

影响甘蔗渗出器渗滤速率的 几个主要因素的研究

谢梓湘 王鸿生

(食品科学与工程系)

一、前言

甘蔗连续渗出法是在本世纪六十年代逐步得到发展的一种新的甘蔗提汁技术,二十多年来已被不少国家采用^{[1][2]}。以 De Smet、BMA 型为主的渗滤式渗出器是使用最为广泛的甘蔗连续渗出设备。我国目前也都采用这类设备。渗滤速率是渗滤式渗出器最重要的参数。它与渗出器的处理能力有关的蔗层厚度、运行速度、级间长度、蔗料停留时间^[3],并与渗出器中固液接触效应、各级内的浓度梯度、传质传热的速率、抽出效率的高低等有关。为此,国内外在设计、应用渗滤式甘蔗渗出器时,均需测定渗滤速率^[3-5]。但是,很少有人对影响渗滤速率的各种因素进行较为全面和系统的研究。

目前,我国许多使用渗出法的甘蔗糖厂,由于甘蔗原料软,纤维分低,预处理后蔗丝形态差,蔗糖多,导致渗出器的渗滤速率低,常常引起床层面上泛流的“天上一条河”,影响生产正常进行和糖分抽出率的提高^[6]。为此,作者设计制造了实验装置,在动态条件下模拟工业用渗出器,把淋渗次数,床层中含汁和床层中空气、操作温度、甘蔗品种、蔗糖及渗滤汁循环等作为主要试验因素,确定它们对渗滤速率影响。根据试验结果,探讨蔗汁在蔗料床层中的流动特点以及糖分萃取的渗出机理,并在理论上对工业用渗出器的设计和操作提出改进的建议。

二、实验装置、材料和方法

1. 实验装置

本装置一式两套(下称 A、B),主要由以下部分组成(见图 1):

1) 填料装置 由钢板角铁焊成。装料为截面 0.073m^2 , 高 830mm 的长方体。两边装透明有机玻璃平板,以便观察,底部按装工业用渗出器的条形筛板。顶端铺设轨道,淋汁布料器可与本装置作相对运动。

2) 淋汁布料装置 用钢板焊成一长方体容器,前端上方开有方孔,下焊导流板。容器内分夹层,顶端焊接短管,可用橡胶管与位于上方的贮液箱连接。下端装有调试装置与轮子,可校正布料器液面水平,并沿轨道运动。

3) 加热恒温装置 淋渗汁用约 5kw 电热器在贮液箱内加热,用 WMZK—01 型温度指

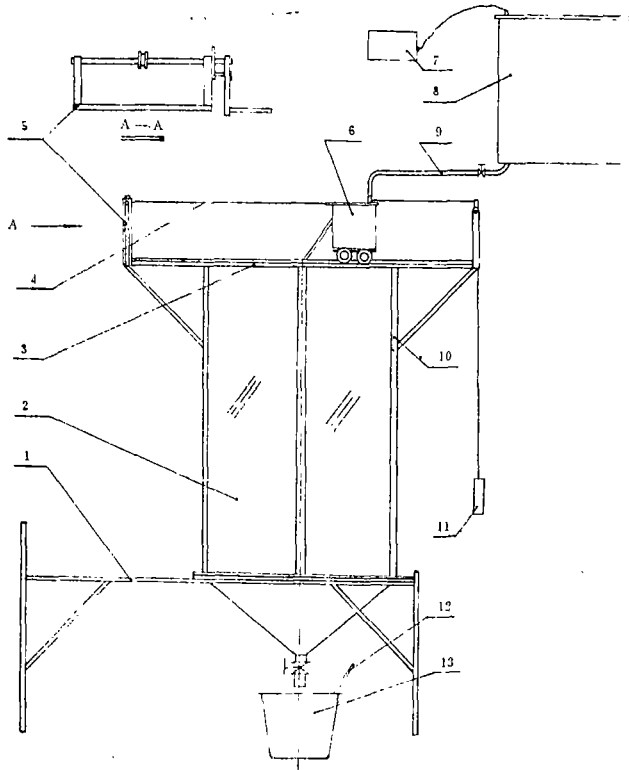


图1 实验装置示意图

1. 支架及操作台； 2. 有机玻璃； 3. 轨道； 4. 牵引绳； 5. 时间同步拉线器； 6. 淋汁布料器； 7. 控温器； 8. 贮液箱； 9. 橡胶管； 10. 填料装置； 11. 平衡重物； 12. 温度计； 13. 集汁桶

示控制器控制，贮液箱内淋汁加热时可进行搅拌。渗滤汁温度用水银温度计测定。

4) 控时装置 实验时间均用精度为 1/100 秒定时秒表控制。时间同步拉曳器与淋汁布料装置用牵引绳连接，在定时秒表控制下，淋汁布料装置可匀速运动。

2. 实验材料

- 1) 蔗料 广西百色糖厂刀片式撕裂机破碎而成的甘蔗蔗料。
- 2) 淋渗汁 采用该厂渗出车间生产的混合汁作为第一次淋渗汁，以后各次自配。

3. 实验程序

1) 原料的制备 将一定量的单一品种的甘蔗蔗料和混合汁分别搅拌均匀。称重后装入填料装置至预定高度(600mm 或 800mm，重量一般为 14kg 和 18kg)。并将一定重量的淋汁置于贮液箱，开启控温器，并进行搅拌。把混合汁均匀地加热至预定温度，作为第一次淋渗。

2) 淋渗操作 把贮液箱底部出口阀门开启到一定开度，使淋渗汁通过橡胶管充满淋汁布料装置后，平稳地沿导流板溢流而下，随即启动秒表和时间同步拉曳器，淋汁布料装置则一边匀速地跨过填料装置的蔗料截面，一边将全部淋汁均匀地淋入其内。与此同时，同步地逐渐开大贮液箱出口阀门，并在填料装置底部球阀下收集滤汁，经预定的时间间隔，更换集汁桶，收集下一个时间间隔的渗滤汁。称重，取样、分析上述各淋、渗汁。

3) 后续淋汁的备料 把所得的滤汁加水稀释到预定锤度作为第二次淋渗汁。第二次淋渗

操作完成后, 再将该次渗滤汁稀释到预定锤度作为第三次淋渗汁, 以此类推, 完成所需的淋渗次数。

三、结果与讨论

1. 淋渗次数对渗滤速率影响

由于各次淋渗汁淋渗后, 两分钟内的渗滤汁收集量占总量的 75% 以上(总集汁时间 30 分钟以上), 故本文着重讨论这段时间的平均渗滤速率。图 2 即为三次(I、II、III)不同蔗层高度不同淋渗温度下, 淋渗次数和渗滤速率的变化规律。所标渗滤速率和淋渗次数的线回归方程均在 $\alpha = 0.01$ 水平上显著。

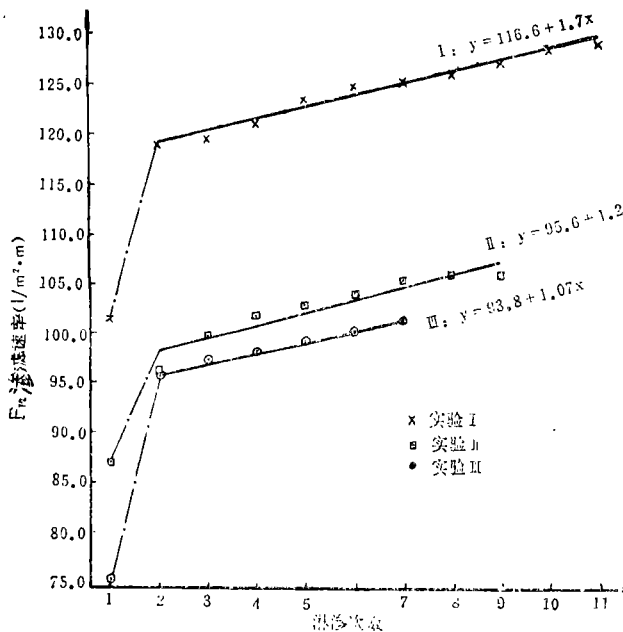


图 2 淋渗次数和渗滤速率的关系

大多数新鲜蔗料要吸收和滞留大量淋渗汁, 故第一次渗滤速率较后几次低得多, 因而图中各点用点划线和回归直线相连, 而在方程计算中未予输入(下同)。

从以上三次实验中可以看到, 不同实验条件下的渗滤速率均随淋渗次数的增加而线性地增加。这是因为随着淋渗次数的增加, 对渗滤速率有正反两方面影响的缘故。一方面是床层高度随着淋渗次数的增加而逐渐下降, 蔗料越来越密实, 空隙变小。流道变狭, 床层的渗滤性减弱; 另一方面, 由于蔗层高度下降, 床层厚度变薄, 渗滤汁通过床层的直线距离缩短。更为重要的是, 随着淋渗次数的增加, 滞留汁量逐渐上升, 床层饱和度越来越大, 容量增加, 从而使滞留汁重力与床层持汁力之差逐步拉开。在淋汁量相等的淋渗过程中, 渗滤汁夹带床层中的汁量就越来越多。以实验 1 为例, 床层含汁率每次以 1—3% 的速率递增, 第 11 次渗滤后的含汁率比第 2 次淋渗后增加了一倍。总之, 淋渗次数对渗滤速率的正效应大于反效应, 致使渗滤速率逐步加大。根据这一现象, 从渗滤性能角度考虑, 工业渗出器为适应这一规律, 级间长度应逐渐增加, 以使每级床层含汁率和容量保持一定范围, 使各级渗滤速率趋于一致。

2. 床层含汁和床层中空气对渗滤速率的影响

在两装置平行试验中, 由于两次淋渗间隔时间不同, 使渗滤时间不等, 床层含汁量和床层中空气量不同。表1为试验的部分结果。可以看到, 床层含汁率之差(ΔP_b)1.5—6.0%, 渗滤速率相差4.1—9.1%之多。这与床层含汁量与床层饱和度、蔗料间隙、空气含量直接相关。要使渗滤汁通过床层渗滤而下, 必然要使淋渗后的床层含蔗量上升, 即床层饱和程度增加到某一值。含汁量小, 含空气多, 饱和程度低的床层, 渗滤所需的淋汁量, (即床层滞留汁量), 就要多些, 而渗滤通过床层的滤汁就少, 空气的阻尼作用就大, 渗滤速率必然变小。

表1 不同床层含汁量和床层中空气与渗滤速率关系试验结果(I)

项 目	器 别	淋 渗 次 数							
		0	1	2	3	4	5	6	7
床层含汁量 (w_b) (kg)	A	—	2.40	2.94	3.10	3.11	3.17	3.09	3.08
	B	—	1.52	2.31	2.57	2.82	2.78	2.85	2.87
	ΔW_b	—	0.88	0.63	0.58	0.29	0.39	0.24	0.21
床层含汁率 (P_b) (%)	A	—	16.4	20.1	21.2	21.3	21.7	21.1	21.1
	B	—	10.4	15.8	17.6	19.3	19.0	19.5	19.6
	ΔP_b	—	6.0	4.3	3.6	3.0	2.7	1.6	1.5
渗 滤 速 率 (\bar{F}_{r2}) (l/m^2m)	A	—	82.2	92.7	94.2	95.6	96.8	97.7	97.0
	B	—	81.9	85.0	90.3	90.9	91.9	91.6	92.6
	$\Delta \bar{F}_r$	—	0.3	7.7	3.9	4.7	4.9	6.1	4.4
	$\frac{\Delta \bar{F}_r}{\bar{F}_A} \times 100\%$	—	0.4	9.1	4.1	4.9	5.1	6.2	4.5
间 隔 时 间 (Δt_i) min	A	—	22	22	22	22	22	22	22
	B	—	42	42	42	42	42	42	42

床层含汁量和床层空气对渗滤速率的影响还可以从另一次实验中得到验证, 如表2。第4次淋渗时平均渗滤速率为93.6[l/m^2min]了, 而淋渗前的床层含汁率为24.2%, 第三、四次淋渗间隔时间为29分钟, 第4、5次间隔时间延长至55分钟, 床层含汁率下降至20.4%第5次的渗滤速率也随即下降至5520.490.2[l/m^2min], 当第5、6次间隔时间缩短为31分

表2 不同床层含汁量和床层中空气与渗滤速率关系试验结果(II)

项 目	淋 次	1	2	3	4	5	6	7
床层含汁量(W_b)		2.22	2.41	2.82	2.38	2.83	2.50	2.99
床层含汁率(P_b)		19.1	20.7	24.2	20.4	24.3	21.5	25.7
渗 滤 速 率		73.3	87.3	88.4	93.6	90.2	93.7	86.2
间 隔 时 间(Δt_i)		28	33	29	55	31	55	32

钟时，床层含汁率复升至第 4 次淋渗前的水平(24.3%)，第 6 次渗滤速率随之回升至第 4 次淋渗后的水平，达到 93.4[l/m²min]。第 6 次和第 7 次间隔时间继续延长至 55 分钟，床层含汁率降至 21.5%，第 7 次渗滤速率降至 86.2[l/m²min]。

总之，无论是平行对比或纵向对比试验，结果都说明，床层含汁量和床层中空气是影响渗滤速率的主要因素之一。

3. 操作温度对渗滤速率的影响

图 3 和 4 为 70℃—室温、80℃—60℃ 和 70℃—80℃ 对比试验结果。可以看到，由于床层受到多次反复的热汁淋渗浸渍，蔗料受热变软，膨胀变形，压缩性增大，蔗料间空隙减小。因而整个床层的体积缩小，密度升高，持汁能力提高。相对于较低温度下淋渗的蔗层，由于床层体积大，蔗料间空隙多，含汁量则少。在 70℃—室温对比中，后者的床层高度从第 2 开始比 70℃ 下淋渗高 11mm，第 5 次淋渗后差距超过 20mm，密重则前者大，其差距随着

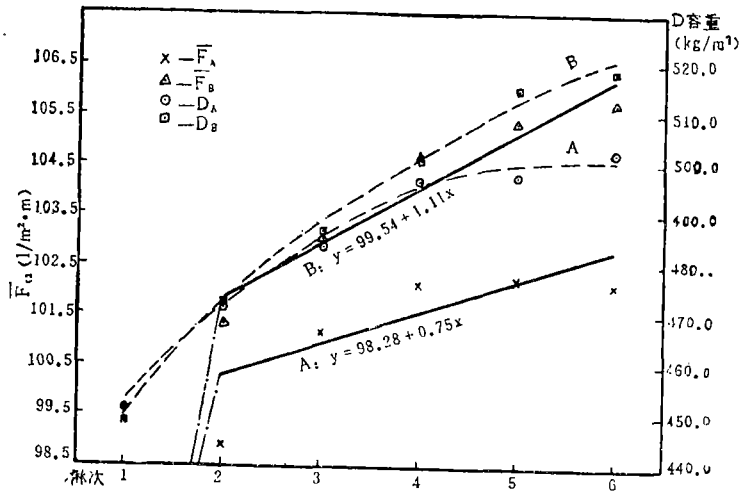


图 3 室温(A)与70℃(B)操作温度、容重和渗滤速率的关系

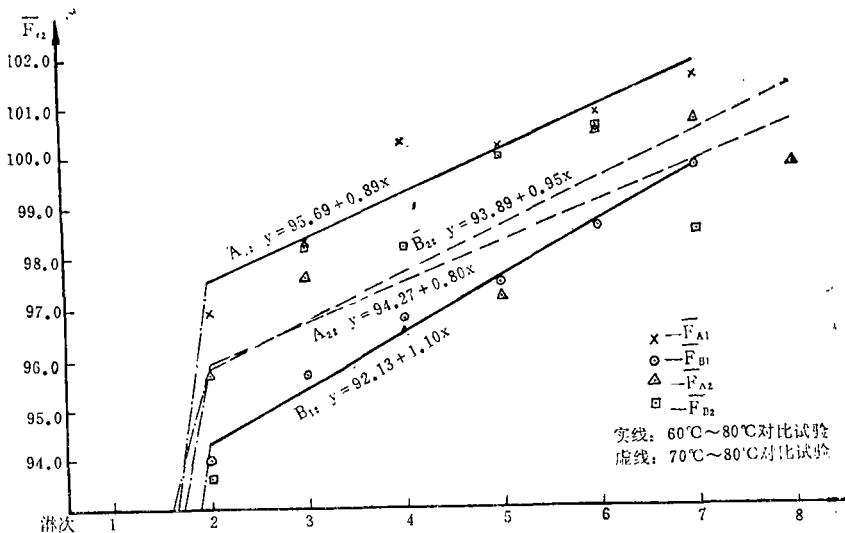


图 4 80℃(A₁)—60℃(B₁)、70℃(A₂)—80℃(B₂)操作温度与渗滤速率关系

次数的增加而逐步加大。蔗层越来越密实,含汁量越来越多,蔗料密重越来越大,因而渗滤速率也越来越大。 60°C — 80°C 对比试验结果也是如此。不过上述两组试验温差分别约 40°C 和 20°C ,渗滤速率差异显著,而 70°C — 80°C 由于温差只有 10°C ,差异已经消失。这是用两因素方差分析^[7]检验温度对渗滤速率的影响,结果如下:

I. 室温— 70°C : $F_A = 31.32 > 7.72 = F_{\alpha}$ 差异显著

II. 60°C — 80°C : $F_A = 12.17 > 5.59 = F_{\alpha}$ 差异显著

III. 70°C — 80°C : $F_A = 1.06 < 5.59 = F_{\alpha}$ 无显著差异

综上所述,从渗滤角度考虑,渗出器的操作温度可从目前工业上较为普遍采用的 80°C 作适当下降,可改善车间环境,降低能耗。但是,由于操作温度涉及到细胞热裂作用等与收回有关的问题,尚需进一步研究,以得出较为全面的结论。

4. 甘蔗品种对渗滤速率的影响

本项实验采用了两组对比试验。第一组为台糖—134号和桂糖—7号(下称台—134,桂—7)试验结果见图5。图中渗滤速率随淋渗次数变化的回归直线方程分别为: $F_A: y = 85.04 + 1.21x$, $F_B: y = 88.38 + 0.74x$,均在 $\alpha = 0.01$ 水平上显著。将这两个回归方程的 x 系

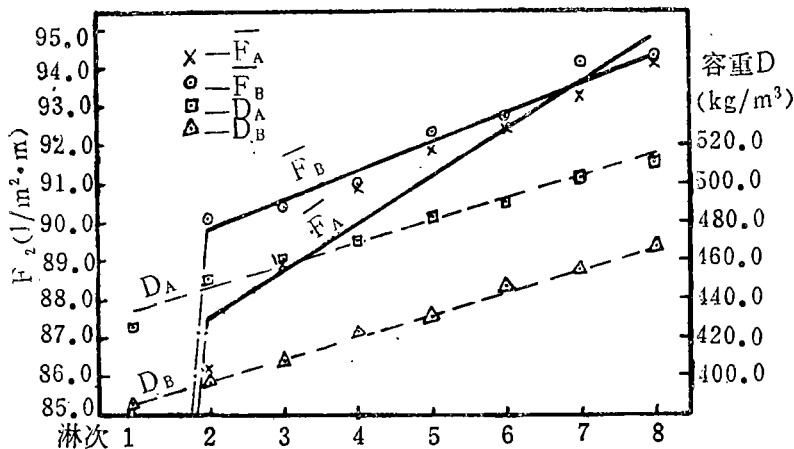


图5 台—134(A)和桂—7(B)渗滤速率、容重与次数关系

数 b 进行 t 分布检验^[8],计算得 $t = 2.791$,查表知在 $\alpha = 0.05$ 水平上有显著差异。

从图5中可以看到,前六次的渗滤速率,桂—7蔗料均比台—134高,且次数越少,差距越大。显然,桂—7比台—134更有利于糖分渗出。桂—7的这一渗滤特性的重要原因是蔗料比较松散,粗丝多,比容大,可接触面积也大。把这两种蔗料装入截面相同、蔗层高度均为 600mm 的填料装置中,桂—7为 11.65kg ,台—134则为 13.76kg ,后者比前者多 18% 。许多学者认为,蔗料形态是影响渗滤特性的重要因素,并已被许多实验所证实^[9-10]。用筛分法测定新鲜蔗料表明,两种蔗料蔗糠占的比例相差不大,分别为 52.2% 和 53.6% ,但桂—7蔗料的粗丝比台—134多近一倍,即 13.3% 和 7.4% ,而且蔗丝较长。这就必然导致前者渗滤特性比后者优越。

决定蔗料形态的因素除了预处理设备外,最重要的是甘蔗本身的特性。上述两种品种蔗料除了蔗糖分等化学成分差异外,物理性质主要表现在硬度上,即桂—7比台—134硬得多。甘蔗是由蔗皮、基本组织和维管束三大部分组成^[11]。其硬度是与维管束的分布数目及

周围的维管束鞘大小有关,与维管束间的基本组织的木质化程度有关。甘蔗较“硬”,则强度较大。又因为其间的维管束是沿蔗茎轴向几乎互相平行分布,故在受预处理机械的破碎,剪切等作用时,比“软”蔗更易纵向成丝。因此在甘蔗渗出法糖厂的蔗区,应选择糖分高硬度大的良种。

第二组台—134 和 419 对比试验得到相同的结果。

5. 床层表面蔗糠对渗滤速率的影响

对比试验结果见图 6。蔗料经 4 次淋渗后,床层基本稳定。第 5 次淋渗前,把 0.3kg 蔗糠(相当于 $4.1\text{kg}/\text{m}^2$)均匀铺于床面上,结果渗滤速率基本不变。这是由于蔗层经四次淋渗冲击,上部部分蔗糠已被冲下,料间空隙增大。铺上蔗糠后,淋渗汁只要冲破这一薄层蔗糠,仍可与前基本不变流速滤沥而下。第 6 次淋渗前再铺蔗糠 0.47kg (相当于 $6.4\text{kg}/\text{m}^2$),

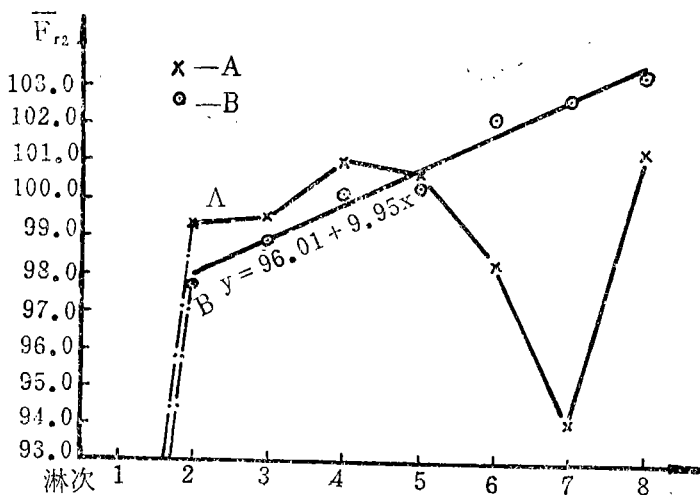


图 6 床面蔗糠对渗滤速率的影响

渗滤速率明显下降,为 $98.3[1/\text{m}^2\cdot\text{min}]$,比同次对比试验的 $102.2(1/\text{m}^2\cdot\text{min})$ 低 4%,第 7 次淋渗前又铺蔗糠 0.23kg (相当于 $3.1\text{kg}/\text{m}^2$)结果渗滤速率大大下降,为 $94.1[1/\text{m}^2\cdot\text{min}]$ 比同次对比试验的 $102.7[1/\text{m}^2\cdot\text{min}]$ 低 8%。后两次渗滤速率下降的幅度,主要是前一次铺设的蔗糠虽然部分被冲下,但相当大部分仍阻塞在蔗料间,加上新铺的蔗糠,流动阻力大大上升。表面蔗糠越多,阻力越大,渗滤速率就越小。第 8 次淋渗前未铺蔗糠,渗滤速率又上升到 $101.3[1/\text{m}^2\cdot\text{min}]$ 。

在工业用渗出器中,淋渗次数多(蔗丝渗出法 12—14 级,蔗渣渗出法 8—10 级),蔗糠在床层中越积越多,流动阻力越来越大,渗滤速率越来越小,当淋渗汁速率大于渗滤速率时,就会在床面泛流,形成“一条河”严重状况。为了消除这一现象,设想到在工业用渗出器若干级间,装入滤糠装置,以保证各级间有一定大小的渗滤速率。

6. 增加循环汁对渗滤速率的影响

在渗滤式渗出器中,以大量淋汁喷淋蔗层,无疑会使蔗料与淋汁有更多的接触机会,加速固液萃取过程,以渗出更多的糖分。但淋汁量需限制在不发生泛流和破坏逆流渗出为前提。换言之,理想的渗出器的淋渗操作应是在即将产生泛流之前,保持最大的渗滤速率^[5]增加淋渗水量是一种方法,但要受到其他工序多方制约。由于目前工业用渗出器是在显著低

于最大渗滤速率下操作,用提高回流比来增大淋渗汁则是切实可行的方法。本项实验对此进行了模拟。由于淋渗开始2分钟后一般可收集到渗滤汁约80%,故设想蔗料在每级均停留2分钟,而有20%左右滤汁回流。试验数据和结果见表6。

表6 增加循环汁量与渗滤速率关系的对比试验结果

项 目	器 别	淋 次							
		1	2	3	4	5	6	7	8
淋 汁 重 量 (W_p kg)	A	19.10	23.19	23.19	23.23	23.23	23.22	23.24	23.23
	B	19.02	19.17	19.17	19.16	19.16	19.23	19.22	19.20
ΔW_p ($W_{pA} - W_{pB}$)	—	0.08	4.02	4.02	4.07	4.07	3.99	4.02	4.03
$\frac{\Delta W_p}{W_{pB}} \times 100\%$	—	0.4	21.0	21.0	21.2	21.2	20.7	20.9	21.0
渗 滤 汁 重 量 (W_d kg)	A	17.16	23.05	23.00	22.93	22.96	22.90	22.86	22.93
	B	17.19	16.02	13.97	18.95	18.95	18.99	18.95	18.90
ΔW_d ($W_{dA} - W_{dB}$)	—	-0.03	4.03	4.03	3.98	4.01	3.91	3.91	4.03
$\frac{\Delta W_d}{W_{dB}} \times 100\%$	—	-0.2	21.2	21.2	21.0	21.2	20.6	20.6	21.3
渗 滤 速 率 (Fr_2 l/m ² min)	A	80.7	117.1	119.2	120.7	122.7	122.8	123.2	124.5
	B	83.1	96.3	97.2	98.3	98.9	100.3	101.5	101.5
ΔFr_2 ($\bar{Fr}_A - \bar{Fr}_B$)	—	-2.4	20.8	20.0	22.4	23.8	22.5	21.7	23.0
$\frac{\Delta Fr_2}{\bar{Fr}_B} \times 100\%$	—	-2.9	21.6	22.6	22.8	24.1	22.4	21.4	22.7

从实验结果中可以看到A的淋汁量每次增加约4 kg,比B多21%,收集到的滤汁量约多4 kg,约21%,渗滤速率也增加21—23%。淋汁量的增加使滤汁量和渗滤速率几乎以同一数量级增加。而同次的床层含汁率A虽比B大一些,但其差距仅从开始约1%到第8次淋渗后约3%,相差并不大。这说明,床层滞留汁量是有一定限度的,达到此限度,所增加的淋汁量就几乎全部通过床层滤出,这就增加了渗滤汁与蔗料的接触效率。

由于增加了浓度较高的滤汁回流,淋渗汁浓度上升,与蔗料中蔗汁浓度速度下降了。显然对渗出糖分是不利的。但是,另一方面,大部分淋渗汁通过床层的时间是短暂的,糖分渗出也主要在大流量淋汁渗滤时发生,淋汁量越多,持续时间越长,滤汁带走的糖分也越多,某级渗滤终止时,蔗料中含汁浓度也就低。表7的试验数据和结果,是先用混合汁(130%对蔗)淋渗装在A,B两装置的相同的蔗料,再用回流和不回流的淋汁淋渗。结果,虽然回流的淋汁浓度高些,但两分钟后收集的滤汁的平均浓度均比未回流的低。这一浓度可近似地看作为蔗料中的含汁浓度。当然增加回流比,不但受最大渗滤速率的限制,而且受淋汁与蔗料中含汁的浓度差的限制,这里存在着一个最佳回流比的问题。今后需继续进行研究。

表 7 增加循环汁回流与床层含汁浓度关系

试 验 号		淋 次					
		第 一 次 淋 渗			第 二 次 淋 渗		
		浓 度 (Bx)					
		淋渗汁	两分钟滤汁	两分钟后滤汁	淋渗汁	两分钟滤汁	两分钟后滤汁
I	A	17.37	17.29	17.56	15.36	15.96	15.71
	B	16.37	17.49	17.57	14.96	16.06	15.98
II	A	13.80	15.60	15.85	12.61	14.11	13.41
	B	13.80	15.80	16.02	12.14	14.93	13.87
III	A	14.06	16.53	16.71	13.40	15.17	14.51
	B	14.06	16.16	16.93	12.60	14.83	14.63

注：A 为回流，B 未回流

7. 床层中液体流动特性和渗出机理的探讨

经机械预处理的蔗料，细胞大量破碎，由大小长短区别甚大的粗丝、幼丝和糠状物组成。而蔗料床层密度较大，空隙不均。淋汁喷入后，由于床层的水平运动的惯性和重力作用，在一定高度，淋渗汁的流动方向和垂线成一角度，经蔗料中弯曲缠绕极不规则的流道，向各个方向迅速分散。主流为垂直分散和水平分散，是一种轴向分散和侧向分散的流动模式^[12]。

第一次淋汁以分散状态入床后，在与新鲜蔗料接触中，分成了几部分汁：①由于毛细作用，被柔软膨胀和未饱和的蔗料所吸收；②由于表面张力而被蔗料吸附；③由于蔗料阻力停留在蔗料之间的接触点或陷入蔗料包裹中；④因重力作用，沿着料间间隙滤沥而下。根据法国学者 Van Swrrij 等对填充床的研究^[13]，可把这些汁分为静滞留汁和动滞留汁。前者难于自由滤沥，后者则定义为中断喷淋后的某一时间内，自由滤沥所得的滤汁。上述的①、②部分可归于静滞留汁，④可归诸了动滞留汁，③则介于两者之间。床层经反复淋渗和热作用后，如果蔗料已被饱和，淋渗汁和动滞留汁之和的重力大于床层的持汁力时，流汁才渗滤而下，连续不断的淋渗则连续不断地置换了床层间隙中的动滞留汁，而且由于流汁和蔗料表面摩擦力加剧，使蔗料表面吸附的静态液层(膜)变薄，从而携带了部分吸附的表面汁。当帘状的淋汁越过蔗层某一纵断面一段距离后，床层中动态汁是依赖本身的自重自上而下汇集而下。在本实验范围内，一般较高渗滤速率的滤汁是在两分钟内产生的。其中第 2 分钟平均渗滤速率比第 1 分钟减少约百分之三十，第 3 分钟仅为第 1 分钟的千分之一左右，此后随时间延长而衰减。在上一次淋渗后和下一次淋渗前，床层中蔗料间隙并没有完全被滤汁所饱和，其含汁率与床层高度成然比。波兰 bproski J. 和 S.Mrouski^[14] 曾描述了颗粒床层喷淋后含汁状态，如图 7 中实践。蔗料床层的填料虽反不同，含汁趋势即床层饱和程度却是一致的。床层在喷淋前，其中的蔗汁并未全部滴干，由于蔗料密实度较高，持汁能力大，故饱和曲线要上移一段距离，如图中虚线所示。淋汁喷淋后，需要有一定的时间间隔，把床层饱和到一定程度，才会产生大量的滤汁。在本实验中，装蔗料 800mm 高，淋汁对蔗比 130%，第 2 次及后继续淋渗时，时间间隔约 26 秒；若蔗料装高 680mm、淋汁对蔗比

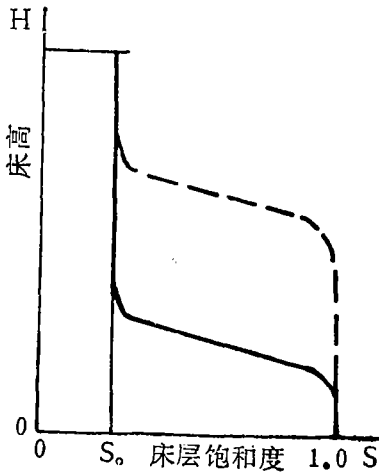


图7 床层饱和度和床高的关系

130%，则约18秒。

由于蔗料形态等物理性质及淋汁入床后水力性质等多种因素影响，用单一的理论来解释这一复杂的现象是困难的。由于毛细作用被蔗料吸收的汁以及因热作用导致细胞中的糖分渗出可认为是分子的扩散传质，其推动力是浓度梯度。而西德的H. J. Dalavier和伊朗的R. Shokrani应用电子显微技术进行研究，认为这种作用属微流动机理^[15]，其推动力为渗透压。而蔗料表面吸附汁形成的边界膜，在层流时可分成扩散层和水力层^[16]。前者进行扩散传质，后者则为对流、洗涤传质。对于湍流流动，边界膜则可分为三个亚层。第一亚层为湍流亚层，传质主要由湍流脉动引起，第二亚层为粘性亚层，湍流减少，脉动消失，传质速率比扩散快，第三亚层则为扩散亚层。在床层喷淋后，开始前几分钟可能为湍流流动，以后逐步转入层流流动。滞

留在蔗料间的汁与蔗料表面及吸附汁进行质量交换。图8为某次淋渗后不同高度(自上而下，每层相隔150mm)床层中蔗料含汁浓度的变化规律。除层面(第一层)锤度较高外，第二层开始锤度逐渐上升。这是因为表层由于蔗料与淋汁接触时间短，渗出糖分少。第二层则由于蔗料阻力相对小，淋汁和滤汁流速快，置换迅速，淋汁和蔗料浓度梯度大，渗出糖分多，床层中蔗料浓度就低，并且随床层下降而减缓，故第三、四层浓度逐渐增大。低层(第五层)蔗料呈饱和状态，上层浓汁汇集，排除缓慢，蔗料和淋渗汁间浓度梯度缩小，使蔗料含汁浓度比较高。第三、四层中也不同程度地存在这种状况。然而由于蔗料处于“浸浴”状态，空隙被汁所饱和，固液接触良好，扩散传质仍在继续。

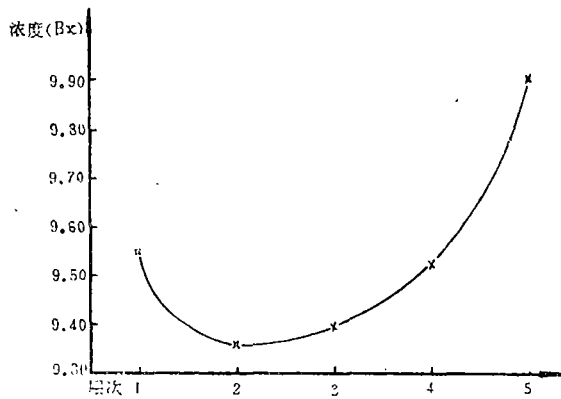


图8 不同高度床层的浓度变化

综上所述，工业用渗出器中床层由于在未完全饱和状态下运行，淋汁与蔗料接触时间短，上部蔗料的渗出主要是洗涤作用，下层被汁完全饱和，床层含汁至一定量才排除，被新汁取代，这一过程为置换传质。在喷淋前后的蔗料与滞留汁间则主要是扩散传质过程。为了提高固液接触效应，提高渗出速率，饱和度较高的床层和较大的渗滤速率，显然是可取的。

四、结 论

1)在各次淋汁量相同的条件下,渗滤速率随着淋渗次数的增加而增加。淋渗次数的递增对渗滤速率有正反两方面的影响,正效应大于反效应。一个重要原因是床层含汁率和容重逐次增加。工业渗出器为适应这一规律,使每级渗滤速率趋于一致,应逐级增加级间长度。

2)床层含汁量和床层中空气对渗滤速率有明显的影响。含汁率低1.5—6.0%,渗滤速率就下降4.1—9.1%。其原因是大流量渗滤汁滤沥前,首先要把床层饱和到一定程度。含汁率低、空气多的床层,需要饱和的汁多,通过床层滤沥就少,空气阻尼作用就大,渗滤速率就低。

3)不同的操作温度对渗滤速率有不同的影响。与室温(30°C以下)相比,70°C热汁淋渗,蔗料反复受热变软,床层高度下降较快,渗滤速率差异越来越大。60°C—80°C对比试验结果也是如此。70—80°C对比试验则没有显著差异。从渗滤角度考虑,热汁温度可控制在70°C左右。

4)不同硬度的甘蔗品种的蔗料在前六次的渗滤速率差异显著。硬度大的蔗料,粗丝多,比容高,料间空隙大,淋汁滤汁阻力小,渗滤速率高。渗出法糖厂的蔗区应注意选择高硬度的甘蔗良种。

5)床层表面蔗糖对渗滤速率有明显影响。表面蔗糖越多,阻力越大,渗滤速率下降越快。在工业用渗出器级间设置除糠装置是保持一定渗滤速率的必要技术措施。

6)增加循环汁回流比与滤汁量和渗滤速率升值在同一数量级。增加回流固然使淋汁浓度有所上升,与蔗料中蔗汁的浓度梯度差缩小,但只要比例恰当,就能发挥淋汁量大,渗滤速率高的优点,回收更多的糖分。其规律尚需继续研究。

7)淋渗汁以分散状态入床,被蔗料吸收、吸附、包裹,并在重力作用下滤沥。床层上部蔗料空隙未被饱和,下部呈饱和状态。除表层外,第二层开始蔗料中蔗汁浓度与床高成反比。糖分渗出上部以洗涤传质为主,下部为扩散置换传质。饱和度高的床层和较大的渗滤速率是强化糖分渗出的两个互为关联的重要因素。

五、实验中的一些问题

1)装入床层的蔗料剔去大片,人工装料,故比实际操作时均匀。

2)工业用渗出器相邻两级间,从入料端起算,后一级滤汁则为前一级淋汁,由于本实验为单级装置模拟多数渗出器,故配料时只能使有关淋、滤汁浓度接近。

3)因条件所限,未能模拟工业用渗出器中的第一级渗出汁大循环。

本文实验曾得到广西百色糖厂领导和职工,特别是农有忠助工、本院制糖教研室老师和广西轻工研究所有关工程技术人员大力协助,数据处理承本院数学教研室冯荣昌副教授的指导,在此谨致谢意。

参 考 文 献

[1] Jose L Carbonall (1983) Milling & Diffusion, S. J. Nov. 19—21

[2] H. S. Wu. (1968) A Brief Review of Recent Diffuser Development, 13th ISSCT 165—168

- [3] J. H. Payne: (1968) Cane Diffusion—the Displacement Process in principle and practice, 13th ISSCT 103—121
- [4] G. A. Matthesius: (1977) An Investigation of Juice Flow Behaviour in Cane and Bagasse Diffusers, 16th ISSCT 2187—2197
- [5] D. J. Love and P. W. Rein: (1980) Percolation Behaviour of a Cane Diffuser, 17th ISSCT 1900-1924
- [6] 甘科所甘蔗制糖研究中心, “陈其斌博士讲演及座谈”, 1983
- [7] 费荣昌、费定晖, 《概率统计》(教材), 1983
- [8] 中国科学院教学研究所数理统计组, 《回归分析方法》, 科学出版社, 1974
- [9] D. H. Foster and J. W. Hill (1966) Pilot Plant Diffusion Experiments, Pro. QSSCT (4.27—5.3) 111—119
- [10] 轻工业部甘蔗糖业科学研究所等, 《甘蔗蔗丝连续渗出法生产试验技术报告》, 广西轻工科技, 1971.1.
- [11] 苏广达等, 《甘蔗栽培生物学》, 轻工业出版社, 1980
- [12] R. Bird et al, (1960) Transport phenomena John Wiley, New York 780pp
- [13] Van Swaaij et al: (1969) Residence time Distribution in the Liquid phase of trickle flow in packed Columns, Chem. Eng. Sci. 24: 1083—1095
- [14] Robert E. Treybal: (1968) Mass-Transfer Operation 632pp.
- [15] H. J. Dalavier and R. Shokraui, “用于固液萃取的甘蔗显微结构”(中译本) 《国际甘蔗糖学会第十五、十六届年会论文选集》(下册), 1974
- [16] Jose F. Guzman Carmenate et al, (1983) An Investigation of the Washing displacement process of Sugar Cane Under the Action of Mechanical Vibration in the Infrasonic Range, I. S. J. 337—340

85001

带肉梨汁护色及加工工艺的研究(II)《无锡轻工业学院学报》1986年,第五卷,第一期

主题词 梨;果疏褐变;食品加工

摘要 本研究用热烫、SO₂、抗坏血酸、蔗糖等抑制方法控制带肉梨汁加工过程中的褐变。颜色指标用罗维朋比色计评价。发现在一小时的加工时间内能完全控制梨汁褐变的最佳条件是:100℃热烫3分钟、抑制剂偏重亚硫酸钠的最小用量为20ppm;或抗坏血酸为250ppm;或糖浆浓度为40%。还对糖浆与SO₂的协同作用及不同pH下SO₂对酶的抑制效果作了研究。

作者: 杨方琪 杨健 费健

85003

影响甘蔗渗出器渗透速率的几个主要因素的研究《无锡轻工业学院学报》1986年,第五卷,第一期

主题词 渗透速度;甘蔗制糖;糖分渗出渗透速率;甘蔗渗出器;蔗汁淋渗

摘要 本文对国内外甘蔗制糖工业中广为应用的渗透式渗出器的渗透速率进行了研究。设计制造了一式两套模拟实验装置。在动态条件下,对淋渗次数,床层含汁量和床层中空气,操作温度,甘蔗品种,蔗糖和循环汁对渗透速率的影响进行了试验,得到了相应的线性回归方程。对床层中液体的流动特性进行了分析,对渗透式渗出器的糖渗机理进行了探讨。

作者: 谢样湘 王鸿生

86002

利用海浮石为载体的固定化酵母酒精发酵《无锡轻工业学院学报》1986年,第五卷,第一期

主题词 海浮石;固定化酵母细胞;酒精发酵

摘要 本文叙述了海浮石作为载体的固定化酵母细胞方法和海浮石再生方法,并分别介绍实验室试验和加工厂小试固定化酵母细胞酒精发酵的情况和数据,试验成果,夏季发酵1个月平均对糖转化率为90%,最高为98.5%。工厂小试表明,固定化酵母细胞柱发酵比发酵罐快。

作者: 金其荣 徐云 姜锡瑞等

86004

食品厂蒸发设备热能分析《无锡轻工业学院学报》1986年,第五卷,第一期

主题词 热能;蒸发器;研究/热能分析

摘要 蒸发是食品工厂主要耗能过程之一。本文对蒸发器进行热能分析提出了一个可行的方法。

作者: 韩继光

86003

AN INVESTIGATION OF SOME FACTORS AFFECTING THE JUICE PERCOLATION RATE in the PERCOLATION TYPE DIFFUSERS 《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》, Vol.5, No.1, 1986

SUBJECTWORD seepage velocity, cane sugar manufacture, sugar diffusion/percolation rate, cane diffuser, juice spraying
ABSTRACT The percolation rate of the cane diffuser used extensively in cane sugar manufacture has been investigated. Two fixed bed pilot diffusers have been made. A series of regress equations dealing with the percolation rate versus its affecting factors, such as spraying times, liquid and air holdup in bed, operating temperature, cane varieties, quantities of pith on the surface of bed and recirculation of juice have been found from experiments. The liquid flow behaviour and mechanism of sugar extraction in the cane diffuser have been discussed.

Author: Xie Zixiang, Wang Hongsheng

86001

RESEARCH OF PROTECTING COLOUR and PROCESSING TECHNOLOGY in PLUP PEAR JUICE (II) —Influence of SO₂ and other inhibitors on the maintenance of natural color of plup pear juice in processing 《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》, Vol.5, No.1, 1986

SUBJECTWORD fruit processing, pear, food discoloration / fruit and vegetable browning
ABSTRACT This paper studied the effect of blanching, and SO₂ ascorbic acid, sucrose as inhibitors in prevention enzymic browning in processing plup pear juice. The color value was evaluated by Lovibone color meter. It was found that the blanching at 100°C for 3min., The smallest amount of sodium metabisulfite for 20ppm., ascorbic acid for 250ppm. and 40% sucrose solution can completely inhibit the enzymic browning during processing within one hour. In addition, the synergistic activity between sucrose solution and SO₂ and SO₂ in different pH value in retarding browning of pulp pear juice were investigated respectively.

Author: Yang Fangqi, Yang Jiaou, Fei Jian

86004

THERMAL ENERGY ANALYSIS of EVAPORATOR—for FOOD PLANT 《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》, Vol.5, No.1, 1986

SUBJECTWORD thermal energy, evaporator, researching/thermal energy analysis
ABSTRACT Evaporation is one of the major users of the energy in food plants. this paper will introduce a method to help the operator to analyse the thermal energy consumption of evaporator.

Author: Han Jixian

86002

ALCOHOL FERMENTATION of IMMOBILIZED SACCHAROMYCETE USING the CORALLITE as the CARRIER 《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》, Vol.5, No.1, 1986

SUBJECTWORD yeast fermentation, ethanol, industrial fermentation/corallite, immobilized yeast cells, alcohol fermentation
ABSTRACT A method of immobilizing the yeast cells using corallite as the carrier and renewing the corallite, the situation and data of alcohol fermentation experiment using immobilized yeast cells in the laboratory and in the plant, separately are described and introduced. During a month of fermentation, in summer, experiments show the average conversion ratio of alcohol to sugar to be 90%, with a maximum of 98.5%. The pilot plant experiments show the rate of fermentation in the column of immobilized yeast cell is faster than in the fermentor.

Author: Jin Qirong, Xu Yun