



干燥技术回收利用甜菜糖废醪液的实验研究

叶京生, 徐庆, 李占勇, 胡娅君
(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 以醪液和麸皮、玉米皮的混合物为研究对象, 利用吸附流化床干燥技术考察其干燥情况. 初步研究了温度、混合比、料层高度及吸附剂颗粒粒度等的变化对干燥速率的影响, 确定了吸附流化床干燥技术加工处理醪液的可行有效的干燥工艺参数. 实验表明, 吸附流化床干燥技术加工处理醪液, 采用吸附剂和醪液的加热温度 80~90℃, 混合比 0.8, 吸附剂颗粒粒度 0.63~0.8 mm, 床层高度 100 mm, 可获取很好的干燥效果; 可以为组织大规模生产提供设计依据和参考, 证明了利用醪液的干燥技术加工饲料是一种资源再利用的有效方法.

关键词: 甜菜糖; 酵母醪液; 流态化干燥; 营养饲料

中图分类号: TQ051.3 文献标识码: A 文章编号: 1672-6510 (2008) 03-0061-03

Experimental on the Recycling of Yeasts Wastewater from Beetsugar Using Drying Technology

YE Jing-sheng, XU Qing, LI Zhan-yong, HU Ya-jun

(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: The wheat and corn bran and yeasts water mixture was regarded as the research object, and absorption-fluidized bed drying technology was adopted to study its drying characteristic. Heating temperature, mixing ratio, bed height and particle size were analysed as variables to processing production by absorption-fluidized bed drying technology. Experiments show that heating temperature is 80~90℃, mixing ratio is 0.8, bed height is 100mm, and particle size is 0.63~0.8mm for the process can get good drying effect and provide design basis and reference for large-scale production. Using fluidized drying technology to process feed is an effective method in the reuse of resource.

Keywords: beetsugar; yeasts wastewater; fluidized bed drying; nutrition diet

甜菜糖厂利用制糖后产生的大量糖蜜生产食用酵母^[1], 以河北省张北糖厂为例, 每天产生总固形物含量在 50%以上的酵母醪液 15 吨, 直接排放不仅影响环境, 而且醪液中的大量营养成分得不到利用, 造成资源浪费. 如每千克醪液中含代谢能 (Ruminant ME) 15.6 MJ, 其他成分见表 1. 甜菜糖废醪液具有黏性大、流动性差、排放污染环境、清洁化处理困难等特点. 目前废醪液转化方式主要为农灌法、冲灰法、氧化塘法、浓缩法生产单细胞蛋白和酵母蛋白等^[2-5].

流态化技术是指通过流体运动使固体颗粒悬浮

表 1 酵母醪液的分析结果

Tab.1 Analysis results of yeasts wastewater %

成分	氮	钾	脂肪	磷	蛋白质	钙
含量	4.32	4.55	0.99	0.064 3	27	0.95
成分	镁	钠	氯	锌	铜	
含量	0.055	3.26	3.42	0.002 1	0.001 1	

并进行某种操作的过程. 流化床干燥是将热空气与固体湿物料直接接触, 并使固体颗粒在床层内处于流化状态下同时进行传热、传质、物料中蒸发的水分由空气带走的操作. 具有物料磨损较低、气固分离较易、物料在干燥器中的停留时间和干燥产品的含水量

收稿日期: 2008-04-29; 修回日期: 2008-06-10

基金项目: 河北省省校合作项目

作者简介: 叶京生 (1952—), 男, 湖南人, 副教授.

比较容易控制等优点. 对于醪液这种特殊物料的干燥, 固形物含量高、黏性大, 流化床干燥体现出特有的优势^[6,7].

本文以麸皮等作为吸附剂吸附醪液, 采用流态化干燥技术研究其干燥特性, 以确定该物料的最佳干燥参数, 从而证明制取营养饲料是处理该物料的一种适用、经济、有效的方法.

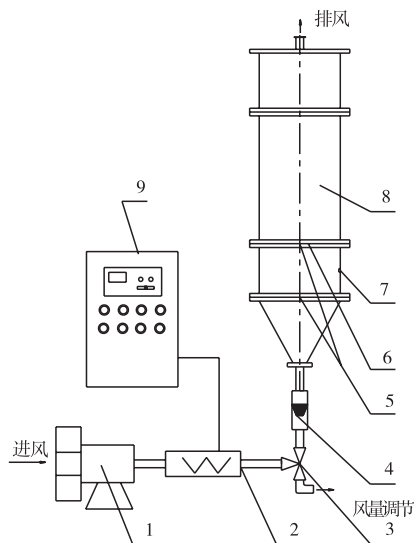
1 实验物料与装置

1.1 物料

酵母醪液、玉米皮、麸皮, 河北张北瑞泰饲料有限公司提供.

1.2 装置

采用直径 230 mm、高 600 mm、厚 8 mm 的有机玻璃管制成的倒锥形流化床干燥室, 气体分布板开孔率为 10%, 孔直径为 2.5 mm, 在分布板上加装 100 目的筛网, 防止细颗粒因分布板的开孔而泄漏, 或当气流停止时阻塞气孔. 空气为流化干燥介质, 测量气速用转子流量计. 实验装置见图 1.



1. 风机; 2. 电加热器; 3. 三通阀; 4. 转子流量计 5. 分布板; 6. 筛网; 7. 温度风速检测点 8. 流化床 9. 温度控制器

图 1 流化床干燥实验装置图

Fig. 1 Drying experimental device

1.3 方法及原理

实验前先把玉米皮和麸皮以 1 : 9 的质量比混合作吸附剂, 然后再与酵母醪液按照一定的混合比混合成实验物料. 混合比 W_0 为混合物中醪液和吸附剂质量之比. 实验物料的物性参数见表 2.

混合物料采用间歇操作方式, 实验物料由干燥器顶部加入, 实验完毕由顶部倒出. 混合好的物料在放

入流化床之前, 抽样测其初始质量, 在干燥过程中每间隔 1 min 抽一次样, 称量其质量 M_0 , 然后将抽样物料放入电热鼓风干燥箱内, 在 80 °C 下烘干 10 h. 在干燥器内晾凉后, 称量其质量, 即物料的绝干质量 M_d , 则可得到干燥过程的失重 (M_w) 为

$$M_w = M_0 - M_d$$

物料的干基湿含量 (X) 的计算公式为

$$X = M_w / M_d = (M_0 - M_d) / M_d$$

表 2 实验物料物性参数

Tab. 2 physical properties of experimental materials

平均粒径/mm	堆积密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	主要性质
0.6 ~ 0.9	886	黏性较大, 较易结块

2 结果与讨论

2.1 温度对流化干燥过程的影响

当混合比为 0.8, 床高为 100 mm 时, 混合物料在不同温度下的干燥曲线如图 2 所示. 干燥曲线呈逐渐递减趋势, 混合物料所含水分逐渐减少. 温度越高, 达到饲料安全水分所用时间越短. 曲线均表现为恒速干燥阶段相当明显. 风速一定, 热风温度到达 90 °C, 水分扩散加快, 作为传质推动力的温度差和水分梯度推动水分迁移, 干燥速率就越快, 干燥时间越短. 温度继续升高, 干燥速率变化不明显, 干燥温度采用 80 ~ 90 °C 较为合理.

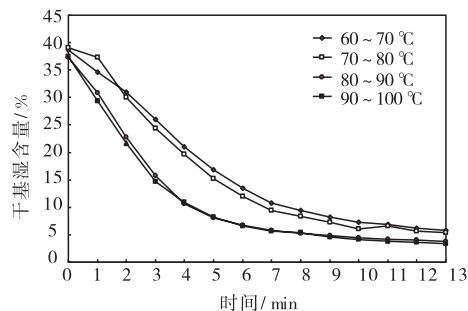


图 2 不同温度对流化干燥过程的影响

Fig. 2 Influence of temperature

2.2 混合比对流化干燥过程的影响

选取温度为 353 ~ 363 K, 床高为 100 mm, 进行实验. 混合比越大, 所加入的醪液的量就越多. 由图 3 混合物料的干燥曲线可以看出, 随着混合比的减小干燥速率逐渐提高. 混合比大于 0.9 时, 混合物料的干燥效果不好, 壁面结块情况严重; 混合比为 0.8 以下时, 流化效果较好, 如图 4 所示. 因为醪液的质量减少, 混合物料中的水分减少, 干燥速率加快, 干燥时间缩短. 当混合比为 0.8 时, 麸皮的吸水量达到最

大,若混合比继续增大,水分不会进入吸附剂而游离在外,干燥过程中吸附剂起不到干燥载体的作用,从而增加干燥难度。

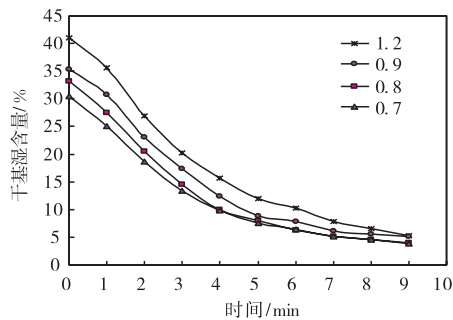


图3 不同混合比对流化干燥过程的影响

Fig. 3 Influence of mixing ratio on drying



(a) $W_s=0.8; H=100$ mm



(b) $W_s=0.9; H=100$ mm

图4 不同混合比的干燥效果

Fig. 4 Drying effects of different mixing ratio

2.3 料层高度对流化干燥过程的影响

在流化床中,考察床层高度对其流化过程的影响,主要是考虑达到产品产量的要求,当混合比为0.8,温度为 $T=353 \sim 363$ K时,实验结果如图5所示。

随着床层中物料高度的增加,床层低的物料干燥速率快。床层高度增加,意味着物料厚度增加,流化气体穿过物料层的摩擦阻力增加。然而,最小流化流速随床层高度的改变却并未发生明显改变,是由于最小流化流速仅与颗粒粒径、颗粒密度、流化气密度和黏度等因素有关,而与床层高度无关。床高增加对于易于黏结的混合物料来说,还会增加它们结块的机会。因此,综合上述因素,床高增加一定会降低物料

的干燥速率。而考虑到产品产量的影响,床层高度又不能过低,故选床高为100 mm。

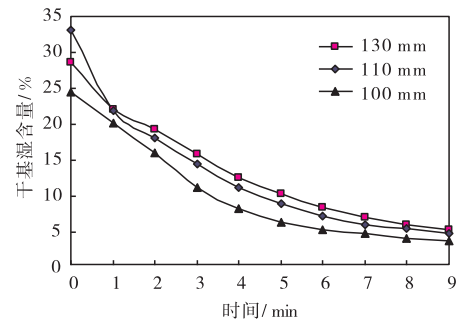


图5 不同料层高度对流化干燥过程的影响

Fig. 5 Influence of bed height on drying

2.4 麸皮颗粒粒度对流化效果的影响

吸附剂粉碎后经标准筛筛分,选择粒径分别为0.074 ~ 0.089 mm、0.2 ~ 0.3 mm、0.63 ~ 0.8 mm 的三种颗粒。

流化态实验表明,颗粒粒度对流化效果有显著影响,当吸附剂粒径为0.074 ~ 0.089 mm,颗粒接近C类黏性颗粒或超细颗粒,此类颗粒由于粒径很小,颗粒间的作用力相对变大,极易导致颗粒的团聚。因而具有较强的黏聚性,极易产生沟流,所以难以流化。当粒径为0.2 ~ 0.3 mm时,颗粒在流化床内发生鼓泡流态化,但颗粒扬析现象严重。收集气体携带物料称重,其质量是原始加入物料的1/2,则颗粒粒径与流化床表观气速不相匹配。当粒径为0.63 ~ 0.8 mm时,颗粒转入湍动流态化。颗粒尺寸加大,气泡直径增加,相同气速下床内压力波动幅度加大,向湍动流态化的转变气速就会增高。因此,在颗粒达到湍动流态化的粒径范围内,有助于在较低的气速下进入湍动流态化区域,使床层操作较为平稳,且床中传热、传质速率较高。

2.5 稻草为吸附剂的对比实验

活性吸附剂(稻草、麸皮、玉米皮等)是饲料、发酵、医药等行业中干燥液体生物产品好的填料。吸附剂能够加入到干燥物料中去,并成为最终产品必不可少的组成部分。实验研究采用麸皮与玉米皮的混合物作为吸附剂,具有以下优点:

- (1) 产品的相对湿性降低2倍,从而降低在存储中水分吸附速度3~4倍;
- (2) 省略了某些下游操作(如混合或缓苏);
- (3) 从多孔物料中蒸发水分代替了高黏度液滴的蒸发,水分蒸发稳定;
- (4) 避免了产品在干燥器壁的堆积;

(下转第72页)