

表面活性剂对蔗糖结晶MA、CV 及CRI影响的研究

王文生 汪菊明

(食品科学与工程系)

一、前 言

近十多年来,美国、苏联、日本、菲律宾、南非、印度等国家的制糖工业,已将表面活性剂应用于制糖生产过程中的许多环节,而报道最多的是应用于糖膏煮炼^[1]。我国近年来也开始进行了这方面的研究工作。1983年我院制糖工程教研室承担了“六五”国家科技攻关项目“表面活性剂的研制及其在成糖系统中的应用研究”,负责研究表面活性剂在炼糖生产煮糖过程应用部分。此项研究已于1986年2月通过国家鉴定,成果显著,填补了国内空白^{[2][3]},并获国家计划委员会,国家经济委员会,国家科学技术委员会和财政部联合颁发的“全面完成‘六五’国家科技攻关项目纪念证”。为了将此项科研成果更好地加以推广应用,我们有必要在表面活性剂对蔗糖结晶的作用机理以及对成品白砂糖的质量影响方面作更深入研究。

根据国家标准,成品白砂糖的质量,需从感观指标和理化指标两方面加以评价,而砂糖晶粒的均匀性以及晶体的松散程度则是直接影响感观指标的最重要的因素。在制糖工厂中,糖膏纯度愈高,则煮成晶形良好的晶粒愈困难。在国际上,任何一个精糖厂,要在煮甲糖膏时完全避免聚晶及晶簇的生成几乎是不可能的^[4]。重迭晶体比例较大的成品白砂糖,不仅降低了晶粒的均匀性,而且在晶体表面之间的罅隙中还不免保持一定数量的母液,从而在分蜜时降低了母液与晶体的分离效能。

本课题对国外制糖工业广泛使用的几种表面活性剂以及国内合成的几种表面活性剂在影响蔗糖结晶平均孔径(MA)、变异系数(CV)及晶体规一性指数(CRI)方面进行了研究,探索添加表面活性剂对成品白砂糖感观质量的改善情况。

二、实验装置——真空结晶器

有一套比较理想的实验室煮糖装置,是我们能否顺利完成研究课题的前提。为此,我们进行了较长时间的摸索。

我们参考国外文献资料^[5],自行设计、按装了一套台式煮糖实验装置——真空结晶器。装置的流程见图1。这套装置性能良好,操作方便,完全满足试验要求。

真空结晶器主要由两部分组成:结晶器和真空系统。

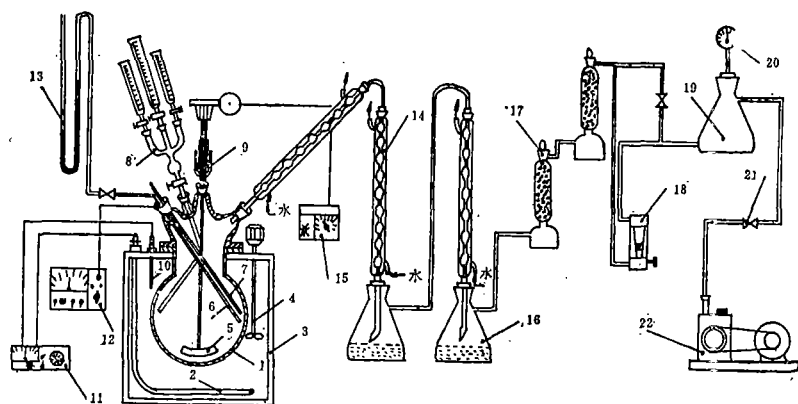


图1 煮糖实验装置流程图

1—结晶器；2—水浴加热器；3—水浴；4—水浴搅拌器；5—结晶搅拌器；6—电导电极；7—温度计；8—加料漏斗；9—液封搅拌套管；10—水浴感温探头；11—温度指示控制仪；12—电导率仪；13—水银真空表；14—球形冷凝管；15—搅拌机调速器；16—缓冲瓶；17—硅胶干燥塔；18—玻璃转子流量计；19—恒压瓶；20—真空表；21—真空阀；22—真空泵。

结晶器的主体是一个真空玻璃容器，它由一个容积为3立升的开口圆底反应烧瓶和一个有四个口的盖子组成，盖与瓶的连接处用橡胶垫圈密封，并用三个“C”字形夹头加以固定。为了改善结晶器内糖膏的循环，使加入物料迅速混和，强化传热，防止晶体沉底，我们在反应瓶中装上一根50厘米长的不锈钢轴，下端焊有锚形桨板作为搅拌器件，由一台JB25—M型无级调速大功率搅拌机带动。搅拌机的变速范围为3~120转/分。搅拌装置的密封是一个关键，经多次试验和改进，我们采用液封搅拌器套管，依靠搅拌器与套管上的橡胶之间的旋转让来密封，并以甘油作为滑润剂，效果良好。

煮糖装置的热源是一套76—1型玻璃恒温水浴。该水浴配有WMZK—01型温度指示控制仪，控温精度为0.5℃。恒温水浴中加入40%(重量)的甘油，以减少载热体的蒸发，减小水浴温度的波动。

结晶器内的真空度用“U”形水银真空表测定。糖膏温度由一根长60厘米的0~100℃水银温度计来测定。糖液的过饱和度由一台DDS—11A型电导仪进行检测。结晶器的加料装置则由一个带阀三叉漏斗和三个带阀量液漏斗组成，中间一个量液漏斗用于糖浆入料，另外两个分别用于晶种和表面活性剂的添加。由于结晶器内真空度较高，器内外压差大，为减少空气漏入和控制加料速度，我们在加料口上使用两道旋阀，并将加料管插入结晶器底部以减小压差。

在养晶过程中，要求糖液的过饱和度始终处于介稳区的范围内。为此，必须控制蒸发水量，以使入料水分和蒸发水分保持平衡。我们采用一根长60厘米的玻璃球形冷凝管作为回流装置，通过控制冷却水量来控制回流量，使糖液始终维持适当的过饱和度。

结晶器的真空系统由一台2X—1型旋片式真空泵、两根玻璃球形冷凝管和两个硅胶干燥塔组成。真空用两级玻璃旋阀进行调节。第一级旋阀安装在真空泵入口处，作为粗调，第二级是一只LZJ—10玻璃转子流量计，进行微调。本装置真空波动不超过 ± 2 mmHg。

三、试验用原材料

1. 糖浆

本试验采用连云港炼糖厂的清糖浆。试验期间分两批取回, 每批糖浆都经搅匀后分装在小塑料桶内, 贮藏于立式冷藏柜, 随用随取。两批糖浆的组成见表1。

表1 糖浆成分

取回 时间	项 目	折光锤度 (°Bx)	蔗 糖 分 (%)	纯 度 (%)	还 原 糖 (%)	电导灰分 (%)
85年8月14日 (第一批)		53.96	49.81	92.31	2.42	0.46
85年10月20日 (第二批)		56.24	53.00	94.24	1.97	0.31

2. 晶种

按照“五一”煮糖法煮得的糖膏, 用无水甲醇进行分蜜。分蜜后所得的晶体以无水乙醇作助筛剂进行筛分。筛出粒度为0.15~0.20毫米的晶体作为甲膏的晶种, 用无水乙醇保存备用。

3. 表面活性剂

名称编号	化 学 组 成	来 源
1. HodagCB-6	α -甲基葡萄糖甙酯	美国Hodag公司
2. Mazu400	甘油单脂肪酸(C_{16-18})酯	美国Mazer公司
3. S-570	蔗糖脂肪酸(C_{12-18})双酯	日本菱糖株式会社
4. 糖助剂-29	蔗糖聚醚	天津市轻工化学研究所
5. SLS	十二烷基硫酸钠	广东顺德化学生物研究所
6. CTAB	十六烷基三甲基溴化铵	上海化学试剂总厂一分厂

四、试验方法

1. 甲糖膏

按照糖厂甲糖膏煮制过程, 分成入料煮浓、起晶(投种)、固晶、养晶和最后浓缩等步骤。糖浆预热至75℃作为煮糖原料。投种时真空度稳定在620mmHg, 根据糖液沸点升高测定其过饱和度, 并将它控制在1.05~1.10之间。养晶阶段糖液过饱和度始终维持在介稳区内, 通过糖液的电导率变化加以控制。随着糖液的浓缩, 真空可逐渐提高。养晶阶段糖液的电导率变化如图2所示。

养晶结束后, 糖膏浓缩最后达到90°Bx以上即可卸料。

图2中可以看到当真空度处于630mmHg时曲线的后半段稍有回升, 这是为了防止过饱和度和度突升, 适当增加入料稀释糖液所致。

煮成的糖膏卸入无水甲醇中进行洗蜜, 然后倾入真空过滤器过滤。待糖膏两次洗蜜过滤

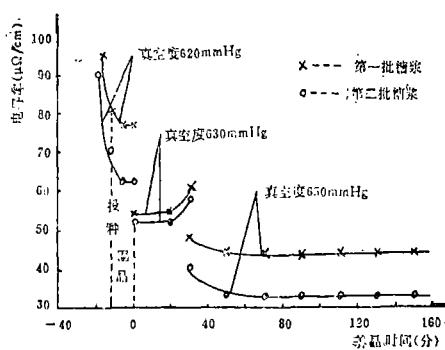


图2 养晶过程糖液电导率控制曲线

后,使用电吹风干燥,即得到白砂糖样品。

采用上述方法,试验结果重现性较好。在相同的操作条件下,两次平行试验得到的蔗糖结晶的平均孔径和变异系数的相对误差不超过 $\pm 2.5\%$ 。

2. 添加量

各种表面活性剂的添加量见表2

表2 各种表面活性剂的添加量(ppm 对糖膏)

添加量 编 号	表 面 活 性 剂	HodagCB-6	Mazu400	S-570	糖助剂-29	SLS	CTAB
1		20	20	20	25	15	10
2		30	30	30	50	20	20
3		50	40	50	75	30	30
4		70	50	80	100	40	40
5		100	80	100	150	50	50

3. 添加方式

表面活性剂添加方式不同,效果也会有差异。我们采用的添加方式是参考“表面活性剂的研制及其在成糖系统中的应用研究”的小罐试验和生产性试验中的添加工艺方案,结合本试验的情况加以修改而确定的。

甲糖膏煮制过程中表面活性剂分6次加入,第一次加在底料中,第二次在投种后25分钟加入,第三次在投种后50分钟加入,以后每隔25分钟添加一次,每次的添加量见表3。

表3 表面活性剂的添加方式(对总添加量的百分数)

添 加 次 数	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
添 加 量 (%)	50	10	10	10	10	10

4. 蔗糖结晶MA(Mean Aperture)和CV(Coefficient of Variation)的测定

成品白砂糖晶粒大小的均匀度是一个重要的品质指标,根据“糖品统一分析方法国际委

员会”(ICUMSA)制定的方法^[6],用MA—CV法来表述。MA—CV这一术语是指晶体颗粒的大小及其分配比例。经过一系列筛网筛选之后,留在筛网上的颗粒百分数对筛孔的关系,在数学坐标纸上可给出一条直线。在坐标纸上以累积重量百分数为纵坐标,筛孔大小则为横坐标,所有的点必须位于84%与16%之间的直线上。在直线中,截取50%的线段,与此线段相对应的筛孔直径为“平均孔径”(MA)。这就表示,如果用一只筛,该筛的孔径大小与MA相等时,就有50%的晶体留在此筛网上,其余50%的颗粒则通过此筛网。

以变异系数(CV)定义为标准偏差,并以MA的百分数表示之。筛孔 a_{16} 与筛孔 a_{84} 之差是与16%线段和84%线段相对应的,为标准偏差的两倍。

$$CV = \frac{a_{16} - a_{84}}{2} \times \frac{100}{MA}$$

使用的筛选设备是一台8411型电动震筛机,配有直径为200毫米的筛子,筛孔大小分别为1.10、0.90、0.80、0.70、0.50毫米。电动震筛机配有自动计时器,并具有三级震筛频率(1400次/分、1000次/分和800次/分)。测定时,精确称量白砂糖样品25克,将其放置在顶层筛中,然后在频率1000次/分下震筛15分钟,精确称量留在各层筛上的样品重量,计算出颗粒重量百分数。将这些数值与相应的筛孔大小,在正态概率纸上绘图,通过图上的这些点,可以绘出一条直线。与50%相应的筛孔的大小(a_{50})以及与16%(a_{16})和84%(a_{84})相对应的筛孔大小也可读出。

5. CRI (Crystal Regularity Index)的测定

晶体规一性指数(CRI)是用来表示蔗糖晶粒遵守自然晶形和不含粘晶粒的程度。晶体规一性是定量描述砂糖感官质量指标的一个重要内容^[7]。

按照约定的计数方法,对白砂糖样品中单个晶体进行分类,可以得出样品规一性的数字说明。对于一组理想的自然晶形粒和一组粘晶粒来说,规一性可以从100%变至0%^{[8][9]}。

对于一个普通单晶粒来说,它的计数可以是理想晶粒和粘晶粒之间连续变化范围内的任何一个数值。但是,经验表明,对单晶粒分成三个等级计数就足够了——好的(2点)、中等(1点)、粘晶粒(0点)。其标准见图3。

测定MA、CV后的各组分,除通过0.50毫米的那一个组分外,其余5个组分均进行CRI的测定。

每个组分中,随机取出100颗晶体,根据图3的标准进行分级。每个组分最大的可能点数为200点(如果100颗好的晶体,每颗均得2点),最小的可能点数为0点(100颗全是粘晶粒,每颗均得0点)。因为CRI的取值范围规定在0—200%之间,所以:

$$CRI = \frac{\text{每个组分实际点数}}{200} \times 100\%$$

五、试验数据

对六种表面活性剂进行五个不同添加量的试验,其MA、CV及CRI的测定结果见表4。

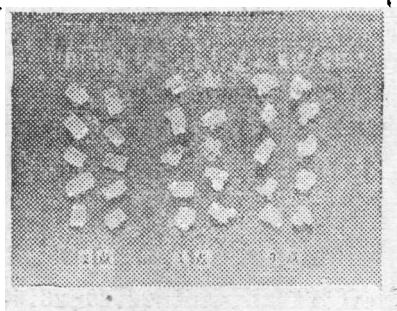


图3 CRI测定标准

表 4 MA、CV及CRI的试验测定数据

参 数 编 号	空 白 试 验							
	第一批糖浆				第二批糖浆			
	BT01	BT02	BT24	BT25	BT40	BT41	BT55	BT65
CRI—1(%)	53.5	55.5	55.5	58.0	55.0	56.5	59.0	57.5
CRI—2(%)	42.5	40.0	37.5	39.0	46.5	46.5	47.0	49.5
CRI—3(%)	24.0	26.5	27.0	28.0	42.5	41.5	43.5	40.0
CRI—4(%)	20.5	14.5	15.5	14.5	30.0	27.5	32.0	29.0
CRI—5(%)	6.5	8.0	6.0	5.0	22.5	21.5	24.0	21.0
MA(mm)	0.690	0.685	0.675	0.690	0.870	0.875	0.840	0.840
CV	23.6	23.7	23.7	23.2	23.3	22.0	21.1	21.1
$I_{MA}(\%)$								
$I_{CV}(\%)$								

参 数 编 号	添 加 Hodag CB-6									
	20ppm		30ppm		50ppm		70ppm		100ppm	
	BT16	BT18	BT04	BT05	BT10	BT11	BT06	BT20	BT22	BT26
CRI—1(%)	80.5	83.0	70.5	68.0	77.5	80.0	70.0	65.5	83.0	87.5
CRI—2(%)	73.5	75.0	56.5	58.0	71.5	72.5	60.0	61.5	62.5	60.0
CRI—3(%)	66.5	65.0	50.0	47.0	59.0	58.5	53.0	52.0	49.5	47.0
CRI—4(%)	55.0	55.5	32.5	34.5	44.5	43.0	37.0	39.5	21.5	19.0
CRI—5(%)	31.0	33.5	19.5	21.5	32.5	31.0	32.5	29.0	9.5	11.0
MA(mm)	0.900	0.930	0.875	0.880	0.845	0.860	0.930	0.960	0.870	0.895
CV	18.3	18.0	16.0	15.6	19.2	18.9	19.0	19.0	16.7	16.2
$I_{MA}(\%)$	31.39	35.77	27.74	28.47	23.36	25.55	35.77	40.16	27.01	30.66
$I_{CV}(\%)$	-22.29	-23.57	-32.06	-33.76	-18.47	-19.75	-19.32	-19.32	-29.09	-31.21

注: CRI—1: 0.50~0.70毫米组分的CRI

CRI—2: 0.70~0.80毫米组分的CRI

CRI—3: 0.80~0.90毫米组分的CRI

CRI—4: 0.90~1.10毫米组分的CRI

CRI—5: 1.10毫米以上组分的CRI

 I_{MA} 、 I_{CV} : 分别为MA、CV的增加值(对空白试验)

续表 4

参 数	编 号	添 加 Mazu400									
		20ppm		30ppm		40ppm		50ppm		80ppm	
		BT33	BT34	BT31	BT32	BT38	BT39	BT27	BT28	BT35	BT36
CRI—1(%)		82.5	85.0	81.0	79.5	79.0	82.0	75.0	76.5	80.5	74.5
CRI—2(%)		79.5	74.0	68.5	71.5	69.0	70.0	68.0	66.5	69.0	68.5
CRI—3(%)		78.5	69.0	56.5	58.5	59.5	61.5	48.0	53.5	60.0	62.0
CRI—4(%)		59.5	63.0	49.0	51.5	52.0	58.5	29.5	30.5	52.5	45.0
CRI—5(%)		27.0	31.0	34.0	32.0	35.5	37.0	16.5	14.0	21.5	24.5
MA(mm)		1.025	0.995	0.910	0.920	0.895	0.926	0.860	0.850	0.900	0.885
CV		18.0	21.0	20.6	20.5	21.2	20.5	14.0	14.1	18.7	17.9
I _{MA} (%)		49.64	45.26	32.85	34.31	30.66	35.18	25.55	24.09	31.39	29.20
I _{CV} (%)		-23.57	-10.83	-12.53	-12.95	-9.98	-12.95	-40.55	-40.13	-20.59	-23.99

参 数	编 号	添 加 S—570									
		20ppm		30ppm		50ppm		80ppm		100ppm	
		BT51	BT52	BT49	BT50	BT43	BT44	BT45	BT46	BT48	BT53
CRI—1(%)		85.5	87.5	79.0	81.0	78.5	75.0	70.5	68.5	73.0	74.5
CRI—2(%)		80.5	79.0	69.5	66.0	66.0	68.5	60.0	58.5	62.5	65.0
CRI—3(%)		64.5	66.5	54.0	52.5	57.0	60.5	54.5	54.0	54.0	52.5
CRI—4(%)		63.0	60.5	43.0	43.5	51.5	53.5	53.5	52.0	48.5	50.0
CRI—5(%)		49.0	51.5	18.5	20.5	37.5	34.5	40.0	42.5	37.0	35.5
MA(mm)		0.896	0.875	0.930	0.965	0.897	0.865	0.931	0.910	0.890	0.925
CV		18.7	19.5	20.9	20.2	15.9	16.7	20.1	20.3	21.9	21.3
I _{MA} (%)		4.67	2.22	8.64	12.73	4.79	1.05	8.76	6.31	3.97	8.06
I _{CV} (%)		-14.53	-10.88	-4.48	-7.68	-27.33	-23.67	-8.14	-7.22	0.09	-2.65

参 数	编 号	添 加 糖 助 剂 - 29									
		25ppm		50ppm		75ppm		100ppm		150ppm	
		BT70	BT74	BT66	BT67	BT75	BT76	BT59	BT68	BT63	BT69
CRI—1(%)		64.5	63.5	62.5	66.0	73.5	72.0	60.0	52.5	48.0	49.0
CRI—2(%)		60.5	57.5	63.0	63.0	65.5	68.5	59.0	61.5	50.5	52.0
CRI—3(%)		54.5	58.0	51.0	50.5	63.0	64.5	62.0	61.5	34.0	38.0
CRI—4(%)		42.0	41.0	47.0	45.0	38.5	34.5	28.0	30.0	24.0	22.5
CRI—5(%)		23.5	25.5	36.5	32.5	27.5	26.0	26.5	28.0		
MA(mm)		0.810	0.790	0.825	0.840	0.860	0.880	0.760	0.800	0.680	0.690
CV		20.3	20.5	21.5	21.4	20.3	19.9	20.0	19.4	15.4	15.2
I _{MA} (%)		-5.37	-7.71	-3.63	-1.87	0.47	2.80	-11.21	-6.54	-20.56	-19.39
I _{CV} (%)		-7.22	-6.31	-1.74	-2.19	-7.22	-9.05	-8.59	-11.33	-29.62	-30.53

续表 4

参 数	编 号	添 加 SLS									
		15ppm		20ppm		30ppm		40ppm		50ppm	
		BT87	BT88	BT83	BT84	BT89	BT90	BT85	BT86	BT81	BT82
CRI—1(%)		83.5	83.0	69.0	71.5	67.5	65.5	77.0	79.0	90.0	86.5
CRI—2(%)		70.5	66.5	67.5	65.0	64.5	60.0	66.0	64.5	73.5	70.5
CRI—3(%)		55.5	57.0	54.5	53.5	56.5	53.5	53.0	58.5	60.5	53.5
CRI—4(%)		39.0	38.5	42.0	30.0	54.0	44.5	30.0	36.5	21.0	27.0
CRI—5(%)		14.0	15.5	24.5	23.5	25.5	20.5	24.0	19.5		19.5
MA(mm)		0.830	0.852	0.830	0.850	0.870	0.900	0.860	0.902	0.730	0.770
CV		19.4	19.1	22.7	22.1	21.1	20.5	26.7	24.0	19.5	18.8
I _{MA} (%)		-3.04	-0.47	-3.04	0.70	1.64	5.14	0.47	5.37	-14.72	-10.05
I _{CV} (%)		-11.33	-12.71	3.75	1.01	-3.56	-6.31	22.03	9.69	-10.88	-14.08

参 数	编 号	添 加 CTAB									
		10ppm		20ppm		30ppm		40ppm		50ppm	
		BT99	BT100	BT93	BT94	BT97	BT98	BT95	BT96	BT91	BT92
CRI—1(%)		77.5	81.0	77.0	79.0	81.5	86.5	78.5	78.5	66.5	66.0
CRI—2(%)		70.0	68.5	52.5	55.5	57.5	59.5	70.5	72.5	59.0	57.0
CRI—3(%)		50.5	47.5	46.5	45.5	50.5	54.5	55.5	54.0	50.5	43.5
CRI—4(%)		27.5	26.5	37.0	37.0	37.0	34.0	45.5	43.5	32.0	30.5
CRI—5(%)		5.5	7.5	16.0	18.5	26.5	29.0	19.0	21.5	22.5	21.5
MA(mm)		0.850	0.865	0.840	0.855	0.850	0.840	0.815	0.850	0.760	0.775
CV		19.8	18.6	22.0	23.9	18.0	18.4	20.9	20.0	26.0	25.3
I _{MA} (%)		-0.70	1.05	-1.87	-0.12	-0.70	-1.87	-4.79	-0.70	-11.21	-9.46
I _{CV} (%)		-9.50	-14.99	0.55	4.66	-17.73	-15.90	-4.48	-8.59	18.83	15.63

由表 4 可以看出,同一种糖液中,添加不同种类的表面活性剂,所得效果各异。即使是同一种表面活性剂,由于添加量不同,效果也大有差别。为了获得不同种类表面活性剂以及不同的添加量对蔗糖结晶 MA、CV 及 CRI 影响的显著性的数字说明,我们对试验数据进行了方差分析^{[10][11]}。

1. MA 的方差分析

1) 不同种类表面活性剂对 MA 的影响 我们对试验所得的 MA 数据进行了单因素方差分析。由于两次取回的糖浆成分不同,所以方差分析分两个部分。

本试验的试验因素 A 为表面活性剂的种类,对于第一批糖浆的试验, A 因素可分为 3 个水平:空白试验、添加 HodagCB—6 和 Mazu400 试验。第二批糖浆的试验, A 因素分为 5 个水平:空白试验、添加 S—570、糖助剂—29, SLS 和 CTAB 试验。方差分析均由电子计算机完成。

方差分析的程序以 $\alpha = 0.05$ 为显著水平。在 F 检验统计量 F 值小于显著水平 $\alpha = 0.05$

时的F临界值为 $F_{0.05}$, 当 $F \leq F_{0.05}$ 时, 可认为A对试验结果影响不显著。当 $F_{0.01} \geq F > F_{0.05}$ 时, 记为“*”, 表示影响显著。当 $F > F_{0.01}$ 时, 记为“**”, 表示影响极为显著。

现以第一批糖浆为例, 水平数 $l=3$, 空白试验4次, 所以 $i=1$ 时, 重复试验次数 $r_i=4$ 。HodagCB—6和Mazu400的试验各重复2次, 所以当 $i=2, 3$ 时, r_i 均为2。

分别选取HodagCB—6、Mazu400试验中MA偏离空白试验MA最大值为方差分析的样本值, 见表4。由计算机算得的方差分析结果见表5。

表5 MA的方差分析结果

方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
组间	0.17534	2	0.0867		
误差	1.050×10^{-3}	5	2.10×10^{-4}	417.47	* *
总和	0.17639	7	0.08788		

因为 $F_{0.05}(2, 5) = 5.79$, $F_{0.01}(2, 5) = 13.27$, $F > F_{0.01}$, 表面活性剂HodagCB—6、Mazu400对MA的影响极为显著。

2) 表面活性剂添加量对MA的影响 试验水平数 $l=6$ (空白试验和5个添加量试验), r_i 均为2。方差分析采用的计算程序和前面相同。

以HodagCB—6为例(见表4)。由计算机算得的方差分析结果见表6。

表6 添加量对MA影响的方差分析结果

方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
组间	0.13574	5	0.02715		
误差	1.487×10^{-3}	8	1.859×10^{-4}	146.0	* *
总和	0.13723	13	0.02734		

由于 $F_{0.05} = 3.39$, $F_{0.01} = 6.63$, $F > F_{0.01}$, 因此, HodagCB—6的添加量对MA影响极为显著。

2. CV的方差分析

CV的方差分析与MA的方差分析相同, 计算程序也一样。

1) 不同种类表面活性剂对CV的影响

表7 表面活性剂对CV影响的方差分析结果

表面活性剂 \ 试验	1	2	3	4	5	显著性
糖浆						
第一批	空白	HodagCB—6	Mazu400			* *
第二批	空白	S—570	糖助剂—29	SLS	CTAB	* *

2) 表面活性剂添加量对CV的影响

表 8 添加量对CV影响的方差分析结果

添加量(ppm) \ 试 验	1	2	3	4	5	6	显著性
表面活性剂							
HodagCB—6	0	20	30	50	70	100	**
Mazu400	0	20	30	40	50	80	**
S—570	0	20	30	50	80	100	**
糖助剂—29	0	25	50	75	100	150	**
SLS	0	15	20	30	40	50	**
CTAB	0	10	20	30	40	50	**

3. CRI 的方差分析

CRI 的方差分析与 MA、CV 的方差分析相同。

1) 不同种类表面活性剂对 CRI 的影响

表 9 表面活性剂对 CRI 影响的方差分析结果

表面活性剂	第 一 批 糖 浆			显著性	第 二 批 糖 浆					显著性
CRI										
CRI—1	空白	HodagCB—6	Mazu400	**	空白	S—570	糖助剂—29	SLS	CTAB	**
CRI—2	同上	同上	同上	**	同上	同上	同上	同上	同上	**
CRI—3	同上	同上	同上	**	同上	同上	同上	同上	同上	**
CRI—4	同上	同上	同上	**	同上	同上	同上	同上	同上	**
CRI—5	同上	同上	同上	**	同上	同上	同上	同上	同上	**

2) 表面活性剂添加量对 CRI 的影响

表10 添加量对CRI影响的方差分析结果

添加量 (ppm) \ 表 面 活 性 剂	HodagCB—6						显著性	Mazu400						显著性
CRI														
CRI—1							**							**
CRI—2							**							**
CRI—3	0	20	30	50	70	100	**	0	20	30	40	50	80	**
CRI—4							**							**
CRI—5							**							**

续表 10

添加量 (ppm) CRI	表 面 活 性 剂	S—570						显著性	糖助剂—29						显著性
CRI—1								**							**
CRI—2								**							**
CRI—3		0	20	30	50	80	100	**	0	25	50	75	100	150	**
CRI—4								**							**
CRI—5								**							**

添加量 (ppm) CRI	表 面 活 性 剂	SLS						显著性	CTAB						显著性
CRI—1								**							**
CRI—2								**							**
CRI—3		0	15	20	30	40	50	**	0	10	20	30	40	50	**
CRI—4								**							**
CRI—5								**							**

4. CRI—Aperture间的线性回归^{[10][11][12][13]}

为了定量地描述 CRI 随 Aperture (筛孔大小) 的变化规律, 对试验测定的 CRI 结果进行回归分析, 发现 CRI-Aper-ture 之间呈线性变化关系, 见图 4。

回归分析由电子计算机完成。以 HodagCB—6 为例, 在添加量为 20ppm 时, 其测定结果如表 11。

表 11 CRI 的测定结果

CRI	CRI—1	CRI—2	CRI—3	CRI—4	CRI—5
项目	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
BT16	80.5	73.5	66.5	55.0	31.0
BT14	83.0	75.0	65.0	55.5	33.5
平均值	81.8	74.3	65.8	55.3	32.3

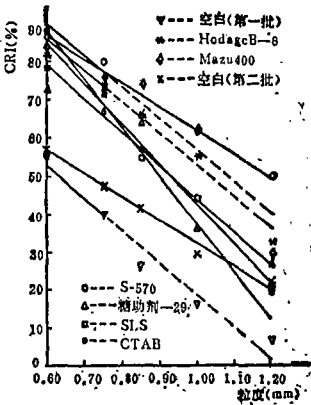


图 4 CRI—Aperture 间线性关系

设 $X_0 = 0.90\text{mm}$, 由计算机回归分析得出的结果如表 12。

表 12 回归分析结果

回归后的剩余标准差	相 关 系 数	方差分析 F 值	y_0 的标准误
3.47	- 0.99	120.02	3.81
回 归 方 程	$Y = - 82.46 X + 134.47$		

在显著水平 $\alpha = 0.01$, $n - 2 = 3$ 时, 相关系数检验的临界值为 0.959。而回归分析结果表中, $|r| = 0.99 > 0.959$, 所以 X 与 Y 之间的线性关系显著。

在筛孔大小 $x = 0.90\text{mm}$ 时, 算得晶体规一性指数 y 的预测值 $\hat{y}_0 = 60.25$ 。当置信度 $1 - \alpha = 0.95$ 时, 自由度为 $n - 2 = 3$ 的 t 值(双侧)为 3.182。标准误为 3.81。因此, 置信区间为:

$$48.13 \leq Y_0 \leq 72.62$$

这说明, 在 $x_0 = 0.90$ 时, 我们能够以 95% 的置信度预期, y_0 将落在 48.13~72.62 之间。

六、试验结果及讨论

1. 表面活性剂对蔗糖结晶 MA 的影响

1) 不同种类表面活性剂对 MA 的影响 由图 5 和方差分析结果可知, 不同种类的表面活性剂对 MA 影响极为显著。表面活性剂 HodagCB—6 能使 MA 最大增加(与空白试验相比, 下同)33.96%, Mazu400 最大增加 47.45%, S—570 最大增加 10.69%, 而糖助剂—29 使 MA 最大减少 19.98%, SLS 最大减少 12.38%, CTAB 最大减少 10.28%。

2) 表面活性剂添加量对 MA 的影响 由图 6 及方差分析结果可知, 表面活性剂的添加量对 MA 的影响极为显著。HodagCB—6、Mazu400 和 S—570 在添加量较小时, MA 随着添加量的增加而显著增大, 当添加量增至一定值后, MA 不再增加。糖助剂—29 在相当的添加量范围内, MA 没有明显变化, 但在超过 100ppm 时, MA 便显著减小。SLS 和 CTAB 在添加量较小时, MA 变化不大, 当达到 50ppm 时, MA 也会迅速降低。

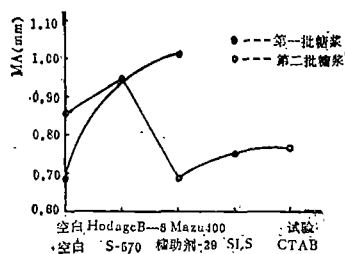


图5 不同表面活性剂对 MA 的影响

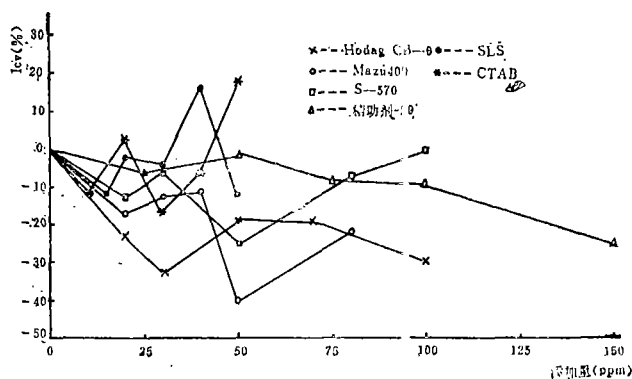


图6 表面活性剂添加量对 MA 的影响

2. 表面活性剂对 CV 的影响

1) 不同种类表面活性剂对 CV 的影响 由图 7 和方差分析结果可知, 不同种类的表面活性剂对 CV 的影响极为显著。HodagCB—6 使 CV 最大降低为 32.90%, Mazu400 最大降低 40.34%, S—570 最大降低 25.50%, 糖助剂—29 最大降低为 30.07%。而离子型表面活性剂 SLS 和 CTAB 使 CV 最大增加分别为 15.86% 和 17.23%。

2) 表面活性剂添加量对 CV 的影响 由图 8 和方差分析结果可知, HodagCB—6、Mazu400、S—570 在添加量较小时, CV 随着添加量的增加而不断降低, 添加量增至某一值后,

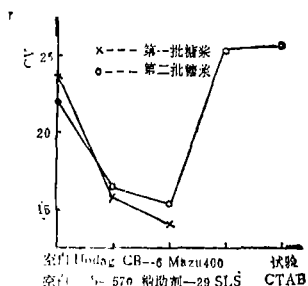


图7 不同表面活性剂对 CV 的影响

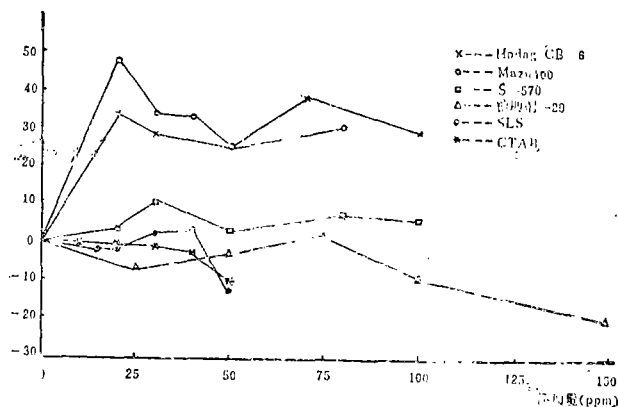


图8 表面活性剂添加量对 CV 的影响

便不再降低, 而是略有回升(S—570 回升较大), 并趋向于某一值。糖助剂—29 在添加量较大的变化范围内, CV 没有显著变化, 在添加量增至 150ppm 时, CV 才有较大降低。SLS、CTAB 在添加量较小时, CV 与空白相比变化不大。当 SLS 添加量为 40ppm 时, CV 显著增加, 而 CTAB 在添加 50ppm 时, CV 有较大增加。

3. 表面活性剂对 CRI 的影响

1) 不同种类表面活性剂对 CRI 的影响 由图9和方差分析结果可知, 不同种类的表面活性剂对 CRI 的影响极为显著。HodagCB—6 在添加 20ppm 时, 可使 CRI—1、CRI—2、CRI—3、CRI—4、CRI—5 平均增加 33.0% (与空白试验相比, 下同), 当 Mazu400 添加 20ppm 时使 CRI 平均增加 36.0%, S—570 在添加 20ppm 时使 CRI 平均增加 29.1%, 糖助剂—29 添加 75ppm 时使 CRI 平均增加 13.7%, SLS 添加 30ppm 时使 CRI 平均增加 11.6%, CTAB 添加 30ppm 时使 CRI 平均增加 12.0%。

2) 表面活性剂添加量对 CRI 的影响 由方差分析结果可知, 表面活性剂添加量对 CRI 有着极为显著的影响。由表4可看出, CRI—1、CRI—2、CRI—3、CRI—4 和 CRI—5 受表面活性剂添加量的影响有着基本相同的变化趋势。

HodagCB—6、Mazu400 和 S—570 在添加量为 20ppm 时, CRI 有最高值, 随着添加量的增大, CRI 略有回降, 并趋向某一定值。糖助剂—29 添加量在 50~75ppm 范围内, CRI 出现较大值, 添加量继续增加, 便开始降低。SLS 在 15ppm 时出现较大的 CRI, 随着添加量增大, CRI 无显著变化。CTAB 在添加量较低时, CRI 逐渐增加, 添加量超过 40ppm 时则反而降低。

从上述各项试验结果可以看出, 在糖膏煮制过程中适量添加合适的表面活性剂, 能改善成品白砂糖的粒度组成和晶体外形, 晶粒更为均匀, 粘晶减少, 质量明显提高。所以, 添加表面活性剂可以作为改善砂糖感观质量的有效方法。

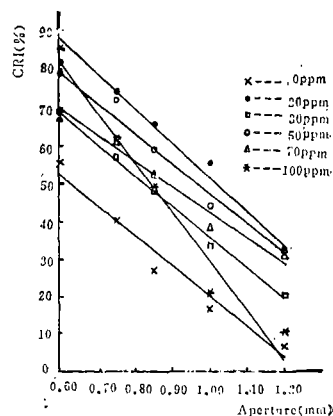


图9 不同表面活性剂对 CRI 的影响

根据西林教授的蔗糖晶体生长理论,当糖液中晶核产生后,在它的表面附着一层静止的液膜,称为境膜或界膜。蔗糖晶体生长过程分两个阶段完成,第一阶段是蔗糖分子从周围溶液通过境膜扩散到晶体表面,第二阶段是到达晶体表面的蔗糖分子从溶液状态转变为结晶状态。第一阶段为扩散作用,符合 Fick 第一定律,第二阶段为表面反应,可用 Mark 公式来表示。在一般的煮糖条件下,不纯糖液粘度较大,这就使表面反应速度和扩散速度相比要快得多,所以结晶过程主要决定于蔗糖分子通过境膜的扩散速度。

添加表面活性剂后,糖液粘度和表面张力降低^[14],增强了糖膏的流动性,从而使蔗糖分子通过境膜的扩散速度加快,也即加快了蔗糖的结晶速度。而且,由于表面活性剂分子固有的特性,它们将对晶体表面吸附的杂质进行“洗涤”,去除晶体表面的“隔离膜”,使蔗糖分子容易接触晶体表面。被“洗涤”下来的杂质不断地被流动相冲走,而表面活性剂分子在晶体表面也不断地受流动相冲击而解脱下来,形成“动态吸附”,不断地被蔗糖分子所代替。使蔗糖分子更容易通过净化后的晶体表面的境膜,从而进入晶体表面生长台阶^[15]。

同时,由于糖膏流动性的改善,大大减少了结晶体系的流动“死角”,各处过饱和度趋向一致,结晶速度基本相同,晶粒大小更为均匀,由自发形成和表面成核作用等因素造成粘晶的机会也大大减少。

不同种类的表面活性剂以及不同的添加量,所得效果也有明显差异。我们使用的 6 种表面活性剂,其中 HodagCB—6、Mazu400、S—570 和糖助剂—29 都属于非离子型,对蔗糖结晶所产生的效果明显优于离子型表面活性剂 SLS 和 CTAB。糖助剂—29 属于蔗糖聚醚类,一般说来,这类带有聚氧乙烯的非离子型表面活性剂,当温度升至其浊点温度时,将会产生析出,表面活性降低,因此它的添加量显然要大得多。

至于阴离子表面活性剂 SLS,由于糖液中含有一定量的 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子,它们会和 SLS 的有机酸根作用而形成溶解度较小的盐类。而阳离子型的 CTAB,它的“洗涤”效果差,有时甚至会“颠倒”了洗涤作用,因此它对蔗糖结晶所表现出的效果也差。

由此可见,在煮制高级糖膏时,应选用降粘和降表面张力作用强的、受糖液性质影响较小的非离子型表面活性剂。

在这里应该指出,添加表面活性剂可“洗涤”吸附在晶体表面的杂质,净化境膜,但表面活性剂本身也是杂质,所以当添加量过高时,表面活性剂对晶体生长反而起阻碍作用。所以添加表面活性剂应该适量,而且应该分次加入,如果把表面活性剂一下子全部加入煮糖罐中,就会起到抑止结晶过程的作用。

我们选用的几种表面活性剂,均为国内外制糖工业常用的表面活性剂,属于低毒,在煮糖过程中添加量极少,以 ppm 计,而且由于表面活性剂分子要比蔗糖分子大,蔗糖结晶时它不容易进入晶体表面的生长台阶,更不会陷入晶体内部,而是在分蜜过程中随糖蜜被分离排出,对人体不会造成危害。

参 考 文 献

- [1] 无锡轻工业学院制糖工程教研室,表面活性剂在成糖系统中的应用资料汇编,1984年
- [2] 轻工业部科技局技术鉴定证书,编号:部轻科技国鉴字第 85—068 号,1986年
- [3] 轻工部科技局,“六五”国家科技攻关成果汇编,轻工业(一)
- [4] 霍尼,《制糖工艺学原理》(中译本)第二卷上册,中国财政经济出版社,1962年

- [5] I. S. J, August, p213, 1957; January, p13, 1959; p40, 1968
- [6] 糖品统一分析方法国际委员会,《糖品分析》(中译本),轻工业出版社,1982年
- [7] I. S. J, Vol.67, p201—204, 1965
- [8] La Sucrerie Belge, Vol. 96, 1977, p459—469
- [9] "Crystal regularity and its influence on white sugar quality"; By D. HIBBERT, R. T. PHILLIPSON, paper presented to the 22nd Tech. Conf., British Sugar Corp. Ltd; 1974
- [10] 毛宗秀,《Basic语言常用数理统计方法程序汇编》
- [11] 浙江大学,《概率论与数理统计》
- [12] 中国科学院数学研究所,《常用数理统计方法》
- [13] 中国科学院数学研究所,《回归分析》
- [14] 无锡轻工业学院制糖工程教研室,《表面活性剂的研制及其在成糖系统中应用的研究》报告,1986年
- [15] 王文生等:“表面活性剂在成糖系统中应用的研究及其作用机理的探讨”《甜菜糖业》1986, №3

86030

表面活性剂对蔗糖结晶MA、CV及CRI影响的研究,《无锡轻工业学院学报》,1986年,第5卷,第4期

主题词 表面活性剂;蔗糖;结晶

摘要 本文对制糖工业常用的几种表面活性剂在影响蔗糖结晶平均孔径(MA),变异系数(CV)及晶体规一性指数(CRI)方面作了系统的研究。参考国内外资料,我们自行设计按装了一套性能良好的实验室模拟煮糖装置,它充分满足试验要求。试验结果表明:在糖膏煮炼过程中,应该选用降粘和降表面张力作用强,受糖液性质影响小的非离子型表面活性剂,这不仅可以降低度蜜纯度,缩短煮糖时间,而且可改善蔗糖晶体外形和均匀度,提高成品白砂糖的感观质量。

作者:王文生、汪菊明

86032

微型计算机多点温度与电动机转速检测与控制,《无锡轻工业学院学报》,1986年,第5卷,第4期

主题词 计算机控制;温度测量;温度控制;电动机/电动机转速检测与控制

摘要 本文介绍了自行车烘漆线的微机控制系统的结构与原理,阐述了程序设计的方法;理论分析计算了速度系统与温度系统的动态性能指标,结果与实际情况大体相符;对系统的特点及进一步开发作了探讨。本系统能自动调节温度与电动机的相互关系,可推广应用于食品,轻工等行业的许多类似的生产自动线。

作者:孙荣胜、胡寿安、沈继祖

86031

饲料组份的容许误差及添加超量的简化计算,《无锡轻工业学院学报》,1986年,第5卷,第4期

主题词 均匀性;混合;差异系数;容许误差;组分的保证值;组分的超量

摘要 本文提出了一种在混合饲料加工中,计算组分含量的容许误差和添加超量的简化方法。它采用一组直线代替了过去所需的二组曲线。

作者:盛亚白

86033

计算机最佳分段线性校正,《无锡轻工业学院学报》,1986年,第5卷,第4期

主题词 一致逼近;数据处理;线性校正;非线性处理

摘要 本文介绍了一种最佳分段线性校正的工程方法。它基于一致逼近的原理,采用不连续折线一致逼近非线性曲线。把非线性问题转化成最佳分段线性问题,然后建立相关数据表,把查表和运算结合起来用于微处理机中进行最佳分段线性校正。

作者:陈进华

86032

A MICROCOMPUTER MEASURING and CONTROLLING SYSTEM for MULTIPOINT of TEMPERATURE and the ROTATION RATE of MOTOR «Journal of the Wuxi Institute Light Industry», Vol.5, No.4, 1986

SUBJECTWORDS computer control, temperature measurements, electric machines/the rotation rate measurement and control of motor

ABSTRACT The structure and principle of a micro computer control system for stoving finish automation line in bicycle factory is introduced. Its programming method is expounded. The dynamic performance indexes of its rotation rate and temperature are analyzed and calculated in theory, and the results are basically tallied with the actual situation. The characteristic of this system and its further development are explored. This system can automatically adjust the relation between temperature and rotation rate and is applicable to other similar of automation line in food and, light industries, etc.

Author, Sun Rongsheng, Hu Shouan, Shen Jizu

86030

EFFECT of SURFACTANTS on MA, CV and CRI of SUCROSE CRYSTALLS «Journal of the Wuxi Institute Light Industry», Vol.5, No.4, 1986

SUBJECTWORDS surfactant, sucrose, crystal

ABSTRACT A systematic investigation on effect of a few surfactants usually used in sugar manufacture on MA(Mean Aperture), CV (Coefficient of Variation) and CRI (Crystal Regularity Index) of sucrose crystals is presented. In term of reference materials, a set of simulated boiling apparatus which performs satisfactorily, to meet the needs of tests is designed and installed. The results of tests show, during boiling, we should select nonionic surfactants which are greater in reducing of viscosity and surface tension, and are not affected by nature of sugar solution. Not only can these surfactants reduce the purity of black molasses and shorten the boiling time, but also improve the sensitive qualities of white sugar, such as sucrose crystals shape and uniformity.

Author, Wang Wensheng, Uang Juming

86033

OPTIMAL SEGMENT LINEAR CALBRATION WITH COMPUTER «Journal of the Wuxi Institute Light Industry», Vol.5, No.4, 1986

SUBJECTWORDS uniform approximation, data processing/linear calibration, nonlinear process

ABSTRACT A new engineering method of optimal segment linear calibration, is introduced. It is based on the principle of uniform approximation, adopting the method of approximating nonlinear curve with noncontinuous bent line uniformly. Nonlinear problems are converted into optimal segment linear problems. Then a related data table can be set up, and table checking and calculating are combined for optimal segment linear calibration in microprocessor.

Author, Chen Jinhua

86031

A SIMPLIFIED CALCULATION METHOD of TOLERANCE ERRORS and EXCESS of FEED COMPONENTS «Journal of the Wuxi Institute Light Industry», Vol.5, No.4, 1986

SUBJECTWORDS uniformity, mixing coefficient of variation, tolerance errors, Guarantee of component, excess of component

ABSTRACT A simplified calculation method of tolerance errors and excess of feed components in feed manufacturing is presented. A group of straight lines are used in the method instead of two groups of curves that were applied before.

Author, Sheng Yabai