

琉球大学学術リポジトリ

分蜜糖工場における蔗汁の濃縮

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農家政学部 公開日: 2011-07-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 外間, 宏一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/20967

分蜜糖工場における蔗汁の濃縮

1. はじめに

農家の皆様のうちには自分達が生産した甘蔗が製糖工場においてどのように加工され白糖に変わっていくかその工程を見学なさった方もあるし、これから見学しようと思っっている方もあると思う。製糖工程は搾汁、清澄、濃縮、分蜜の四工程に大別されるが、工場見学をするにあたって原理的に構造的に理解しにくいのは清澄と濃縮の工程だろうと思う。搾汁はキビを搾機にかけて汁とカスとに分ける操作であり、分蜜は遠心分蜜機で濃縮糖液から砂糖と液（糖蜜）に分ける操作で、この二つの工程は小学一年生にで一目瞭然の簡単な操作である。これから書くことは理解しにくい工程のうち濃縮工程の原理と構造を説明して、製糖工場を見学する場合の予備知識を習得して戴くのが目的である。

2. 蒸 発

本文に入る前に蒸発とは何であるかを黒糖製造における蔗汁の濃縮工程を例にとって説明したい。蔗汁の主成分は水分と砂糖分であることは申すまでもない。この蔗汁を鍋に入れて加熱を続けると一定の温度（沸点）に達して沸騰を始め、水分は蒸発し大気中に失われ、糖濃度は高くなって来る。この一定の温度に達する迄に使われる熱量を感熱、蒸気となって大気中に失われる熱量を潜熱と呼ぶ。つまり蒸発とは稀薄溶液に熱を伝えて水分を蒸気に変えて相の変化を利用して、とけている物質を分離する操作の一つであり、分離操作には他に蒸発と濾過がある。蒸発において大気中に失われる蒸気を冷やして回収すれば蒸溜になる。蒸発の場合は目的物は容器に残る固形物であるが、蒸溜は液体の混合物からその沸点の差を利用して分離する操作で、目的

物は大抵の場合出てくる凝縮液である。次の表は水の蒸気圧と熱量との関係を示した表である。

蒸気圧	感 熱 Kcal/kg	潜 熱 %	全熱量%
1	100,04	539,27	639,31
2	120,3	526,3	646,6
3	140,7	512,4	653,1

即ち蒸気圧が高くなれば感熱は上昇し、潜熱は降下するが全体としては上昇する。また圧力が小さいうちは潜熱は感熱の約5倍にも達し、エネルギーイが大きいので、食品加工などにおいて蒸気で物を煮る場合、役立つのはこの蒸発潜熱である

3. 沸 点 上 昇

前にのべた蔗汁の濃縮の場合、その沸点を測ってみると水の沸点100°C以上になっていることに気付くだろう。砂糖溶液にしる、食塩水にしる、溶液はすべて或物をとがしている液体（この場合は水）の沸点よりも高い温度で沸騰するが、この現象を溶液の沸点上昇という。水溶液の濃度が高ければ高い程沸騰のしかたは緩慢になるが、その温度は100°C以上になっているので沸騰水以上に危険であることは当然である。

4. 蒸気圧と沸点

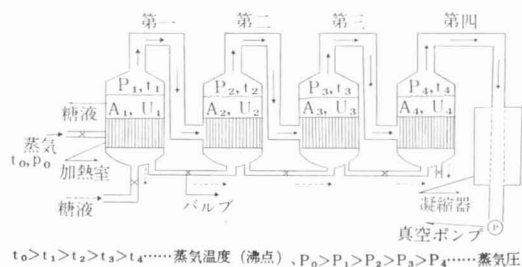
大気圧下で即ち開放の状態の水が沸騰する場合の蒸気圧は1気圧、沸点は100°Cで、ヤカンで湯をわかす場合のようにその操作は簡単に爆発の危険性はないが、蒸気圧を1気圧以上にするためには水の入った容器を密閉して即ち大気と遮断して加熱しなければならぬ。その場合圧力の上昇と同時に沸点も100°

C以上に上昇するので、爆発とやけどの危険を伴うことはボイラーの爆発事故など新聞紙上で見受けることで承知のことと思う。また大気圧以下では水の沸点は100°Cよりも降下する。この原理を応用して蔗汁の濃縮に使われる装置が効用蒸発罐である。常圧加圧、減圧何れの場合においても加熱する液体が溶液であれば沸点上昇を伴うことは勿論である。3.4項は蒸発と関連事項であるので説明することにした

5. 多重効用蒸発缶

効用罐を1台使用する場合を単一効用蒸発罐と呼び、製糖工場における結晶罐のように主として濃度が高い溶液を蒸発する場合に利用される。2台以上連結して使用する場合を多重効用蒸発罐と呼び、蔗汁の濃縮などのように稀薄溶液の濃縮に使われる。原理は単一罐も多重罐も同一であるので後者について説明したい。製糖工場においては主に四重効用罐が使われている。各蒸発罐は直立円筒形をしていて、高さ3~5mで直径はその1/3位である。蒸発罐の下から1/3位の部分が加熱室で此部分には垂直な多数の加熱管がある。加熱管の外側に蒸気を吹き込んで管の内部にある糖液を加熱する。使用するには先づ蒸発罐の加熱室を覆うまで糖液を入れ、次に真空ポンプを動かして罐内の空気を吸い出して大気圧以下にし、第一の蒸発罐の加熱室に蒸気を吹き込んで加熱すると糖液は100°C以下の温度で沸騰を始める。即ち蒸気圧が低下するとそれに応じて沸点も降下する。此の第一罐の糖液からでる蒸気は潜熱を伴って第二蒸発罐の加熱室に入って第二罐の種液を加熱沸騰するが、真空度、及び糖濃度は凝縮器を通じて真空ポンプに直結している第四罐が最も高く、以下第三、第二、第一の順になっていて、第四罐は約60°Cで沸騰する。各罐は圧力が異なっているので、各罐を連する管中の弁を開くことによって糖液は第一罐から第二罐え、第二罐から第三罐え、第三罐から第四罐え移動することができる。第一罐には清澄工程を終えた新しい糖液を入れ、最後の第四から取出す糖液の濃度は常に一定させて55~60°ブリックスとする。これをシラップと言って40~45%の水分を含んでいるので更に単一

効用罐である結晶罐に送って濃縮結晶させる。第四罐と真空ポンプの間に凝縮器(蒸気を冷やして水にする装置)を取りつけてあるのは蒸気のまま排出したのではその体積が大きく管は強い蒸気圧の低抗を受けるので弱くなり、ポンプの中に蒸気が入ってこれを腐蝕したりすることやまた蒸気による人畜に対する危害を防止するためである。多重効用罐の長所は(1)最初加熱に用いられた蒸気の潜熱を何回も使用するので燃料費を著しく節約することができる。例えば1kgの蒸気を使うとすれば1台の蒸発罐ではほぼ1kgの蒸気を発生する。こんな蒸発罐を4台連結すると4kg蒸発することができる。即ち4倍経済になる。(2)減圧のもとで比較的低温で蒸発を行うので蔗糖の分解を防ぐことができる。欠点としては(1)例えば四重罐の場合は単一罐の4倍も設備費が高くつく。(2)能力が増さない、つまり1台分の蒸発しかできない、その理由を効用罐を図解しながら説明していきたい。



$t_0 > t_1 > t_2 > t_3 > t_4 \dots$ 蒸気温度 (沸点) , $P_0 > P_1 > P_2 > P_3 > P_4 \dots$ 蒸気圧

蒸発器の能力は工業伝熱方程式
 $q = uast \quad UAST$ で表わされる。
 但し q = 単位時間に伝えられる熱量
 A = 伝熱面積
 Δt = 温度差
 U = 総括伝熱係数
 第一缶に伝えられる熱量 $q_1 = U_1 A_1 \Delta t_1 \quad \Delta t_1 = t_0 - t_1$
 第二 $q_2 = U_2 A_2 \Delta t_2 \quad \Delta t_2 = t_1 - t_2$
 第三 $q_3 = U_3 A_3 \Delta t_3 \quad \Delta t_3 = t_2 - t_3$
 第四 $q_4 = U_4 A_4 \Delta t_4 \quad \Delta t_4 = t_3 - t_4$
 副射損失がないとすると $q_1 \approx q_2 \approx q_3 \approx q_4$
 また $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 \dots A$ で表わす。
 $q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad q =$ 全缶に伝えられる熱量
 $q = U_1 A_1 \Delta t_1 + U_2 A_2 \Delta t_2 + U_3 A_3 \Delta t_3 + U_4 A_4 \Delta t_4$
 $= A (U_1 \Delta t_1 + U_2 \Delta t_2 + U_3 \Delta t_3 + U_4 \Delta t_4)$
 $U_1 \approx U_2 \approx U_3 \approx U_4 \approx \frac{U_1 + U_2 + U_3 + U_4}{4} \dots$ 平均値 U で表わすと
 $q \approx UA (\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4)$
 $= UA (t_0 - t_4) \dots$ 1個の蒸発缶の方程式
 即ち1個の蒸発缶の能力しかない。

外間 宏一