

文章编号:1007-6492(2001)02-0059-03

渗透蒸馏及其应用

牛柏林

(郑州工业大学绿色化工研究所,河南 郑州 450002)

摘要: 渗透蒸馏是一种渗透过程与蒸馏过程耦合的新型膜分离技术,它具有投资省、能耗低的优点,特别适合处理热敏性物料的分离。对渗透蒸馏过程,渗透蒸馏过程的热力学、动力学原理及其在食品、医药、生化、化工等领域的应用作了简要综述。目前,渗透蒸馏已经引起天然物质提取方面的科技工作者的广泛关注。由于渗透蒸馏过程速率较慢,出于经济效率考虑,一般要采用超滤或是反渗透对被处理物料进行初步浓缩,然后用渗透蒸馏对其进行高倍浓缩,采用组合流程较为有效。

关键词: 渗透蒸馏;热力学;动力学;应用

中图分类号: TQ 028.8 **文献标识码:** A

渗透蒸馏,又称为等温膜蒸馏,是基于渗透与蒸馏概念而开发的一种渗透过程与蒸馏过程耦合的新型膜分离技术,它具有一般膜分离技术投资省、能耗低的优点,同时又能在常温常压下使被处理物料实现高倍浓缩,克服常规分离技术所引起的被处理物料的热损失与机械损失,特别适合处理热敏性物料及对剪应力敏感性物料,从而使渗透蒸馏在食品、医药及生化领域展示出广阔的应用前景^[1-6]。

本文对渗透蒸馏过程,渗透蒸馏的热力学、动力学原理,渗透蒸馏在食品、医药、生化、化工领域内的应用作了简要介绍。

1 渗透蒸馏过程及其特点^[1-7]

渗透蒸馏是被处理物料中易挥发性组分选择性地透过疏水性的膜,在膜的另一侧被脱除剂吸收的膜分离操作,在通常情况下,被处理物料与脱除剂均为水溶液,渗透蒸馏过程能够顺利进行,是由于被处理物料中的易挥发组分在疏水膜的两侧存在渗透活度差,即被处理液中的易挥发组分在疏水膜两侧的渗透活度相等,即蒸汽压力差不再存在时,则渗透蒸馏过程将停止进行。渗透蒸馏包括3个连续的过程:(1)被处理物料中易挥发组分的汽化;(2)易挥发组分选择的通过疏水性膜;(3)透过疏水性膜的易挥发性组分被脱除剂所吸收。

在渗透蒸馏的过程中,脱除剂因所处理的易挥发性组分不同而有不同的选择。选择性透过疏水膜的易挥发性组分是溶剂水时,这时被处理物料将得到浓缩,实际应用中绝大部分是这类情况,如采用渗透蒸馏进行果汁浓缩,药物、生化产品的浓缩等。当这种现象发生时,通常所选用的脱除剂是无机盐水溶液,考虑到工业上经济实用的要求,在实际操作过程中,所选用的脱除剂一般是 K_2HPO_4 水溶液。如果处理物料中选择性透过的易挥发组分不是水而是其他物料(如酒精等)时,则处理物料中该组分的浓度将会降低。如采用渗透蒸馏制备低浓度酒时,透过疏水性膜的易挥发组分为酒精,在这种渗透蒸馏过程中,所选用的脱除剂一般为纯水。

渗透蒸馏除了一般膜分离技术所具有的投资省、能耗低的特点以外,还具有优良的导热性能、适应于进行高倍浓缩及良好的选择性等。

2 渗透蒸馏过程的基本原理

2.1 渗透蒸馏过程热力学

2.1.1 渗透蒸馏过程是一个等温的膜蒸馏过程

前已介绍了渗透蒸馏包括3个连续的过程,当易挥发组分在疏水膜表面汽化,需要吸收热量,使被处理的物料温度降低;而选择性透过膜的易挥发组分在被脱除剂吸收时放出热量,使脱除剂

收稿日期:2001-03-06;修订日期:2001-04-23

作者简介:牛柏林(1963-),男,河南省唐河县人,郑州工业大学工程师,主要从事化工环保方面的研究。

的温度升高,这样将会在疏水膜两侧形成温差,使渗透蒸馏过程的推动力变小,不利于渗透蒸馏过程的进行,然而在渗透蒸馏的实际操作过程中,由于渗透蒸馏本身进行的速度较慢,同时由于所选择的疏水性膜有很好的导热性能,从而使膜两侧的温差很小,一般不会超过 2°C ,因此可以将渗透蒸馏过程视为等温膜蒸馏过程^[1-5].

2.1.2 渗透蒸馏过程是有选择性的、高倍浓缩物料的膜分离过程^[2,4,6]

实际渗透蒸馏过程所处理的物料一般都是水溶液,当选择性透过疏水膜的易挥发组分是水时,被处理物料将会得到浓缩,此过程得以顺利进行的热力学条件是被处理物料中水的渗透活度(蒸气压)大于脱除剂(无机盐水溶液)中水的渗透活度.

对于像果汁浓缩、生化医药产品的浓缩这样的实际工业过程,被处理物料中的溶质一般是糖类、多糖类、蛋白质类及羧酸盐类等分子量较大的物质.由于溶质的分子量较大,随着渗透蒸馏过程的不断进行,尽管浓缩后溶质质量浓度很高,但其摩尔浓度并不大,这样被处理物料中水的渗透活度尽管有所减少,但仍然接近于纯水的渗透活度;而脱除剂(如采用 K_2HPO_4 的水溶液),由于无机盐在水中的溶解度可以很大,从而使脱除剂中水的渗透活度可以降到很小,在被处理物料和脱除剂中水的渗透活度仍有推动力,这样便可以保证整个渗透蒸馏过程的顺利进行.

2.2 渗透蒸馏过程动力学^[2,3]

渗透蒸馏过程热力学说明了渗透过程发生的可能性,而渗透蒸馏过程发生的快慢,即渗透蒸馏速率则是动力学的问题.研究发现渗透蒸馏过程在流体流动充分的条件下是以透过疏水膜的渗透速率决定.

根据溶解-扩散机理,渗透速率可用 Fick's 定律计算.实验测得渗透蒸馏的速率一般在 $0.2 \sim 3 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

对于像果汁浓缩这样的工业渗透蒸馏过程,在热力学分析时已经知道,果汁浓缩尽管粘度比较高,而水的渗透活度降低很小,接近于纯水的饱和蒸汽压,但脱除剂无机盐水溶液中水的渗透活度却比较低,这时 ΔP 的降低很少,基本维持不变,这就为果汁渗透蒸馏的速度亦降低很少,基本维持不变,这就为果汁通过渗透蒸馏进行高倍浓缩提供了动力学依据.

同样,对于在果汁浓缩过程中的芳香组分,由于其分子量比水大,而通过疏水性膜扩散的速率要比水分子慢很多,这为渗透蒸馏浓缩果汁能保持自然风味提供相应的动力学依据.

3 渗透蒸馏的应用

3.1 渗透蒸馏过程在食品工业领域的应用^[7]

3.1.1 渗透蒸馏用于果汁、蔬菜汁的浓缩

为了便于运输和贮存,必须对果汁、蔬菜汁进行高倍浓缩.为使保持天然风味的芳香性组分不受损失,浓缩过程往往需要在低温(一般在室温)条件下进行,而渗透蒸馏过程能够在室温下,使果汁、蔬菜汁高倍浓缩,仍然保持天然风味.人们对此进行过大量的研究,实验证明,渗透蒸馏能完全用于葡萄汁、胡萝卜汁、苹果汁、梨汁、西瓜汁等的浓缩过程.某实验厂的运行结果表明,用渗透蒸馏来浓缩葡萄汁不仅技术上合理,而且经济上可行,并于1999年将渗透蒸馏浓缩葡萄汁实现工业化.该流程为首先通过微滤过程对葡萄汁进行预处理,以除去其中的固体颗粒,然后采用反渗透对其实现初步浓缩,最后采用渗透蒸馏对其实现高倍浓缩.

3.1.2 渗透蒸馏用于低度酒的制备

经过发酵直接产生的酒精饮料(啤酒和葡萄酒等),酒精体积分数一般在 $11\% \sim 15\%$,要制备低浓度酒(酒精体积分数为 6% 左右),而又要保持原酒的口味及芳香,渗透蒸馏被证明是一个比较合适的加工选择.采用渗透蒸馏制备低浓度酒的流程中,不仅能制备低浓度酒,而且还可以回收一部分食用酒精.

3.2 渗透蒸馏在医药、生化领域的应用^[2]

在医药、生化产品的制备过程中,常常需要对一些热敏性物料及剪应力敏感性物料进行高倍浓缩,如对疫苗、氨基酸、多肽、蛋白质、核酸、激素、抗菌素进行浓缩.有关研究表明,采用渗透蒸馏亦是一个有潜力的工业化选择,其工艺流程类似于果汁浓缩.一般采用微滤对处理液进行预处理,然后采用超滤或是反渗透对其进行初步浓缩,最后采用渗透蒸馏进行高倍浓缩.

3.3 渗透蒸馏在化工领域的应用^[3,6,8]

由于渗透蒸馏的特殊优势,在化工生产过程中,特别是在酯化反应中引入渗透蒸馏(蒸发)脱水的研究和应用已有不少报道.例如乙酸与丁醇酯化反应和渗透蒸发耦合可以提高乙酸丁酯的转

化率和选择性。

4 结束语

渗透蒸馏作为一种新型的膜分离过程,人们对其研究还不够充分,但由于它具有投资省,能耗低,能在常温下将被处理物料实行高倍浓缩,从而使渗透蒸馏在食品、医药、生化、化工领域显示出很大的应用潜力。由于渗透蒸馏过程速率较慢,出于经济考虑,一般要采用超滤或是反渗透对被处理物料进行初步浓缩,然后用渗透蒸馏对其进行高倍浓缩,采用组合流程较为有效。

参考文献:

[1] PAUL A H. Osmotic distillation[J]. Chem Eng Progress,

1998,94(7):49-56.

[2] 朱圣东,吴迎.渗透蒸馏[J].膜科学与技术,2000,20(5):42-48.

[3] 刘庆林,张志炳,陈洪彬.乙酸和丁醇酯化反应和渗透蒸发耦合过程研究[J].化学工程,2000,28(2):51-54.

[4] 戴海平,王建臣,林刚.渗透蒸馏的传递过程及应用[J].水处理技术,1995,2(1):7-10.

[5] ZOLOTAREV P P. On the process of osmotic distillation[J]. Colloid J,1997,59(2):262-263.

[6] 韩宾兵,李继定,陈翠仙.渗透汽化膜传递理论研究的进展[J].水处理技术,2000,26(5):259-263.

[7] 朱圣东,吴迎.渗透蒸馏及其在食品工业中的应用[J].食品工业科技,2000(2):83-84.

[8] 朱长乐,蔡邦肖.基于渗透汽化膜过程的集成过程(I)[J].水处理技术,2000,26(4):194-198.

Osmotic Distillation and Its Applications

NIU Bai-lin

(Green Chemical Engineering Research Group, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Osmotic distillation is a new concentration technique that combines the distillation with osmotic at low temperature. In this paper, the osmotic distillation process, osmotic distillation thermodynamics, osmotic distillation kinetics, and application of osmotic distillation are reviewed. Today osmotic distillation in the concentration of natural juices and membrane distillation in various other applications are increasingly attracting attention. However, according to the economical energy cost, the process of optimization is combined with ultra-filtration or reverse osmotic and osmotic distillation step by step.

Key words: osmotic distillation; thermodynamics; kinetics; application