



流化床吸附干燥酵母醪液的流化特性

安 峰, 叶京生, 李 芳, 李占勇
(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 利用吸附-流化床技术对酵母废醪液进行了干燥处理. 在实验中采用麸皮、草籽、豆渣、糠粉为吸附载体, 研究了吸附载体种类对流化床吸附干燥的影响, 探讨了干燥过程中粒径、料液质量混合比对床层流化效果的影响. 结果表明, 麸皮类具有较好的干燥特性, 且料液质量混合比低于 1 : 0.7 时, 流化效果较好.

关键词: 吸附; 流化床; 干燥; 吸附载体; 质量混合比

中图分类号: TQ051.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2009)06-0068-03

Fluidization Characteristics of Yeast Spent Solution Adsorbed in Carrier

AN Feng, YE Jing-sheng, LI Fang, LI Zhan-yong

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

Abstract: The drying kinetics of yeast spent solution was studied by means of adsorption-fluidized bed technology. Wheat bran, grass seed, bean dreg and rice bran powder were used as adsorptive carriers. The drying effect of carrier types on sorption drying kinetics was experimentally carried out. Fluidization characteristics were discussed with considering the effect of carrier size and mass ratio of carrier to spent solution. Results show that wheat bran as adsorption carrier has good drying kinetics, and that fluidization quality is good for mass ratios of carrier to spent solution lower than 1 : 0.7.

Keywords: adsorption; fluidized bed; drying; adsorption carrier; mass ratio

酵母废醪液是甜菜制糖、糖蜜发酵生产酵母之后产生的一种废弃物, 含有可溶性蛋白质及一些氨基酸. 为了回收利用, 并且减少废液的排放, 可以通过干燥的方法将之制成饲料添加剂^[1-3]. 废醪液黏度较大, 干燥过程中易结成硬块, 利用活性吸附剂接触吸附干燥废醪液将是一种选择, 这种方法有别于固体吸附剂吸附干燥固体颗粒^[4-5]. 废醪液经干燥后, 活性吸附剂及其吸附的醪液固形物一起作为饲料. 研究人员已成功地应用流化床技术吸附干燥光合菌液^[6], 对利用干燥技术处理废醪液已有了初步的研究.

本文基于节能的考虑, 研究了吸附载体种类对流化床吸附干燥的影响, 深入的探讨了干燥过程中粒径、料液质量混合比对床层流化效果的影响. 实验将选用麸皮、草籽、豆渣等活性吸附剂为载体, 考察载体粒径以及不同料液(载体: 废醪液)质量比下的流化

特性, 为进一步研究流化床吸附干燥提供操作参数.

1 实验材料及实验装置

1.1 实验物料

实验物料见表 1.

表 1 实验物料

Tab.1 Experimental materials

实验物料	粒径/ mm	堆积密度/ (kg·m ⁻³)	初始湿含量/ %(d.b.)
麸皮	0.56 ~ 0.9	361	9.1
草籽	1.25 ~ 1.6	274	6.9
豆渣	0.2 ~ 0.5	331	7.8
糠粉	0.2 ~ 0.5	484	7.0

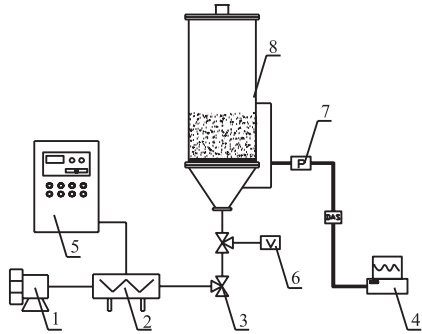
收稿日期: 2009-07-06; 修回日期: 2009-09-10

基金项目: 教育部留学回国人员科研启动基金资助项目

作者简介: 安 峰 (1984—), 男, 陕西人, 硕士研究生; 通信作者: 叶京生, 副教授, yejingsheng@tust.edu.cn.

1.2 实验装置

实验装置如图1所示. 实验中先将醪液与吸附载体按一定质量比混合, 然后人工加料间歇操作.



1. 风机; 2. 电加热器; 3. 三通阀; 4. 数据采集器; 5. 电控柜;
6. 流量计; 7. 压力传感器; 8. 流化床

图1 实验装置

Fig.1 Experiment equipment

2 实验结果及分析

2.1 吸附载体对干燥特性的影响

利用载体干燥生物产品能显著改善产品的最终品质, 活性吸附载体是饲料、医药等行业中干燥液体生物产品好的辅料, 可成为最终产品的组成部分. 对于接触吸附流态化干燥粘稠液态物料, 吸附载体的选择尤为重要. 考虑到经济成本, 麸皮、草籽、豆渣和糠粉是较好的选择, 为寻找合适吸附载体, 进行了对比实验.

由图2可以看出, 麸皮比豆渣、草籽和糠粉的整体干燥速率大. 湿含量在0.05~0.2之间, 干燥处于降速阶段, 对于不同的载体干燥速率变化有所不同, 且麸皮高于其他介质, 这是由于载体的内在结构不同, 导致水分从载体内迁移至表面的速率有所不同. 考虑到甜菜醪液多产于北方, 而麸皮在北方产量大, 且价格便宜, 所以研究选择麸皮作为吸附载体, 研究其流化特性.

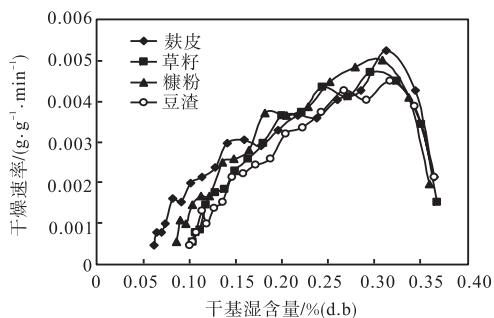


图2 不同吸附载体的干燥特性

Fig.2 Drying kinetics under different adsorption carriers

2.2 载体粒径对流化特性的影响

流体穿过固定床时, 其压降随着流体流速的增加而增大, 理论上流体压降与流速之间的关系呈线性关系; 当流速 u 达到某一临界值以后, 压降 Δp 将趋于某一定值, 此时床层处于由固定床向流化床转变的临界状态, 相应的流体速度为临界流化速度^[7].

本文选用粒径分别为 $d < 0.56 \text{ mm}$, $0.56 \text{ mm} < d < 0.9 \text{ mm}$, $0.9 \text{ mm} < d < 1.25 \text{ mm}$ 三种粒径的麸皮作为吸附载体, 醪液/麸皮质量比为 1:0.6, 对该混合物进行流化实验 ($90 \text{ }^\circ\text{C}$), 研究了床层压降与流化速度之间的关系, 如图3所示.

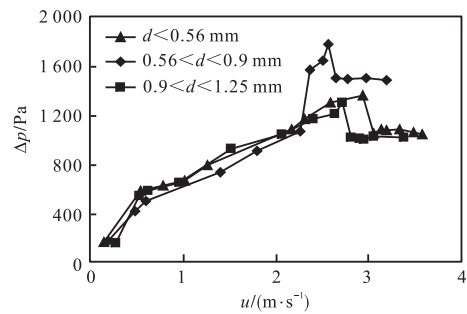


图3 不同粒径吸附载体的流化特性

Fig.3 Fluidization characteristics for different adsorption carrier size

由图3可知, 吸附载体粒径 $d < 0.56 \text{ mm}$ 时, 所测得的临界流化速度最大. 理论上, 粒径小, 其对应的临界流化速度也小. 出现如上结果主要是因为吸附载体粒径小, 麸皮间由于醪液的粘结作用, 使物料结团, 料层流化需要较大的气流速度. 随着吸附载体的粒径增大, 临界流化速度出现增大的趋势. 本实验选择吸附粒径为 $0.56 \text{ mm} < d < 0.9 \text{ mm}$, 有利于接触吸附流化, 同时降低临界流化速度, 从而降低能耗.

2.3 质量混合比对流化特性的影响

采用吸附载体粒径为 $0.56 \text{ mm} < d < 0.9 \text{ mm}$ 的麸皮, 按照不同的质量混合比充分混合作为物料, 实验观察到质量混合比为 1:0.3 时, 物料呈现鼓泡流化状态, 干燥产品疏松. 当质量混合比为 1:0.6 时, 流化床出现部分沟流现象, 干燥产品出现粒径为 1~3 mm 的团聚颗粒. 当质量混合比为 1:0.8 时, 流化床发生腾涌现象, 从图4中可以发现此条件下压降达到一定高度后急剧下降.

麸皮吸附酵母废醪液的混合物, 随质量混合比增加, 其临界流化速度也增大, 这说明阻碍混合物料正常流化的主要因素为床层物性的变化. 虽然, 麸皮吸附醪液后其密度增加, 会导致临界流化速度的增加, 但吸附醪液后而导致物料间粘结力增加则成为主要

原因. 从图 5 可以发现, 在料(麸皮)液(醪液)质量混合比在 1 : 0.3 至 1 : 0.7 之间时, 临界流化速度变化不大; 当质量混合比增大到 1 : 0.8 时, 临界流化速度又发生突变, 麸皮的吸附能力有限, 过多地混合醪液使床层更易团聚. 因此, 料液质量混合比应不超过 1 : 0.7, 这样可以较好的回收利用酵母废醪液, 同时保证混合物干燥过程中达到较好的流化效果.

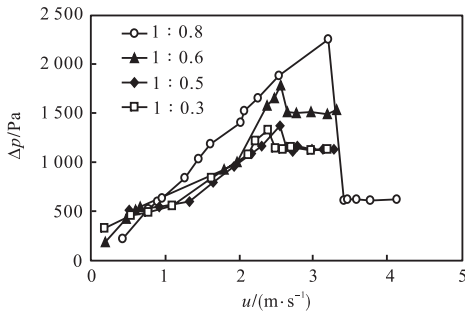


图 4 不同质量混合比的酵母废醪液流化特性

Fig.4 Fluidization characteristics of carriers adsorbed by yeast spent solution in various mass ratio

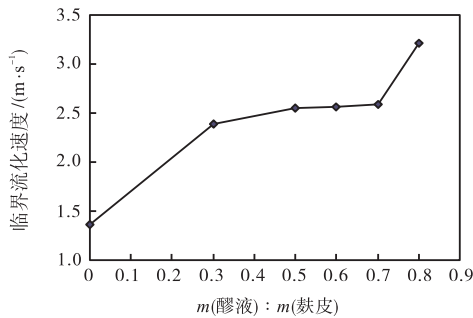


图 5 不同质量混合比的临界流化速度

Fig.5 Various ratio of the critical fluidization gas velocity

3 结 论

相比于豆渣、草籽和糠粉, 以麸皮为吸附载体, 酵母废醪液的吸附干燥速率较大. 对于该废液的干燥, 可选择麸皮作为吸附载体进行流化床干燥操作. 麸皮粒径为 $0.56 \text{ mm} < d < 0.9 \text{ mm}$, 料液质量混合比小于 1 : 0.7 时, 流化效果较好.

参考文献:

- [1] 罗乔军,叶京生,安峰. 甜菜糖废醪液制取饲料的技术研究[J]. 饲料工业,2008,29(1):16-17.
- [2] 李晓兰,叶京生,李占勇. 接触吸附干燥技术[J]. 食品与机械,2007,23(2):126-128.
- [3] 叶京生,徐庆,李占勇. 干燥技术回收利用甜菜糖废醪液的实验研究[J]. 天津科技大学学报,2008,23(3):61-63.
- [4] Ye Jingsheng,Luo Qiaojun,Li Xiaolan,et al. Sorption drying of soybean seeds with silica gel in a fluidized bed dryer[J/OL]. International Journal of Food Engineering, 2008, 4(6): Article 3.(2009-07-29) [2009-07-02]. <http://www.bepress.com/ijfe/vol4/iss6/art3/>.
- [5] Li Zhanyong,Kobayashi Noriyuki,Watanabe Fujio,et al. Sorption drying of soybean seeds with silica gel[J]. Drying Technology,2002,20(1):223-233.
- [6] Pan Y K,Pang J Z,Li Z Y,et al. Drying of photosynthetic bacteria in a vibrated fluid-bed of solid carriers[J]. Drying Technology,1995,13(1-2):395-404.
- [7] 金涌,祝京旭,俞芷青. 流态化工程原理[M]. 北京:清华大学出版社,2001:20.