

# 膜分离技术在食品工业清洁生产中的应用

刘胜国<sup>1</sup>, 李旭敏<sup>2</sup>

(1. 惠州出入境检验检疫局综合技术中心, 广东 惠州 516001)

(2. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640)

**摘要:** 综述了膜分离技术在食品工业清洁生产中的应用。重点论述了膜分离技术在实现节约生产用水、减轻环境污染、提高产品质量等方面的应用。

**关键词:** 膜分离; 清洁生产; 食品工业

**中图分类号:** TS208; **文献标识码:** A; **文章篇号:** 1673-9078(2007)05-0095-03

## Application of Membrane Separation for Cleaner Production in Food Industry

LIU Sheng-guo<sup>1</sup>, LI Xu-min<sup>2</sup>

(1. Comprehensive Technology Centre, Huizhou Entry-exit Inspection & Quarantine Bureau, Huizhou 516001, China)

(2. College of Food Sciences and Light Industry, South China University of technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The application of membrane separation for cleaner production in food industry is summarized here. Some key strong points of this method in food industry, such as saving water, decreasing environmental pollution and improving product quality, were reviewed with emphasis.

**Key words:** membrane separation; cleaner production; food industry

清洁生产 (Cleaner Production) 是联合国环境规划署在 1989 年提出的, 其意是将综合预防的环境策略持续地应用于生产过程和产品中, 以便减少人类和环境的风险。《中国 21 世纪议程》(1994) 对清洁生产做出了定义: “清洁生产是既可满足人们的需要, 又可合理使用自然资源和能源, 并能保护环境的实用生产方法和措施。其实质是一种物料和能耗最少的人类生产活动的规划和管理, 将废弃物减量化、资源化和无害化, 或消灭于生产过程中。”

膜过滤作为一项新兴分离技术, 现广泛应用于化工、电子、食品、医药、环保等多个领域, 不仅显示了技术上的可行性, 也显示了经济上的优越性, 成为解决当代人类面临的能源、资源、环境等重大问题的主要技术之一, 也是本世纪最有发展前途的高新技术之一。本文介绍膜分离工艺在食品工业的清洁生产应用的典型例子。

### 1 味精中的应用

我国是味精生产大国, 每年味精产量达到 100 万

收稿日期: 2007-03-12

作者简介: 刘胜国 (1972-), 男, 技师, 硕士, 研究方向为食品科学

t 以上。味精经微生物发酵得到, 在发酵过程和后续的提取、分离、精制等过程需要消耗大量的水, 并产生基本等量的有机废水, 直接排放会对环境造成污染, 而且随着产量的增加越来越严重。近年来国家对环保的要求越来越严, 很多大中城市的味精厂纷纷迁往落后地区, 但未能从根本上解决节水及污染问题。

近年很多味精企业开始关注膜分离技术, 并将其引入到生产之中, 不仅大量节约了生产用水 (约节约 30%~40%), 同时从根本上解决了废水的污染问题。另外作为废物排放的菌体可被制成高品质饲料, 实现变废为宝, 使 1 t 味精的生产成本降低 800 元左右。

新工艺主要具有以下优点: (1) 能有效地从发酵液中去菌体, 并将分离出的菌体加工成高蛋白饲料, 变废为宝, 解决了菌体废液难处理的环保难题, 并为企业增添了可观的经济效益; (2) 由于有效去除了菌体, 同时对  $\text{Ca}^{2+}$  等离子有一定的去除, 大大减少了发酵液的粘度和硬度, 提高了浓缩效率和浓缩倍数, 并能在一定程度上提高浓缩谷氨酸的浓度, 有利于提高结晶收率; (3) 由于采用膜分离技术后, 能提高浓缩后谷氨酸浓度和大幅改善发酵液的料液特性, 母液分离操作容易, 母液废液排放量可相应减少, 一方面减

少了母液中产品损失,提高了收率,另一方面减少了废液排放量;(4)同时,由于膜分离技术大幅度降低了发酵液中的菌体、胶体、大分子蛋白、 $\text{Ca}^{2+}$ 等污染杂质,后续精制工段的水洗量可大幅度减少,相应水洗废水量大幅度减少,废水水质更容易处理。

## 2 赖氨酸生产中的应用

传统赖氨酸的生产用水主要用于发酵和上柱稀释,相应废水主要产生在后续水洗和解析后水洗等工序。尽管部分水洗水可循环使用,但由于没有除菌,必须加大量的水进行稀释后才能上树脂;而且树脂吸附率低,进料流速慢,为满足生产需要,需要使用大量树脂,这造成生产效率低,同时产生大量的吸附废液;而且吸附后需水洗量很大,水洗废水量和随水洗的产品损失也大。随着树脂污染程度的加重,收率不断下降,从而影响整个提取工艺和产品收率。综合上述各种因素,要降低生产运行成本,提高产品收率,节约工业用水和减少相应废水排放量,就必须对工艺进行调整,在发酵液进入树脂前将菌体去除。

近年来有企业采用先进的不锈钢膜分离系统<sup>[1]</sup>处理发酵液,能将发酵液中的菌体、固体蛋白、胶体等不溶物去除;同时还能去除大部分大分子物质,如蛋白、多糖等,使进入树脂的料液清澈透明,大大提高树脂的利用率,用水量降低 30%~40%,废水排放减少 60%,取得很好的节水效果。

此工艺主要具有如下优点:(1)有效分离去除发酵液中的菌体,并将分离截留的菌体干燥制成蛋白含量大于 40%的高蛋白饲料,实现变废为宝,减少总废物排放量,获得可观的经济效益;(2)膜分离后滤液澄清透明,不需稀释就能直接上树脂,减少用水量;(3)膜分离后,由于不需稀释就能上树脂,树脂吸附后所产生的废液大幅减少,减少后续废液处理的处理量和成本;(4)膜分离后,进入树脂柱的污染物大大减少,使漂洗水量大幅减少,相应漂洗废水量也大幅度减少;(5)另外由于整体料液特性和品质的大幅度改善,可明显提高树脂交换当量,提高树脂单元的生产能力,减少树脂用量,大幅度提高赖氨酸产品质量。

## 3 在淀粉工业中的应用

玉米生产的糖浆中含有约 0.2%悬浮物质,通常采用旋转真空预涂过滤法,并以硅藻土作助滤剂进行过滤。其存在的主要问题是清除助滤剂的难度大,费用高;用微过滤技术取代旋转真空预涂过滤法,糖浆的混浊度、颜色和微生物等方面的质量均优旋转真空预

涂过滤法,产品品质得到较大的提高<sup>[5]</sup>。

玉米淀粉糖化后产生约 30%~40%的总固体,通常采用蒸发浓缩方法使其含量达到 40%~45%;用反渗透或纳米过滤膜代替中间蒸发器,不仅减少糖的热降解,同时降低能耗。

经液化的淀粉需借助酶制剂进行水解,传统工艺使用固定化酶反应器进行水解;现通过连续膜反应器,可在淀粉溶液中直接加入淀粉酶和多糖酶,生产率比固定化酶反应器高出 5~25 倍,麦芽糖的收率要高 10%~20%<sup>[6]</sup>。

在玉米生产乙醇的工艺中,需使用蒸馏器将乙醇蒸出,其蒸馏器的残留物含有 5%~8%总固体,经蒸发和干燥后可用作动物饲料。若在蒸馏前用微过滤膜进行分离,从而降低废物处理费用、动力消耗和投资成本。如果过滤物需进一步澄清,则可采用超过滤和反渗透系列分离膜进行再分离,由此得到的滤出液可予排放,而截流物则可用直接作动物饲料<sup>[7]</sup>。

## 4 酒类生产中的应用

膜过滤技术现已用于纯生啤酒的生产,并取得非常好的效果。褚良银等<sup>[8]</sup>选择 0.5  $\mu\text{m}$  孔径的陶瓷膜能有效地除去细菌和大肠杆菌,而且还能使啤酒的理化指标更理想,主要表现在色度、浊度和双乙酸下降而其他理化指标不变。

酒精发酵产生大量的废酵母,在蒸馏之前可通过超滤回收酵母。固态物通过浓缩、烘干可制成饲料,成为有价值的副产品;水则可回收重复使用。以年产 3000 t 食用酒精的工厂,仅废水回收一项,每年可节水约 30000 t,节煤 100 t,价值约 42.6 万元,而设备投资只需 20 万元左右<sup>[9]</sup>。

## 5 D L- $\alpha$ -丙氨酸生产中的应用

D L- $\alpha$ -丙氨酸在国外已广泛应用于食品工业的各个领域中,年用量很大,且有日益增长的趋势。目前国内随着食品界对其认识加深,及在医药工业中应用量扩大,促进了对 D L- $\alpha$ -丙氨酸的市场需求。

反馈式离子膜分离工艺应用在 D L- $\alpha$ -丙氨酸工艺中具有几项优点<sup>[10]</sup>:(1)避免使用有毒有害物质。醇析法中 1 t 产品需十几吨甲醇进行醇析结晶,甲醇挥发量大,生产环境污染严重,大量的甲酵母液周转容易引起生产安全事故。(2)降低能耗,离子交换膜法工艺过程在常温、无相变的条件下实现物质分离,能源消耗成本只是醇析法工艺的 50%以下。(3)避免使用易腐蚀设备。离子交换膜用高分子材料制成,

隔板、输液系统、循环槽及其它多采用塑料或橡胶制成,抗腐蚀性都能很好,使用寿命长,操作维修方便,易实现自动化控制。(4)产品质量显著提高,催化剂循环利用,副产物有效利用;而醇析法中副产物作为废液废渣排放。

## 6 褐藻酸钠废水处理中的应用

据统计,每生产1t褐藻酸钠需消耗水约1000t,排放废水800t,仅此一项全国每年大约排放 $3 \times 10^7$ t废渣、废水。这造成了水资源的严重浪费,使原本淡水资源就十分匮乏的沿海地区加重了水资源的危机,同时又给沿海水域和陆地环境造成了严重的污染。另一方面,这些废水中含有蛋白质、多糖、多肽、氨基酸及海洋活性物质;特别是海洋活性物质是预防和治疗某些疾病的重要药物成份,具有很高的保健、医疗实用价值,这样让其白白流失地污染环境非常可惜。采用合适的工艺技术,对该种废水进行有效处理,从中提取有效成份,使水资源得到回收,有效成份得到综合利用,既消除了污染又造福人类,意义重大。

将预处理后的褐藻胶生产废水用超滤净化,达到纳滤装置进水水质指标后进入纳滤装置脱盐,滤液则可进行循环使用。经处理后可节约用水75%以上;而预处理、超滤和纳滤产生的废渣液与其它工序产生的废渣液进入絮凝池进行固液分离处理后,可将其制作有机肥用于农业生产。这样不但实现了海藻加工废水资源化处理,且回收水的成本接近当地自来水价格,变废为宝,减少环境压力,提高经济效益<sup>[2]</sup>。

## 7 糖蜜酒精废水处理中的应用

在用糖蜜生产酒精的过程中,从粗馏塔会排出大量的废液,其主要成分是菌体残骸、残糖、色素、无机盐及其它一些溶解性的营养物质,其有机物浓度高。这些废液除回灌蔗田外,目前尚未找到一种经济的、达标排放的处理方法,因此是我国污染严重的工业废水之一。

张虹等<sup>[3]</sup>采用膜分离式活性污泥法处理糖蜜废水,利用膜生物反应器截留废液中的有机物,并降解其中可溶性有机物,悬浮物去除率可达到100%,色度去除为10%~20%,同时使难降解物质(焦糖)也能获得一定程度的去除,减少出水中细菌、悬浮物的含量,提高出水水质。

## 8 明胶废水处理中的应用

明胶广泛应用于照相、医药、食品、农药、化妆品、高分子材料等领域。每生产1t明胶的耗水量约1500~2000t,废水产量惊人。由于废水呈碱性,含有丰富的钙、蛋白质等,严重污染环境,治理难度较大。徐绪国等<sup>[4]</sup>研究了在压力0.3~0.5Pa时采用截留分子量为5万的PPO荷电膜超滤处理COD为910mg/L的明胶生产碱性废水,过滤水的COD<57mg/L,截留液COD<2000mg/L。虽然过滤水仍为碱性,但可在明胶生产工艺的调灰中循环使用。

## 9 展望

日益严重的水资源短缺、环境问题以及国际竞争的日趋激烈,食品工业的技术改造和清洁生产显得尤为重要。近年来,膜技术以其吸引人的优点不断渗透到众多的工业领域中,将先进的膜分离工艺应用到食品工业生产中,提高食品工业水资源的利用效率,实现节约用水、减轻环境污染、降低生产成本,不断提高食品工业的国际竞争力。

## 参考文献

- [1] 张东生.膜分离技术在食品工业节水和环保领域中的应用[J].食品工业科技,2004,25(11):158-160
- [2] 薛德明,于品早,张国防.膜技术处理褐藻酸钠废水[J].膜科学与技术,2003,23(4):47-50
- [3] 张虹,王臻,张振家.膜生物反应器处理糖蜜酒精废水的试验研究[J].环境科学与技术,2004,27(4):20-23
- [4] 徐绪国.膜法处理制胶碱性废水[J].明胶科学与技术,2000,20(1):15-17
- [5] X.Lancrenon, M.A.Theoleyre, G.Kientz. Mineral Membrane Filtration for the Corn Refining Industry[J]. International Sugar Journal, 1994,96:365-367.
- [6] K.A.Sims, M.Cheryan. Continuous Production of Glucose Syrup in an Ultrafiltration Reactor[J]. J. of Food Science, 1992,57:163-166.
- [7] 周治海.膜分离技术在玉米淀粉精加工中应用[J].粮食与油脂,2002,(5):28-31
- [8] 褚良银,陈文梅,刘培坤,等.生啤酒滤膜除菌技术试验研究[J].食品与机械,1999,(1):18-19
- [9] 管运涛,蒋展鹏,祝万鹏.膜分离工艺在食品工业清洁生产中的应用[J].上海环境科学,1997,16(5):35-37
- [10] 毛建卫,崔艳丽,许茂乾.离子膜法D L- $\alpha$ -丙氨酸清洁工艺研究[J].氨基酸和生物资源,2002,24(2):34-36