

淀粉糖生产工艺

淀粉糖是指以淀粉为原料经水解、精制或再经深加工而获得的糖制品。淀粉分子是由成千上万个葡萄糖分子（ $C_6H_{12}O_6$ ）连接而成，一个葡萄糖分子有 6 个碳原子，与下一个葡萄糖分子相连时有三种连法：一是第 4 个碳原子与下一个葡萄糖分子的第 1 个碳原子相连；二是第 6 个碳原子与下一个葡萄糖分子的第 1 个碳原子相连；三是第 4 个碳原子与下一个葡萄糖分子的第 1 个碳原子相连，同时第 6 个碳原子与另一个葡萄糖分子的第 1 个碳原子相连。全部葡萄糖分子都以第一种连法连接的是直链淀粉，自然界很少存在；全部葡萄糖分子都以第二种连法连接无法形成长链，形不成淀粉；葡萄糖分子以三种方法混合连成的淀粉分子是自然界存在的淀粉的主流，其中以第三种连法连接的部位形成支叉，所以叫支链淀粉。

果糖与葡萄糖一样都是单糖，果糖的分子式也是 $C_6H_{12}O_6$ ，属于葡萄糖的同分异构体，通过异构酶的作用，葡萄糖的醛基变成酮基即得到果糖。蔗糖、麦芽糖及异麦芽糖都属于双糖，一个葡萄糖的第 4 个碳原子与另一个葡萄糖分子的第 1 个碳原子相连即为麦芽糖，一个葡萄糖的第 6 个碳原子与另一个葡萄糖分子的第 1 个碳原子相连即为异麦芽糖，而蔗糖则由一个葡萄糖分子与另一个果糖分子连接而成。三个葡萄糖分子相连而成的三糖有麦芽三糖和潘糖。4-8 个葡萄糖连成的短链糖品叫低聚糖，9 个以上葡萄糖连成的中分子物质叫做糊精，其甜味已经不明显，大量的葡萄糖连在一起就形成了淀粉或者形成更大分子量的纤维素。

以淀粉为原料选用不同的酶来水解或控制不同的水解程度可以得到不同的淀粉糖品。以诺维信酶制剂为例：

- 1、用耐温淀粉酶 Termamy1 Supra 将淀粉酶液化至 DE6-10，经精制和喷雾干燥后可以制得糊精制品；
- 2、用耐温淀粉酶 Termamy1 Supra 将淀粉酶液化至 DE13-15，选用葡萄糖淀粉酶 Dextrozyme DX 糖化到 DE40-50，可以获得食品行业常用的葡萄糖浆；
- 3、用耐温淀粉酶 Termamy1 Supra 将淀粉酶液化至 DE13-15，选用葡萄糖淀粉酶 Dextrozyme DX 糖化到 DE99.5-101，可以得到葡萄糖含量 97% 以上的糖液。经过精制后在 $50^{\circ}C$ 以下结晶可以制取一水结晶葡萄糖，在 $50^{\circ}C$ 以上结晶可以制取无水结晶葡萄糖；
- 4、用耐温淀粉酶 Termamy1 Supra 将淀粉酶液化至 DE10-11，选用真菌淀粉酶 FUNGAMYL 800L 糖化到 DE45-48，可以获得麦芽糖含量 50-55% 的普通麦芽糖浆；
- 5、用耐温淀粉酶 Termamy1 Supra 将淀粉酶液化至 DE10-11，选用 β -淀粉酶 Novozym WBA 和普鲁兰酶 Promozyme（适于水解糖链的支叉部位）糖化到 DE43-46，可以获得麦芽糖含量 60% 以上的

高麦芽糖浆或芽糖含量 70%以上的超高麦芽糖浆。

以葡萄糖为原料,经固定化异构酶 Sweetzyme IT 异构化可以获得糖分组成中果糖约占 42% 的 F42 果葡糖浆,F42 果葡糖浆经色谱分离可以获得糖分组成中果糖最多约占 90%的 F90 超高果糖浆,F90 超高果糖浆还可以通过结晶制得结晶果糖。

以葡萄糖为原料,经高压加氢可以制得山梨醇,通过结晶可以制得结晶山梨醇。

以 F90 超高果糖浆为原料,经高压加氢可以制得含甘露醇 45%与山梨醇 45% 以上的混合液,通过结晶可以制得高附加值的结晶甘露醇。

所以,使用淀粉为原料可以生产非常多品种的淀粉糖品。

淀粉糖的生产中用到了非常多的化工技术与操作,现以甘露醇的制造为例叙述如下:

以淀粉为原料生产甘露醇的工艺流程如下:

淀粉乳 → 调浆 → 一次喷射液化 → 反应罐液化 → 二次喷射液化 → 闪蒸冷却 → 平流液化 → 冷却 → PH 调节 → 糖化 → 真空转鼓过滤 → 加热 → 活性炭脱色 → 压力过滤 → 冷却 → 离子交换 → PH 调节 → 异构 → 离子交换 → 色谱分析 → 真空蒸发 → 氢化 → 活性炭脱色 → 压力过滤 → 离子交换 → 真空蒸发 → 一次降温结晶 → 一次离心分离 → 溶解 → 二次真空蒸发结晶 → 二次离心分离 → 干燥 → 包装 → 成品
结晶甘露醇

简单工艺说明如下:

1、液化

淀粉分子由成千上万个葡萄糖单元连接而成,不呈现甜味的淀粉大分子降解为呈现甜味的糖类小分子的水解反应是通过淀粉酶的工作来实现的。淀粉酶根据其在淀粉水解反应中所起的作用不一致可以将其简单的分为两大类:液化用酶和糖化用酶,分别简称为液化酶和糖化酶。

为了充分发挥液化酶的效力,我们的工艺过程需要创造最适合于酶工作的环境。在通过添加 Na₂CO₃ 溶液将淀粉乳的 PH 调到合适范围后,我们向淀粉乳中添加三分之一量的液化酶,然后将其送去一次喷射液化,在一次喷射液化中,直接蒸汽使淀粉乳的温度迅速升高到 110℃,其中的淀粉颗粒迅速吸水膨胀而变得非常适合于液化酶发挥效力,于是在热和酶的共同作用下,淀粉乳悬浮液迅速转变成混合糖类的水溶液,在随后的降温维持反应中,合适的温度使液化酶继续发挥作用,混合糖类进一步朝更小分子量的方向继续水解。

为了确保所有的淀粉分子都得到水解并且使得水解液中的糖类能水解到足够的程度以便于后续工序的顺利进行,我们需要进行二次喷射液化,在二次喷射液化中,直接蒸汽将水解液的温度迅速提升到 135℃,当然,135℃的高温虽然使得水解液中尚未得以水解的淀粉颗粒都受到热的作用

而变得便于酶进行水解，也使得早先加入其中的液化酶都被灭杀。因而二次喷射后的降温维持液化反应中，我们需要补加三分之二量的液化酶，重新加入的液化酶在合适的温度下发挥出了强大的效力，水解液中的所有糖类分子因而都得以降解得比较彻底，每个分子中含有的葡萄糖单元数几乎都变成了 10 个以下。

2、糖化：

淀粉乳经过液化后，淀粉大分子被降解（水解）为糖类小分子，但离我们需要的糖分组成仍有一定的距离，我们需要得到几乎全部是单个葡萄糖分子的水解液，这时我们需要依靠糖化酶来完成这个工作。生产不同的糖产品在糖化工序需要使用不同的糖化酶，甘露醇采用的是复合糖化酶，为的是获得葡萄糖含量尽可能高的糖产品，复合糖化酶中含有少量的普鲁兰酶是为了切断多糖分子链上的支叉部分。通过加入盐酸使液化液得到合适的 PH 环境，通过使用冷却水降温得到合适的温度，然后添加的糖化酶将会替我们完成液化液中糖类的最终水解过程，得到粗的糖化液。

3、真空转鼓过滤：

粗的糖化液中的糖分组成虽然已经达到了我们的要求，但我们必须除去其中的非糖杂质以得到纯净的能够进一步加工的糖液。真空转鼓过滤主要是滤除水解液当中悬浮或沉积的不溶于水的杂质，连续旋转的转鼓以及预涂好的硅藻土助滤剂使得过滤操作的劳动强度减到了最低程度且获得了最高的过滤速度。

4、脱色、压力过滤

脱色的目的是为了除去溶解在水中的有机杂质，绝大部分有机杂质是有色的有机杂质，我们往糖液中添加对有机杂质具有吸附能力且本身不溶于水的粉末活性炭，然后利用压力过滤器将活性炭滤除的同时也就除去了糖液当中的有机杂质。

5、离子交换

糖液中的水不溶性杂质和有机杂质除去后，仍含有许多溶于水中的无机杂质，这些杂质在水中以阳离子和阴离子的形式存在，离子交换的目的就是除去这些水溶性的无机杂质，糖液中的阳离子与阳离子交换树脂上 H^+ 发生交换，糖液中的阴离子与阴离子交换树脂上 OH^- 发生交换，最后交换入糖液中的 H^+ 和 OH^- 结合成水，糖液中的无机杂质都变成了相应量的水得以除去。

当然，为了保持离子交换树脂的交换能力，我们需要在其交换能力下降的时候分别利用酸和碱对阳离子交换树脂和阴离子交换树脂进行再生。

6、PH 调节：

加入硫酸将溶液 PH 调节到 7.5-7.8。

7、异构：

混合糖液进入装有固定化异构酶的异构柱，其中葡萄糖量的 42%被异构成果糖，得到 F42 果葡糖浆。

8、离子交换

经脱色后的糖液依次通过阳离子交换柱和阴离子交换柱，溶液中的阳离子和阴离子分别被除去，糖液中的无机杂质基本被除去。

9、色谱分离：

F42 果葡糖浆经红色谱分离可以获得糖分组成中果糖最多约占 90%的 F90 超高果糖浆。

10、真空蒸发：

红色谱分离后得到的 F90 超高果糖浆浓度较低，通过多效真空板式蒸发器除去其中的部分水分，浓度由 10%左右上升到 50%。

11、氢化：

糖液被送入高压釜中，在镍铝合金催化剂的作用下与氢气发生反应，葡萄糖氢化得到山梨醇，果糖氢化得到等量的甘露醇和山梨醇。氢化完成后得到的氢化液含甘露醇约 44%-45%，山梨醇约 52%-53%。

12、脱色：

氢化液中含有糖液在氢化过程因高温而产生的有色物质，往氢化液中加入粉末活性炭，氢化液中的有色物质被活性炭表面所吸附。

13、压滤：

利用板框压滤机将氢化液中的活性炭连同其吸附的有色物质一并滤除，氢化液颜色变得清亮透明，部分夹带在氢化液中的镍铝合金催化剂也被滤除。

14、离子交换

经脱色后的氢化液依次通过阳离子交换柱和阴离子交换柱，溶液中的阳离子和阴离子分别被除去，氢化液中的无机杂质（包括残留的镍铝合金催化剂）基本被去除。

15、真空蒸发：

经离子交换后的氢化液通过多效真空板式蒸发器除去其中的部分水分，浓度由 48%左右上升到 75%。

16、一次降温结晶：

浓缩后的氢化液进入卧式结晶机中，温度的逐渐下降使得甘露醇的溶解度也逐渐下降，从而不能继续全部溶解在水中，不能溶解的部分以结晶的形式从溶液中析出，而与山梨醇分离开。

17、离心分离：

结晶好的膏状物进入离心机，其中的晶体甘露醇留存在离心机的筛篮中，仍溶解在溶液中的山梨醇与残留的甘露醇从离心机甩出后作为副产品山梨醇，经浓缩到 75%DS 后灌装至成品桶中出厂销售。

18、溶解：

留存在离心机的筛篮中的晶体甘露醇因纯度达不到要求，所以需将其取出后再溶解到水中，然后作进一步的提纯。

19、二次真空蒸发结晶：

重新溶解后的甘露醇溶液进入真空蒸发结晶罐中，因水的不断蒸发，水能够溶解的甘露醇总量不断下降，甘露醇从而不能继续全部溶解在水中，不能溶解的部分以晶体的形式从溶液中析出。

20、离心分离：

结晶好的甘露醇膏进入离心机，其中的高纯度晶体甘露醇留存在离心机的筛篮中，仍然溶解在溶液中的甘露醇及少量杂质从离心机甩出后回套至一次降温结晶。

21、干燥：

留存在离心机的筛篮中的高纯度晶体甘露醇仍含有一部分水分，将其取出后送到干燥设备中烘干至水分符合要求。

22、包装：

干燥后的晶体甘露醇被精确称量后密封在专门的包装袋中，等待质检后出售。

山东西埃特自动化信息科技有限公司

2015 年 12 月