

轻工业技工学校统编试用教材

甜菜制糖工艺

栾永生编

轻工业出版社

轻工·技工学校统编试用教材

甜菜制糖工艺

栾永生 编

轻工业出版社

内 容 简 介

本书是甜菜制糖工人专业技术教材(试用本)之一。本册内容主要讲述甜菜制糖工艺的基本原理和操作方法。力求立足国内生产技术的现实,面向世界制糖的先进技术及其发展前景,尽量满足技工学校教学及在职技工自学的要求与需要。

本书的读者对象是甜菜糖厂的技术工人和技校学生。其他人员如需了解甜菜制糖的基本工艺技术,阅读本书也是有益的。

轻工业技工学校统编试用教材

甜菜制糖工艺

荣 永 生 编

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米1/32 印张, 12 字数: 301千字

1988年6月 第一版第一次印刷

印数: 1—5,000 定价, 2.30元

ISBN7—5019—0212—7/TS·0134

前 言

为加速培养轻工业后备技术工人，建设一支以在职中技技术工人为主体的，技术结构比较合理，具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍，以适应轻工业生产建设发展的需要，我们根据轻工业部颁发的有关行业《工人技术等级标准》中级工人应知应会要求，组织编写了甜菜制糖工业技工学校专业教材。

甜菜制糖工艺教材是由轻工业部委托黑龙江省轻工业厅牵头组织，黑龙江省轻工业技工学校为主编单位，书稿经甜菜制糖行业技工教材审稿会议审议。编写同志根据审稿会议意见，对原稿内容作了增删。

本书由栾永生同志为主编，狄程同志为主审，参加审稿的有唐述宏、韦和绍、王素新、张恩育、向一纲、朱其明、陈惠华、周广俭、张雪清、吕志兴等同志。

本书适用于技工学校甜菜制糖专业教学和在职工人中级技术培训使用，也可作为具有初中毕业文化程度和初级技术水平的工人自学教材。

本教材在编写过程中得到了轻工业部甜菜糖业研究所、内蒙古甜菜糖业研究所、黑龙江省糖业公司、黑龙江省轻工设计院和部分糖厂等单位的大力协助，并提供了宝贵的资料，派出了富有实践经验的工程技术人员参加审稿工作，黑龙江省糖业公司为有关会议提供了方便，在此表示感谢。

由于我们组织编审工作缺乏经验，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，以便今后修订。

轻工业部技工教材编审小组

目 录

绪 论	(1)
第一章 制糖工业原料——甜 菜	(7)
第一节 甜菜的生物概况	(7)
一、甜菜的性状	(7)
二、甜菜的种植	(12)
三、甜菜的收获	(12)
第二节 甜菜的保藏	(13)
一、甜菜保藏的意义	(13)
二、甜菜保藏中的变化	(13)
三、甜菜保藏的方法	(16)
第三节 甜菜的化学成分	(21)
一、甜菜的原汁率	(22)
二、不溶性非糖物质	(23)
三、可溶性无机非糖物质	(24)
四、可溶性含氮有机非糖物质	(25)
五、可溶性无氮有机非糖物质	(31)
六、蔗糖	(37)
第四节 甜菜质量的评价	(40)
一、蔗糖含量	(40)
二、甜菜原汁纯度	(40)
三、清净原汁纯度	(41)
四、其他方面	(41)
第二章 渗 出	(42)
第一节：甜菜的预处理	(42)
一、甜菜输入制糖车间	(42)
二、甜菜的洗涤	(45)
第二节 切 丝	(48)

一、切丝机	(48)
二、刀片的选择及安装	(51)
三、切丝机运行操作	(54)
四、菜丝的质量要求	(54)
五、无立刃刀片	(55)
六、刀片修理	(55)
第三节 渗出	(56)
一、渗出法的发展	(56)
二、渗出的基本原理	(57)
三、非克扩散定律及其应用	(59)
四、渗出过程中蔗糖分和非糖分的渗出情况	(65)
五、渗出过程的数学分析——西林公式	(76)
第四节 DDS连续渗出器	(86)
一、1400吨/日规格DDS渗出设备简介	(87)
二、DDS连续渗出器的作用原理	(94)
三、DDS连续渗出器的操作	(101)
第五节 其他型式的连续渗出器	(110)
一、RT型转筒式渗出器	(111)
二、塔式渗出器	(113)
第六节 废粕压榨及压粕水回收	(117)
一、废粕量及其成分	(117)
二、湿粕的压榨	(118)
三、压粕水的成分及其回收利用	(118)
第三章 糖汁的清淨	(120)
第一节 糖汁清淨的概述	(120)
一、糖汁清淨的目的和要求	(120)
二、石灰在糖液中的理化性质	(121)
三、清淨过程的工艺流程	(127)
第二节 双碳酸法清淨工艺	(129)
一、预加灰	(129)
二、原汁的加热	(139)

三、主加灰	(140)
四、第一次碳酸饱充	(151)
五、一碳饱充后糖汁加热和二碳饱充前糖汁加热	(161)
六、第二次碳酸饱充	(162)
七、加灰饱充过程的清净效果和物料计算	(171)
八、糖汁的硫漂	(179)
九、糖汁的过滤及增稠	(189)
十、几种改进的碳酸法清净流程	(207)
第三节 石灰及二氧化碳的制取	(212)
一、石灰及二氧化碳的生产原理	(212)
二、影响石灰质量的因素	(214)
三、石灰窑有关物料计算	(218)
四、石灰窑的生产操作	(221)
五、石灰乳的制备	(224)
六、窑气的洗涤	(226)
第四章 糖汁的蒸发	(228)
第一节 多效蒸发的任务及其基本原理	(228)
一、糖汁蒸浓的目的	(228)
二、蒸发水量的计算	(228)
三、单效蒸发和多效蒸发	(230)
四、蒸发罐温度差损失的原因	(232)
五、总温度差、有效温度差和蒸发罐中温度分布	(235)
六、蒸发罐及其附属设备	(236)
七、蒸发站的任务	(243)
第二节 蒸发热力方案的选择及耗汽量计算	(244)
一、几种常用的热力方案	(244)
二、蒸发工艺的简化计算和耗汽量计算	(250)
三、制订和选择蒸发方案的几个问题	(254)
四、蒸发系统热能经济的原则和节约燃料的途径	(257)
第三节 蒸发罐的操作	(258)
一、正常的生产操作	(258)

二、蒸发罐操作中的不正常现象及其处理	(259)
第四节 蒸发过程中的化学变化	(260)
一、碱度的变化	(260)
二、糖汁色值的增加	(263)
三、蒸发中某些盐类的沉淀	(265)
四、糖浆纯度的变化	(269)
第五节 蒸发罐积垢的清洗	(270)
一、化学除垢的原理	(270)
二、停机洗罐	(271)
三、不停机洗罐	(275)
四、磁力防垢	(276)
第五章 煮糖、助晶、分蜜	(277)
第一节 蔗糖结晶的基本原理	(277)
一、蔗糖的溶解	(277)
二、蔗糖的结晶	(277)
三、糖膏的结晶率	(298)
四、应用结晶率计算晶间蜜的纯度	(301)
第二节 煮糖的工艺流程	(303)
一、3号砂糖再溶的基本工艺流程	(304)
二、3号砂糖蜜洗的工艺流程	(306)
三、3号砂糖给2号砂糖做种的工艺流程	(307)
第三节 煮糖操作	(310)
一、1号糖膏的煮制	(310)
二、2号糖膏的煮制	(315)
三、3号糖膏的煮制	(318)
四、按指示图表制定各段糖膏的煮糖进度表	(321)
五、有关煮糖操作的几个问题	(322)
六、煮糖过程中的化学变化	(324)
七、糖浆碱度与钙盐对煮糖的影响	(324)
第四节 真空煮糖罐及其附属设备	(325)
一、真空煮糖罐	(325)

二、煮糖的附属设备	(329)
三、煮糖控制仪	(330)
第五节 1号糖膏的分蜜与1号砂糖成品的干燥和包 装	(332)
一、1号糖膏的分蜜	(332)
二、离心力和分离因素的计算	(337)
三、影响糖膏分蜜的因素	(339)
四、成品糖的干燥、包装和贮存	(339)
五、产品质量标准	(340)
第六节 末段糖膏的助晶、分蜜及其废蜜	(341)
一、末段糖膏助晶的目的	(341)
二、助晶中应注意的几个问题	(342)
三、助晶设备	(347)
四、末段糖膏的助晶管理方法	(349)
五、2号糖膏和3号糖膏的分蜜	(351)
六、废蜜的形成	(353)
附录	(359)
一、转化糖浆的制备	(359)
二、附表1~8	(351)

绪 论

制糖工业是以甘蔗或甜菜为原料提取蔗糖的加工工业。

世界上以甘蔗为原料制取蔗糖的历史较长。甘蔗制糖起源于中国和印度。在中世纪,甘蔗流传到阿拉伯、叙利亚、埃及等地,自从哥伦布发现美洲大陆后,甘蔗被移植到美洲。由于当地的气候条件极为适宜,甘蔗就在古巴、波多黎各、墨西哥和巴西等地迅速发展起来。甘蔗需要热带性的气候,因此欧洲很少种植甘蔗。我国的甘蔗种植区主要分布在长江以南。

以甜菜为原料制取蔗糖只有近二百年的历史。甜菜起源于阿拉伯,当时种植甜菜是用做饲料的。1747年德国化学家马格拉夫,首次从甜菜中提取到结晶状态的蔗糖。从18世纪末到19世纪初,逐渐培育出含糖分较高的糖用甜菜品种,并对早期的甜菜制糖工业的工艺和设备进行了不断地改进和完善。1840年采用了碳酸法清净糖汁的工艺过程,使甜菜糖业进入一个划时代的阶段。至今世界上甜菜糖业仍以碳酸法为清净糖汁的主要手段。碳酸法已有一百余年的历史。在这期间,碳酸法也在不断地完善、补充、改进。例如:从间断碳酸饱充发展到连续碳酸饱充,三次饱充改为二次饱充,即双碳酸法。另外,根据甜菜的品质不同,试用中间汁碳酸法、预饱充法,并且又在双碳酸法的基础上配合变换加灰的方法、温度、时间、加灰量等,以调节主灰的分解作用。近几年又采用了电渗析和离子置换等辅助清净手段,进一步提高了清净效果。

从19世纪中到20世纪初,世界上的甜菜糖业发展很快,至第一次世界大战前,世界甜菜糖产量已几乎等于甘蔗糖的产量(年产量各为900万吨)。大战后因受战争影响,使甜菜糖业的发展落后于甘蔗糖业,到1937/1938年生产期,世界甜菜糖产量为1120万

吨，甘蔗糖产量为1880万吨。近几十年来，世界年产甜菜糖与甘蔗糖量的比例，大致为2:3。1955/1956年生产期，世界甜菜糖产量为1620万吨，甘蔗糖产量为2320万吨。1978/1979年生产期，世界甜菜糖产量为3640万吨，甘蔗糖产量为5648万吨。

现在甜菜糖约80%产于欧洲，其余20%分布于北美、亚洲、南美等地。

近几年来甜菜糖产量较高的国家是：按1978/1979年生产期的产糖量，苏联910万吨，法国406万吨，联邦德国300万吨，民主德国73万吨，美国296万吨，波兰180万吨。

随着世界上各行业各学科领域内的新理论、新技术的飞速发展，制糖工业的生产技术也有了很大发展。由于电子工业的发展，使制糖工业的自动化程度不断提高；由于农业科学和农业机械化的发展，使甜菜的种植技术和单产也有了很大提高。制糖工业本身的工艺技术、专业设备、能源消耗、检测化验、综合利用、工业用水、环境保护和原料的收购、运输、保管等方面，也向着更合理、更先进的方向发展。糖厂的规模则向着大型化发展。甜菜糖厂的生产能力，是以每24小时所处理的甜菜量来表示的。目前世界上工业发达国家的甜菜糖厂生产能力多在3000吨以上，有的糖厂生产能力已高达13000吨至16000吨。糖厂已经成为高度机械化、电气化、自动化的现代化企业。就单一产品而言，在轻工、食品化工行业中，糖厂使用化工机器的种类是比较广的。例如，萃取、气体吸收、多效蒸发、结晶、离心分离、干燥、煅烧、和各种类型的流体输送机械等都在糖厂大量被采用。糖厂每天消耗大量的原料、辅助材料和燃料，同时生产出大量的成品糖和副产品。比如，一个1000吨能力的甜菜糖厂，每24小时要消耗1000吨甜菜，耗用约80吨普通燃料煤，60吨石灰石及若干无烟煤、硫磺等。每24小时可生产成品糖约130吨，废糖蜜约40吨，废甜菜丝约400吨(含水分88%)。同时糖厂的副产品(如废糖蜜、废粕、滤泥等)还可以进一步加工，生产出许多食品、饲料

和化工产品等。

蔗糖在人们的生活中起着重要作用。蔗糖也是重要的工业原料。因此蔗糖生产在国际贸易，和各国的国民经济中都占有重要位置。有许多国家设立了国家级的制糖工业管理机构和专门的科研设计部门。在国际上也设立有学术性机构和科技情报等机构。

我国甜菜糖业的兴起比较晚，第一座机制甜菜糖厂，于1908年在黑龙江省阿城县建立。建厂的资金，设备和甜菜种子，都是由波兰商人从波兰引进的。该厂的生产能力，在解放前只有300吨左右。在1908年之后由清朝官僚筹建我国第二座甜菜糖厂，厂址是在哈尔滨市郊区松花江的北岸，即现在的哈尔滨糖厂。建厂中途，由于资金的不足，工厂几次停建。日本侵略者侵占东北后，哈尔滨糖厂断续的生产了几年。日本人并在吉林省建立了范家屯糖厂。

解放初期，只有以上三座甜菜糖厂，这些糖厂生产能力低、加工日期短，设备笨重落后，工人体力劳动繁重。例如：阿城糖厂制糖全部过程的动力依靠蒸汽机，工厂还停留在蒸汽机的时代。

新中国成立后，修复和逐步扩建了三座老厂，使各厂的生产能力达到了1000吨。1953年和1954年黑龙江省有两座新建千吨糖厂（和平和红光）先后投产，1955年投产的有佳木斯友谊糖厂、吉林新中国糖厂和内蒙包头糖厂，1957年有齐齐哈尔糖厂。1958年至60年代初，先后有新疆“八一”糖厂、内蒙古呼和浩特糖厂、山西大同糖厂和甘肃武威糖厂建成，这些都是我国自行设计并利用国产设备建造的。但自1960年至1976年间我国糖业发展较慢。特别是在1960年之后的两三年内，由于糖料不足，部分糖厂处于停产或半停产状态。仅黑龙江省六座千吨糖厂，就先后有五座糖厂停产。只有阿城糖厂维持生产，但原料也很少。该厂在1961/1962年生产期只生产了20余天，共加工甜菜九千吨。1963年之后各糖厂陆续恢复生产。

60年代中后期，我国新建了三座500吨的甜菜糖厂（通辽、碾川和芳草湖）。七十年代中期，又出现了几座新建的500吨甜菜糖厂，到1982年全国已有500吨甜菜糖厂20余座。其中黑龙江省就有15座。以适应分散的甜菜产区的需要。

从1980年开始，由于农业等方面政策的合理调整，大大促进了农业生产。使全国甜菜和甘蔗产量猛增，给全国的制糖工业大发展创造了良好的条件，结束了多年来制糖原料不足、糖厂吃不饱的困难局面。1980/1981年生产期全国产糖量达到300万吨（甘蔗糖236万吨，甜菜糖64万吨）比上年生产期产糖量多2成。随着我国经济形势的继续好转，1981/1982年生产期全国产糖量续有增加，达到340万吨。

就一个国家而言，人均食用蔗糖的多少，是反应该国人民生活水平的一个方面。按1980/1981年生产期全国产糖量计算，我国人民平均每人每年食用3公斤蔗糖。而世界许多国家平均每人每年食用20公斤蔗糖，部分国家达到50公斤以上。由此可见，我国的制糖工业还有大力发展的必要。1980年我国许多千吨老厂已开始进行扩建改造。有的已经达到或逐步规划达到2000~3000吨的能力。

建国30多年来，我国的甜菜糖业在生产工艺和专业设备上都有一定程度的发展和提高。其中以设备发展较明显，自五十年代末开始，逐步改善了甜菜糖厂工人劳动强度大，劳动环境差，用人多的状况。例如，甜菜流送沟原来每班需要十多个人用镐刨下甜菜，现在改用甜菜窖水力卸下甜菜；在渗出工序，原来每班需要7人手持笨重的生产工具，在又热又潮的环境中进行艰苦的劳动，而现在采用连续渗出器每班只需1人，几乎没有什么重体力劳动；过去2号、3号糖膏分蜜是采用用人多、劳动强度大的多台吊篮式分蜜机，现在改用用人少、几乎不需经常操作的少数几台锥形篮连续分蜜机，而清淨过滤系统则由过去靠人工操作的板框压滤机改为密闭式压滤机，并使用了增稠器、吸滤机或自动控制

的板框压滤机。

我国甜菜糖业在综合利用方面也有一定程度的发展。例如，利用废蜜发酵生产酒精、丁醇、丙酮、柠檬酸、谷氨酸、酵母等，从生产酒精的废液中回收钾盐，滤泥用以制造水泥和作为农业肥料，利用废粕作颗粒饲料等等。

甜菜糖厂必须尽快解决好糖厂的三废处理，减少污染，保护环境。特别要尽快搞好工业用水的回收利用，减少新鲜水用量。

建国30多年来，在甜菜糖业技术力量方面，也有一定的发展。解放初期，仅有的三座甜菜糖厂中的工程技术人员，大部分是由在华的外国侨民担任，甚至有些重要生产岗位，例如化验、结晶、动力、生产统计等也由外国侨民的工人掌握。建国以后，这些技术工作，已逐年被中国的工程技术人员和新成长起来的熟练的中国工人掌管。

50年代我国甜菜糖业发展较快，新建的许多千吨糖厂的技术工人，绝大部分是由三座老糖厂培养和输送的。因此三座老糖厂，成为我国培养甜菜糖业技术工人的摇篮。为我国糖业培养了大批技术力量。60年代由于某些糖厂停产和发展不大，所以技术工人的培养发展，也受到影响。70年代末以来各千吨糖厂有许多熟练的老工人，逐年退休。新接班的徒工，许多人文化程度低，技术提高不快。因此不但一些新建中小型糖厂感到技术力量不足，就是一些千吨老厂也感到技术力量青黄不接，这是当前许多糖厂生产效果不佳的重要原因之一。所以搞好各糖厂在职技术工人的培训和加强糖业技工学校人才的培养，是当务之急。

我国甜菜糖业的科技人员占糖业职工人数的比例一直是较低的。50年代，新中国自己培养的制糖专业和其他有关专业的大、中专毕业生，分配到糖厂的较多。虽然以后又有毕业学生分配到糖业战线，但由于近几年糖业发展较快，科技人员的数量仍感到严重不足。因此加速培养糖业战线的科技人员，仍是当务之急。

现在，我国的甜菜制糖工业在黑龙江、内蒙古、吉林、新疆、甘肃、宁夏、山西以及辽宁、河北、山东等省（区）都有较大的发展。许多省或地区建立了甜菜农业和制糖工业的科研机构以及制糖工业的设计部门。许多省还建有制糖设备制造厂或设备安装部门。在培养制糖专业技术人才方面，我国已有多所设有制糖专业的高等院校、中等专业学校和技工学校。这将使我国的甜菜制糖工业形成一个完整的体系。

式如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

代如：

第一章 制糖工业原料——甜菜

商品白砂糖的生产应该划分为两个阶段。第一阶段是在农业上种植并收获到含蔗糖的甜菜。甜菜中的蔗糖是植物的光合作用合成的碳水化合物。这是真正的制糖过程；第二阶段是工业上以甜菜为原料，提取其中所含的蔗糖分，并加以提纯加工，达到商品白砂糖的要求。为了得到质量好、成本低、产量多的白砂糖，固然与工业方面的生产技术水平有直接关系，但与农业方面甜菜的种植、收获、运输、保藏有更重要的关系。必须充分认识到这种关系，而且要贯彻到工作中，才能提高整个制糖工业的经济效益。所以把甜菜的生产称为“第一车间”是很恰当的。

搞好原料生产，首先要搞好甜菜种子的选育工作，这关系到甜菜的高产、高含糖、少含有害非糖分及抗病、抗灾、抗逆性等问题。要搞好种子的科学加工，例如：搞单胚种，拌农药，搞化肥外衣等有利于甜菜种植方面的工作。从播种到收获，要有一套科学的管理方法，并逐步开展农业的机械化、水利化、化肥化、化学除草和防除病虫害等方面的工作。当甜菜生长成熟之后，在收、运、贮等方面，都要有一套科学的管理方法。以上这些因素都关系到制糖工业的经济效益。搞好原料生产是提高工业效益的基础。最终原料甜菜的成本和含糖量是各糖厂经济效益的重要基础。

第一节 甜菜的生物概况

一、甜菜的性状

甜菜属于藜科植物。为二年生的作物。第一年播下种子，只生长出块根和叶子(如图1)。块根是糖厂的生产原料。选择部分优良的根体(又称母根)第二年进行移植，生长出茎叶、抽苔开



图1 第一年的甜菜

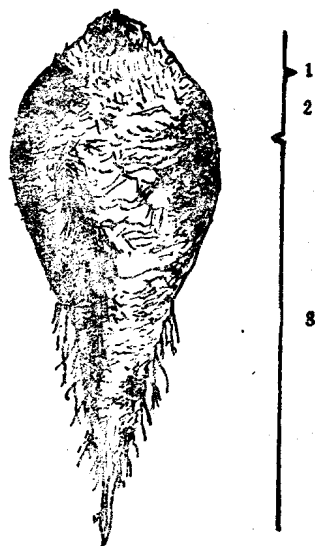


图2 甜菜的块根

1—根头 2—根颈 3—根体

花、成熟结实(种子)。甜菜块根呈圆锥形(如图2)其重量一般为200~500克,也有较大的块根。块根可划分为根头,根颈,根体三部分。根体下部直径小于10毫米部分,为根尾,收获时易折断,不易保留,且根尾中含糖低、含非糖分多。

1. 根头

根头上丛生叶芽,呈绿色,故也称青顶。青顶中含糖分少,而含有害氮等成分的非糖分多,对制糖生产有害。因此,甜菜收获时应立即将青顶削掉,以利于保藏。削下的青顶可做饲料。

2. 根颈

位于根头与根体之间,上起根头下部叶痕的界线,下至根沟的顶端,因此根颈部既不长叶也不生根。根颈性质与根体相似,但