

水解酸化在食品废水处理中的研究与应用

黄祥荣, 龙腾锐, 曹艳晓

(重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要 综述了水解酸化用作食品废水预处理时的设计特点, 以及目前水解酸化预处理食品废水的研究与应用现状, 总结出水解酸化预处理食品废水既可去除大量有机负荷, 又可提高废水可生化性, 且有消化、稳定污泥的功能, 兼具高效性和经济性, 在食品废水处理中具有开发潜力和应用前景。

关键词 水解酸化; 食品废水; 研究应用

中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2008)S1-0110-03

食品工业原料广泛, 制品种类繁多, 排出的废水水质差异很大。废水中的主要污染物有: ①漂浮在废水中的碎肉、畜毛等固体物质; ②悬浮在废水中的油脂、蛋白质、淀粉、胶体物等; ③溶解在废水中的糖、酸、碱、盐类等; ④来自原料挟带的泥沙和动物的粪便等; ⑤可能存在的致病菌等。食品工业废水的主要特点是, 有机物质和悬浮物含量高, 易腐败, 一般无毒性, 其主要污染危害是使水体富营养化。

我国从 20 世纪 80 年代开始展开食品工业废水治理工作。在已开发出的多种高效、低耗的生物处理工艺中, 应用较成熟的是厌氧-好氧组合生物处理工艺, 其中厌氧作为好氧的前处理, 其主要缺点是厌氧处理过程, 特别是产甲烷阶段, 对环境要求甚严, 使得其处理时间较长, 所以一种经济且高效的预处理便成为更迫切的需要。水解酸化是 20 世纪 80 年代迅速发展起来的一种有机废水预处理工艺, 它主要利用的是具有繁殖速度快、代谢强度高、对外界环境适应能力强和对有毒物质不敏感特点的兼性厌氧微生物对废水进行降解处理。针对食品废水浓度高且一般含有难降解物质的特点, 将厌氧工艺控制在水解酸化阶段, 既可去除大量有机负荷, 提高废水的可生化性, 降低后续生物处理的难度, 又可大大缩短水力停留时间(HRT), 克服厌氧生物处理的局限。

1 水解酸化工艺

水解酸化是从厌氧生物处理技术发展起来的一种工艺, 相对于全程厌氧, 它主要是考虑到产甲烷菌

与水解产酸菌生长速度不同, 通过控制 HRT 将厌氧处理控制在反应时间较短的水解和酸化阶段, 而不进入反应时间较长且控制要求条件高的产甲烷阶段, 即在大量水解菌、酸化菌作用下将不溶性有机物水解为溶解性有机物, 将难生物降解的大分子物质转化为易生物降解的小分子物质^[1]。

水解酸化较之全程厌氧主要有以下优点: ①水解酸化产物主要为生物降解性较好的小分子有机物, 因而废水的可生化性得到大大改善, 从而减少后续工艺反应时间和处理能耗; ②对固体有机物的降解可减少污泥产量, 实现污水、污泥一次性处理; ③反应池无需密闭, 无需搅拌及三相分离器, 降低了造价且便于维护; ④无厌氧发酵的不良气味; ⑤水解酸化反应迅速, 故池体小, 节省基建投资^[2]。

水解酸化工艺一般用作各种生化处理的预处理, 自身可降解大量有机负荷, 但更重要的作用是改善废水的可生化性, 为废水的后续有效处理创造良好条件。

2 设计应用特点

水解酸化反应器的高效与稳定运行, 需建立在诸多内外因素的合理控制与协调基础之上, 设计应用时应着重考虑以下几方面。

2.1 配水

水解酸化反应器的进水系统兼有配水和水力搅拌的功能, 设计良好的布水系统是一个高效水解酸化反应器的重要前提保证。常见的配水方式有大阻

基金项目: 广西重点实验室研究基金(桂科能 0704k031)

作者简介: 黄祥荣(1983—)男, 江西上犹人, 硕士研究生, 研究方向为水处理。E-mail: xiao_maihuang@163.com

力配水、小阻力配水、脉冲布水,这些配水方式在国内的食品废水预处理中都有应用。在国外,更多采用的是一管一孔的专利布水方式,该方式能很好地确保布水的均匀性,也是目前国内借鉴与发展的方向。

2.2 排泥

水解酸化工艺的一大显著特点是污水、污泥一次得到处理,因而产泥量很小,但不可降解物质的累积和活性污泥的增长,以及食品废水处理中常将后续工艺的部分剩余污泥回流于水解酸化池进行消化稳定,以使污泥减排,使得池内污泥量增大,故排泥是必需的。排泥可采用定时排放,原则是排出低活性污泥,保留最好的高活性污泥,排泥点除了底部沙砾等沉积物的排除以外,一般以设在污泥区中上部为宜。

2.3 填料

食品废水高浓度和负荷波动大的特点使得水解酸化反应器内常选择设置填料,既可增大反应器中的污泥浓度与泥水接触面积,提高处理效率,缩短HRT,也可强化反应器抗负荷冲击的能力。

2.4 启动

水解酸化池污泥的培养驯化需根据食品废水的具体水质情况择优选取。污水富含各种微生物及其生长所需的营养物时,可直接靠污水中微生物自身的积累和池中新细菌物质增长进行培养,但周期相对较长。在食品废水处理中,更普遍的启动方式是采用污泥接种,能够大大缩短污泥培养时间。如果水解酸化池采用膜法,可采取好氧启动挂膜、缺氧转化菌种的挂膜方式来缩短启动时间。

2.5 预处理

由于各种具体食品废水水质的特殊性,例如,或蛋白质、脂肪含量过高,或含果胶,或色度过高,或水量波动大,等等,故需有选择地设置调节、气浮、混凝沉淀等预处理,以减少进水对水解酸化池的冲击,维持池内高效的微生物环境。

3 水解酸化在食品废水处理中的研究与应用

食品废水大致可分为酿酒废水、屠宰及肉类加工废水、调味料废水、饮品废水、淀粉废水、果品废水、水产品加工废水等几大类^[3]。针对不同废水可选用不同的处理工艺,但水解酸化工艺作为各种食品废水的预处理却得到越来越普遍的认可,且已有大量的研究和应用。

3.1 酿酒废水

酿酒废水属高浓度有机废水,COD浓度大,酸性较高,固体含量高。郑州某啤酒厂采用“水解酸化

-生物接触氧化-气浮”法处理生产废水,在进水 $\rho(\text{COD})$ 为1500mg/L, $\rho(\text{BOD}_5)$ 为800mg/L, $\rho(\text{SS})$ 为200mg/L情况下,经水解酸化池5h水力停留后,出水COD、BOD₅、SS去除率分别为35%、15%和30%, $\rho(\text{BOD}_5)/\rho(\text{COD})$ 大大提高,废水可生化性增强,使得后续接触氧化较之传统生物接触氧化处理啤酒废水HRT一般大于10h而言,HRT大为缩短,仅为6h^[4]。广西某啤酒厂采用“水解酸化-SBR(序批式活性污泥法)”改造原有的活性污泥工艺,其中水解酸化池内设置生物填料和水下搅拌设施,HRT为6h,进水经水解酸化后COD和BOD的去除率分别为43.3%和13.8%,出水 $\rho(\text{BOD})/\rho(\text{COD})$ 由原水的0.53提高到0.72,试验结果表明,水解酸化预处理使SBR的HRT比传统的活性污泥法或生物氧化法缩短2~6h,节能效果显著^[5]。以上两工艺最终出水均达GB8978—1996《污水综合排放标准》中一级排放要求。

3.2 屠宰及肉类加工废水

屠宰及肉类加工废水普遍含高浓度含氮有机化合物、悬浮物、溶解性固体、油脂和蛋白质,色度高。河北某大型肉鸡生产企业采用“气浮-水解酸化-SBR”工艺改造原有废水处理设施,水解酸化池HRT为7.52h,内设填料,采用虹吸脉冲布水,COD去除率达36%,且SBR部分剩余污泥经调节池回流到水解酸化池,使部分污泥得到消化和稳定,提高了污泥的脱水性能,减轻了污泥处理的负荷^[6]。莱芜市某禽类屠宰加工厂进水 $\rho(\text{COD})$ 为1800mg/L, $\rho(\text{BOD}_5)$ 为800mg/L, $\rho(\text{SS})$ 为1000mg/L, $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 为30mg/L,动植物油的质量浓度为50mg/L,因废水中大多是难降解有机物,故采用水解酸化预处理、CASS(循环式活性污泥法)后续处理的工艺流程,其中水解酸化池内设弹性立体填料,大阻力配水,HRT为5h^[7]。以上两工程处理出水均达GB1345—1992《肉类加工工业污染物排放标准》中禽类屠宰加工一级排放标准。

3.3 淀粉废水

淀粉废水由于淀粉、蛋白质、糖类和脂肪含量大,通过水解酸化预处理可以将大部分大分子难降解物质大量降解为小分子易降解物质,为后续达标处理创造良好条件。张西旺等^[8]采用“水解酸化-加压MBR(膜生物反应器)”进行淀粉废水的处理研究,试验结果表明,增加水解酸化预处理后,废水可生化性提高,生物难降解物质在加压反应器内累积减少,对有机物的去除效果增强,不同操作压力下,膜过滤出水COD仅为无水解酸化预处理时的一半,当进水 $\rho(\text{COD})$ 为13864mg/L时,膜滤出水 $\rho(\text{COD})$

仅为 57.14 mg/L;当进水 $\rho(\text{COD})$ 高达 25 680 mg/L 时,系统 COD 去除率依然能高达 89.8%。

3.4 其他

李伟民等^[9]采用“水解酸化-一体化氧化沟”工艺处理糖果和地方风味小食品生产废水,水解酸化池 HRT 为 3 h,工艺出水达 GB8978—1996《污水综合排放标准》一级标准。

关晓辉等^[10]采用“水解酸化-两级好氧移动床生物膜法”进行乳制品废水处理试验研究,结果表明,水解反应器填料填充率为 40% 时,COD 去除率为 72.2%, BOD_5/COD 值有所上升,在进水 $\rho(\text{COD})$ 为 500~900 mg/L, $\rho(\text{BOD}_5)$ 为 300~650 mg/L, $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 为 20~60 mg/L,工艺总 HRT 仅为 10.4 h 条件下,出水可达 GB8978—1996《污水综合排放标准》一级标准。

周荣刚等^[11]采用“水解酸化-CASS”工艺处理某食品厂水产品加工废水,原水 $\rho(\text{COD})$ 、 $\rho(\text{BOD}_5)$ 、 $\rho(\text{SS})$ 分别为 1200 mg/L、600 mg/L、700 mg/L,在水解酸化 HRT 5 h,CASS 反应池进水 2 h,曝气 4 h,沉淀 0.5 h,排水 1 h,闲置 0.5 h 条件下,工艺出水达 GB8978—1996《污水综合排放标准》一级排放标准。

王忠等^[12]采用“水解酸化-生物接触氧化-混凝气浮”处理天然调味料废水,原水经 6 h 水解酸化后出水 COD、 BOD_5 、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率分别为 33.6%、30%、75% 和 26%,工艺最终出水达 GB8978—1996《污水综合排放标准》中的二级标准。

4 总结

“水解酸化-好氧”技术是近十年来国内较普遍采用的食品废水处理工艺,诸多的试验研究与工程实践均表明,水解酸化用于食品废水预处理,可去除大量有机负荷,明显提高废水的可生化性,水力停留时间也大为缩短,且基建投资、能耗、占地、可操作性方面较其他工艺都更具优势。

5 展望

基于目前水解酸化在食品废水中取得的优良研究应用成果,以及在水处理中日益被看重的环境效益和经济效益,不难预见,水解酸化预处理食品废水在食品废水处理方面将有着广阔的应用前景。

但另一方面也应看到,国家新的排放标准不断出台,例如 GB18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》,GB19431—2004《味精工业污染物排放标准》,GB19821—2005《啤酒工业污染物排放标准》等,它们都对相应各种食品废水的排放较之以往提出了更高的要求,因此我们还需要对水解酸化工艺做出

进一步的研究,以使其自身处理能力和改善后续处理工艺处理效率的能力都有更进一步地提高。例如强化基质传质效率,发掘水解酸化对有机负荷去除的更大潜力;为菌种提供最佳的环境条件,以更充分发挥酸化菌的活性等,这些都是新的高效水解酸化反应器开发与应用所必需面临与解决的问题。

参考文献:

- [1] 孙美琴,彭超英.水解酸化-好氧生物法处理工业废水[J].工业水处理,2003,23(5):16-18.
- [2] 王凯军,贾立敏.城市污水生物处理新技术开发与应用[M].北京:化学工业出版社,2001:72.
- [3] 唐受印,戴友芝,刘忠义,等.食品工业废水处理[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [4] 王远红,赵勇.生物接触氧化法处理啤酒废水工艺研究[J].河南科学,2004,22(6):873-875.
- [5] 王敦球,张学洪,解庆林,等.水解酸化-SBR 法处理啤酒废水[J].云南环境科学,2000,19(S1):177-179.
- [6] 陈栋,王全金.气浮+水解酸化+SBR 工艺处理屠宰废水[J].给水排水,2003,29(6):51-53.
- [7] 李敬存,郭丽波.禽类屠宰加工废水处理技术[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(2):74-76.
- [8] 张西旺,金奇庭,任锦霞.水解+加压 MBR 处理淀粉废水研究[J].环境污染智力技术与设备,2004,5(12):63-66.
- [9] 李伟民,陈江北,王涛.水解酸化-一体化氧化沟工艺处理食品加工废水[J].给水排水,2002,28(9):44-45.
- [10] 关晓辉,廖玉华,尹荣.水解-好氧移动床生物膜法处理乳制品废水的试验研究[J].东北电力学院学报,2004,24(1):15-19.
- [11] 周荣刚,张宁,陈浩,等.水解酸化-CASS 工艺处理水产品加工废水[J].中国环境管理干部学院学报,2004,14(4):61-62.
- [12] 王忠,潘宁,张路明.水解酸化-生物接触氧化工艺在调味品生产废水治理工程中的应用[J].山东环境,2000(3):34-35.

(收稿日期 2008-08-06 编辑 徐娟)

(上接第 105 页)水样用两种处理方法都可满足测定要求,对于浑浊有色的水样用氢氧化锌沉剂法比用氢氧化铝悬浮液作处理剂更为适宜。

参考文献:

- [1] 长江流域水环境监测中心.水文测验手册[M].北京:水利电力出版社,1976:75-78.
- [2] SL219—98.水环境监测规范[S].北京:中国水利水电出版社,1998:53-65.
- [3] 周怀东,段玉英,郝红,等.水质分析方法国家标准汇编[G].北京:中国标准出版社,1996:149-153.
- [4] 鲁光四,周怀东,李怡庭.水质分析方法[M].北京:学术书刊出版社,1989:130-137.

(收稿日期 2008-06-24 编辑 高渭文)