

文章编号:1000-2235(2000)04-0374-03

## 超滤膜分离技术在植酸酶浓缩中的应用

李春艳<sup>1</sup> 林新华<sup>1</sup> 方富林<sup>2</sup> 夏海平<sup>3</sup> 蓝伟光<sup>3</sup>

**摘要:** **目的** 利用超滤法在低温下操作,生物活性物质不易失活的特点,探讨超滤法代替薄膜蒸发法浓缩植酸酶发酵液的技术可行性,以降低能耗。**方法** 采用截留分子量为20 000的PU-20K-PS管式超滤膜系统浓缩1~5批次的植酸酶发酵液,测定浓缩倍数、浓缩收率和截留率并观察超滤过程的膜通量及其变化。**结果** 植酸酶的浓缩倍数为6.53倍,浓缩收率为99.69%,截留率为99.93%,系统可以在植酸酶的工艺条件下连续浓缩>10 h,且经过简单清洗后,膜通量基本恢复。**结论** 用PU-20K-PS管式超滤膜系统浓缩植酸酶发酵液在技术上可行。

**关键词:** 植酸酶; 发酵液; 超滤; 浓缩**中图分类号:** R446.112; R446.5; R345.61; R977.3**文献标识码:** A

植酸酶作为一种饲用酶添加到饲料中,能有效地分解饲料中的植酸。一方面大大提高了饲料的营养价值,另一方面又能使植酸中的磷源得到有效地利用,减少高价无机磷在饲料中的添加量,降低饲料成本,同时大大地减少禽畜粪便排放中的磷污染,并对猪禽有明显的增重效果<sup>[1~3]</sup>。正是由于植酸酶一举多得的功效,这几年在国外已成为饲料工业中的热点。我国是一个养殖大国,近年来养殖业蓬勃发展,随着人们对植酸酶的认识不断深入,在猪禽饲料配方中添加植酸酶,将成为发展趋势。目前植酸酶的生产采用微生物发酵法,生产工艺流程为:

发酵液 → 调pH 絮凝 → 布滤 → 薄膜蒸发 → 干品

低浓度的发酵液经预处理后用薄膜蒸发的方法进行浓缩,虽然薄膜蒸发可以通过控制真空度使温度保持在40℃左右,酶在浓缩过程中基本不失活,但能耗大。本文采用超滤法代替薄膜蒸发浓缩植酸酶发酵液,实现低能耗,低损失,高浓缩倍数,无污染。用发酵法生产的植酸酶分子量在20 000~50 000,采用截留分子量为20 000的PU-20K-PS管式超滤膜系统可以将植酸酶截留达到浓缩的目的,且一次超滤浓缩达6倍以上。本实验通过考察该系统的膜通量、浓缩收率、透过液损失和膜的可恢复性能等,探讨超滤浓缩植酸酶的技术可行性。

**收稿日期:** 2000-09-28**基金项目:** 福建省自然科学基金资助项目(C9910003)**作者单位:** 1. 福建医科大学 药理学系化学教研室,福州 350004

2. 厦大三达膜科技有限公司,厦门 361006

3. 厦门大学 化学化工学院材料科学系,厦门 361005

**作者简介:** 李春艳(1965~),女,讲师

## 1 材料与方法

## 1.1 材料

超滤设备 PU-20K-PS管式超滤中试设备。

超滤膜 截留分子量为20 000的管式聚砜膜,膜面积为0.86 m<sup>2</sup>。

料液 植酸酶生产线的发酵液经絮凝、布滤后的滤液。

1.2 实验过程 储液罐中的料液经泵加压后进入PU-20K-PS管式超滤膜系统,水和小分子物质透过膜,而植酸酶被截留并返回料液罐进一步浓缩,直至料液成浆糊状。工艺流程见图1。超滤中每隔30 min测定一次过滤速度,并换算成膜通量。

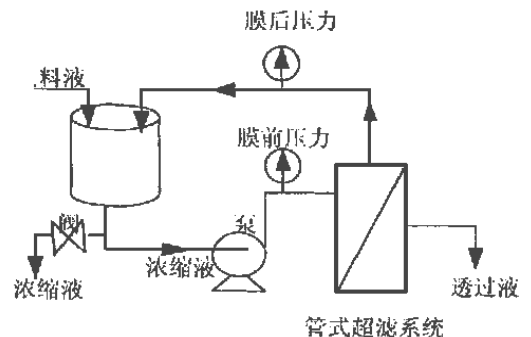


图1 植酸酶超滤中试设备流程图

## 1.3 计算公式

(1) 膜通量(Lm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>) = 透过液体积 ÷ (膜面积 × 时间)

(2) 截留率(%) = (1 - 透过液活性 ÷ 浓缩液活性) × 100

(3) 浓缩倍数 = 料液体积 ÷ 浓缩液体积

(4) 浓缩收率(%) = [(浓缩液体积 × 浓缩液活性) ÷ (料

液体积×料液活性) $] \times 100$

1.4 膜的清洗 每批实验结束后,用浓度为1%的含酶清洗剂于50℃下循环运行30 min,再用清水冲洗至系统的pH值呈中性。

## 2 结果

### 2.1 植酸酶发酵液超滤浓缩中试结果

在当时气温下,调节膜前压力为1 MPa,膜后压力为0.4 MPa,用PU-20K-PS管式超滤膜系统处理pH为6.5~7的1~5批植酸酶发酵液,结果见附表。

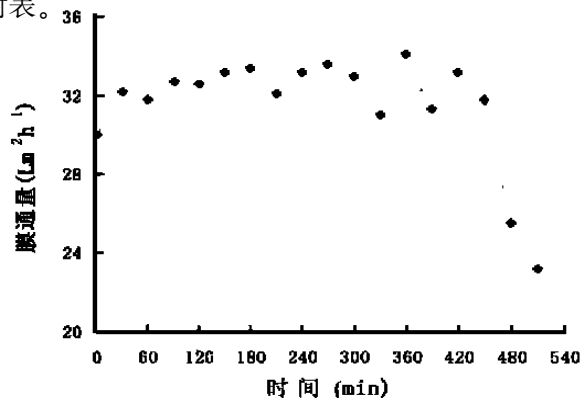


图2 超滤膜通量变化曲线

### 2.2 超滤膜通量变化曲线(图2)

超滤过程中,膜通量随时间发生变化,由于第3批次的中试结果最具代表性(附表),因此图2仅给出第3批次超滤过程的膜通量变化曲线。

### 2.3 不同批次膜通量变化曲线

被污染的膜需经清洗后再使用。5个批次的中试中,只有第1批次采用新膜,2~5批次使用的膜都是前一批次实验结束后经过清洗的膜。被污染膜清洗后膜通量的恢复情况见图3。

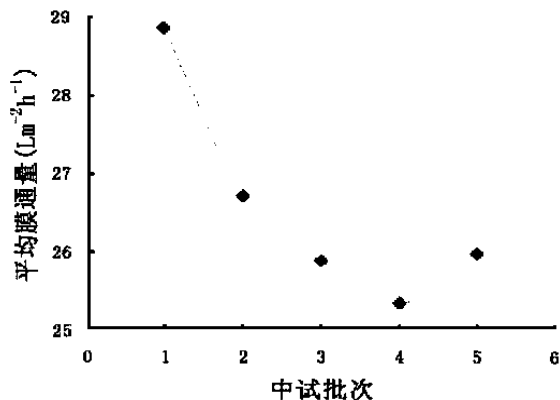


图3 不同批次的膜通量变化曲线

附表 植酸酶发酵液超滤浓缩中试结果

中试批次	投料体积 (L)	浓缩液体积 (L)	料液活性 (U/ml)	浓缩液活性 (U/ml)	透过液活性 (U/ml)	浓缩倍数	过滤收率 (%)	截留率 (%)	平均膜通量 (Lm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
1	15	35	473	2900	2.3	6.14	99.81	99.92	28.87
2	240	35	522	3566	1.6	6.86	99.62	99.95	26.72
3	290	45	323	2077	1.2	6.44	99.78	99.94	25.90
4	285	45	477	3017	1.8	6.33	99.87	99.94	25.36
5	240	35	334	2276	2.0	6.86	99.38	99.91	25.99
平均值	254	39	426	2767	1.8	6.53	99.69	99.93	26.57

植酸酶的活性用硫酸-磷酸铵-丙酮法测定。

## 3 讨论

超滤膜分离技术<sup>[4]</sup>作为一项现代分离技术,因其具有设备简单、能在低温下操作、能耗小、生物活性物质不易失活、效率高等特点,近年来被广泛用于生物活性物质的分离、浓缩和纯化,国内外都已有超滤用于酶的浓缩<sup>[5]</sup>。应用超滤法浓缩植酸酶发酵液,必须要有较高的超滤截留率和过滤收率;要有一定的膜通量(一般要大于20 Lm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>)且膜通量稳定较长时间;要有简便可行的膜清洗方法。

3.1 超滤截留率和过滤收率 (1) 平均截留率为99.93%,表明中试中所选的截留分子量为20 000的膜对植酸酶的截留效果很好。(2) 平均过滤收率高达

99.69%,表明用PU-20K-PS管式超滤膜系统浓缩植酸酶不会对产品造成破坏。

3.2 超滤膜通量 平均膜通量为26.67 Lm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>,表明PU-20K-PS管式超滤系统对于植酸酶这种特殊的蛋白质常易被膜吸附造成膜堵塞的粘稠的发酵液体系,具有一定的处理能力。随着膜分离技术的不断发展,将进一步寻找膜通量较大的膜系统用于植酸酶的浓缩。

3.3 系统膜通量的稳定性 从图2可以看出,开机到超滤450 min这段时间内,系统的膜通量基本保持稳定,450 min后膜通量衰减较快,这是由于此时料液已很粘稠,加剧了膜表面吸附形成的膜污染(包括膜的孔道被植酸酶大分子堵塞引起膜过滤阻力增

加;植酸酶大分子在内壁吸附;膜面形成凝胶层增加传质阻力)。

在实际工业生产中,由于料液总量较大,超滤过程料液浓度变化较慢,膜通量衰减得就更为缓慢,膜系统一般可以连续运行 $>10$  h。

3.4 膜的清洗恢复性能 从图3可以看出,每次清洗后膜通量基本都能恢复。但各批次之间的膜通量仍存在一定的差异,主要是由于各批次料液含固量和操作温度不同所致。第1批次的膜通量较大,表明被污染的新膜经清洗后膜通量不能完全恢复,因此需要寻找更合适的清洗剂及清洗方法。

#### 参考文献:

[1] Walsh GA, Power RF, Headon DR. Enzymes in the animal-feed

industry[J]. *Trends Biotechnol*, 1993, 11(10):424~430.

[2] Ponstein AS, Verwoerd TC, Pen J. Production of enzymes for industrial use[J]. *Engineer Plants Commerc Produc Appl*, 1996, 792:19~98.

[3] Williams PEV. Poultry production and science. Future directions in nutrition[J]. *Worlds Poultry Sci J*, 1997, 53(1):33~48.

[4] 高以恒,叶凌碧.膜分离技术基础[M].北京:科学出版社,1989.1~5.

[5] 朱彬华,程鹏.超滤法浓缩-淀粉酶的研究[J].膜科学与技术,1988,8(3):15~20.

## Application of Ultrafiltration for Isolation in Concentration Process of Phytase

LI Chun-yan<sup>1</sup>, LIN Xin-hua<sup>1</sup>, FANG Fu-lin<sup>2</sup>, et al

(1. Department of Medicine, Fujian Medical University, Fuzhou 350004, China

2. Xiamen University Suntar Membrane Sci-technology Co. Ltd, Xiamen 361005, China)

**ABSTRACT:** **Objective** To study the possibility of using ultrafiltration technique to replace filmy-evaporation method in the concentration process of phytase fermentation liquor in order to decrease energy consumption and increase concentration yield. **Methods** The PU-20K-PS tubular ultrafiltration membrane system with a molecular weight cut-off of 20 000 was used to concentrate 1~5 batches of phytase fermentation liquor. The multiplying factor of concentration, yield of concentration and ratio of rejection of the phytase liquor were determined. And observe the flux, too. **Results** The multiplication of concentration, yield of concentration and extracting rate are 6.53 fold, 99.69% and 99.93% respectively. The system could run 10 hours continuously in a fitting condition of phytase. The flux can be almost resumed by washing the ultrafiltration membrane. **Conclusion** The PU-20K-PS tubular ultrafiltration membrane system can be used to replace filmy-evaporation method in the isolation of phytase fermentation liquor.

**KEY WORDS:** phytase; fermentation liquor; ultrafiltration; concentration

欢 迎 订 阅

《 福 建 医 科 大 学 学 报 》

每册定价 5.00元

全年 20.00元

邮发代号 34-66