

[匈] 康司坦丁·伏可夫 著

制糖生产中甜菜的 物理学与化学

王雒文 刘道元 苏谅 译 王雒文 校

轻工业出版社

制糖生产中甜菜的物理学 与 化 学

〔匈〕康司坦丁·伏可夫 著

王雒文 刘道元 苏谅 译

王雒文 校

轻工业出版社

内 容 提 要

作者康司坦丁·伏可夫是匈牙利甜菜糖业研究所的教授。本书以他在甜菜制糖工业进行研究工作将近25年所取得的科学和实践成果为依据。书中对甜菜的品种、气候及种植地区等因素,以及收获、贮存等条件对糖料主要性能的影响作了系统的分析。是一本讨论甜菜性质与其加工过程之间密切关系的专著。他的论述和所举的有关试验资料遍及全世界所有生长甜菜的主要地区。

本书可供甜菜育种、栽培、化验和制糖生产工艺与技术管理等方面的技术人员、科研人员以及有关计划管理,专业设计和有关专业院校师生参考。

PHYSICS AND CHEMISTRY OF SUGAR-BEET IN SUGAR MANUFACTURE

〔匈〕 KONSTANTIN VUKOV 著

本书系根据EISEVIER科学出版公司1977年英文版译出

制糖生产中甜菜的物理学与化学

〔匈〕 康司坦丁·伏可夫 著

王维文 刘道元 苏谅 译

王维文 校

轻工业出版社出版

(北京阜成路8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 $1/32$ 开本: 22 $^{3/4}$ / 32 插页: 5 字数: 579千字

1986年7月 第一版第一次印刷

印数: 1—1,500

定价: 5.50元

统一书号: 15042·2005

译者的话

我国的甜菜制糖工业，历史已久，但在全中国解放后才迅速发展起来。在五十年代已形成了东北的甜菜糖业基地。如今在东北、华北和西北等地建立起了甜菜和甜菜糖的产区，甜菜糖产量已达90万吨，在全国总产糖量中占有相当的比重。

为了提高甜菜的单产、增加块根的含量和增强抗逆性，我国甜菜科技人员在育种、栽培、植保等方面进行了大量的工作，并选育出一批优良品种和品系。同时，为了减少加工过程中糖分损失、提高成品糖的产量和质量、增大现有设备的生产能力，制糖科技人员在改进工艺过程、加强技术管理、改革工艺设备等方面也进行了大量工作，并成功地引用了一些新的工艺系统和高效设备。这两个方面都发表过许多文章和专著。毫无疑问，这些工作对于提供足够的、质量优良的甜菜，对于提高加工效率和降低消耗、降低成本，都起了有利的促进作用。然而不足的是，关于甜菜本身的工艺性能及其对加工过程的影响，我们的试验研究工作却做得很少，这方面的论文或专著则更少见。目前收购甜菜仍只按重量计价，进厂甜菜的糖含量还不能及时检测，工艺过程中各工序的操作大都仍建立在经验基础之上，因而对甜菜的工艺性能注意较少；这些从一个侧面反映出我国甜菜生产和加工技术的差距。甜菜制糖是一种农产品加工工业，原料成本占制糖产品总成本70%以上，甜菜的组成及其物理性质对制糖生产技术经济指标有着重大影响，对工艺技术条件的确定有着决定性的作用。随着加工技术的日益提高，生产管理的日趋完善，甜菜理化性质及其对加工过程的影响问题，或者说对原料甜菜的工艺评价问题，必将受到日益增高的重视，这方面的科研工作必将逐步展开。

匈牙利甜菜糖业研究所的康司坦丁·伏可夫教授，综合了他

二十多年来对这方面的研究成果，出版了这本著作。本书不仅为甜菜育种家和农艺师提供了丰富的技术资料，使他们致力的工作有所借鉴；更重要的还在于它提供了广泛地评价和测定甜菜各种理化性质的方法。著者指出，依据准确可靠的实验方法所求得的数据，经过一系列演算、回归，利用若干种参数，可以用具体数字指出工艺改进的方向。这种工作方法为我们研究甜菜的工艺价值，修订生产工艺技术条件，以及对加工过程最优化研究，提供了一条有效的途径，很值得我们参考。除此之外，它对其他农林产品加工工业也具有普遍意义。为此我们将它译出，以供参考。

由于著者是欧洲人，所搜集的文献资料和讨论重点难免有所局限：对我国甜菜生产情况及甜菜质量，所列颇欠完善。但我们为了保持原书面貌，仍然照译，未作修改补充。

本书由王雒文、刘道元、苏谅三人合译。刘道元译第三编，苏谅译第二编第2.4至第2.6章及附录，王雒文译第一编及第二编第2.0至第2.3章并负责全书的审校。我们限于业务水平，译文中谬误之处在所难免，谨请读者批评指正。

译者

1980年2月

英文版序言

甜菜制糖界对本书德文版的赞许使出版人要求我为英语读者准备一个英文的新版。当前这本书是就德文原书大部分重写过的一个修订后的新版，其内容按更通用的要求重新安排，论及了在更广泛的领域里所做的研究及其经验。书中增加了作者自己研究的新成果，包括了关于甜菜栽培若干新领域的情报资料。书中主要参考文献，原来只论列到1969年，现在已加以修改，尽可能包括直到1972年发表的材料。虽然只限于较重要的著作，本书列举的文献已超过2,500条。

我原来的目的是从甜菜的物理和化学性质这一复杂的总体出发建立有关甜菜工艺价值的新概念，使用统计方法以选定对甜菜加工影响最大的特性，给出其定义，提供最新的测定方法。其后的全面审查实际上论及到全世界所有生长甜菜的地区，讨论了品种因素、气候及培育地点，对甜菜质量有决定意义的促进和阻碍生长诸因素，以及收获、贮存方法等条件对甜菜主要性质的影响。书中指出：糖用甜菜的最佳加工方法取决于对甜菜的物理和化学特性的知识与对这些特性的适当的考虑。用这个方式我努力表述了甜菜制糖生产及其工艺学的理论与实践的一个新方面。

这本书取材于二十多年前在一家匈牙利糖厂工作的已故的诺瓦契克博士的鼓励下开始的科研工作的实践成果。这个科研项目在布达佩斯的甜菜糖业研究所中目前还在继续进行。在此期间，特别在物理性能及糖汁加工的某些方面研究出一些新方法和新关系，这些都包括在当前的这本书里。

这本书首先是为甜菜育种家、甜菜农户以及甜菜糖厂的化学师、生理学家和工艺师而写的。它对在甜菜种植界工作的农业生态学家、植物技师、农业气候学、气象学和工程学专家们，以及

甜菜糖业界的计划、设计工程师，对植物生物化学和有关科学领域工作的研究人员，都提供了丰富的和最新的情报资料。但这本书既不是甜菜生产的概论，也不是制糖化学或工艺学方面的一本手册，而是想用陈述具有理论和实践意义的新途径新事实和新关系的方法在与制糖生产有关的许多领域里增加专门的知识。

英文版的一般安排与较早的德文版相同，但作了努力，力求对讨论中的问题尽可能给予更均衡的科学探讨，也指出对各甜菜生产国家中各行业未来读者可能感兴趣的一些重要结论。只要可能，本书使用英国标准（BS3763；1970）中建议的“国际单位系统”（SI）测量单位，目的在于扩大科学联系，虽然它们与英语及其他语种地区所用传统单位并不一致。为了简化，一般用地理学名称来称呼甜菜生长国家和地区。专业技术名词一般使用在英语文献中常用的形式，普通用语的拼写以《牛津现代英语简明字典》为依据，而化合物名称及非罗马字母拼写原名的传译皆遵循《制糖工业文摘》的规定。

〔下略〕

康司坦丁·伏可夫

引 论

近百年来加工甜菜的主要技术操作基本相同。送到糖厂的甜菜先用水彻底清洗，除去所附泥沙和杂草，然后切成细丝。菜丝经逆流萃取后，得到含糖的粗糖汁。溶在粗汁中的杂质，用氢氧化钙沉淀除去。澄清后的溶液被蒸发浓缩。从浓糖汁中蒸发出过多的水分，使糖分结晶出来。最后用篮式离心分蜜机将砂糖晶体从母液中分出。虽然这些单元操作在几十年里原则上没有什么变动，但在下列几方面却有着很大的进步：研制新型设备使能机械化连续化地操作；引进了多种计量仪表和自动控制设施；对现有设备进行调整以适应各种要求的参数，而这些参数的本身，如停留时间、温度条件、流速、pH 值范围等等，均有所改进。同时加工能力和设备尺寸近年来均有显著增加。

虽然甜菜加工设备的改进方向在世界各地都基本相似，但是对各个加工操作的具体实现途径却各厂不同。这种现象可以部分地归因于地区的或历史的发展以及现存的经济条件。但在这方面，原料的质量也是一个决定性的因素。如果若干工厂之间的糖与废蜜的产量以及成品糖的质量各有不同，甚至同一间工厂各年度之间也有差异，我们决不能简单地只用设备及加工方法的不同来加以说明，决不能低估原料甜菜性能与本质方面的影响。

甜菜对于气候、土壤类型、生产条件等环境条件的变化具有很强的适应能力，这是由于其遗传性能中具有显著的异型接合子所致。在欧亚大陆的北纬30度（以色列、中国）及64度（芬兰）之间，从爱尔兰到日本，从加拿大到加利福尼亚以及南美洲某些国家，从海面下的低谷（如加利福尼亚州的英皮里谷地）到伊朗和中国（四川）超过海拔3000m高度的山区，甜菜都可以生长。在这些变化幅度很大的气候、土壤条件下生长所必需的自我适应

性的变化，很自然地要影响甜菜的物理性质与化学组成。各种不同的播种、施肥、中耕、收获和贮存方法也将在颇大程度上影响甜菜的质量。就是在同一块地里生长的甜菜，各植株之间的多变性也往往是引人注意的。

这本专论的主要目的是从技术加工的特定观点出发，为甜菜的物理及化学性质下定义并加以描述；评论用以测定这些物理及化学性质的分析方法，也讨论某些尚未解决的问题。第一篇以选定将在本书其余部分进行深入讨论的某些主要性质而结束。第二篇讨论若干种因素对甜菜的物理及化学性质的影响。在这方面，我们将许多国家的实践数据进行比较，讨论到的因素包括：遗传与品种来源，地点与气候，生长中季节与天气条件，土壤与施肥，水的供应，中耕方法，收获与收获后处理，以及甜菜的贮存等。第三篇中讨论甜菜的各种主要性质的数值与实现各个加工操作的最佳可能途径之间的关系。这些操作从加工准备（如装载、运输、洗净等）开始，通过结晶阶段，直到商品白糖的生成。

原料甜菜的性质不但影响工厂的加工操作，并且对各单元过程的糖分损失也有一定的影响，即使这些过程能按最好的标准进行生产。这些性质对设备尺寸和产率也有影响。在多数情况下设备尺寸、糖分损失和产品糖质量之间有一种密切的互相依存的联系。我们努力测度甜菜性质对下列问题的技术的与经济的影响。

- 1)工厂的最佳操作条件；
- (2)可达到的最低糖分损失；
- (3)主要设备的尺寸，如果产品糖的质量达到能够销售的标准。

总之，对于在各种不同条件下生长的甜菜的最佳加工技术的科学基础，以及在各种活动中所预期的技术与经济的结果等问题，我们将尽量加以叙述。

目 录

引论	(1)
----	-------

第一篇 甜菜的物理性质与化学性质

第1.0章 基本概念	(1)
第1.01节 甜菜的主要性质	(1)
第1.02节 甜菜的性质：统计性	(2)
第1.03节 甜菜的性质：采样原理	(4)
第1.1章 形态学及组织学性质	(7)
第1.11节 外观形态	(7)
第1.12节 解剖学构造和组织学结构	(10)
第1.13节 甜菜的伤损	(11)
第1.14节 形态学分析方法	(12)
第1.2章 机械性能	(15)
第1.21节 强度及表面硬度	(15)
第1.22节 对切割的反应	(18)
第1.23节 弹性与塑性	(20)
第1.24节 甜菜组织的透过性	(26)
第1.25节 散装机械性能	(36)
第1.3章 宏观组分	(41)
第1.31节 菜肉含量及菜汁含量	(41)
第1.32节 甜菜菜汁：固形物及水含量	(47)
第1.33节 决定热传导率诸因素	(52)
第1.4章 化学组成	(62)
第1.40节 化学研究的预备手续	(62)
第1.41节 蔗糖含量	(63)

第1.42节	低聚糖与单糖	(70)
第1.43节	灰分与电解质	(76)
第1.44节	含氮化合物	(84)
第1.45节	菜汁中的高分子与胶态物质	(93)
第1.46节	总非糖分及永久性非糖分含量	(101)
第1.5章	决定甜菜质量诸性质的选择	(123)
第1.51节	制糖生产过程	(123)
第1.52节	决定性性质的分类	(126)

第二篇 各种因素对甜菜物理和化学 性质的影响

第2.0章	基本概念	(128)
第2.1章	品种因素的影响	(130)
第2.10节	品种的发展	(130)
第2.11节	对切割的阻力	(132)
第2.12节	弹性模数	(137)
第2.13节	蔗糖的扩散系数	(138)
第2.14节	块根产率及糖含量	(139)
第2.15节	无机物质	(157)
第2.16节	含氮化合物	(164)
第2.17节	转化糖含量	(170)
第2.18节	其他组分	(173)
第2.19节	品种因素影响的结束语	(178)
第2.2章	气候与产地的影响	(197)
第2.20节	甜菜生长中的主要环境因素	(197)
第2.21节	对切割的阻力	(256)
第2.22节	弹性模数	(258)
第2.23节	蔗糖的扩散系数	(259)
第2.24节	块根产率及糖含量	(261)

第2.25节	无机物质·····	(281)
第2.26节	含氮化合物·····	(287)
第2.27节	转化糖含量·····	(293)
第2.28节	其他组分·····	(298)
第2.29节	关于环境因素影响的结束语·····	(310)
第2.3章	促进及抑制生长诸因素的影响 ·····	(346)
第2.30节	促进及抑制甜菜生长的主要因素·····	(346)
第2.31节	对切割的阻力·····	(347)
第2.32节	弹性模数·····	(348)
第2.33节	蔗糖的扩散系数·····	(348)
第2.34节	块根产率及糖含量·····	(350)
第2.35节	无机物质·····	(378)
第2.36节	含氮化合物·····	(387)
第2.37节	转化糖含量·····	(393)
第2.38节	其他组分·····	(397)
第2.39节	关于促进及抑制生长诸因素影响 的结束语·····	(405)
第2.4章	栽培因素的影响 ·····	(424)
第2.40节	甜菜生长中的主要栽培因素·····	(424)
第2.41节	对切割的阻力·····	(424)
第2.42节	弹性模数·····	(425)
第2.43节	蔗糖的扩散系数·····	(425)
第2.44节	块根产率及糖含量·····	(426)
第2.45节	无机物质·····	(447)
第2.46节	含氮化合物·····	(457)
第2.47节	转化糖含量·····	(463)
第2.48节	其他组分·····	(464)
第2.49节	关于栽培因素影响 的结束语·····	(470)
第2.5章	收获及获后诸因素的影响 ·····	(489)

第2.50节	收获及获后处理的主要问题	(489)
第2.51节	对切割的阻力	(490)
第2.52节	弹性模数	(493)
第2.53节	蔗糖的扩散系数	(494)
第2.54节	块根产率及糖含量	(497)
第2.55节	无机物质	(510)
第2.56节	含氮化合物	(513)
第2.57节	转化糖含量	(517)
第2.58节	其他组分	(525)
第2.59节	关于收获和获后处理诸因素影响的结束 语	(530)
第2.6章	导致性质变化诸因素的综合评价	(543)

第三篇 甜菜的物理及化学性质对 加工过程的影响

第3.0章	基本概念	(548)
第3.1章	加工过程的预备工作	(550)
第3.11节	机械运送	(550)
第3.12节	流送与洗涤	(551)
第3.2章	切丝	(556)
第3.20节	基本概念	(556)
第3.21节	不同特性甜菜的切丝	(558)
第3.3章	糖汁的渗出	(562)
第3.30节	基本概念	(562)
第3.31节	决定渗出率的诸因素	(563)
第3.32节	甜菜性质对渗出器中糖分损失的影响	(567)
第3.33节	为渗出过程选定最适操作温度	(569)
第3.34节	渗出过程中蔗糖的分解	(576)
第3.35节	甜菜化学组成对渗出汁中非糖分含量的	

影响	(577)
第3.36节 用不同类型甜菜进行渗出的技术经济问 题	(579)
第3.4章 糖汁清净	(587)
第3.40节 基本概念	(587)
第3.41节 渗出汁组成对糖汁清净的影响	(587)
第3.42节 通向最佳过滤速度和沉降速度的途径	(594)
第3.43节 通向清净汁最佳纯度的途径	(606)
第3.44节 通向清净汁中最佳碱金属灰分含量的途 径	(608)
第3.45节 通向清净汁最佳钙盐含量的途径	(609)
第3.46节 通向清净汁最佳碱度的途径	(610)
第3.47节 通向清净汁最佳色值和转化糖含量的途 径	(613)
第3.48节 一碳汁的过滤和沉降性能的技术经济问 题	(620)
第3.5章 蒸发	(631)
第3.50节 基本概念	(631)
第3.51节 钙盐含量与积垢形成	(631)
第3.52节 清净汁的转化糖含量和蒸发中色素的形 成	(634)
第3.53节 浓汁色值的后果	(639)
第3.54节 非糖分催化作用引起的蔗糖热分解	(641)
第3.55节 浓汁中非糖组分对可回收白糖量及废蜜 中糖量的影响	(643)
第3.6章 糖晶粒的结晶与分离	(652)
第3.61节 非糖物对结晶过程的影响	(652)
第3.62节 甜菜和糖汁的某些组分对成糖工段操作 的影响	(662)

第3.63节	非糖物对白糖质量的影响·····	(666)
第3.64节	非糖物量对煮糖系统流程的影响·····	(667)
第3.7章	某几类甜菜的物理及化学性质的技术经济综	

合评价	·····	(677)
-----	-------	-------

第四篇 附录 若干物理及化学试验方法

第4.1章	甜菜块根切割阻力的测定·····	(684)
第4.2章	甜菜块根弹性模数的测定·····	(687)
第4.3章	加热后甜菜块根弹性模数的测定·····	(689)
第4.4章	菜丝柱压缩因数的测定·····	(690)
第4.5章	甜菜组织中蔗糖扩散系数的测定·····	(692)
第4.6章	用3,5-二硝基水杨酸测定转化糖(光电比色 法)·····	(696)
第4.7章	粉碎甜菜中转化酶活性的测定·····	(698)
第4.8章	甜菜及糖汁中总阴离子含量的测定·····	(699)
第4.9章	甜菜和糖汁中 α -氨基氮含量的测定·····	(701)
符号解释	·····	(703)
作者姓名中英文对照表	·····	(707)

第一篇 甜菜的物理性质与化学性质

第1.0章 基本概念

第1.01节 甜菜的主要性质

只有当某种原料的主要性能及其在加工中的变化都已为人所知时，才能以正确的方式设计出并执行对它们加工的恰当的技术方法，不管这些方法的性质是机械的、水力的、还是化学的。然而过去在甜菜糖厂中使用的方法，并不是依据上述原则观点研究出来的，而是根据技术部门中有知识人员的观察和经验，不断实践改进而建立起来的。同样，对甜菜物理和化学性质的认识也是借这种方式逐渐获得的。

可以测定的甜菜性质的项目数正在增多。这里我们主要研究以可量度方式变化的性质，因为一些其它性质，至少从实用目的来说，可以认为是不变的。（例如甜菜堆的天然坡度，甜菜的抗压强度或温度传导率等。参考1.211及1.332小节）

在甜菜的某些重要性能，若干化学组成以及一些物理特性的数值间存在有密切的、有时几乎是函数性的对应关系。下面的例子足以证明这种关系。例如：糖汁折光指数与干物质含量和比重之间的关系，糖汁的旋光度与糖分含量之间的关系等。有时这种关系不很密切，但却存在着实际上有用的联系。例如，菜肉和菜汁体积之间，甜菜中转化糖含量与转化酶活度之间都有这种关系。

甜菜组织的渗透性，或用另一种方式说，甜菜组织内蔗糖的

扩散系数与甜菜的转化糖含量之间，只要能维持某些条件，就存在一种相当满意的相关性。

清洁糖汁的各种性质，例如它的可滤性、纯度、色值、碱度、钙盐与灰份含量等，当清净糖汁的方法不变时，都与甜菜的化学组成有关系。

粗糖汁中果胶质含量对萃取方法、细碎度以及萃取时间和温度都有很强的依存性。应该补充说明的是：直到现在还没有找到一种其结果可以作为技术加工指标的测定果胶物的方法。

甜菜中含有几百种成分，大多数都可以用准确的但很费时间的方法予以测定，但对这些成分如何影响各步加工操作，人们还不清楚。这些成分包括某些无机阴离子、羧酸、氨基酸、低聚肽与嘌呤基等。

由此可见，要考察甜菜的所有性质、以及它们与实际加工工艺之间的关系，看来是没有必要的，也是不可能的。因此，人们通常是选择某些在加工过程中具有可测性的可变性质加以测定。我们可以根据这些性质不同的重要程度，将它们分成两类：（1）必须无条件地进行系统测定的某些性质。（2）只有在特殊情况下才进行测定的性质（例如在引进一个新品种之前，或评定刚从新开辟地区送来的、或在某个特定地区用一种异常方法培植的甜菜，以及评定贮藏甜菜的质量之时，等等）。在以下各节中，我们将讨论这些问题，以便在第一篇之末，我们能够选定甜菜的主要的或占主导地位的各种性质。

第1.02节 甜菜的性质：统计性

前面已经提到，即使是在同一地块上生长的相邻的两棵甜菜，其性质也可能呈现很大的差异。因此，即使是同一来源的待加工的甜菜，也不会具有毫无变化或完全均一的各种性质。换句话说，其诸性质将在一定极限之间呈现变异。于是，我们不得不将