

全国甘蔗糖学会
广东省制糖学会联合年会

论文选集

1991年7月·广州

· 工艺技术 ·

糖的品种及其发展·····	黄伟干 (1)
低温强碱工艺改进亚硫酸法制糖·····	李志风等 (10)
石灰回溶碳酸法制糖生产试验总结·····	刘深朋等 (16)
赤砂糖处理工艺探讨·····	郑钟强等 (19)
糖厂蔗糖转化损失计算的研究·····	沈参秋等 (23)
一种新的糖汁清净工艺的设想·····	李琳等 (30)
提高南宁地区部分亚法糖厂白砂糖质量的生产实践·····	李琳等 (33)
蔗糖晶体的“生长分散”与“生长集中”现象·····	高大维等 (37)
制糖工业真空助晶·····	钟志才等 (41)
降低白糖库存增色探讨·····	杨万善等 (46)

· 压榨 装备 热力 自控 ·

斜调圆销式压榨机及QA型机列的优点与展望·····	詹益江 (53)
小顶角甘蔗压榨机·····	刘维海 (59)
$\phi 610 \times 1200$ mm 压榨设备的进一步改造挖潜·····	文兴元 (63)
压榨杀菌剂的应用研究·····	梁仲荪等 (67)
关于提高糖厂处理能力的若干问题·····	梁汉平等 (72)
等压排水装置及其控制系统·····	黄福五等 (76)
TN ₁ 型半自动压滤机的应用·····	戴富泉等 (82)
蒸发罐吹气静压差式糖浆锤度计·····	陈胜祺等 (85)

· 技术经济 综合利用 ·

九十年代世界糖业·····	陈世明 (90)
湛江糖业基地的建设和发展·····	毛礼镭等 (95)
固定化活酵母生产糖蜜酒精新技术·····	周学礼 (100)
蔗糖发酵制品·····	许喜林 (103)

· 摘要登载的论文 ·

G409澄清剂提高白糖质量的应用和效果·····	孙由芳等 (106)
精幼白砂糖的生产探讨·····	蓝炜等 (107)

澄清工段的小改革.....	李惠钦(108)
甘蔗压榨过程的蔗糖未测定损失.....	黄悦刚(109)
关于甘蔗蔗糖分影响因素的探讨发展.....	刘让文(110)
甘蔗原生质体酶法分离研究.....	张子建等(111)

· 会议专题报告 ·

美国糖业研究所所长克拉克博士学术报告.....	(112)
甘蔗糖厂工艺技术发展的几个新领域.....	陈世治(129)
在制糖生产中结晶方法与技术的新发展.....	杨 倬(138)

糖的品种及其发展

黄伟干（华南理工大学）

一、前言

蔗糖是自然界存在的最丰富的天然甜味剂，又是人类生活必需的主要营养品之一，是人体活动所需热量的重要来源。它既可直接消费，也可作为食品工业的主要原料。蔗糖生产与人民生活水平的提高、市场的繁荣和食品工业的发展密切相关。因此，制糖工业属世界最大的工业之一，产糖量已超过1亿吨。但在人们印象中，糖的品种较单调，不外砂糖、精糖、红糖、冰糖等数种，在其品种方面，好像没有开发的余地。究其原因，其一是我国糖厂传统产品比较单一；其二是不管用何种糖料（甘蔗、甜菜、糖槭或椰枣）制糖，提纯后所得的蔗糖的化学成份与分子结构完全相同。

发展和增加糖的品种是当前我国制糖工业的一项紧迫任务。它直接关系到糖厂的经济效益，也反映人民生活与整个食品工业水平的高低。为加深对此问题的了解，促进其研讨和解决，作者对糖的品种及其最新发展进行探讨。文中所讲糖的品种，是指由糖料直接或间接制成的天然蔗糖产品，以及用蔗糖为原料，经某种方法加工而成的甜味剂。

二、我国糖品种的现状

我国幅员辽阔，得天独厚，制糖原料甘蔗、甜菜兼而有之。甘蔗糖厂在榨季期间产白砂糖为主，有些产少量的赤砂糖。产品理化指标见表1、表2。

各甘蔗产糖区也生产非分蜜糖，包括片糖、红糖粉等。其理化指标如表3。

表1 白砂糖的理化指标

项 目	优级	一级	二级
蔗糖分(%)	≥ 99.75	99.65	99.45
还原糖分(%)	≤ 0.08	0.15	0.17
电导灰分(%)	≤ 0.05	0.10	0.15
干燥失重(%)	≤ 0.06	0.07	0.12
色值(IU)	≤ 80	180	300
混浊度(度)	≤ 5	7	11
不溶于水杂质(mg/kg)	≤ 40	60	90

表2 赤砂糖理化指标

项	目	规格
总糖分(蔗糖分与还原糖分, %)		≥ 89.00
干燥失重(%)		≤ 3.50
不溶于水杂质(mg/kg)		≤ 250

表3 片糖和糖粉的理化指标

	项	目	一级	二级	三级
片糖	总糖分(蔗糖分与还原糖分, %)	$\geq$	87	86	85
	干燥失重(%)	$\leq$	6.7	7.0	7.3
	不溶于水杂质(mg/kg)	$\leq$	500	700	900
糖粉	总糖分(蔗糖分与还原糖分, %)	$\geq$	88	87	86
	干燥失重(%)	$\leq$	5.2	5.6	6.0
	不溶于水杂质(mg/kg)	$\leq$	500	600	700

在生产期内, 甜菜糖厂以产白砂糖为主, 其中有些糖厂产一部分绵白糖。绵白糖的理化指标见表4。

表4 绵白糖的理化指标

项	目	精制绵白糖	普通绵白糖
总糖分(%)	$\geq$	98.5	98.0
还原糖分(%)		2.0 ± 0.5	2.5 ± 0.5
水分(%)	$\leq$	0.8~1.6	2.0
灰分(%)	$\leq$	0.03	0.05
色值(°st)	$\leq$	0.6	1.0
颗粒(mm)	$\leq$	0.3	0.4
不溶于水杂质(mg/kg)	$\leq$	15	30

在非榨季(或非生产期)期间, 部分糖厂以进口粗糖为原料炼糖, 产品为各级白砂糖。

结合我们的国情, 人民消费水平不高, 精糖生产尚未形成独立的体系。只在少数糖厂的精糖车间内小规模生产, 产品有精制的白砂糖与方糖。精制白砂糖的理化指标如表5。

我国某些糖厂或食品厂也生产冰糖（属再加工糖），包括多晶冰糖和单晶冰糖。

近年来，一些糖厂生产液体糖，但规模较小，品种单一，基本上是蔗糖溶液转化而成的转化糖浆（也有人称之为“果葡糖浆”，实际上应与由淀粉制造的果葡糖浆区分开来）。个别糖厂还以此为基础，配以不同果汁，制成多种不同香型的“果王糖浆”。

表 5 精制白砂糖理化指标

项 目	指 标
蔗糖分（%）	≥99.8
还原糖分（%）	≤0.03
电导灰分（%）	≤0.03
干燥失重（%）	≤0.06
色值（IU）	≤ 30
混浊度（度）	≤ 4
不溶于水杂质（mg/kg）	≤ 20

三、国外糖的品种及其发展

（一）常见的糖品种

1. 白砂糖。指经过提纯和结晶的蔗糖。联合国粮农组织（FAO）与世界卫生组织（WHO）属下的食品法规委员会（CAC）颁布的白糖国际标准（表 6）。

表 6 CAC白糖国际标准

基本成份与质量指标	A 级	B 级
糖度（转光度，°S）	≥99.7	≥99.5
转化糖（%）	≤0.04	≤0.1
电导灰分（%）	≤0.04	≤0.1
干燥失重（105℃ 3 小时，%）	≤0.1	≤ 0.1
色值（IU）	≤60	≤150
食品添加剂		
SO ₂ （mg/kg）	≤20	≤70
污染物		
砷（mg/kg）	≤ 1	
铜（mg/kg）	≤ 2	
铅（mg/kg）	≤ 2（暂定）	

国外（特别是发达国家）的白砂糖制成多种不同的砂粒尺寸，以满足食品工业、有关机构和家庭的不同使用要求，每种砂糖均有粒子尺寸分布的不同模式。例如美国的 C&H 公司就生产粗细相差悬殊的砂糖，其典型的筛分数字如表 7 所示。

表 7

砂糖的典型筛分结果

美国筛 目数	糖果糕点 厂用 AA砂	粗砂	中砂 Sanding	细砂	Ge1 Grain	饮料 用砂	焙 烤 厂专用	粉状糖	糖霜	Baker's Drivert
12	3									
16	53	微量								
20	36	15	8							
30	7	56	54	20		微量				
40	1	27	35	69	4	12	微量			
50	微量	2	3	9	56	38	2			
80			微量	2	32	42	17			
100			微量		7	8	35	1.1		
140					2		34	0.5		
200							12	1.3		
270								2.6		
325								3.5		
通过352								92.0	99	99

注：表中数字为留在各筛网上的砂糖份数。

2. 粗糖（原糖）。世界上许多国家和地区都生产粗糖，供国外或国内炼糖厂作为精制糖的原料。粗糖的质量因生产国的甘蔗情况及技术水平有很大的不同。表 8 为两种粗糖的分析数字。

表 8

粗糖的成分分析

粗 糖	转光度 (%)	转化糖 (%)	灰分 (%)	水分 (%)	有机非糖分 (%)
1	99.8	0.2	0.3	0.25	0.45
2	97.6	0.35	0.45	0.50	1.10

3. 绵糖（soft sugars）。日本是生产绵糖的主要国家。在六十年代时年产绵糖超过 70 万吨。绵糖是炼糖厂的主要产品。绵糖生产的主要特点是糖膏分蜜打水后在筛篮的糖层上喷上加一定量的转化糖浆，使糖在相当长时间内保持足够的绵软，贮运时不会结块。

CAC 颁布的绵糖国际标准见表 9。

表9

绵糖国际标准

主要成分与质量指标	绵白糖	绵糖(除绵白糖外)
蔗糖分和转化糖(%)	≥97.0(蔗糖计)	≥88.0(蔗糖计)
转化糖(%)	0.3~12.0	0.3~12.0
电导灰分(%)	≤0.2	—
硫酸灰分(%)	—	≤3.5
干燥失重(%) (105℃ 3小时)	≤3.0	≤4.5
色值(IU)	≤60	白到深棕
食品添加剂		
SO ₂ (mg/kg)	≤40	≤40
污染物		
砷(mg/kg)	≤1	
铜(mg/kg)	≤10	
铝(mg/kg)	≤2(暂定)	

4、非分蜜糖。在世界上由蔗汁生产类似我国红糖(片糖、红糖粉等)一类非分蜜糖的国家有印度、巴基斯坦、印尼、泰国、缅甸、菲律宾、越南、日本等。生产方法与我国传统方法基本相同,只是产品的名称、形状、尺寸等有所不同。例如印度的产品叫Gur。主要有扁平块状、球状、半球状。产品的化学成分如下:

	普通 Gur	中性 Gur	产品等级	1	2
转光度(%)	72.8	78.5	转光度(%)	80.4	69.8
还原糖(%)	10.2	5.2	还原糖(%)	7.0	10.1
水分(%)	6.9	2.9	水分(%)	8.5	11.0
灰分(%)	2.2	2.9	灰分(%)	1.25	1.55

日本叫Kuro—Sato 或Koku—To。是棕黑色的糖块。产于日本南部各岛及琉球群岛。典型的成分如下:

产品等级	1	2	3
转光度(%)	86.0	82.3	78.6
还原糖(%)	2.1	2.4	7.1
水分(%)	5.7	6.9	7.7
灰分(%)	1.4	1.7	1.5

红糖粉在日本叫Shiroshita—To。主要产于九州岛及南部各岛。其成分分析如下。

在国外,用现代方法生产的非分蜜糖有速溶糖和无定形糖。

速溶糖是用糖浆喷雾干燥法生产的多孔性颗粒状糖。在水中溶解速度较白砂糖快6倍左右。所用糖浆应根据产品质量不同进行不同的清净处理。速溶糖的主要成分如下:

	高级速溶糖	低级速溶糖
蔗糖分(%)	97.5以上	94.5以上
还原糖(%)	1.4	2.4
水分(%)	0.65	0.70
色值(°st)	1	6.5

无定形糖也叫变形糖 (Transformed Sugar) 或微晶糖 (Microcrystalline Sugar)。它是用高纯糖浆在快速浓缩后, 在起晶/结晶器内搅拌并快速冷却, 物料再经干燥冷却、磨碎、筛选成为产品。在美国、巴西等国家有生产。巴西的无定形糖, 糖度 (转光度) 为99.1~99.3, 还原糖为0.05~0.25%, 灰分为0.08~0.15%, 水分为0.10~0.3%, 色值与精糖相当。

5、液体糖。液体糖是某种浓度的糖的水溶液。其中的糖既可以是蔗糖, 也可以是转化糖, 或是蔗糖与转化糖的混合物。在美国大部地区、加拿大, 欧洲的许多国家都有液体糖供应。

液体糖有不同品种以满足食品厂的专门要求, 其中比较重要的品种有:

液体蔗糖: 其浓度为66.5~68.0^oBx。可用精砂糖回溶或由炼糖厂中间制品加工而成。在上述浓度下, 糖液未能防止酵母、霉菌的侵入和繁殖。

液体转化糖: 其转化糖含量可从10至90% (干基计)。由于水中转化糖的溶解度比蔗糖高, 故液体转化糖的浓度可比液体蔗糖高 (达77^oBx)。因浓度较高、酵母、霉菌的感染机会较小, 故应用比液体蔗糖更广泛。液体转化糖与液体蔗糖相比的其它优点是: 用同量的蔗糖生产, 液体转化的产量较高; 由于液体转化糖浓度较高, 单位体积容器的贮存量可提高, 单位重量的运费可降低; 转化糖液的甜度高于相同浓度的蔗糖溶液; 有较高的渗透压, 贮存时的防腐力稍强于液体蔗糖等等。

液体转化糖有多种不同规格, 其成分可根据需要在一定范围内变动。

液体转化糖可用热酸法转化酶法或离子交换法制造。

棕色液体糖 (Liquid Brown Sugar): 此类产品通常是用炼糖厂的糖浆 (蜜) 加工而成。颜色由金黄至深棕色不等。

6、特殊糖的品种。此类产品一般是指物理形态与 (精) 砂糖或蔗糖溶液不同、具有能满足食品工业用途某种需要的特点的蔗糖产品。在这方面国外炼糖工业一般还没有公认的规格或标准。此类品种有:

粉状糖 (Powdered Sugar): 用高速粉碎机将精砂糖磨碎, 同时添加3—4%的玉米淀粉, 以防糖粉结块。

干糖霜 (Dry Fondant Sugars): 极幼的粉状糖, 使用于特定的食品 (例如用作糕点上的 fondant 与 icing)。粒子尺寸为20—25 μ m, 要求能全部通过美国325目标准筛。这样, 咀嚼时砂粒不为牙齿所察觉 (30—40 μ m砂粒可察觉)。

造粒糖 (Agglomerated Sugars): 粉状糖 (85~95%通过325目筛) 经过受控的结块条件处理后干燥而成。此种产品由极幼粉状糖的小团组成, 粉状糖于其中松散地结合。其用途与粉状糖相同, 但无粉状糖的缺点, 它不含淀粉, 但能自由流动, 没有糖尘产生; 速溶于水。在水中不会成团 (Balling)。因此特别适于配制各种速溶固体饮料。

彩色砂糖 (Colored Sugar Crystals): 焙烤食品使用彩色砂糖有特别的装饰效果。用植物色素的糊状物将粗砂 (如糕点厂AA砂) 及中砂 (Sanding) 染色, 效果最好。染色操作可根据处理量大小不同采用机械或人工进行。

棕色糖 (Brown Sugars): 此种产品实际上是80~150目的细砂, 复盖以一层极薄的深色糖蜜膜。它是按产品的棕色深浅来分级的。颜色由浅棕色、金黄色到深棕色不等。美国不

同地区所产棕色糖的成分如表10所示。

表10

棕色糖的大致成分

		蔗糖分 (%)	转化糖 (%)	灰分 (%)	有机非 糖分*(%)	水分 (%)
西海岸	中棕**	87.5	4.4	2.1	2.3	3.6
西海岸	深棕	86.2	5.0	2.3	2.8	3.7
东海岸	中棕**	91.0	3.0	1.3	2.2	2.5
东海岸	深棕	89.0	3.2	1.7	2.3	3.8
南部	中棕**	90.0	3.5	1.8	1.1	4.1
南部	深棕	91.0	3.0	1.4	0.8	3.8
甜菜	中棕	88.5	3.0	0.7	0.8	2.0

* 有机非糖分通常由100与其余各成分总和的差额决定；** 中棕通常属于金黄棕。

除上述常见品种外，日本、越南、印尼等地也生产冰糖。

(二) 新开发的糖品种

1、健康糖（或全价糖）。这是一种由甘蔗制造的完全食品，商品名称SUGANAT，是甘蔗天然产品之意。

1953—1966年瑞士儿科专家M、H、Beguin博士研究发现全谷类食物能增进儿童口腔健康，而在热带国家的研究表明，甘蔗汁能防龋齿。这启发他寻求相当于“全麦”的“全糖”，并在瑞士儿童中分组进行了大量试验，研究结果已为欧洲消费者所接受。健康糖已由瑞士Pronatec公司生产，1978年开始商品化，产量逐步提高，并扩展至美国市场。

SUGANAT是由甘蔗（对肥料与农药的施用有严格要求）榨汁、经过滤、浓缩、真空干燥制成的糖粉。其特点是制造中不加任何化合物，不经过任何人为化学过程，它是一种独特的甜味剂，不经精炼是完全天然的有机食品。其中除蔗糖、还原糖外，还含有甘蔗中几乎全部的天然矿物质（包括某些微量元素）和维生素。在营养价值上，它比精制糖更完全，更理想。因为糖类代谢时需要某些矿物质与微量元素，故可认为SUGANAT含有维持生命及糖类代谢所必需的物质。其中所含微量元素铬是人体糖类代谢所必需，食物缺铬会引起糖尿病和心脏病。吃健康糖可防由于吃精制食品所引起的营养缺乏症。另一方面，健康糖具有天然甘蔗的独特风味，使用方便，可在饮料、食品、烹调上代替白糖。

健康糖产品有固体与液体（糖浆）两种。固体产品的成分（平均值）见表11。

液体SUGANAT含水分25%，各成分含量为上表数值的3/4。

SUGANAT的热值为1550kJ (370kCal)/100g，液体SUGANAT的热值为1130kJ (270kCal)/100g，

2、用蔗糖制造的新型甜味剂。目前在国外（例如日本）流行健康食品，包括具有某些生理功能的食品。因此，许多食品制造商发展能满足消费者多种需求的有预期特性（例如群众接受性、低热值、独特性的加工特点、某些生理功能、经济性等）的食品原料。相应地，

表11

SUGANAT各种物质含量(100g计)

成 分	含 量	成 分	含 量
未经精制的糖(蔗糖、果糖、葡萄糖等)	93g	维生素C	38mg
矿物质	2g	维生素A原(β -胡萝卜素)	3.9mg
钾	750mg	泛酸钙	1.2mg
镁	85mg	维生素B ₆	0.4mg
钙	70mg	维生素PP(吡啶酰胺)	0.2mg
磷	32mg	维生素B ₁	0.14mg
铁	25mg	维生素B ₂	0.14mg
锌	2mg		
氟、铜、铬、硒	微量		

在碳水化合物甜味剂的发展方面也同样的趋势。所发展的碳水化合物新型甜味剂都具有一种(或以上)的特性,例如低甜度、低(或非)致龋性、低热值、促进 *Bifidus* 生长能力、保持水分能力强等等。现介绍几种以蔗糖为原料制造的新型甜味剂。

(1) Palatinose (isomaltulose, 6—O— α -D-吡喃葡萄糖基果糖)。简称帕糖。它是通过特殊菌株内的 α -葡萄糖基移位酶作用于蔗糖制成。日本 Mitsui 糖业公司1984年开始用蔗糖大规模连续生产,使用 *Protaminobacter rubrum* 菌固定化休眠细胞的生物反应器。帕糖产率85%

由于帕糖易由浓缩液中析出结晶,故有晶状产品,母液则以“帕糖糖浆”的商品名出售。其中含葡萄糖基移位的另一产物 trehalulose (占糖浆干固体总量40%)和未结晶的帕糖(占20%)。

帕糖为非致龋性,在蔗糖存在时有抗龋作用,可在小肠内缓慢地消化吸收;晶状帕糖,甜度为蔗糖的40%左右。

帕糖主要用于糖果生产,作为营养性、非(或低)致龋甜味剂。有稳步增长的市场。

(2) 果糖(基)低聚糖。Meiji Seikaisha 公司1983年开始工业生产。由蔗糖经 β -吡喃果糖基糖酶处理而成。这种酶由黑曲霉(*Aspergillus niger*)或 *Aureo dasidium Pullula* 提取。

产品种类有 Meioligo G 及 Meioligo P。主要成分为 1—Kestose, nystose, IF— β -吡喃果糖基 nystose。Meioigo G 是含果糖基低聚糖56%(对干固体)的浓糖浆,甜度约为蔗糖的60%。Meiolgo P 是 Meiolgo G 经色谱分离而得,含果糖基低聚糖95%(对干固体)。甜度为蔗糖的30%。

据介绍这些糖是非消化吸收性,在人体肠道中为二裂菌(*bifidobacteria*)选择利用。服食后据称能改善肠道细菌群,对便秘。降低病人血脂有疗效。在温度高达140℃时仍稳定。在饲料中添加 Meioligo G 能使小猪快增体重。

由于上述特性,果糖基低聚糖可广泛用于食品及饲料中,预计对其需求量将会扩大。

(3) 低聚麦芽糖基蔗糖 (Maltooligosylsucrose)。这是用淀粉水解液与蔗糖混合物培养环糊精葡聚糖移位酶来制造,是用酶学方法将一个葡萄糖残基移位至蔗糖分子的葡萄糖基半部上,在这些糖中葡萄糖残基彼此以 $\alpha-1,4$ 方式相连。将反应生成混合物脱色、除离子、浓缩成为糖浆。日本 Hayashibara 生化实验室从1979年开始生产。商品名称为 Coupling Sugar。

据称此种糖保留蔗糖在食品加工方面的理想性质,但几乎不会引起龋齿。其甜度约为蔗糖的 $1/2$ 。可在不同食品中用作代替蔗糖的甜味剂。

除了上述用生化方法由蔗糖制造新型甜味剂外,也有用化学方法制造蔗糖新型甜味剂的。英国伦敦大学的 L. Hough 教授经多年研究发现蔗糖某些羟基的卤代衍生物有甜味,有些还有极高的甜度。例如蔗糖的 $4,1',4',6'$ 四溴代衍生物的甜度是蔗糖的 7500 倍; $4,1',4',6'$ 四氯半乳糖的甜度是蔗糖的 2200 倍; $4,1',6'$ 三氯- $4,1',6'$ 三脱氧一半乳糖 (商品名称 "Sucralose") 甜于蔗糖的 650 倍。目前最成熟、最有希望的是 Sucralose,它无毒。非代谢性因而不发热,在加酸水解方面较蔗糖稳定得多。已由英国 Tate & Lyle 和美国 Johnson & Johnson 公司联合开发,并以获准作为优质高甜度甜味剂投放市场。有人预测其销售量有可能超过 Aspartame 成为二十世纪 90 年代的新型甜味剂。

四、结语

综合上述,认为制糖工业是产品单调的行业的看法,实在是一种误解。随着我国国民经济的发展,人民生活水平的提高,开发增加糖的品种,实为必要。对照国外先进水平,可以看到我们的差距甚大。在发展糖的品种方面有许多工作要做要结合我国实际情况,努力发展增加白糖的花色品种;逐渐增加适合食品工业发展和人民生活需要的液体糖的产品和品种;研究开发健康糖等特殊糖品种,作为出口创汇的产品,以蔗糖为原料,经生化或化学途径制造的新品种,我国仍属空白或刚起步,应大力进行研究和开发。

(上接第18页)

3、本工艺是生产优质白砂糖 (以精糖为主) 的方法,由于采用了回溶重结晶,工艺流程长,煮炼糖膏量大,收回降低,能耗增大,多此生产成本增加,必须实行优质优价,从优价中来抵偿成本增加及获得经济效益。

4、试验期生产的甲糖 (即原糖) 质量很好并具有进一步提高的潜力,因此可简化回溶糖浆清淨处理过程,建议根据产品质量的情况,将现行的碳酸、磷酸二次上浮法简化为一次磷酸上浮法。

5、减少煮炼糖膏量是降低精糖成本的关键。在试验过程中,由于煮糖操作人员对高纯度糖膏煮炼不熟悉,糖膏结晶率低,晶形外观较差,回煮量大,这些都是今后需要改进的。另外在煮糖制度方面,建议将甲、乙糖混合后回溶,以降低煮炼糖膏量。

6、本生产方法是生产精糖的最简单方法,但重结晶流程的框架已形成,为今后进一步生产更高级的精糖及增加糖的品种创造了十分有利的条件。

7、为了能使在国际上流行的石灰回溶碳酸法制糖新工艺能在我国生存下来,希望上级有关部门多给予指导和支持,将生产的优质白砂糖打进国际市场,为发展我国制糖工艺作出贡献。

低温强碱工艺改进亚硫酸法制糖

李志凤 周维坤 李亚昆 (云南省轻工研究所)

我国多数甘蔗糖厂采用亚硫酸法生产耕地白糖。这种方法工艺简单,但产品质量与工艺效果不够好,故亚硫酸法的改革是很重要的课题。

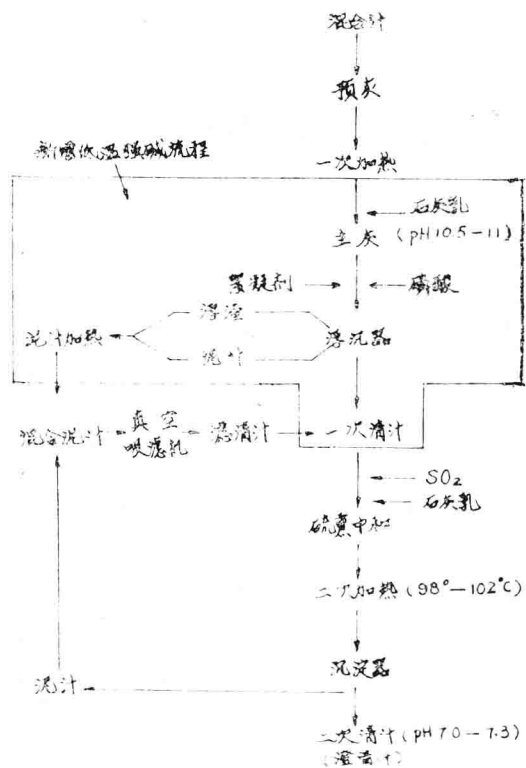
云南省轻工业研究所与景坎糖厂协作于1990、1991年两个榨季在景坎糖厂2000 t/日机列开展低温强碱的生产性试验，已取得初步成功。连续多天运行，煮糖岗位反映糖浆质优，好煮糖。1991年榨季后期，开远糖厂总工程师王富文同志等对生产试验进行了短期查定。意见如下：“查定期间，经多方征求意见，认为此法具有比亚硫酸法优越，特别对低纯度甘蔗原料处理效果十分明显。煮糖岗位普遍反映用此法生产的糖浆质优，粘度小，纯度高，好煮糖，吸收快，手感好。根据物料分析结果，结合实地观察，我们认为低温强碱改进亚硫酸法工艺是可行的。清净效果比较明显，达到预期目的。”

一、试验情况简介

低温强碱改进亚硫酸法工艺，1990年3~4月在景坎糖厂试验取得初步成功后，再改进了设备管路流程，增加自控（液位、主灰、泥汁加热）。1991年3~4月份进行了连续8天的生产性试验。4月26~27日进行了查定。低温强碱取得的效果如下：（1）清汁质量良好。澄清汁比混合汁平均提高G.P. 1.88，A.P. 2.78，工艺稳定时平均可提高G.P. 2.73，A.P. 3.64，色值约2100IU，混浊度1000以下；（2）糖浆质量好，（色值2164，混浊度895，CaO% Bx 0.46，pH6.4）已达到或接近该厂精糖浆质量；（3）胶体除去达50—60%，煮糖好煮。

二、工艺流程

如图（方框外为原亚硫酸法流程）。



三、试验结果

1. 澄清汁纯度提高的实绩

时 间	A.P.			G.P.			—清汁 pH
	混合汁	澄清汁	提 高	混合汁	澄清汁	提 高	
4月18日12时至20日4时 平均值	76.90	80.20	+3.30	79.95	82.19	+2.24	10.76
4月21日20时至23日4时 平均值	76.51	79.35	+2.85	79.49	81.19	+1.95	10.31
4月23日12时至25日12时 平均值	76.17	77.57	+2.46	78.54	80.42	+1.97	10.21
总 平 均	75.10	79.04	+2.87	79.33	81.27	+2.05	10.43
纯度提高范围			+0.83 ~5.05			0.48~ 4.48	

当—清汁pH值在10.4以上时, 平均A.P. +3.64, G.P. +2.73

2. 澄清汁、粗糖浆、精糖浆色值、混浊度对比

澄 清 方 法	国际糖色值 (IU)			混 浊 度 (度)		
	澄清汁	粗糖浆	精糖浆	澄清汁	粗糖浆	精糖浆
低温强碱法 (4.19—4.23) 平均值	2154	2813	2655	737	1003	905
亚硫酸法 (4.21日)	2360	2518	1928	2360	1220	1121

3. 胶体去除率对比

澄清方法	分析方法	胶 体 含 量 % Bx				澄清汁比混合 汁胶体去除率
		混合汁	澄清汁	粗糖浆	精糖浆	
低温 强碱 法	4月23日	3.03	1.88	2.09	2.62	37.95%
	24日	3.50	1.44	2.32	1.93	58.86%
	27日	3.19	1.13	0.78	1.26	64.58%
亚硫酸 法	4月26日	2.18	1.37	1.15	1.48	37.16%
	3月6~9日	2.87	1.87			34.84%

4. 还原糖破坏率

由4月18~25日, 混合汁至澄清汁还原糖的破坏率为2.69~32.04%, 平均14.17%。

低温强碱法还原糖破坏不很严重。主要原因是：1. 控制低温；2. 主灰 pH 值一般偏低。

5. 成品糖质量指标

由 4 月 18 日～25 日，所生产的白糖（编号 #567～581, #589～600）的理化成分的平均值、最高和最低值，以及国家规定的优级糖与一级糖质量标准如下表：

	蔗糖份 (%)	还原糖份 (%)	干燥失重 (%)	电导灰分 (%)	不溶水杂质 (mg/kg)	色值(国际 糖色值)	混浊度 (度)
平均值	99.75	0.08	0.05	0.04	18.4	148	5.3
最 优	99.90	0.07	0.04	0.04	5	111	4
最 差	99.65	0.1	0.07	0.04	42	177	6
优级糖标准	99.75	0.08	0.06	0.05	40	80	5
一级糖标准	99.65	0.15	0.07	0.10	60	180	7

四、理论探讨

低温强碱改进亚硫酸法工艺的技术关键是：利用 pH11 最佳凝聚点去除大量非糖杂质，尤其是有机胶体等，以此弥补亚硫酸法去除非糖杂质少的缺陷。现以乌头酸含量观察亚法、碳法对有机非糖物的去除率：

混合汁含乌头酸	1.49g/L
亚硫酸法清汁含乌头酸	1.42g/L, 亚法去除率 4.7%
一碳饱充清汁含乌头酸	0.79g/L, 碳法去除率 46.98%
二碳饱充清汁含乌头酸	检测不出

（以上资料摘自云南轻工研究所“离交法试验总结”）

低温强碱法去除胶体率为 50—60%，亚硫酸法去除胶体率为 35% 左右。

低温强碱改进工艺，应用了两个凝聚点（pH11、pH 7），两次分离（浮、沉），而达到高清净效率。现就低温强碱改进亚硫酸法几项主要工艺条件的理论探讨如下：

1、主灰（pH11）反应与浮沉分离。据苏联西林教授的研究，各种钙盐的最佳凝聚点如下：碳酸钙：11.19pH；草酸钙：11.33pH；酒石酸钙：11.42pH；柠檬酸钙：11.59pH；硫酸钙：11.30pH；蛋白质（与石灰化合物）：11.00pH；果胶酸钙：10.49pH；四半乳糖醛酸钙：11.11pH；转化糖碱分解物钙盐：10.96pH。以上化合物的最佳凝聚点都在 pH11 附近。此外还有如下作用：

（1）去除铁盐：在强碱 pH11，可使 Fe^{+3} 形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀，除去铁盐可达 90% 左右。

（2）硅酸：硅酸占混合汁灰分 10—30%，强碱可使硅酸胶体凝聚沉降。

（3）磷酸：磷酸有三级电离，反应缓慢，在高碱 pH11，磷酸与 Ca^{+2} 反应较完全，残余量少，可减少后反应。

(4) 色素: pH11对除去高分子色素有良好作用, 可除去色素58%左右。

(5) 多糖类: 甘蔗中多糖包括淀粉、葡聚糖、细胞壁的多糖、纤维素、半纤维素等。细胞壁多糖不易除去, 酚类化合物在碱性条件下, 氧化生成深色化合物, 高碱可除总酚量的34%。

(6) 蛋白质: 蛋白质约占甘蔗非糖分的9%。蛋白质的钙盐化合物在 pH11 凝聚。加热可凝聚并除去60—80%。因此, 可以认为, 高碱pH11是去除蔗汁中非糖杂质的最佳pH值。

2、加灰量。低温强碱的加灰量比亚硫酸法(有效CaO与蔗比0.15—0.2%)多。但比碳酸法2%少得多。为了保证除杂效果, 又节约石灰用量, 我们在试验室进行了不同pH的加灰量试验。现将几次试验的平均值列下: 试验方法: 取混合汁1000ml, pH 6.1~6.8(已经预灰), 用6°Bé石灰乳加入, 逐步提高pH记录石灰乳ml数。

调整 pH 值	pH 8	pH 9	pH10	pH10.5	pH11	pH11.5	pH12
分次加入石灰乳 ml	6	5.6	8.7	9.1	15.4	51.5	142
总 加 入 量 ml	6	11.6	20.3	29.4	44.8	96.3	238.3

达到 pH11 合计加入石灰乳 44.8 ml; 达到 pH 11.5 合计加入石灰乳 96.3 ml(是 pH11 加灰量的2.15倍); 而达到 pH12 合计加入石灰乳 238.3 ml(是 pH11 加灰量的5.32倍)。

从以上数据可以看出若pH超过11, 用灰量成倍数增加, 过低则除杂效果差。由于此次生产试验时间较短, 且工艺条件尚未十分稳定, 石灰用量统计不准, 从耗用估算约比普通亚法多一倍。据资料介绍, 达到pH11耗用有效氧化钙量为0.27%。景坎糖厂亚法耗用对蔗比一般为0.15%, 若主灰控制在 pH10.5~11 时, 有效CaO与蔗比约为0.3%左右。

3、加磷酸与上浮分离。主灰后, 入浮沉器前加入磷酸100—150ppm及絮凝剂3ppm。因此去除非糖杂质不仅有石灰强碱效应, 而且有磷酸钙的作用, 形成磷浮分离。加磷酸与石灰乳生成磷酸钙沉淀, 具有很好的去除非糖杂质的作用, 尤其对降低色值有明显效果。但磷酸是三价酸, 必须经三级电离, 作用缓慢, 若反应时间不够, 在生产上常有后反应。不仅影响清汁质量(混浊), 更造成蒸发罐结垢严重的恶果。

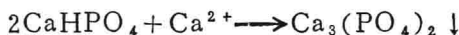
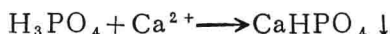
磷酸与 Ca^{+2} 反应可形成三种钙盐: 它们在水中的溶解度分别为:

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 可溶性钙盐: 25℃ 15.4 g/100ml; 100℃ 12.5g/100ml。

CaHPO_4 微溶性钙盐: 25℃ 0.02g/100ml; 100℃ 0.075g/100ml。

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 难溶。冷水 0.002—0.003g/100ml。

磷酸第三级电离很弱, 要在 pH10以上才有部分离解为 PO_4^{3-} , 需时较长, 其化学反应如下:



清净过程要形成 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀, 尽量减少可溶的酸性盐。宜在强碱下反应并要有适当

的反应条件：pH值、温度、混合程度与时间，使残留 PO_4^{3-} 量在 50—60ppm 以下。磷酸钙沉淀属絮状物，强力不大，易被外力破碎，一旦破碎，再要絮凝就困难了。磷酸钙絮状物，易与气泡结合而上浮。絮状物浮易沉难，故主灰后，在浮沉器内要求以浮为主，以沉为辅的分离原则。

反应生成的磷酸钙能吸附带负电的有色物质，对多酚类及铁盐有较强的吸附力。

4、硫熏中和发挥亚硫酸法的作用。经浮沉器得到的清汁，已除去大量非糖杂质，但属高碱清汁，且含钙盐很高，一般为 1~1.2 CaO% Bx，必须经过硫熏中和。正如碳酸法一碳饱充汁必须经二碳饱充以降低清汁pH值，降低钙盐含量，这是保证最终澄清汁质量的重要环节。

5、浮沉器浮渣与泥汁的过滤。低温强碱工艺的目的在于去除大量非糖杂质以提高澄清汁纯度，提高糖浆以至成品糖的质量。能否达到这一点，具体体现在浮渣与泥汁能否带走大量非糖杂质。根据1991年的试验，在工艺条件控制正常的情况下，浮渣多而浓，浮渣层可厚达 20~30厘米，色黑。沉降泥汁量不太多。得到的一次清汁，质优，无悬浮物，呈亮黄色。符合原设计“以浮为主，以沉为辅”的意图。

对浮渣与泥汁曾进行固含物的测定，浮渣(黑)含固形物27~36%，黄色浮渣12~15%，泥汁含固形物6~10%。设计的专用设备浮沉器试验证明性能良好，参数合理。达到了一次分离良好的目的，为定型设计提供了可靠经验。

浮渣内含有蔗糖，与泥汁合并，通过真空吸滤机过滤，过滤性能良好，滤饼厚可达 5~7 mm，干滤泥转光度与亚法相似，2000t/日规模只运行35m²真空吸滤机二台。

6、钙盐含量。澄清汁的钙盐含量也是一个重要指标。它直接影响到蒸发罐结垢，成品糖灰分等，故要力争低钙盐含量。低温强碱处理后，再经硫熏中和，可以得到低钙盐含量的清汁。技术关键在于 pH 值的控制。

据资料介绍，亚硫酸法澄清在蔗汁煮沸后，钙盐最低含量在 pH7.5~8；高于 pH8 时，钙盐含量急剧增加。由于各地蔗汁组成有所不同，应实际测定澄清汁钙盐最低含量的pH值，以指导生产。

五、效益估算与评价

万吨蔗消耗定额估算

比亚法多耗用净剂	多耗用量	万吨蔗耗量	单 价	总 价
石 灰	0.10%	10吨	155.3元/吨	1553元
硫 磺	0.0225%	2.25吨	1200元/吨	2700元
磷 酸	150ppm	1.5吨	2100元/吨	3150元
絮 凝 剂	3 ppm	100公斤	15元/公斤	1500元
(T型胶状10ppm)				
合 计				8903元