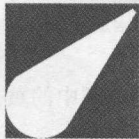


啤酒厂废水、污泥培养微藻的研究进展



杨琪 王科荣 曹海 孔维宝

西北师范大学生命科学学院 730070

[摘要] 近年来,我国啤酒工业得到了迅猛发展,与此同时,啤酒废水、污泥的排放对环境也造成了影响。因此,在资源化利用啤酒生产废水和污泥方面,许多学者提出了利用这些废弃资源培养微藻的想法,并开展了相关的研究工作。结果证明,这是一种低费用、高效益的净化方法,可以实现环境与经济效益的最大化。本文一方面就微藻处理前后啤酒厂废水、污泥中的COD、BOD、氮、磷、pH值和固形物的含量变化作了概述;另一方面就利用啤酒厂废水、污泥培养微藻时其优势种群、藻细胞生物量、光合色素含量的变化以及外加营养盐对微藻生长特性的影响等方面的研究进行了综述。希望能使这项研究工作实现产业化。

[关键词] 啤酒废水 活性污泥 微藻培养 资源化

引言:随着我国啤酒工业的快速发展,啤酒废水的排放总量增多,污泥的产出量也增加。因此,啤酒废水、污泥的减量化越来越受到关注^[1]。啤酒废水富含有机物和氮、磷等成分,可生化性强,无毒无害,具有很高的深度资源化开发利用的前景。啤酒厂废水处理后排出的沉淀池剩余活性污泥中氮、磷等营养物质丰富,可作为微藻培养的营养盐原料。

微藻(如螺旋藻、小球藻、塔胞藻等)蛋白含量高,富含人类和动物所必需的氨基酸、脂肪酸等营养,具有培养条件简便、繁殖速度快等特点。当今,有关利用啤酒废水培养微藻的技术已受到国内外的广泛关注,并对此进行了大量研究。

1 利用微藻处理啤酒废水和污泥的优势

1) 利用啤酒废水、污泥培养微藻(如螺旋藻、小球藻、塔胞藻等)方法简便,繁殖速度快,藻体生长又易控制、易观察优势种群易突显、易选取,养殖成本低。

2) 对啤酒废水、污泥中的氮、磷、和固形物含量有高的去除率,可有效降低其COD、BOD值。

3) 所产生的有用物质无毒无害,是一种环境友好型的废水处理方法。

2 微藻培养过程中啤酒废水理化指标的变化

高玉荣等人使用模拟试验装置(如图1),在

I号兼性槽内悬挂12块(5×8×12)cm³泡沫塑料块,槽上加涂漆玻璃盖,II号曝光槽为锥形玻璃筒,容积为6L, I、III和IV号容积分别为18L的塑料槽, V号为36L的水族箱。通过多级模拟生物净化系统,污水和污泥中的有机污染物得到明显转换和去除。啤酒废水、污泥中的COD、BOD₅、氮、磷含量和pH值变化见(表1)。另外,作者还发现在一定时间范围内,废水颜色由灰黑色转变为深绿色,再变为浅绿色,由混浊变为清澈。

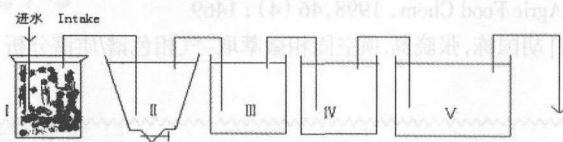


图1 啤酒废水净化模拟实验装置示意图^[7]
I: 兼性槽; II: 曝光槽; III-IV: 养藻1-2; V: 养蚤槽

表1 啤酒废水中污染指标的变化

项目	处理前	I	II	III	IV	V
pH	6.5	7.19	7.99	8.18	8.56	8.50
DO(mg/L)	0.00	0.28	5.55	8.27	10.52	5.70
BOD ₅ (mg/L)	498.88	62.21	20.70	4.79	4.29	1.52
COD _c (mg/L)	495.53	211.60	131.86	119.84	109.33	84.84
NH ₃ N(mg/L)	22.54	52.05	42.78	18.42	1.15	0.48
TON(mg/L)	3.23	2.39	1.63	1.29	0.65	0.55
PO ₄ P(mg/L)	8.09	8.93	8.90	3.96	2.01	1.14
TP(mg/L)	13.14	15.43	14.59	6.40	4.40	2.70

收稿日期: 2011-07-03

从(表1)可知,处理过程中啤酒废水的COD、BOD₅、DO(溶解氧)、氮、磷的含量以及pH值等都向好的方向变化。尤其是原污水中ρ(BOD₅)和(COD_{Cr})原分别为427.75mg/L和578.34mg/L^[8],经过兼性槽上层的藻菌膜好氧分解,底部厌氧菌厌氧分解,及充分曝气的III号槽中藻类和耗氧菌的作用,净化8d后的III号槽出水,ρ(BOD₅)和ρ(COD_{Cr})分别降至20.70 mg/L和131.86mg/L。到V号槽的出水,几项污染指标的去除率均达79.45%以上,ρ(BOD₅)去除率最高,平均去除率达99.70%(表1)。经这样处理的啤酒废水、污泥中还可以养殖浮游动物(即鱼虾优质饵料生物—大型蚤),它们可食用大量细菌、真菌、有机物碎屑等,再一次除去水中的C、N、P等营养元素或其它难处理的有毒物质,真正实现了环境与经济效益的统一。

3 啤酒废水中微藻的生长特性

3.1 微藻优势种群的变化

有研究者对原啤酒废水、污泥培养微藻优势种群的变化做了大量实验和统计^[10]。起初,素衣藻(*Polytoma wella*)、小颤藻(*Oscillatoria tenuis*)、菜因衣藻(*Chlamydomonas globosa*)、斜生栅(*Scenedesmus obliquus*)生长尤为迅速,可推断出它们均为耐污染藻类。随后,它们的生长有所缓和,将它们从培养基中分离出来,进行种类上的鉴定和数量上的统计。而后另出现了一批藻种,到培养的末期又出现了清洁藻种种类,如二角盘星藻(*Pediastrum duplex*)、圆鼓藻(*Cosmarum circulare*)、鞘藻(*Oedogonium sp.*)、膨胀桥弯藻(*Cymbella tumida*)、连接脆杆藻(*Fragilaria construens*)等,随着种类和数量的增多,种类多样性指数升高。

3.2 微藻细胞的生物量变化

藻类生物量测定方法很多,常使用的有:计数细胞个体数,测干重,叶绿素法,浊度法,最大比生长速率法等^[11]。沈萍萍等人采用光密度法,选用15种不同微藻,在实验室中测定其光密度并进行直线回归分析^[12]。

另外有关微藻细胞生物量与生长动力学变化的研究,张建民等在利用不同浓度啤酒废水培养塔胞藻的生物学效应中做了相关研究^[13],研究表明啤酒废水浓度升高,塔胞藻细胞总蛋白含量、氨基酸、脂肪酸等营养也呈明显的上升趋势;在废水

浓度40%时细胞内总蛋白含量最高,但是,当再提高啤酒废水浓度时,细胞内总蛋白含量就不再升高了。

3.3 微藻细胞光合色素含量的变化

微藻细胞内存在四种光合色素,受许多微量元素的影响。从相关资料取证^[14],不同浓度的啤酒废水污泥培养液培养盐藻时,盐藻细胞内叶绿素含量与培养液浓度和时间成对应关系。同一浓度不同时间范围内,随着时间的延长盐藻细胞内叶绿素的含量一直保持上升的趋势,但在培养后期趋于稳定。

3.4 外加营养盐对微藻生长特性的影响

许多研究者在利用原啤酒废水污泥制备的培养基中培养微藻时,发现效果不是很理想,他们猜想可能是培养液中的某种成分含量过低或是缺少了某些成分,他们先是控制单一变量向原啤酒废水污泥中加入一定营养盐,然后按一定比例把每一最优单一变量集中在一起,制备一个最佳的混合培养液培养微藻,结果微藻的生长状况很好^[17]。

4 啤酒厂污泥替代营养盐培养微藻的研究

啤酒厂废水处理后排出的活性污泥含粗蛋白20%~30%,磷、铁、钾等藻类培养主要元素含量丰富^[18-19],详细成分如(表2)所示(取自浙江钱江啤酒公司的活性污泥,浙江农业大学分析报告),被认为是培养藻类的良好基质^[21]。

表2 废水污泥成分

成分	含量	方法
含水率(%)	87.5	重量法
蛋白质(%)	3.62	凯氏定氮法
N(%)	0.58	比色法
P(%)	0.056	比色法
Cr(mg/kg)	9.00	等离子发射光谱法
Cu(mg/kg)	18.6	等离子发射光谱法
Pb(mg/kg)	2.10	等离子发射光谱法
Ni(mg/kg)	4.9	等离子发射光谱法
Zn(mg/kg)	70.9	等离子发射光谱法
Ca(mg/kg)	440.2	等离子发射光谱法
pH	5.72	电极法

蒋培森和孙希达^[20]用啤酒厂污泥替代50%营养盐培养钝顶螺旋藻而保持其收得率基本不变,认为这是一条有效处理污泥和推广螺旋藻养殖的良好途径。
(下转第22页)



瓶盖	盖仓瓶盖	1次/天
	纸箱瓶盖	1次/天
激泡水	包装生产线	1次/天
ClO ₂ 水	ClO ₂ 发生器	1次/周
	洗瓶机	1次/天
过滤水	过滤器后	1次/周
冲瓶前水	冲瓶前取样口	1次/天
冲瓶后水	冲瓶后取样口	1次/天
洗瓶机水	洗瓶机槽	2次/周

6 做好成品酒库的管理工作

纯生啤酒最好在低温酒库存放,地面保持清洁、干燥,防蝇、防鼠、无霉。入库的酒按生产日期、班次、品种分别码放。酒入库后盖上塑料(或其他材料)使保持干净,严禁在室外露天存放,避

免日晒。执行先入先出的制度,除理化指标合格外,还必须等微生物指标合格后才允许发放。

7 加强员工的职业技能培训

生产一批高质量的纯生啤酒并不难,但要保证每一批纯生啤酒的质量不出问题并不容易。要加强微生物及相关专业知识的学习,努力提高操作技能,尽早发现隐患,及时解决问题。

总之,纯生啤酒的稳定持续生产要形成一套保障体系。员工素质和无菌操作意识是首要条件,其次要有良好的技术装备水平、科学的清洗工艺,才能有效控制啤酒生产过程的一次及二次污染,纯生啤酒的质量才能得到保证。

参考文献

- [1] 管敦仪《啤酒工业手册》
- [2] 中国酿酒工业协会主编教材《酿酒师》

(上接第19页)

5 总结与展望

在新型啤酒废水、污泥处理系统中,人们的关注点已经从单个的污染物的去除,转向了废水、污泥处理和以它们为资源来培养微藻。在利用微藻生物高效处理啤酒废水与废弃污泥的同时,又可从微藻细胞中获取新资源(如高度不饱和脂肪酸、色素、微藻多糖和蛋白质等)。

参考文献

- [1] 杨二辉,李大平. 高温优势菌生物膜法处理含油污水的中试[J]. 环境工程, 2004, 22(3): 11-14.
- [2] 陈慈美. 生活污水中螺旋藻的生长及其去除氮、磷、有机质的作用[J]. 海洋环境科学, 1995, 9(4): 11-15.
- [3] 顾祖宜. 应用光合菌处理有机废水的研究[J]. 中国环境科学, 1985, 5(2): 29-34.
- [4] 郑爱榕,蔡阿根,许伟斌,等. 光合细菌和螺旋藻对啤酒废水的净化与利用研究[J]. 环境科学学报, 1999, 19(1): 22-27.
- [5] 蒋培森,蒋加伦,汪富三,等. 利用啤酒厂废水污泥培养钝顶螺旋藻和普通小球藻的研究[J]. 海洋湖沼通报, 2000, 34(3): 15-19.
- [6] 倪学文. 海洋微藻应用研究现状与展望[J]. 海洋渔业, 2005, 27(3): 251-255.
- [7] 高玉荣,曹宏,许木启. 啤酒废水的生物净化与利用研究[J]. 应用与环境生物学报, 1999, 43(5): 38-42.
- [8] 章宗涉,黄祥飞. 淡水浮游生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [9] 宋仁元,赵峰,郝建成,等译. 美国公共卫生协会: 水和废水标准检验法[M](第15版). 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.

出版社, 1985.

- [10] 朱国洪,刘振华,尹国,等. 啤酒厂中段废水培养螺旋藻的研究[J]. 广西轻工业, 2000, 22(3): 35-39.
- [11] 周永欣,章宗涉. 水生生物毒理试验方法[M]. 北京: 农业出版社, 1989, P: 179.
- [12] 沈萍萍,王朝晖,齐雨藻,等. 光密度法测定微藻生物量[J]. 暨南大学学报(自然科学版), 2001, 22(3): 115-119.
- [13] 孙军,刘东艳,钱树本. 浮游植物生物量研究I: 浮游植物生物量细胞体积转化法[J]. 海洋学报, 1999, 21(2): 75-85.
- [14] Epply R W, Reid F M H, Strickland J D H. The ecology of the plankton off La Jolla, California, in the period April through September 1967 Part III. Estimates of phytoplankton crop size, growth rate and primary production [J]. Bull Scripps Inst Oceanogr, 1970, 17: 33-42.
- [15] 张建民,张倩,赵宏,等. 利用不同浓度啤酒废水培养塔胞藻的生物学效应研究[J]. 海洋湖沼通报, 2008, 63(4): 63-67.
- [16] 姜建国,黄洋,宋吉祥. 啤酒厂排放水培养盐藻的研究[J]. 海湖盐与化工, 2009, 32(2): 13-15.
- [17] Soong Pinnan: Production and Development of Chlorella and Spirulina in Taiwan, in "Algae Biomass Production and Use", ed. By shelf G, and C.J. Soeder, 1980, pp: 97-113.
- [18] G. Shelef. 环境科学丛刊[C]. 1983, (11): 73-79.
- [19] Grant N.G, Hommerand M.H. The respiratory chain of Chlorella protothecoides[J]. Plant Physiol, 1974, 54: 50-56.
- [20] 蒋培森,孙希达. 啤酒厂污泥替代营养盐培养钝顶螺旋藻的研究[J]. 杭州师范学院学报, 1999, 69(6): 69-72.