

中试规模外循环流化床反应器生产酒精

程琳娜 朱维型 韩 宇 徐书明 马建文 欧阳藩

(中国科学院化工冶金研究所, 北京)

利用固定化酵母技术实现快速发酵, 是当今酒精生产工艺的重大突破^[1-3]。“七五”期间, 中科院化冶所与沈阳应用生态所, 经过大量的小试研究工作, 确定了适合糖蜜发酵生产酒精的优良菌种和适宜的发酵工艺条件, 利用自己研制的大规模固定化酵母颗粒制备装置及相应的外循环流化床生物反应器, 进行了近三个月的中间扩大试验。本文简报这一研究结果。

结果与讨论

(一) 菌种的比较

本实验对四株菌种进行了对比实验, 最终使用选育出的沈2201。该菌株具有高产酒精、耐糖、耐酸和抗污染特性^[5]。图1所示该菌株在初糖浓度20%以下, 酒精含量呈线性增加。

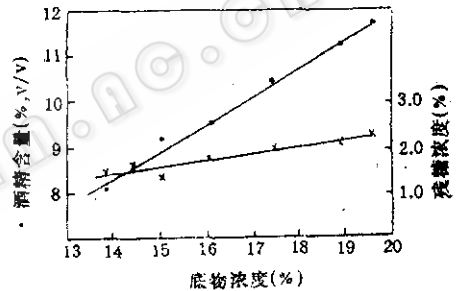


图1 沈2201菌种耐糖耐酸试验

材料和方法

(一) 菌种

酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 沈2201, 2611, 2209, F 38, 均由中国科学院沈阳应用生态所提供。

(二) 载体和细胞固定化方法

载体: 海藻酸钠, 大连水产化工厂出品。

酵母固定化方法: 采用最广泛使用的包埋法^[4]。

(三) 培养基组成成分

斜面培养基为麦芽汁琼脂或完全培养基, 菌种培养, 细胞增殖和发酵培养基成分见表1。

表1 菌种培养基、增殖培养基和发酵培养基组成成份

培养基成分	培养基类型		
	菌种培养基	增殖培养基	发酵培养基
含量 (%)			
延庆糖蜜	5.0	5.0	10-18
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.1	0.02	0.02
Na ₂ HPO ₄	0.1	0.005	0.005
尿素	0.05	0.01	0.01

(四) 分析方法

酒精含量和糖含量分别用气相色谱法和费林氏法测定。

(二) 大规模固定化酵母颗粒的制备

酵母细胞固定化的方法很多。据文献报导^[6], 海藻酸钙包埋法最简单适用, 效果好。因为该载体散水性强, 通透性好, 无毒价廉, 易大量生产。所以, 本试验选择海藻酸钙凝胶作为酵母固定化载体。固定化酵母颗粒制备工艺流程简图见图2。本工作成功地研制出一台制备速度快, 生产能力大的压力式制粒装置。该装置的特点是结构简单, 操作方便, 染菌机会少, 生产能力大, 易于工业放大。本中试使用的压力式制粒器外型尺寸为φ500×1200mm, 有效容积为240L, 生产能力为120L 粒子/h。颗粒的平均粒径为2.5 mm, 粒度均匀, 球形度好。见图3。

本文于1991年3月19日收到。

沈阳应用生态所段俊英、何秀良、柴明、鞠京丽、蔡崇光等同志参加了本中试工作。

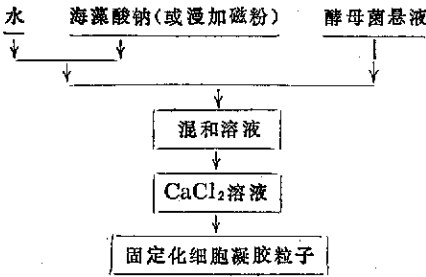


图 2 固定化酵母粒子制备工艺流程简图

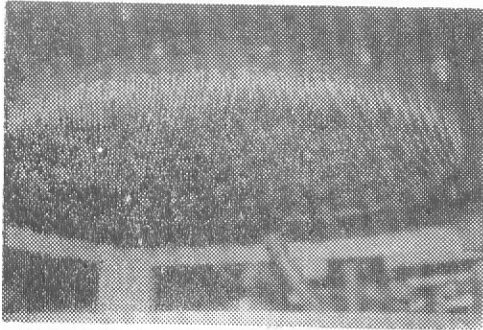


图 3 固定化酵母颗粒制备过程

(三) 中试规模连续发酵生产酒精试验

试验以未蒸煮或无灭菌处理的延庆再生蔗糖蜜为原料，利用固定化酵母在三级串联外循环流化床反应器发酵生产酒精。图 4 所示中试实验装置流程。主体流化床反应器为直立圆柱结构，直径 $\phi 300\text{mm}$ ，总有效体积 655L 。各级反应器均用夹套换热器进行冷却换热。各级流化床操作，主要依赖控制各级循环料液的循环速度，使床内液体速度介于临界流化速度与带出速度之间，流化床即平稳运转。

由于外循环流化床反应器具有较好的传热和传质特性，床内温度趋于一致，如图 5。反应器连续稳定运转近三个月，其结果见图 6。当初糖浓度为 15% 左右时，终酒精浓度为 8—9% (v/v)，对糖收率 $>92\%$ ，反应器生产能力为 10—

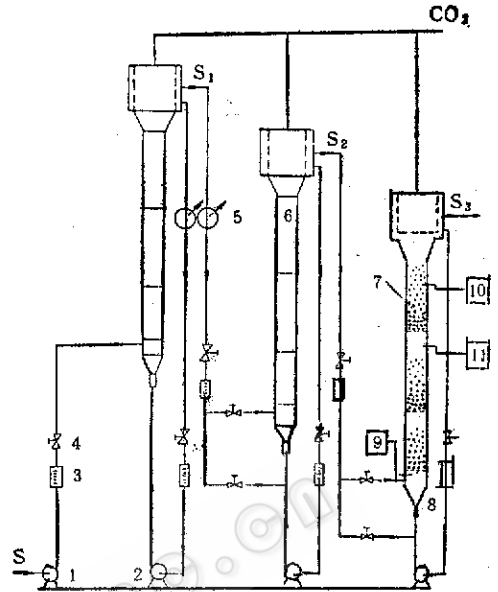


图 4 中试实验装置流程图

- 1. 进料泵 2. 循环泵 3. 流量计 4. 调节阀
- 5. 夹套换热器 6. 流化床反应柱 7. 固定化酵母颗粒 8. 分布板 9. 测压仪 10. 测温仪
- 11. pH计
- S. 发酵底物糖浆 S₁. 第 I 级流出发酵醪 S₂. 第 II 级流出发酵醪 S₃. 第 III 级流出发酵醪

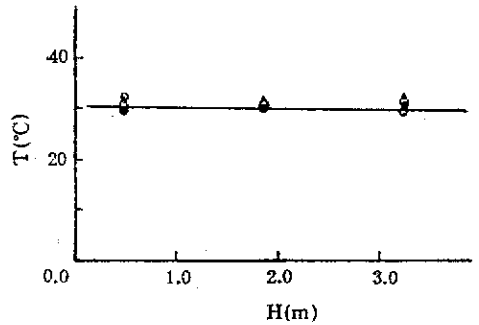


图 5 流化床生物反应器温度分布

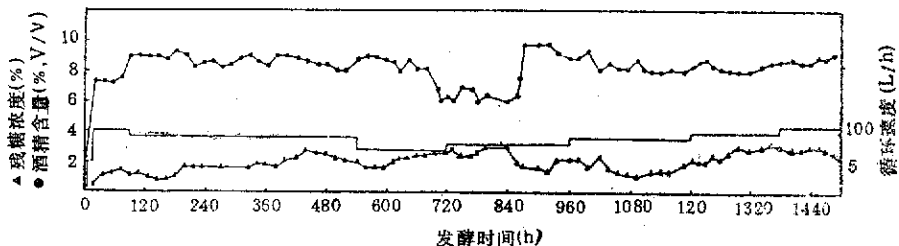


图 6 连续生产酒精中试结果

12kg/m³·h。

固定化酵母颗粒运转三个月未破裂。如何再

延长它的使用寿命, 更适合工业生产, 需进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Kosaric, N, et al., *Advances in Biochemical Engineering*, 20:119—151,1981.
- [2] Luong, J. H. T., *Biotechnology and Bioengineering*, 27(12):1652—1661,1985.
- [3] Scott, C. D., *Enzyme Microbial Technology*, 9(2):66—73,1987.
- [4] Lee, J. M. et al., *Biotechnology and Bioengineering*, 25(10):2441—2453,1983.
- [5] 何秀良等, 微生物学杂志, 9(3):50—54,1989.
- [6] Gödia, F. et al., *Process Biochemistry*, 22(2):43—48,1987.

Continuous Ethanol Fermentation by Immobilized Cells in External Circulating Fluidized-bed Reactor at A Pilot Plant Scale

Cheng Linna Zhu Weixing Han Yu Xu Shuming
Ma Jianwen Ou Yangfan

(*Institute of Chemical Metallurgy, Academic Sinica, Beijing*)

In this paper, a superior yeast strain 2201 was selected. The entrapping method of calcium alginate was used. The immobilized cell particles were prepared by the large-scale granulator with a capacity of over 120L/h. Three-stage series external circulating fluidized bed reactor with a total effective volume of 665 L has been studied and continuously operated for about three months. The experimental results show that no treatment diluted cane molasses containing sugar of about 15% were used. The final ethanol concentration, the conversion rate to sugar and the reactor productivity were 8—9%(v/v) and over 92% and 12kg/m³·h, respectively, at a feeding rate of 70—110L/h. The output of ethanol was about 240L/d.

Key words

External circulating fluidized-bed reactor; immobilized yeast particles; molasses; ethanol