

文章编号:1671-6833(2003)04-0046-04

静态混合器在生物多糖脱色中的应用

陈俊英, 马晓建

(郑州大学化工学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 生物多糖为一种发酵产品, 粘度可高达 $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 属高粘度的非牛顿流体. 它的脱色是通过与脱色剂的混合而实现的, 常见的脱色过程为机械搅拌式间歇生产, 能耗大且效果不佳. 利用静态混合器可实现生物多糖与脱色剂的连续处理, 混合时间短, 能耗低、效果好. 在脱色过程中, pH 值、脱色剂用量及混合时间对脱色的效果均有影响, 获得了相应的变化曲线以及压力损失的回归公式, 找到了最佳操作条件.

关键词: 生物多糖; 静态混合器; 脱色

中图分类号: TQ 027.3⁺⁵ **文献标识码:** A

0 引言

生物技术是近年来发展最迅速、最热门的行业, 但是所做的研究大多集中在实验室阶段, 如何将实验室中得到的产品进行工业化一直是个“瓶颈”问题, 这不是单靠生物工作者就能完成的, 需要多学科的交叉、融合和渗透. 化工是传统行业, 在单元过程的研究上有成熟的理论和实践. 本次研究的目的是将已成熟的化工过程理论进行拓展, 将其应用在生物技术方面, 为生物产品的工业化提供新的思路, 为发酵工厂现有设备的技术改造、降低生产成本提供参考依据.

本次实验采用一种生物多糖为原料, 通过静态混合器进行连续脱色.

所用的生物多糖为一种高分子微生物聚合物^[1], 易溶于冷水或热水. 其溶液在低浓度下就有很高的粘度, 具有良好的剪切稀释恢复能力; 具有良好的乳胶稳定性和悬浊液稳定性, 其粘性非常稳定. 这些优良性状, 使它具有广泛的用途, 常被用作增稠剂、悬浮剂、稳定剂和润滑剂, 应用于石油钻井、轻化工、制药、食品等领域^[2]. 这种生物多糖的成品以类白色或淡米黄色为佳, 有时产品颜色发黄, 为了达到更浅的颜色, 需要进行脱色处理^[3]. 工业生产中一般使用机械搅拌设备, 功率耗费大且混合效果不是很理想, 不能连续操作, 只能分批进行生产.

静态混合器是指管道中无转动元件, 通过静止元件改变流体在管内的流动状态, 使其达到各种工艺目的的一种混合器^[4].

静态混合器种类繁多, 制造技术各异, 特性上也有差别, 但基本原理类似: 不同的流体在静态混合器内流动, 受内部元件的约束, 发生分流、合流、旋转、改变流向等运动, 结果使每种流体达到良好的分散, 流体间达到良好的接触和混合^[5]. 整个混合器没有转动部件及其管道化的特点, 决定了它具有比其他类型混合器远为优越的性能: 混合效果好, 可以改变混合元件数来满足不同混合强度的要求^[6]; 能适合任何雷诺数、任何粘度的流体混合, 可以进行液-液、气-气、固-固、气-液、液-固、气-固的混合; 特别是适用于粘度相差很大的两种或几种流体的混合; 结构简单, 无运动部件, 重量轻, 安装方便, 可以用法兰连接, 也可以直接焊在管道上, 占地面积小, 投资省; 操作成本低, 节能效果好, 无泄露点, 维修量小^[7].

由于静态混合器具有上述优点, 不但可以将其应用在高粘度非牛顿流体的脱色方面, 也可以应用在其他需要均匀混合的场合, 以实现连续运作.

1 实验材料及工艺流程

1.1 材料

生物多糖的发酵液(粘度可达 $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$), 脱色

收稿日期: 2002-07-05; 修订日期: 2002-09-02

作者简介: 陈俊英(1972-), 女, 河南省尉氏县人, 郑州大学讲师, 博士研究生, 主要从事生化设备及工艺的研究.

剂、酸化剂、碱化剂、提取剂。

1.2 工艺流程

发酵液调pH 值后经泵打入装有静态混合元件的管道中与同时进来的脱色剂相混合。混合液流入贮槽进行循环。循环到一定时间，取样中和，进行提取，烘干研磨后测其粘度。整个过程在室温下操作。

工艺流程如图 1 所示。

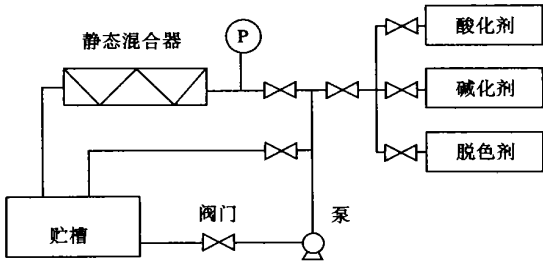


图 1 实验流程图

Fig. 1 Experiment flow scheme

2 实验方法

粘度测定：用 1% KOH 溶液配制浓度为 1% 的生物多糖溶液，用上海天平仪器厂生产的 NDJ-1 型粘度计，25℃，3 号转子，60r/min 测标准粘度。

颜色比较：用比色板进行观察比较，如果颜色没有明显变化，则表明脱色不成功。

3 实验结果

实验中所用生物多糖的主要特性指标为粘度和颜色。经静态混合器与脱色剂混合后，颜色明显变浅。用提取剂提取烘干后，颜色、粘度均有所变化。为便于比较分析，采用未经处理的原样作为参考样。实验中所用参考样的粘度为 0.73 Pa·s，颜色发黄。

在本次实验中，主要研究了脱色剂用量以及酸碱性环境变化对脱色效果的影响。

脱色剂用量的影响见图 2，pH 值的影响见图 3。由图中曲线可以看出，在脱色剂用量一定的条件下，中性(pH = 6.5) 时，粘度比较高，上升了 0.25~0.35 Pa·s，随时间变化不大。弱酸性环境下，粘度升高范围 0.1~0.2 Pa·s。弱碱性环境下，粘度从高到低，随时间增加呈下降趋势，其范围为 -0.05~0.35 Pa·s。强酸、强碱环境下，粘度低。从整个实验过程中可以看出，静态混合器混合效果良好。另外，这种生物多糖经过脱色后可去除臭味。

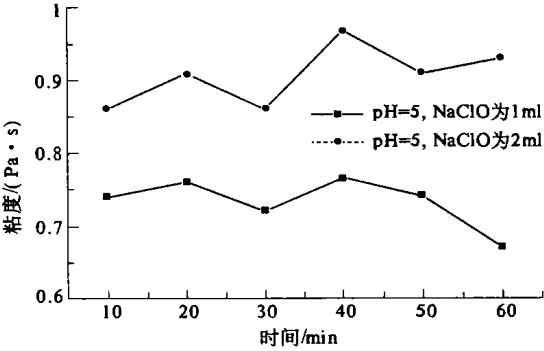


图 2 脱色剂用量对粘度的影响

Fig. 2 Effect of decolourant consumption on viscosity

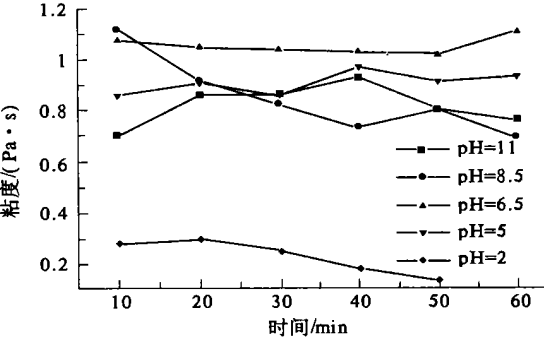


图 3 酸碱性环境对粘度的影响

Fig. 3 Effect of acid or alkaline condition on viscosity

pH 值与颜色的变化如表 1 所示：中性、弱酸、弱碱环境下颜色相近，为淡黄色。强酸性环境下，颜色深，为黄色。强碱性环境下，颜色最白。强酸、强碱性环境下，生物多糖变性。

表 1 酸碱性对颜色的影响

Tab. 1 Effect of acid or alkaline condition on colour

序号	pH 值	颜色
1	2.0	黄色
2	5.0	淡黄色
3	6.5	淡黄色
4	8.5	淡黄色
5	1.01	白色

4 实验分析

4.1 混合效果

静态混合器的单元数、直径随液体的性质（粘度、互溶性、比重）、混合比、希望达到的混合状态、接触界面上液体的结构变化等不同，通过实验和经验而定，常由雷诺数决定由经实验确定的混合器的放大倍数，但当雷诺数 < 100 时，混合程度、混合状态与雷诺数无关，只取决于混合器的单元数。

两种流体进行混合时的混合效果 M 可用下式表示：

$$M=f(\rho,\eta,\sigma,D_F,Q,Q_1,Q_2,V,D,L,n),$$

无因次化为

$$M=f(N_{Re},N_{We},N_{Fr},N_{Sc},\eta_1/\eta_2,\rho_1/\rho_2,Q_1/Q_2,L/D,n).$$

式中： ρ 为密度； η 为粘度； σ 为表面张力； D_F 为扩散系数； Q 为流量； V 为流速； D 为混合器直径； L 为混合器长度； n 为混合器的单元数； N_{Re} 为雷诺数； N_{We} 为韦伯数； N_{Fr} 为佛鲁德数； N_{Sc} 为施密特数。

在层流且高粘度时，可忽略惯性、扩散、重力、比重的差异等，即 N_{Re} 、 N_{Fr} 、 N_{Sc} 、 ρ_1/ρ_2 可忽略不计。层流低粘度时，可忽略 N_{Sc} 、 ρ_1/ρ_2 。在静态混合器中，层流时，混合比 Q_1/Q_2 、粘度比 η_1/η_2 对混合效果影响很大；湍流时，可忽略 N_{Fr} 、 ρ_1/ρ_2 。一般用层流中流体的层数表示混合效果： $N=Aa^n$ ，式中： N 为混合层数； A 为混合前的液流数； n 为单元数， $n=10$ ； a 为混合器特性值（混合器每个单元的流体分割层数），此处 $a=2$ 。本次实验中混合效果为 $N=2\cdot2^{10}$ 。

4.2 压力损失

静态混合器设计的一个主要依据是压力损失。如果是对一个原有装置进行改建，须根据原装置管线前后的允许压力损失来确定适当的公称直径及单元数。对于新建装置，依据压力损失来进行设计、选型。

压力损失的计算公式采用范宁公式：

$$\Delta P=f\cdot\left(\frac{\rho u^2}{2}\right)\frac{L}{D},$$

式中： ΔP 为管长为 l 的压力损失，MPa； ρ 为流体密度， kg/m^3 ； u 为流体的平均速度， m/s ； l 为管长， m ； D 为管内径， m ； f 为摩擦系数。

摩擦系数 f 与雷诺数 Re 的关系：层流时空管的摩擦系数为 $f=64/Re$ ，本文在关联实验数据时也采用与此相似的形式 $f=B/Re^m$ 。利用实验测得的 f 和 Re ，进行一元线性回归求出 B 和 m 的值。实验数据如表 2 所示。

将实验数据进行回归，得出 $B=13$ ， $m=1.63$ 。则 $f=13Re^{-1.63}$ 。此时 10 个元件，元件长径比为 2.5，计算得到的压降值和实验值的偏差在 $\pm 10\%$ 以内。经过一段时间剪切之后，流体会变稀， Re 会变大 f 减小， ΔP 减小。

4.3 脱色效果

从本实验可以看出，在脱色剂量、酸碱度一定时，生物多糖的脱色效果与静态混合器的混合效

表 2 实验数据
Tab.2 Experiment data

序号	流量/ (g s^{-1})	流速/ (m s^{-1})	雷诺数 Re	压力降/ MPa	摩擦因子 f
1	60	0.17	0.413	0.02	53.2
2	75	0.21	0.510	0.022	38.4
3	93	0.26	0.631	0.024	27.3
4	100	0.28	0.68	0.025	24.5
5	115	0.32	0.777	0.026	19.5
6	128	0.36	0.874	0.027	16.0
7	138	0.38	0.922	0.028	14.9
8	145	0.4	0.971	0.028	13.5
9	158	0.44	1.068	0.029	11.5

果息息相关。混合得越均匀，脱色也越好。由于生物多糖是高粘度非牛顿流体，雷诺数比较低，混合效果与静态混合器的尺寸、个数有关，与流速关系不大。

在混合效果良好时，脱色效果主要与脱色剂量、酸碱性环境有关。寻找合适的用量、酸碱度就能达到很好的效果。

4.4 粘度分析

粘度偏差原因：称量有误差，溶液中有小气泡存在，未溶好。

5 结论

采用静态混合器可以实现高粘度生物多糖的连续脱色过程，且混合效果良好，能耗低。在脱色过程中，pH 值、脱色剂用量及混合时间对脱色的效果均有影响，但在适宜的酸碱条件下，脱色效果显著。我们获得了相应的变化曲线以及压力损失的回归公式，找到了最佳操作条件，为以后工业化生产奠定了基础。

符号说明

- ΔP —— 管长为 l 的压力损失，Pa；
- ρ —— 流体密度， kg/m^3 ；
- u —— 流体的平均速度， m/s ；
- l —— 管长， m ；
- D —— 管内径， m ；
- f —— 摩擦系数；
- g —— 重力加速度， m/s^2 ；
- Q —— 流量， kg/s ；
- Re —— 雷诺数；
- η —— 粘度， Pa s 。

参考文献：

[1] 徐世艾. 黄原胶的制备[J]. 食品与发酵工业, 2000.

26(5) :56~61.

[2] 常 春,王根灿,方书起,等.黄原胶发酵过程的流变学研究[J].郑州工业大学学报,2001,22(4) :93~95.

[3] 梁凤来,胡 玲.黄单胞胶漂白及提取的研究[J].微生物学通报,1991,18(4) :217~220.

[4] 原新吾.静态混合器[M].北京:纺织工业出版社,1985.

[5] 徐先盛.静态混合器的特性和应用[M].石油化工设备,1986,15(2) :21~28.

[6] 刘仁升,程 铎.静态混合器的设计 and 应用[J].化学反应工程与工艺,1986,2(3) :79—91.

[7] 朱慎林,孙建辉.Kenics 型静态混合器用于强化管道传热的研究[J].化学工程,1987,(3) :15~22.

Study on the Continuous Bleaching of Polysaccharide

CHEN Jun -ying , MA Xiao -jian

(College of Chemical Engineering ,Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002,China)

Abstract : The polysaccharide in this article is a kind of fermented product whose viscosity can reach $10\text{ Pa}\cdot\text{s}$ centipoise ,belonging to the high viscous non -newtonian fluid .Its bleaching is realized by the blend with decolourant . The common bleaching process is stirred at intervals ,energy consumption is large and the result is not ideal . The high viscous non -newtonian fluid can be continuously bleached through static mixer ,the mixing time is short ,the energy consumption is small and the result is ideal . In the bleaching process ,the value of pH ,the consumption of bleaching fluid and the mixing time have effects on the quality of the product . We have got the changing curve and the formula of the pressure loss . We have also found the best operating condition .

Key words : polysaccharide ;static mixer ;bleach