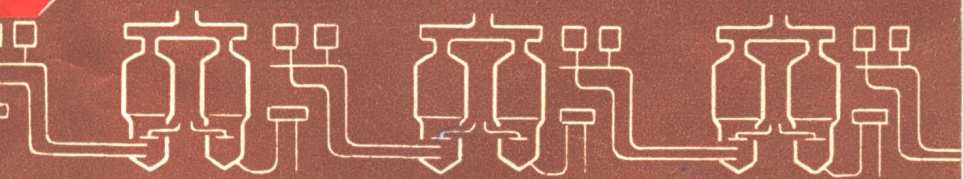


甘蔗糖厂工人技术读本

蔗汁碳酸法澄清



轻工业出版社

甘蔗糖厂工人技术读本

蔗汁碳酸法澄清

广东省糖纸食品工业公司 编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书是《甘蔗糖厂工人技术读本》丛书之一。本书主要介绍了蔗汁碳酸法澄清的基本原理、工艺流程、工艺技术条件、设备结构、操作要点、故障处理以及简单的工艺计算基础等知识。

本书可供甘蔗糖厂生产工人自学用，也可作为甘蔗糖厂生产工人的培训教材或业余技术教育教材。

甘蔗糖厂工人技术读本
蔗 汁 碳 酸 法 澄 清
广东省糖纸食品工业公司 编

*

轻 工 业 出 版 社 出 版
(北京阜成路3号)
北 京 印 刷 一 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1/23 印张：8 4/32 字数：180千字

1976年7月第一版第一次印刷

1983年4月第一版第二次印刷

印数：11351—15,250 定价：0.57元

统一书号：15042·1391

前 言

随着我国社会主义革命和社会主义建设的飞速发展，我国制糖工业的形势大好，生产技术大幅度提高，技术队伍不断地壮大。为了适应制糖工业迅猛发展的形势和满足广大制糖工人为革命学习技术理论的需要，我们编写了这套工人技术读本。

这套工人技术读本分《甘蔗压榨》、《蔗汁亚硫酸法澄清》、《蔗汁碳酸法澄清》、《糖汁蒸发》、《糖膏煮炼与助晶》和《糖膏分蜜与干燥》六册。本书力求结合实际，较系统地介绍各工序的工艺原理、设备结构、操作方法和有关计算。参加编写的单位有：中山糖厂、江门甘蔗化工厂、顺德糖厂等。

本书在编写过程中，广泛地征求了生产工人的意见。写出初稿后又组织了糖厂的技术人员、工人、和干部进行了认真地、反复地审查和修改。但由于时间短促，资料收集不够全面，先进经验的总结有一定的局限性，加上我们的水平所限，书中难免有缺点和错误，希望读者批评指正。

广东省糖纸食品工业公司

1975年12月

目 录

第一章 蔗汁的成分和性质	(1)
第一节 混合汁的组分及其对制糖生产的影响.....	(1)
第二节 混合汁中的胶体物质.....	(15)
第二章 碳酸法澄清工艺流程	(18)
第一节 碳酸法澄清的特点.....	(18)
第二节 碳酸法澄清流程.....	(19)
第三节 碳酸法澄清流程讨论.....	(31)
第三章 加灰、饱充和硫漂	(35)
第一节 预加灰.....	(35)
第二节 第一次加灰饱充.....	(47)
第三节 第二次碳酸饱充.....	(79)
第四节 糖汁和糖浆的硫漂.....	(94)
第四章 沉淀物的分离及糖汁的加热	(117)
第一节 沉降.....	(118)
第二节 过滤.....	(135)
第三节 糖汁的加热.....	(159)
第五章 石灰、石灰乳、窑气及二氧化硫气的制备	(173)

第一节	石灰、石灰乳和窑气的设备	(173)
第二节	二氧化硫气的制备	(214)

第六章 碳酸法的澄清效果 (226)

第一节	请净效率	(226)
第二节	请汁的含钙量	(233)
第三节	澄清过程的除色率	(238)
第四节	还原糖在澄清过程中的变化	(242)
第五节	蔗糖在澄清过程中的变化	(249)
第六节	生产总效果比较	(250)

第一章 蔗汁的成分和性质

第一节 混合汁的组分及其对

制糖生产的影响

从压榨间来的混合汁是一种带泡沫而浑浊的液体，呈灰色或棕绿色。其组分随甘蔗品种，成熟程度，种植的土壤、气候、施肥和耕作情况，运输、放置时间，以及破碎、压榨和渗浸的方法等条件不同而有很大的变动。混合汁的一般组分如下：

水分	80~85%	还原糖	0.3~3.0%
蔗糖	10~18%	有机非糖分	0.5~1.0%
		无机非糖分	0.2~0.5%

一、蔗糖

混合汁中的蔗糖是制糖过程中提取的对象，因此在制糖过程中应尽量避免糖分的损失。纯蔗糖是无色透明的结晶，其化学分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。

(一) 蔗糖的物理性质

1. 溶解度

蔗糖易溶于水，微溶于酒精，不溶于氯仿、醚和甘油。蔗糖在水中的溶解度随温度升高而增加，在常温下每一份水约能溶解两份蔗糖，可见蔗糖在水中的溶解度是很大的，因此混合汁经澄清后需进行浓缩达过饱和状态才能生成蔗糖的

结晶。

由于蔗糖微溶于酒精，煮糖时多用酒精将糖粉开成糊状，作投粉起晶之用。

杂质的存在，对蔗糖的溶解度有很大影响，一般盐类浓度大时均能使蔗糖的溶解度增加，糖厂在处理咸水蔗（海边种植的甘蔗）时由于含盐分高，增大了蔗糖溶解度，故废蜜损失糖分较大。还原糖则能降低蔗糖的溶解度。甘蔗汁还原糖含量较甜菜汁为高，故甘蔗制糖的废蜜纯度较甜菜废蜜为低。

2. 比重

纯蔗糖晶体的比重为1.588，大量的白砂糖晶体的视比重约为0.87。蔗糖溶液的比重随浓度上升而增加，随温度上升而减少，不同比重的糖液浓度可查表而得。

3. 旋光性

由于蔗糖分子中有不对称的碳原子，因此糖液有使通过它的偏振光面旋转的性质，溶液含蔗糖量不同，其旋光度亦不同，因此可用旋光镜来测定溶液所含蔗糖量。纯蔗糖的比旋光度（单位浓度糖液在单位长度观测管中的旋光度）为 $+66.529^{\circ}$ 。混合汁中还含有一些旋光性的杂质（如还原糖、氨基酸），会影响糖液的旋光度，所以在精确测定时必须予以校正。

4. 折光性

由于糖液的密度与空气不同，当光线斜射入蔗糖溶液时，光线被蔗糖溶液所曲折，曲折的角度与糖液的浓度有关，因此可利用糖液的折光性测定糖液的浓度。糖液中的杂质也具有折光能力，其所引起的折光率与蔗糖相近，故用折光率所测得的浓度实际上是糖液中全部干固物的浓度。有专

为制糖工业用的折光仪，其刻度直接标为糖液的浓度，使用简便。

5. 粘度

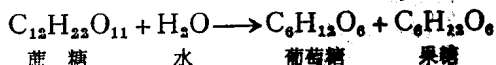
糖液的粘度随浓度升高而增加，随温度上升而减少。温度对粘度的影响大于浓度对粘度的影响。但混合汁的粘度较同浓度的纯蔗糖溶液高，这是由于混合汁中含有果胶质和树胶质等，能产生高粘度的非糖分，澄清过程要求尽量除去高粘度的胶体物质是降低糖汁粘度的措施之一。

(二) 蔗糖的化学性质

1. 热的作用

蔗糖结晶的熔点是 160°C ，干燥的砂糖可热至 160°C 而不分解，只是熔化变为不结晶物，但如继续加热，即能迅速分解，变为葡萄糖和果糖的无水物，若温度增高至 200°C 时，生成一种黑色的焦糖，温度再高，便分解出 CO_2 、 CO 、蚁酸、丙酮等直至炭化。

蔗糖溶液若长时间煮沸，便起加水分解作用转化为等量的葡萄糖和果糖。转化作用在 $140\sim 150^{\circ}\text{C}$ 变化更为迅速，若有酸存在，则虽在 100°C 以下亦会起同样反应。



蔗糖的比旋光度为 $+66.5$ （右旋），葡萄糖为 $+52.8$ （右旋），果糖为 -92.8 （左旋），所以水解后的糖液的旋光度也起变化，由原来的右旋转变为左旋：

$$+66.5 \longrightarrow \frac{+52.8}{2} + \frac{-92.8}{2} = -20.0$$

2. 酸的作用

蔗糖溶液含有酸类，能促进蔗糖的转化，转化速率与下

列因素有关。

(1) 酸的种类 以盐酸的转化速度为 100 计, 当其他条件相同时, 各种酸的转化速率为:

氢氟酸 111.4、草酸 18.6、苹果酸 1.27、盐酸 100、硝酸 100、磷酸 6.21、乳酸 1.07、酒石酸 3.08、琥珀酸 0.55、硫酸 53.6、柠檬酸 1.72、醋酸 0.40、亚硫酸 30.4、蚁酸 1.53。

(2) 酸的浓度 浓度愈高, 温度愈高, 转化速率愈快, 在 pH 不低于 2 时, 转化速率与氢离子浓度 $[H^+]$ 成正比, 即溶液的 pH 每降低一单位, 氢离子浓度增至原来的十倍, 则转化速度也可达原来的十倍。

实验证明, 在酸性条件下, 一般温度升高 $10^{\circ}C$ 可使蔗糖转化加速约二倍, 转化量也随着时间的增长而增多。温度、pH 与转化速度的关系如图 1-1 所示。

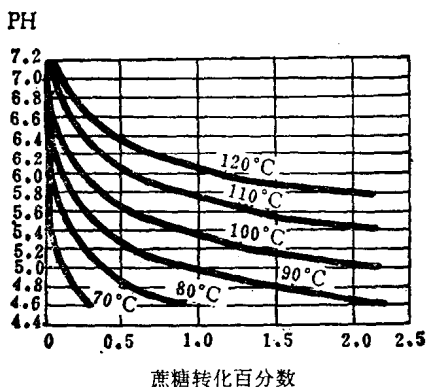


图 1-1 蔗糖转化与温度和 pH 关系

因此, 为了避免蔗糖分的损失, 制糖过程应尽量避免在

酸性和高温下停留时间太长。

3. 碱的作用

加稀碱于蔗糖溶液中，虽至沸点亦不起化学作用，蔗糖能与浓碱化合生成蔗糖化合物，此物加热后渐渐分解，生成乳酸、蚁酸、醋酸和腐植酸。

强碱类或碱土金属与蔗糖化合而生成碱性的蔗糖盐，当澄清过程中加入石灰时，则生成各种蔗糖钙盐，如蔗糖一钙 $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO$ ，二蔗糖三钙 $2C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO$ 、蔗糖二钙 $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 2CaO$ 、蔗糖三钙 $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO$ 等，除蔗糖三钙外均极易溶解，当大量的蔗糖钙盐结合成大分子时则增加了蔗汁的粘度。

一般认为，最终糖蜜中一克盐类能使5克蔗糖不能结晶，增大了废蜜中的糖分损失，所以在澄清处理时，钙镁盐等的除去是很重要的。

4. 微生物的作用

糖是一种营养剂，酵母和发酵过程产生的酶能使蔗糖转化或发酵生成多种产物，如葡萄糖、酒精、丙酮、甘油等。如糖厂中贮箱、管道的死角中的糖汁变酸或冒泡膨胀，就是蔗糖发酵或微生物作用的结果。压榨车间有时发现“蔗饭”的凝胶状物，也是由右旋胶菌簇分泌生成的多缩糖。因此压榨机列的蔗汁和生产过程中容易引起微生物繁殖的地方，都应该注意杀菌清洁工作，否则会造成糖分的损失。

二、还原糖

葡萄糖和果糖统称为还原糖，甘蔗未成熟时葡萄糖与果糖含量差不多相等，随着甘蔗的成熟它们的含量逐渐减少，尤以果糖减少最多，趋于消失，但过熟的甘蔗因蔗糖转化，

又生成葡萄糖和果糖。混合汁中的还原糖除由甘蔗本身带来以外，有一部分是由于生产过程中蔗糖转化而来的。

(一) 还原糖的物理性质

1. 溶解度

葡萄糖与果糖均易溶于水，葡萄糖在低温时的溶解度比蔗糖低，在高温时（例如 65°C ）的溶解度比蔗糖高，100份水可溶 323 份葡萄糖。果糖比葡萄糖和蔗糖更易溶于水，常温下100份水可溶解404.49份果糖。

2. 比重

葡萄糖与果糖溶液在相同浓度时，具有相等的比重，但较蔗糖的比重略低。

3. 旋光性

葡萄糖与果糖的比旋光度随浓度而异，受温度影响较小。

4. 折光性

在相同浓度时具有相等的折光率，其值与蔗糖相差甚微。

(二) 还原糖的化学性质

1. 热的作用

干燥的葡萄糖与果糖热至 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ 即起分解，失去 1 分子水成为葡萄糖与果糖的无水物，再加热变为黑色物，并发生各种气体，剩下炭渣，于空气中强热则变为 CO_2 。湿果糖于 100°C 即开始分解出水和 CO_2 。葡萄糖溶液虽加热至沸点时亦不起变化，但果糖溶液则分解成酸和其他黑色物。

2. 酸的作用

在酸性中还原糖一般是稳定的，当 $\text{pH} = 3$ 时具有最大的稳定性，稀酸对葡萄糖即使在较高温度中亦不发生变化，而果糖受久热其旋光度即改变，但无显著分解，对于强酸如加

入 5% 浓硫酸热至 80°C, 便生成黑色酸性化合物, 在同温度同浓度的酸作用下, 果糖较葡萄糖易于分解。

3. 碱的作用

还原糖在强碱和加热作用下分解(破坏)成腐殖质和有机酸, 还原糖的破坏主要受 pH、温度和时间的影响, 在 55°C 以下, 分解作用较小生成无色产物, 其中大部分为乳酸, 如温度超过 55°C, 还原糖便迅速分解生成各种有机酸和不同的有色化合物, 加深了糖汁的色泽, 从而影响产品的质量。还原糖分解产物会增加废蜜的产量, 因此在甘蔗制糖过程应尽量避免还原糖的破坏。

三、非氮有机酸

混合汁为微酸性, pH 值约为 5 左右, 这是因为存在有有机酸的缘故。酸的种类和数量随甘蔗品种和其他条件而异。有机酸比无机酸不安定, 其碱盐极易溶于水, 妨碍糖分的收回, 很多有机酸具有缓冲作用, 并且能同混合汁中的有机及无机非糖分作用生成色素, 有些有机酸易使蒸发器和加热器生垢。通常存在于混合汁的有机酸为:

1. 乌头酸

乌头酸在混合汁中含量较多, 其含量对甘蔗约为 0.1% 左右, 有缓冲作用, 与石灰生成溶解度很低的乌头酸二钙镁的六水盐 $[\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_6)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$, 是形成加热器或蒸发器积垢的一种成分。

2. 苹果酸

苹果酸在蔗汁中含量不多, 约 0.000077%, 对澄清过程影响不大, 苹果酸的钙盐具有吸湿性, 故表面附有糖蜜的成品糖, 若糖蜜中有苹果酸的钙盐, 则能吸收空气中的水分,

而使糖品受潮。

3. 草酸

混合汁中的草酸约 0.00004%，草酸与石灰作用生成草酸钙不溶于水，微溶于稀糖液中，当蒸发浓缩时，其溶解度降低，而生成积垢。

4. 琥珀酸

混合汁中仅次于乌头酸的含量，其钙盐有吸湿性。

5. 柠檬酸

在蔗汁中含量甚少，在甜菜汁中含量较多，其钙盐几乎不溶于水。

6. 延胡索酸

苹果酸加热分解可生成延胡索酸，其中性钙盐略溶于水。

7. 醋酸

正常甘蔗不含醋酸，但受病害和放置过久的甘蔗所得的蔗汁常含有醋酸，它是由微生物分解蔗糖所产生，溶解度较大，制糖过程难以除去。

四、含氮的非糖分（氨基酸和蛋白质）

蔗汁中的含氮物质主要是蛋白质、氨基酸及其酰胺，真正的蛋白质是具有很高分子量的化合物，是22种天然氨基酸以不同的聚合方式组成的。蛋白质分子中氨基酸单体数目为200~1000，分子量很大，蛋白质较易溶解成胶体状态分散在蔗汁中，并具有蛋白质和游离氨基酸之间的性质。

1. 氮在甘蔗中的分布

甘蔗根部含氮量	平均0.7%
蔗汁含氮	0.018~0.062%
蔗茎含氮	0.06%

蔗梢含氮

7.2%

蔗梢含氮量最高，如蔗梢切除不完全和压榨过程中有蔗叶混入甘蔗中就会使蔗汁中的含氮物质增高，将会对制糖过程造成不利的影响。

2. 混合汁中的含氮量及其对制糖过程影响

混合汁的非糖分含量中约有9%是蛋白质，9.5%是氨基酸和15.5%为氨基酸胺。在澄清过程中约能除去40%，而有60%会通过澄清过程，此氮称为有害氮。

有些含氮物质如氨基酸及其酰胺是以真溶液状态存在于蔗汁中，而蛋白质则以胶体状存在，当蔗汁在加灰、加热处理时部分蛋白质凝聚而被除去，但仍有部分留在胶体溶液中，氨基酸及其酰胺将会成为钙盐而被除去，未被除去部分则随制造过程进入糖蜜中，增加了废蜜的产量。

氨基酸可能是重要的成蜜物质，因为它与还原糖化合而生成深色的拟黑色素物质，因其能形成分散胶体，所以少量的存在也影响蔗糖的结晶和糖膏的颜色。

还原糖-氨基酸反应过程时有碳酸气产生，糖膏在助晶过程中发胀及变色就是此原因，它也会使糖蜜在贮箱中发生泡沫。

酰胺类如天冬酰胺和谷氨酰胺在加灰加热处理时，会分解而生成相应的氨基酸和氨，这些生成物就是使蒸发罐冷凝水碱化的原因。

除去蔗汁中氨基酸及其酰胺的最好方法，是利用离子交换树脂，用此法可除去70~75%的非糖分固形物。

五、高分子有机化合物

1. 纤维素

纤维素由葡萄糖单体所组成，具有长的葡萄糖聚合链，纤维素是不溶性的，但有微量可能成为悬浮固形物留存于蔗汁中，故必须在澄清时彻底除去，以免影响结晶。

2. 半纤维素

半纤维素与纤维素的区别，在于它是由戊糖而不是葡萄糖单体所构成，聚合度较低，半纤维素比纤维素易于溶解，溶于水后呈胶体状态。

3. 果胶质

甜菜中的果胶含量较多，甘蔗中的果胶含量较少，估计有0.1%存在于蔗汁中，果胶的基本化学构造是半乳糖醛酸聚合体的长链，并证明是由5-羧基-4-2 D 氧六圆半乳糖甙所连结起来的

果胶的特性是在糖液中形成凝胶，特别是有钙离子存在时尤为显著，糖浆中只需有微量存在，便会增加粘度足以妨碍糖的结晶，在加灰至 pH8.8 时能使其大部分沉淀。

4. 淀粉

甘蔗中的淀粉主要存在于蔗叶和上端各节中，成熟的甘蔗不含淀粉，但某些品种的甘蔗含量则较多。甘蔗淀粉粒子在浸渍时易于分散在蔗汁中，而且加热成凝胶后，往往不能除去。糖汁中淀粉含量较多时，会增加糖汁的粘度影响糖汁的过滤和蔗糖的结晶，并增加废蜜的产量。淀粉可容许的含量为0.05%，超过此限度即引起生产过程中相当大的困难。

六、类脂物

类脂物指蔗皮带来的蔗蜡和蔗脂，它和天然类脂物一样是脂、游离酸、醇和碳水化合物混合物的混合物，为混合汁的主要起泡剂。它们在蔗汁中有的呈悬浮状态，有的受热呈浮渣，

可部分被滤去，少部分溶解。

蔗脂、蔗蜡能与石灰作用生成难溶的钙皂，大部分能被滤入滤泥，因此可从滤泥提取蔗蜡。溶解部分在加热蒸发时会成积垢析出，但总有一些仍存在于清汁中，对生产的影响不大。

七、色素和有色非糖分

混合汁中的有色物质含量并不多，混合汁中含有机非糖分约1%，而有色物质仅为有机非糖分的17%，然而由于色素的强度，对糖汁和白糖的色泽影响很大，在生产过程中除去色素杂质是极重要的。糖汁中色素的来源是：

1. 甘蔗中原来存在的有色非糖分

存在于甘蔗中的有色非糖分有：叶黄素、叶绿素、胡萝卜素及花色素，其中叶绿素、叶黄素、胡萝卜素几乎均不溶于水或在澄清过程中极易除去，对生产影响不大。

花色素为红色、蓝色、紫色等有色物质的总称，可溶于水，是属于葡萄糖甙类的有机化合物。在生产过程中，花色素与铁起反应而无法除去。碳酸饱充可将全部花色素除去，而硫熏仅能除去一部分。

花色素多集中在甘蔗的生长点，若蔗梢切去太少时，它们即溶入蔗汁中，影响糖汁色泽加深。

2. 甘蔗中可能产生色素的非糖分

(1) 多酚类 多酚类物质包括：从3~4-二羟基苯甲酸所衍生的单宁酸；从蔗皮中的花色素所衍生的酚羟及甘蔗纤维中的“甘蔗黄”，此外糖腐植质及拟黑色素均含有酚羟，所有这些多酚类与空气接触及在碱性溶液中时均变成深色，而遇高价铁盐时则生成极深色的有色化合物。