糖是要求用骨炭脱色的。不少中小型甘蔗糖厂采用石灰法制造的赤砂糖，质量比土红糖要好一些，可以与进口的粗糖相比拟。

有时根据市场的需要，还将白砂糖进一步加工成方糖和冰糖，但数量不多。

二、商品糖的质量标准

产品的质量标准反映了我国的生产技术水平，同时也为了检验产品的质量。

兹将我国现行食糖产品质量标准附录如下。

(一) 白砂糖

技术要求：

感 官 指 标

1、优级、一般白砂糖必须符合下列要求：

(1)糖的晶粒应均匀，松散干燥，不含带色糖粒或糖块。

(2)糖的晶粒或其水溶液味甜，不带杂、臭味。

(3)溶解于洁净的水成为清晰的水溶液。

2、二级白砂糖必须符合下列要求：

(1)糖的晶粒均匀松散。

(2)糖的晶粒或其水溶液味甜，不带杂、臭味。

理 化 指 标

3、优级、一级、二级白砂糖必须符合下表规定（对商品糖以重量计）

项 目 名 称	规 定		
	优 级	一 级	二 级
1.蔗糖分，不少于(%)	99.75	99.65	99.45
2.还原糖分，不多于(%)	0.08	0.15	0.17
3.灰分，不多于(%)	0.05	0.10	0.15
4.水分，不多于(%)	0.06	0.07	0.12
5.色值，不超过(St)	100	2.00	3.50
其他不溶于水的杂质， 每公升产品不得超过(毫克)	40	60	120