

罐,使饱和中生成大量碳酸钙沉淀,达到吸附和去除杂质、澄清糖汁的目的,一碳饱和汁经加热至 85 ~ 90℃,进入过滤系统过滤,以保证快速过滤,降低滤泥损失。一清汁再加热至 102 ~ 105℃,进入二碳饱和罐进行第二次沸点饱和,终点碱度依据试验室测定的最佳碱度执行,二碳汁经过滤后走硫漂系统,漂后糖汁经加热至与一效罐温度相同,进蒸发罐。整个澄清过程的效果和温度控制是息息相关的,温控指标虽各厂不尽相同,但也是理论和有针对性的实践积淀,高于或低于其相应范围,都会偏离预期效果。

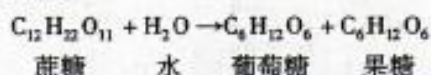
第二节 蒸发的相关知识

一、糖汁在蒸发过程中的化学和物理变化

蒸发过程主要是传热过程,但其中也产生一系列的化学和物理变化。糖汁经过澄清处理后所得的澄清糖汁,是一种组分复杂的不纯糖溶液,同时又是一种对热有敏感性的物质。在蒸发过程中由于温度的作用及浓度的变化,糖汁中的蔗糖及其所含的各种杂质会发生各种化学和物理的变化,这些变化对糖分收回、产品质量和蒸发过程都有影响。认识这些变化的影响,可帮助我们更好地制定和控制蒸发过程的工艺条件。

(一) 蔗糖的转化

糖液在一定的酸性条件下,蔗糖加水分解,生成葡萄糖和果糖,这就是转化。生成的葡萄糖和果糖称为转化糖或还原糖。



糖汁在蒸发过程中会发生转化作用,使蔗糖受到损失,转化的速度受糖汁的酸值、蒸发温度和停留时间三个因素的影响,酸值越低,温度越高,停留时间越长,转化的蔗糖就越多。

1. 酸值(pH)的影响

在一定的温度条件下,酸值越低,转化的蔗糖就越多,酸值对转化的影响如表 10-1 所示。

表 10-1 在不同 pH 下,蔗糖的转化率

| pH | 转化率/% | pH | 转化率/% | pH | 转化率/% |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 4.6 | 5.23 | 5.8 | 0.34 | 7.0 | 0.021 |
| 4.7 | 4.24 | 5.9 | 0.27 | 7.1 | 0.017 |
| 4.8 | 3.37 | 6.0 | 0.21 | 7.2 | 0.013 |
| 4.9 | 2.70 | 6.1 | 0.17 | 7.3 | 0.011 |
| 5.0 | 2.12 | 6.2 | 0.13 | 7.4 | 0.008 |
| 5.1 | 1.68 | 6.3 | 0.117 | 7.5 | 0.007 |
| 5.2 | 1.34 | 6.4 | 0.084 | 7.6 | 0.005 |
| 5.3 | 1.02 | 6.5 | 0.067 | 7.7 | 0.004 |
| 5.4 | 0.84 | 6.6 | 0.053 | 7.8 | 0.003 |
| 5.5 | 0.67 | 6.7 | 0.042 | 7.9 | 0.003 |
| 5.6 | 0.53 | 6.8 | 0.034 | 8.0 | 0.002 |
| 5.7 | 0.42 | 6.9 | 0.027 | | |

从表 10-1 可知,在 100℃ 时,转化速度与 pH 成正比,pH 每降低 1.0,蔗糖转化率就增加 10 倍。如在 100℃ 时,pH7.0 时,转化率为 0.021%;pH6.0 时,转化率为 0.21%;pH5.0 时,转化率为 2.12%。

2. 温度的影响

在一定的酸值条件下,温度越高,转化的蔗糖就越多,温度与转化的关系如表 10-2 所示。

表 10-2 不同温度的蔗糖转化速度(以 100℃ 时的转化速度为 100 做基础)

| 温 度/℃ | 转 化 速 度 | 温 度/℃ | 转 化 速 度 |
|-------|---------|-------|---------|
| 120 | 523 | 80 | 15.7 |
| 110 | 257 | 75 | 8.5 |
| 107 | 200 | 70 | 4.9 |
| 105 | 167 | 65 | 2.9 |
| 100 | 100 | 60 | 1.7 |
| 98 | 85 | 55 | 1.0 |
| 96 | 72 | 50 | 0.47 |
| 94 | 60.5 | 45 | 0.25 |
| 92 | 50.6 | 40 | 0.13 |
| 90 | 41.5 | 20 | 0.02 |
| 85 | 24.5 | | |

从表 10-2 可知,转化速度随温度的升高而增加,温度每升高或降低 10℃,转化速度增加或减少 2.5~3 倍。

以压力蒸发罐与真空蒸发罐的对比为例,进一步说明温度对蔗糖转化的影响。某糖厂有两列加热面相等的蒸发罐,一列为四效压力蒸发罐,另一列为五效真空蒸发罐,以相同糖汁处理量做对比试验,结果在压力蒸发罐中蔗糖转化为 0.21% °Bx,在真空蒸发罐中蔗糖转化为 0.08% °Bx,压力蒸发罐的蔗糖转化比真空蒸发罐多 0.13% °Bx。

3. 停留时间的影响

在一定的糖汁 pH 和蒸发温度下,停留时间越长,蔗糖的转化就越多。可以通过加强蒸发罐的除垢工作,提高传热效能,减少停留时间,减少蔗糖的转化损失。

(二) 酸值(pH)的变化

进入蒸发罐的糖汁虽然为中性,但在蒸发过程中,受高温和停留时间的影响,会继续发生化学反应,使糖汁和糖浆的酸值发生变化。

1. 酸值降低

糖液酸值的降低,与糖汁的成分和澄清方法有关。

(1) 酰胺分解 糖汁经澄清处理后,未被除去的酰胺,在蒸发过程高温的作用下,继续分解。

如天冬酰胺水解生成天冬氨酸和氨气,天冬氨酸能和糖汁中由碳酸钾等形成的自然碱度发生反应,从而使糖汁的碱度下降。

(2) 还原糖分解 在不同的条件下,还原糖分解后的产物有所不同。一般都产生有机酸,如乳酸、葡萄糖酸、蚁酸、醋酸和腐植酸等,使糖汁的酸值降低。

2. 酸值升高

在亚硫酸法和碳酸法糖厂中,如果硫熏(硫漂)或二次饱和操作不正常,便会生成一些酸式亚硫酸盐或酸式碳酸盐。这些盐类在蒸发高温的作用下便分解生成相应的酸酐(SO_2 和 CO_2)和碱盐,使糖汁的酸值升高。

糖汁在蒸发过程中,酸值降低和酸值升高会同时发生,但为什么最后糖浆的酸值大多是降低呢?这是因为蒸发过程中酸值的降低是主要的,掩盖了酸值升高,所以出现这样的结果。

在蒸发时,糖汁酸值的降低,同糖汁的纯度有关,糖汁纯度低时,酸值下降比较大,糖汁纯度高时,酸值下降比较小,这种情况在碳酸法糖厂中比较明显。

糖汁酸值在蒸发过程降低,特别是降低值较大时,不但造成蔗糖转化损失,并且妨碍糖浆硫熏的效果,对糖分收回和产品质量都有一定影响。

(三) 色值增加

在蒸发过程中,糖汁受高温作用后,往往色值增加,增加的原因主要是蔗糖的焦化和还原糖的分解。

1. 蔗糖的焦化

糖汁在蒸发罐中若对流循环不良,形成局部过热,在加热管壁上蔗糖会发生焦化,变成焦糖,当罐内液面太低时,也会发生所谓的“烘罐”现象,这时蔗糖更易发生焦化。

焦糖是蔗糖受高温(温度高于 138°C)作用后失水焦化的产物,是一种复杂的无水混合物,具有非常高的色值。少量焦糖的存在,会显著增加糖汁的色值。

2. 还原糖的分解

还原糖在碱性作用下会发生分解,最后生成一种深色的腐植质产物,同时还原糖又能与氨基酸结合生成一种似黑色素物质,称为美拉德(Maillard)反应。这些还原糖的分解产物都能使糖汁显著着色。

(四) 纯度的变化

糖汁经蒸发后,所得糖浆纯度应比清汁纯度有所升高,这种纯度升高是一种正常现象,由以下两方面的因素引起。

(1) 糖汁中非糖分的分解,如酰胺分解生成氨,亚硫酸氢盐或碳酸氢盐分解生成二氧化硫或二氧化碳,这些挥发性产物都随汁汽逸出,减少了一些非糖分,相应地提高了纯度。

(2) 部分非糖分发生沉淀,析出积垢,使糖浆纯度升高。

但是有时候糖汁蒸发成糖浆后,纯度没有升高,反而降低(降低程度有所不同),这是什么原因呢?这只能说明糖汁在蒸发过程中,有大量的蔗糖发生转化,转化引起的蔗糖损失所降低的纯度,不能为非糖分分解和沉淀使纯度升高所补偿。在这种情况下,必须在生产上找出原因,制定措施,加以解决。

(五) 加强技术管理减少蒸发过程中糖汁的变化

1. 糖汁变化对制糖生产的影响

糖汁在蒸发过程中发生的变化,不是孤立存在的,而是互相关联和互相影响的。如还原糖破坏后,产生色素,同时生成有机酸,也可能使蔗糖转化;又如 pH 的降低,会促使蔗糖的

转化。这些变化对制糖产生许多不良的影响,可归纳为以下两方面。

(1) 增加糖分损失,降低煮炼收回率 蔗糖转化和纯度下降的结果是造成糖分损失,这种损失在压力蒸发罐中,有时可达到未测定损失的 30% ~ 50%,对糖分收回影响很大。

(2) 增加色值,降低产品质量 通常清汁经蒸发后,糖浆的色值一般增加 10% ~ 20%,由于蒸发过程蔗糖焦化和还原糖分解,都会使糖汁的色值增加,严重时甚至会增加 1 ~ 1.5 倍,直接影响产品质量。糖浆的增色率以第一效高温蒸发为最多,有时可增至 50%,以后各效仍继续增加。

2. 减少糖汁变化的方法

在蒸发过程中,糖汁变化所引起的一系列不良后果,会严重影响产品的质量。因此除了做到平衡生产,保证糖浆浓度达到指标,必须根据蒸发过程中发生的全部情况,采取一些措施保证稳定的糖浆质量,降低糖浆的色值。

(1) 加强操作及管理,稳定各种物料的工艺参数 进入蒸发罐的清汁应有良好的热稳定性,pH 保持在中性或微碱性(甜菜糖 pH8 左右),以免蔗糖在酸性时的转化并控制还原糖在碱性时的破坏,所造成的糖分损失或产品质量下降。在工艺控制上,要考核蒸发过程的色值增量,及时发现问题,对症处理。在人工操作条件下,应尽量减少 pH 的波动,采用 pH 自动调节装置,清汁 pH 的稳定就更有保证。

稳定各效罐中糖汁的液面和糖浆的浓度,从减少糖浆色值升高,稳定中间制品质量的角度来看是很必要的,采用液面和糖浆浓度自动调节后,可以取得很好的效果。

(2) 提高蒸发效能,缩短糖汁在蒸发罐的停留时间 糖汁在蒸发罐内的停留时间和蒸发温度也是影响糖分收回和产品质量的因素,生产实践证明,只有保持加热面干净,才能提高蒸发效能,才有条件缩短糖汁的停留时间和降低蒸发温度。

目前各厂都很重视这个问题,普遍实行“薄积勤通”的措施,并配合有效的煮洗方法,对保持加热面的干净有很好的效果。

(3) 采用饱和蒸汽作为蒸发罐的热源 目前的糖厂大都用汽轮机发电或带动压榨机,汽轮机的废汽是过热蒸汽,如直接作为蒸发罐的加热蒸汽是不适宜的。从传热的角度来看,过热蒸汽的表面传热系数远比饱和蒸汽小,温度又较高,远离液化点,采用过热蒸汽会减少蒸发罐的有效加热面。从工艺的角度来看,由于过热蒸汽温度较高,会加速蔗糖的转化和焦化以及还原糖的破坏,造成糖分损失,中间制品质量下降。

因此,过热蒸汽在进入蒸发罐加热之前,应该经过喷水降温增湿处理,使过热蒸汽变为饱和蒸汽,或者接近饱和蒸汽的温度。

但是,还有不少糖厂对这个问题没有注意,依然使用过热蒸汽供应蒸发或煮糖,没有喷水降温装置。有些糖厂虽有这种设备,但没有专人看管,以致没有发挥应有的作用。采用过热蒸汽降温自动调节装置,根据蒸汽温度调节冷凝水量是比较理想的措施,为了保证不过度降温,调节降温后的蒸汽温度比饱和蒸汽温度略高几度,也是允许的。

二、积垢的生成及清除

传热理论和生产实践表明,在一定的设备条件下,积垢是对传热系数影响最大的一个因素,因为积垢的热导率非常小。随着积垢厚度的增加,热阻就更大,传热系数便迅速下降。因此,减少积垢的生成,按时轮洗蒸发罐,保持加热面干净,就可以保持较高的传热系数,提