

# 现代膜分离技术的研究进展

雷小佳<sup>1 2</sup>

(1 中南大学化学化工学院, 湖南 长沙 410006; 2 湖南石油化工职业技术学院, 湖南 岳阳 414012)

**摘要:**膜分离技术是一项新兴的高效分离浓缩技术,分离纯化产品效果较好。本文对膜分离技术的分离机理、特点、种类进行了综述,并对膜分离的研究进展及其在各个方面分离纯化的应用现状进行了归纳,同时指出了该技术目前存在的问题并对其前景进行了展望。

**关键词:**膜分离技术;微滤;超滤;纳滤

中图分类号:O6-1

文献标识码:A

文章编号:1001-9677(2012)08-0051-02

## Modern Research Progress of Membrane Separation Technology

LEI Xiao-jia<sup>1 2</sup>

(1 College of Chemistry and Chemical Engineering, Central South University, Hunan Changsha 410006;

2 Hunan Petrochemical Vocational Technology College, Hunan Yueyang 414012, China)

**Abstract:** Membrane separation technology was a new and highly efficient separation and concentration technology of separation and purification of products, good effect, the membrane separation technology in separation mechanism, characteristics, and types were reviewed, the membrane separation and its research progress in various aspects of the application of separation and purification were summarized, and the existing problems and prospect were pointed out.

**Key words:** membrane separation technology; microfiltration; ultrafiltration; NF

## 1 膜分离技术简介

### 1.1 原理

膜分离技术是一种使用半透膜分离方法,其分离原理是依据物质分子尺度的大小,借助膜的选择渗透作用,在外界能量或化学位差的推动下对混合物中双组分或多组分溶质和溶剂进行分离、分级提纯和富集,从而达到分离、提纯和浓缩的目的。现已应用的膜过程有反渗透、纳滤、超过滤、微孔过滤、透析电渗析、气体分离、渗透蒸发、控制释放、液膜、膜蒸馏膜反应器等,其中在食品工业中常用的有微滤、超滤和反渗透三种。

### 1.2 特点

膜分离技术具有如下特点:

(1) 膜分离技术是一种节能技术,膜分离过程不发生相变化。

(2) 膜分离过程是在压力驱动下,在常温下进行分离过程,特别适合于对热敏感物质,如酶、果汁、某些药品分离、浓缩、精制等。

(3) 膜分离技术适用分离范围极广,从微粒级到微生物菌体,甚至离子级等都有其用武之地,其关键在于选择不同的膜类型。

(4) 膜分离技术由于只是以压力差作为驱动力。因此,该项技术所采用装置简单,操作方便。

### 1.3 膜的分类

膜按照结构可以分为对称膜和非对称膜;按照材料来分可以分为有机膜和无机膜;按照膜孔径的大小划分为微滤(MF)膜( $\geq 0.1 \mu\text{m}$ )、超滤(UF)膜(10~100 nm)、纳滤(NF)膜(1~10 nm)、反渗透(RO)膜( $\leq 1 \text{ nm}$ )几类。

## 2 膜分离技术目前在各方面的应用现状及研究进展

### 2.1 膜分离技术在生化产品制备中的应用

超滤(UF)的截留分子量在1000~100000之间,选择某一截留分子量的膜可以将杂质与目标产物分离。超滤技术在生化产品分离中应用最早,最为成熟,已广泛应用于各种生物制品的分离、浓缩。纳滤膜(NF)具有纳米级孔径,截留分子量为200~1000,能使溶剂、有机小分子和无机盐通过<sup>[1]</sup>。纳滤可以以两种方式提取抗生素,一是用溶剂萃取抗生素后,萃取液用纳滤浓缩,可改善操作环境,二是对未经萃取的抗生素发酵液进行纳滤浓缩,除去水和无机盐,再用萃取剂萃取,可减少萃取剂用量。微滤(MF)是发展最早,制备技术最成熟的膜形式之一,孔径在0.05~10 mm之间,可以将细菌、微粒、亚微粒、胶团等不溶物除去,滤液纯净,国际上通称为绝对过滤<sup>[2]</sup>。由于微滤孔径相对较大,单位膜面积透水率高,而且制备成本最低,使用范围非常广,其销售额居于各类膜的首位。

俞三传等采用聚酰胺纳滤膜对药厂的多糖稀液进行试验,结果表明可以有效浓缩、除盐。目前纳滤膜与超滤、微滤组合应用有很大的应用前景。陈正行等采用超滤-纳滤提取脂多糖,原液中的蛋白质等杂质含量降低了85.5%,87.4%的无机盐也可除去,体现了纳滤浓缩在有机物和无机物混和液分离方面的优点。

以上几种膜材料在早期主要是醋酸纤维素,后来主要用聚砜。聚砜具有优良的化学稳定性、较宽的pH使用范围和良好的耐热性能<sup>[3]</sup>。目前还发展了多种性能优良的高分子聚合膜。20世纪80年代,无机膜开始应用于生物分离,优点是可以在苛刻

条件下进行精密过滤,机械强度高,化学性能稳定,耐热性好。今后膜材料的研究方向是:发展抗污染性能好的共混改性膜、无机膜以及复合膜,开发新型专用的医用膜。

## 2.2 膜空气分离制氮技术

膜空气分离制氮是20世纪80年代新兴的高科技技术,属于高分子材料科学的范畴。该技术虽然起步较晚,但发展迅速且日趋成熟。与传统的低温空气分离装备相比,有以下主要特点:(1)过程简单、能耗低;(2)运行可靠、寿命长;(3)产量可调、品质高;(4)增容简单、维护少;(5)操作方便、自动化;(6)对环境无特殊要求。

膜分离制氮装备的组成除了必需的附属设备之外,主要由膜制氮机组成。包括:中空纤维膜组、加热器、过滤器、纯度分析仪等。膜分离制氮装备是很先进的一类技术装置,对膜的要求很高,要求膜必须具有很高的气体渗透通量和高的选择性,能在高压下工作,抗杂质的能力要强,而且要长期保持高的效率。目前,现役制氮装备中使用比较多的是聚砜中空纤维膜。作为一种高分子聚合膜,它的制造技术只有少数公司掌握,如美国的DOW化学公司、PERMEA公司和Du Pont公司。法国液化空气公司等。膜的工作性能依赖于几个因素:产生氮气的流量、纯度和供气的压力。产量还与进入空气的温度有关,随着进气温度的增加而增加。因此,膜分离装置的氮气生产量、产品气的纯度还受到压力和温度的影响<sup>[4]</sup>。

## 2.4 液膜分离技术

液膜分离技术是20世纪60年代发展起来的,是一项新兴的高效、快速、节能的新型分离技术,和固体膜相比,液膜具有选择性高、传质面积大、通量大及传质速率高等明显的技术特色。近年来,液膜分离技术在湿法冶金、石油化工、环境保护、气体分离、有机物分离、生物制品分离与生物医学等领域中,已显示出了广阔的应用前景。

液膜是以分隔与其互不相溶的液体的一个介质相,它是被分隔两相液体之间的“传质桥梁”。通常不同溶质在液膜中具有不同的溶解度(包括物理溶解和化学络合溶解)与扩散系数,即液膜对不同溶质的选择透过,从而实现了溶质之间的分离。液膜分离主要可以归纳为选择性渗透和促进传递。液膜分离技术按其构型和操作方式的不同,主要可以分为厚体液膜、乳状液膜和支撑液膜。液膜分离技术具有良好的选择性和定向性,分离效率很高。因此,它涉及到气体分离、金属分离浓缩、烃类分离、氨基酸及蛋白质等诸多研究领域,特别是在处理高浓度有机废水方面,液膜法取得了显著的成绩,其应用前景宽广。

## 2.5 膜分离技术在微生物制药中的应用

多数抗生素的分子量在300~1200范围,存在于胞外,从发酵液中提取。传统提取方法主要有:吸附法、溶剂萃取法、离子交换法和沉淀法。各种方法各有特点,但工艺往往都十分繁杂,所需时间长,易变性失活,需消耗大量的原料、能耗高、回收率低、废水污染严重且处理难度大<sup>[5]</sup>。膜分离过程作为一门新型的分离、浓缩、提纯及净化技术,具有节能、不破坏产品结构、少污染、操作简单、可在常温下连续操作、可直接放大、可专一配膜等特点,且各种膜过程具有不同分离机制,适于不同对象和要求。由于其特别适合用于热敏性物质的分离,在食品加工、医药等领域有其独特的实用性。用于微生物药物分离和纯化中的膜分离技术主要涉及微滤、超滤、纳滤、液膜分离和反渗透等。

## 2.6 膜分离技术在现代中药提取剂剂工艺中的应用

微滤技术在中药提取工艺中的应用中,用孔径为0.21 μm的无机陶瓷膜对多种根及根茎类中药提取液进行微滤,证明无

机陶瓷膜对中药水提液具有较好的澄清除杂作用<sup>[6]</sup>。用陶瓷微滤膜与醇沉法对照处理两种水提液,除杂率及有效成分得滤与醇沉法接近<sup>[7]</sup>。用陶瓷微滤膜与大孔吸附树脂联用精制苦苣芽抒液,其总黄酮吸附率与除杂率均优于醇沉大孔树脂法<sup>[8-9]</sup>。

## 2.7 膜分离技术在饮用水处理的应用研究

在饮用水处理中,膜分离是一种在某种推动力作用下,利用特定膜的透过性能分离水中的离子、分子和杂质的技术。膜分离性能按截留分子量(Molecular Weight Cut-off, MWC)大小评价。截留分子量是反映膜孔径大小的替代参数。具有较小的MWCs可除去水中较小分子量的物质<sup>[10]</sup>。由于膜技术可解决传统工艺所难于解决的诸多问题,如去除水中的微污染物(BP),又具有基建费用低、运行管理简单等优点,所以被大规模用于处理饮用水。

## 2.8 膜分离在其他方面的应用

膜分离技术在其他各个方面都有广泛的应用。在食品机械方面,用牛奶制干酪,分离后得到乳清,其中含不少可溶蛋白质、矿物质等营养物质,但也含大量的难消化的乳糖<sup>[11]</sup>。用超滤法回收其中的蛋白质,可使蛋白质含量从3%增加到50%以上,甚至高达80%。膜分离技术在无水乙醇生产中也有应用<sup>[12]</sup>。

## 3 结语

膜分离是一种应用很广泛的技术,为了使工业大生产提高产品质量,降低成本,缩短处理时间,今后的研究趋势将是分离技术的高效集成化。目前膜分离技术在各个方面的应用研究很活跃。影响膜分离在实际操作中迅速应用发展的主要障碍是膜的污染、堵塞。原料液的粘度很高,使膜通量衰减严重,无法继续分离,更不用说投入工业化大生产。要实现生物制品提纯的规模性应用,还要取决于相关方面的发展,如膜污染机制研究,性能优良、抗污染膜材料的研究。多种类型的膜分离技术在生化产品应用中协同发展,超滤、纳滤、微滤技术联用,取长补短,实行多级分离是发展的趋势。

### 参考文献

- [1] 易克传,岳鹏翔.膜分离技术及其在中草药分离纯化中的应用研究[J].包装与食品机械,2008,26(2):4-7.
- [2] 俞三传,陈小良.多糖纳滤浓缩初步研究[J].水处理技术,2001,27(1):7-10.
- [3] 陈正行.膜分离技术提取米糠脂多糖[J].水处理技术,2000,26(6):333-337.
- [4] 王湛.膜分离技术基础[M].北京:化学工业出版社,2000:8-12.
- [5] 李十中,王淀佐,胡永平.膜分离法回收土霉素结晶母液中的土霉素[J].中国抗生素杂志,2002,27(1):25-27.
- [6] 刘陶世,郭立纬,金万勤等.无机陶瓷微滤技术精制部分单味及复方水提液的研究[J].南京中医药大学学报:自然科学版,2001,17(5):301-303.
- [7] 金万勤,高红宁,郭立纬等.陶瓷微滤膜微滤法与醇沉法澄清2种中药水提液比较研究[J].中草药,2002,33(4):309-311.
- [8] 高红宁,金万勤,郭立纬.陶瓷微滤膜与大孔树脂联用精制苦参水提液中总黄酮[J].中成药,2001,23(9):629-631.
- [9] 于涛,钱和.膜分离技术在提取银杏叶黄酮类化合物中的应用[J].无锡轻工大学学报,2004,23(6):55-58.
- [10] 王驰,魏东洋.膜处理技术在饮用水处理的应用研究[J].医药卫生,2005,34(3):210.
- [11] 王戩,宋人楷.膜分离技术及其在食品机械中的应用[J].吉林特产高等专科学校学报,2004,13(1):12-14.
- [12] 刘继泉,胡存,秦娟妮.膜分离技术在无水乙醇生产中的应用[J].酿酒,2005,32(3):38-40.