

文章编号 :1007 - 649X(2001)04 - 0093 - 03

黄原胶发酵过程的流变学研究

常 春<sup>1</sup>,王根灿<sup>2</sup>,方书起<sup>1</sup>,李洪亮<sup>1</sup>,马晓建<sup>1</sup>

(1.郑州大学化学工程学院,河南 郑州 450002;2.许昌工业设备安装总公司,河南 许昌 461500)

摘 要:黄原胶是由黄单孢菌发酵产生的一种多糖聚合物.黄原胶在发酵过程中的流变学特性不仅影响着发酵过程中的质量、动量和能量的传递,还影响着动力学过程及最终产品的分离和性质.考察了黄原胶在 SMG 发酵罐中的流变学特性随发酵周期的变化.结果表明:发酵初期发酵液为牛顿性流体,随着发酵时间的延长,黄原胶浓度的积累,发酵液转变为假塑性流体,且流变学参数  $K, n$  可以描述为黄原胶浓度  $p$  的函数.

关键词:黄原胶;发酵;牛顿性流体;非牛顿性流体

中图分类号:TQ 929+.2 文献标识码:A

0 引言

黄原胶是一种发酵生物多糖,因其具有许多独特的性质而被广泛应用于食品、石油等行业<sup>[1]</sup>,成为产量最大的一种微生物多糖.我国对黄原胶的需求也越来越大.黄原胶发酵液具有极高的粘度,尤其后期表现为典型的非牛顿性流体.研究黄原胶发酵过程中的流变学特性有助于人们对发酵过程的了解,对工艺及动力学的研究也有很大的帮助.目前,众多学者多针对机械搅拌式发酵罐进行研究.本文采用自行设计的 SMG 发酵罐进行了黄原胶的发酵过程,并对该过程进行了发酵过程的流变学特性的研究.

1 材料和方法

1.1 菌种

野油菜黄单孢菌,由郑州大学生化工程中心提供.

1.2 培养基

斜面培养基、发酵培养基<sup>[2]</sup>.

1.3 测定方法

定期从罐底取样,粘度测定采用 NDJ - 1 旋转粘度计  $\beta$  号转子,60 r/min 室温下测定.流变学参数测定采用 NDJ - 7 旋转粘度计进行测量.黄原胶浓度测定采用酒精沉淀法<sup>[2]</sup>.

2 结果与讨论

2.1 发酵过程的试验现象

本试验为分批发酵过程,发酵初期发酵液浓度较低,呈现明显的牛顿性流体性质,发酵至 18 h 发酵液粘度开始变大,黄原胶浓度开始增加,发酵液粘度明显变稠,随后,发酵液粘度急剧增加,直至结束.试验过程中,发酵液粘度和黄原胶浓度随发酵时间变化的趋势如图 1 所示.

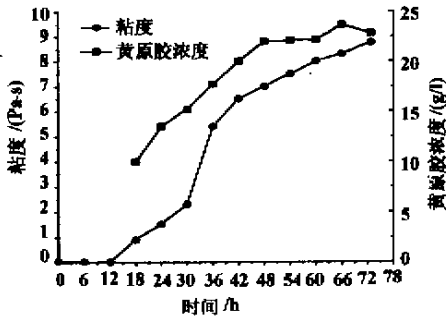


图 1 黄原胶浓度和发酵液粘度与时间的关系

Fig.1 Relationship of concentration and viscosity and time

2.2 流变学特性

黄原胶发酵液在发酵过程中,流型在发生着变化.图 2 显示了发酵过程中切应力与切变率之间的关系.从图中可以看出:发酵初期呈现为牛顿性流体,发酵后期呈为典型的假塑性流体,通常可

收稿日期:2001 - 06 - 18,修订日期:2001 - 08 - 25

基金项目:河南省自然科学基金资助项目(004031600)

作者简介:常春(1973 - ),男,河南省郑州市人,郑州大学工程师,硕士,主要从事生化设备强化方面的研究.

用幂律方程来描述<sup>[3]</sup>,切应力  $\tau$  与切变率  $\gamma$  的关系可以表示为

$$\tau = \tau_0 + K\gamma^n ; \tag{1}$$

对牛顿性流体 : $\tau_0 = 0, n = 1$  ;对假塑性流体 : $\tau_0 = 0, n < 1$  .

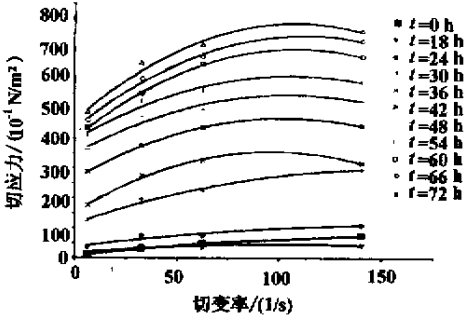


图 2 切应力与切变率的关系

Fig.2 Relationship of shear stress and shear rate

从图 2 中  $\tau - \gamma$  关系可以看出,在  $t = 18\text{ h}$  之前,  $\tau - \gamma$  为直线关系,为牛顿性流体.  $18\text{ h}$  后,  $\tau - \gamma$  变为指数形的曲线,显然符合假塑性流体的特性. 初始时刻  $t$  的斜率较  $12\text{ h}$  的斜率大,这是因为,采用了淀粉为发酵原料,淀粉受热,粘度增加,故起始粘度较高. 随着淀粉被不断水解,粘度也略微下降.  $18\text{ h}$  后,发酵液开始呈现假塑性流体的特性,且越来越明显. 为了更清楚地看到  $K, n$  的变化趋势,对不同时间的  $\tau, \gamma$  分别取对数作图,如图 3 所示.

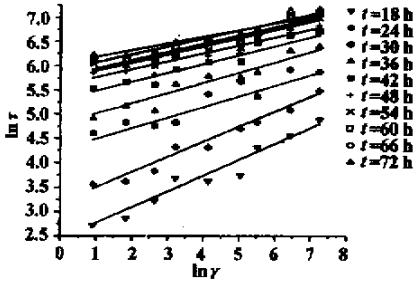


图 3 切应力与切变率对数关系

Fig.3 Relationship of logarithm of shear stress and shear rate

从图中可以看出,数据呈直线关系,由  $\ln \tau = \ln K + n \ln \gamma$  可知,直线的斜率等于  $n$ ,截距为  $\ln K$ . 随着发酵的进行,  $K$  由小变大,  $n$  由大变小,且  $n$  始终小于 1,这表明随着发酵液的粘度不断增加,其假塑性也越来越明显.

### 2.3 $K, n$ 与 $p$ 的关系

黄原胶的浓度决定了  $K, n$  的变化. 所以  $K, n$  可以分别描述为  $p$  的函数. 它们之间的关系如图 4 所示.

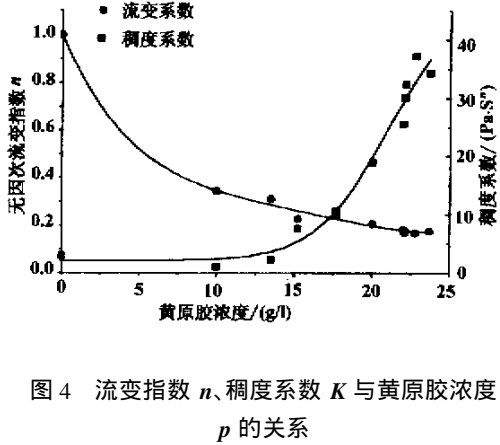


图 4 流变指数  $n$ 、稠度系数  $K$  与黄原胶浓度  $p$  的关系

Fig.4 Relationship of flow index  $n$ , fluid consistency index  $K$  and xanthan gum concentration  $p$

由于发酵初期,产生的黄原胶很少,且测量的误差较大,在研究  $K, n$  与  $p$  之间的关系时,主要考察明显产胶的过程. 根据所测得的数据,经过回归,  $K, n$  可以描述为如下方程:

$$\begin{cases} K = 4.216 \times 10^{-5} p^{4.342}; \\ n = 0.8376 - 0.213 \ln p, \end{cases} \tag{2}$$

( $p = 0$  时,  $K = 3; n = 1$ ).

图 4 中实线为方程所得曲线,数据点为试验值,二者平均相对误差均小于 10%. 可见二者符合较好.

### 3 结论

试验研究了利用 SMG 型发酵罐进行黄原胶发酵过程中的流变性特性. 研究表明,发酵初期发酵液为牛顿流体,随着发酵的进行,逐渐转变为非牛顿流体. 流变指数  $n$  由大变小,稠度系数  $K$  由小变大. 二者均为黄原胶浓度  $p$  的函数. 函数形式为:  $n = 0.8376 - 0.213 \ln p; K = 4.216 \times 10^{-5} p^{4.342}$  ( $p = 0$  时,  $K = 3; n = 1$ ).

### 参考文献:

[1] 陈焕章. 黄原胶的生产与应用[J]. 化学工业与工程, 1996, 13(2): 61-62.  
[2] 常春, 徐桂转, 李洪亮. 黄原胶 QH<sub>9</sub> 菌种的发酵工艺的研究[J]. 郑州工业大学学报, 2000, 21(1): 92.  
[3] 郑之明, 杨守志, 蔡昭铃. 黄原胶发酵过程特征的研究[A]. 何鸣鸿, 刘大陆, 刘德华. 第五届全国生物化工学术会议论文集[C]. 北京: 化学工业出版社, 1993, 169-173.

Study on Rheological Characteristics During Xanthan Gum Fermentation

CHANG Chun<sup>1</sup>, WANG Gen-can<sup>2</sup>, FANG Shu-qi<sup>1</sup>, LI Hong-liang<sup>1</sup>, MA Xiao-jian<sup>1</sup>

(1. College of Chemical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, 450002, China; 2. Xuchang Industrial Equipment Installation General Corporation, Xuchang 461500, China)

**Abstract** Xanthan gum is a kind of polysaccharide produced by fermentation using *Xanthomonas Campestris*. The rheological characteristics have effects on mass and heat transfer during the fermentation of xanthan gum, and also have influence on the fermentation kinetics, the product separation and its properties. In this article, the rheological characteristics of xanthan gum in SMG fermentor are studied. The results show that fermentive broth is newtonian fluid at the beginning of fermentation, and it changes into non-newtonian fluid with the fermentation progress. Both fluid consistency factor  $K$  and flow behavior index  $n$  can be described by functions of xanthan gum concentration  $p$ .

**Key words** xanthan gum; fermentation; newtonian fluid; non-newtonian fluid

全国高分子学术报告会在我校召开

由中国化学会主办、我校承办的全国高分子学术报告会 10 月 13 至 16 日召开。来自全国的 650 名专家参加会议，中科院王佛松、黄葆同、周其凤等 4 位院士应邀出席会议并作专题报告。省人大副主任袁祖亮、副省长贾连朝及省教育厅厅长王日新、校长曹策问参加了开幕式。

“全国高分子学术论文报告会”每两年举办一次，是国内高分子学术与产业界规模最大、层次最高的学术交流活动，会议内容涵盖高分子学科的研究、开发、教育、产业等各领域。本次向大会提交论文 816 篇，分 7 个分会场进行为期 4 天的学术交流。

闭幕式后，国务院学位办主任周其凤院士视察了我校高温耐火材料实验室、高分子材料实验室、国家橡塑模具中心、分子医学省重点实验室和省医学动物实验中心。

(摘自《郑州大学报》)