

文章编号:2095-6002(2013)02-0062-05

引用格式:董贞君,马千然,刘洋,等. 超声波处理 VC 发酵污水/污泥的研究. 食品科学技术学报,2013,31(2):62-66.

DONG Zhen-jun, MA Qian-ran, LIU Yang, et al. Studies on Ultrasonic Treatment on VC Fermentation Wastewater and Sludge. Journal of Food Science and Technology, 2013,31(2):62-66.

超声波处理 VC 发酵污水/污泥的研究

董贞君, 马千然, 刘洋, 汪苹*

(北京工商大学 食品学院, 北京 100048)

摘要: 利用特制高功率超声波发生器对某维生素 C 制造厂的污水及污泥进行处理,研究超声波对难降解有机废水好氧生化降解效率及污泥减量化的影响. 结果表明:特制超声波发生器对好氧接触氧化池进水进行高功率较长时间(2 860 W, 5 min)超声处理,可去除 56% 的 COD, B/C 比从 0.13 提高到 0.22;对推流式曝气池进水进行超声(2 860 W, 2 min)处理,可去除 33% 的 COD, B/C 比提高一倍以上(从 0.11 提高到 0.23);并且超声处理降低了接触氧化池之后的二沉池剩余污泥的沉降体积,促进了污泥井中混合剩余污泥中某些易被生化降解的物质由固相转移到液相,进而达到污泥减量化的目的.

关键词: 超声波; 可生化性; 减量化; 污泥破解

中图分类号: TS209; X172

文献标志码: A

维生素 C(简称 VC)是一种用途广泛的食物添加剂、保健品及化妆品营养剂. 目前国内 VC 制造工艺主要为两步发酵法,其工艺主要涉及的发酵工程会产生大量高浓度有机废水,主要表现为以下特点^[1-4]:1)污染物种类多、成分复杂且废水浓度高;2)色度高;3)含有难降解的有机物质. 这些特点都给处理带来了难度,而且在污水处理过程会产生大量污泥,用于污泥处置的费用占污水处理厂运行费用的 20%~50%,给污水处理厂带来了沉重的负担,所以污泥减量化就至关重要.

超声波技术作为一种物理手段,能够在水中产生一系列接近于极端的条件,如局部和瞬间的几千度高温、几千个大气压的高压等. 水分子可在高温高压下生成一种广谱氧化剂 $\text{HO}\cdot$, $\text{HO}\cdot$ 能氧化亲水性的有机物;而疏水性的有机物可在高温和高压条件下进行热解反应^[5]. 现有研究表明:一定强度的超声波可以降解工业废水的有机污染物^[6];低强度超声波处理可以提高污泥活性^[7];超声处理可促进

污泥絮体分解^[8-9],释放出 COD 被微生物作为自产底物而重复利用,进而使系统污泥的产量减少^[10-11]. 但由于目前市售的超声波发生仪功率较低,通常不超过 1 000 W,对 VC 发酵废水的处理效果及污泥减量化不能达到理想要求.

本实验采用某超声仪制造厂自制大功率超声波发生设备,其超声换能器采用特制合金材料制成,超声功率最高可达 3 000 W,针对某大型 VC 制造企业发酵污水及污泥特性进行研究,分别对污水处理工艺一级、二级好氧段难降解有机废水的进水进行超声预处理,对超声前后污水可生化性、COD 的去除率进行分析,以提高难降解有机废水在后续好氧段的生化处理效率. 同时对接氧化池后的二沉池剩余污泥及污泥井的混合剩余污泥分别进行超声处理,对超声前后污泥絮体体积及污泥絮体内物质的溶出进行比较,进一步探讨超声波对污泥减量效果的影响,以期为后续开发实用的超声波预处理技术及相关设备提供参考.

收稿日期:2012-10-25

作者简介:董贞君,女,硕士研究生,研究方向为吗啡类废水处理研究;

*汪苹,女,教授,主要从事水污染控制工程方面的研究. 通讯作者.

1 材料与方法

1.1 水样

该污水处理工艺主要采用生化法,工艺流程如图 1,发酵废水在经过两级厌氧(UASB)处理后,依次经过一级好氧池(即好氧接触氧化池)、水解酸化池、二级好氧池(即推流式曝气池)和曝气生物滤池。一级、二级好氧池含有大量难降解环状有机物,COD 去除率均为 60% 左右,生化处理效率不高,为探讨超声波改善生化处理效果的可能性,本实验污水设两个采样点:

1)一级好氧池进水(即好氧接触氧化池进水):
COD = 590 mg/L, B/C = 0. 13;

2)二级好氧池进水(即推流式曝气池进水):
COD = 257 mg/L, B/C = 0. 11.

1.2 泥样

发酵废水处理系统中剩余污泥含水率为 96% ~ 98%,剩余污泥经重力浓缩后加 PAM(聚丙烯酰胺)絮凝剂 16 kg/d,经带式压滤机压滤含水率达80% ~ 83%,排泥量为 25 t/d. 试验污泥分别取自污水处理系统两个采样点:

1)好氧接触氧化池之后的二沉池剩余污泥,后面称“二沉池剩余污泥”;

2)污泥井混合剩余污泥(厌氧池后的一沉池、一级好氧池后的二沉池、二级好氧池后的沉淀池出口污泥混合),后面称为“混合剩余污泥”.

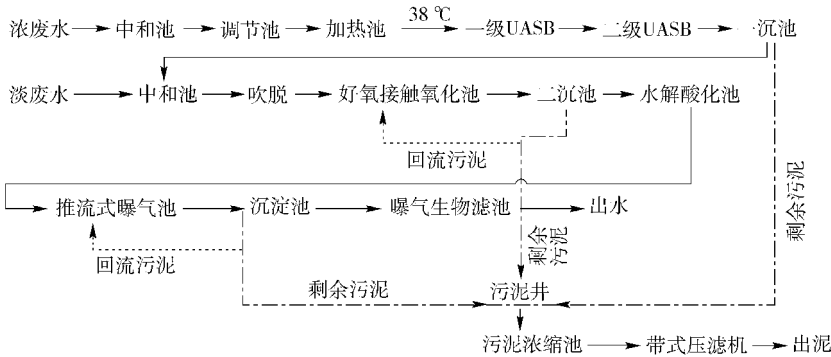


图1 污水处理系统工艺流程

Fig. 1 Process flow diagram of sewage treatment system

1.3 仪器与设备

本研究中所采用的试制超声波发生设备主要是由超声波发生器、超声换能器、超声探头及反应容器等组成,其超声频率为 18 kHz,电功率为 0 ~ 2 860 W (可调),钛探头直径 20 mm. DRB2800 型 HACH 快速测定仪,美国哈希公司;Multi 340i 型便携式 pH 计,德国 WTW 公司.

1.4 实验方法

超声处理方法:在室温条件下,取预先采集好的水样(900 mL)和泥样(400 mL)于塑料烧杯中,下降超声波发生器探头,使声源发射末端插入液面以下 5 cm 处,调节好超声功率,打开超声波电源开始计时. 达到规定作用时间后检测各指标值.

1.5 分析方法

VFA(挥发性脂肪酸)采用蒸馏吸收滴定法测量^[12];COD(化学需氧量)采用美国 HACH 快速测定仪测定;其中 SCOD(溶解性化学需氧量)为 4 500 r/min 离心后上清液的 COD 值;BOD₅ 的检测采用

HJ 505—2009 稀释接种法^[13];B/C 为 BOD₅ 与 COD 的比值,代表了废水的可生化性.

2 结果与分析

2.1 超声波处理对好氧段生化降解效率的影响

探讨超声波处理提高废水好氧生化降解效率的可能性. 分别采集污水处理工艺一级、二级好氧池进水,经不同超声条件预处理后测 COD、BOD₅ 及 B/C,数据结果见表 1 和表 2.

表1 一级好氧池进水超声波处理条件选择及处理结果

Tab. 1 Ultrasonic treatment conditions and results of first aerobic pool water

实验号	超声波条件	COD/ (mg·L ⁻¹)	去除率/ %	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	B/C
0	超声波处理前	590	0	78.0	0.13
1	2 860 W; 2 min	447	24.2	58.2	0.13
2	2 860 W; 5 min	260	55.9	58.4	0.22
3	858 W; 2 min	353	40.2	55.7	0.16
4	858 W; 5 min	360	39.0	52.0	0.14

表 2 二级好氧池进水超声波处理条件选择及处理结果

Tab. 2 Ultrasonic treatment conditions and results of second aerobic pool water					
实验号	超声波条件	COD/ (mg·L ⁻¹)	去除率/ %	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	B/C
0	超声波处理前	257	0	27.2	0.11
1	2860 W;2 min	172	33.1	40.2	0.23
2	2860 W;5 min	212	17.5	41.8	0.20
3	858 W;2 min	211.6	17.7	24.7	0.12
4	858 W;5 min	161.5	37.2	27.5	0.17

从表 1 和表 2 超声前后 COD 去除率可以看出, 超声波处理可以从废水中直接去除有机物, 其中对一级好氧池进水进行大功率(2 860 W)超声仅 5 min, COD 去除率可以达到近 56% (表 1 的 2 号样品). 对于 COD 浓度不是很高(250 mg/L 左右)的二级好氧池进水进行超声处理, 并非超声波处理功率越高时间越长 COD 去除效果越好, 而超声条件为 858 W, 5 min, COD 去除率最高, 可以达到 37% 以上(表 2 中的 4 号样品).

B/C 代表了废水的可生化性, 值越大可生化性越好. 表 1 和表 2 的 0 号实验样品(未超声波处理)显示 B/C 均只有 0.15 以下, 几乎属于不可降解废水类型. 但超声波处理后 B/C 提高明显, 和 0 号样品相比, 经 2 860 W 超声处理, 两种情况废水的 B/C 最高均可达到 0.20 以上(其中二级好氧池进水 2 860 W 超声 2 min 后, B/C 甚至提高一倍), 达到了可生化处理的界限之上, 可以明显改善后一阶段生化降解效率.

2.2 超声波处理对剩余污泥减量化影响

污泥减量化可以用污泥沉降速度、污泥絮体体积的减少和污泥絮体内物质的溶出量来表述. 本文中污泥絮体体积以 30 min 沉降的污泥体积与总体积之比(SV%)表示, 该值越低, 表示污泥的沉降性能越好. 污泥絮体内物质的溶出以污泥上清液挥发性脂肪酸(VFA)和溶解性化学需氧量(SCOD)值表示, 因 VFA 和 SCOD 分别代表了易于被生化降解的有机物和溶解性有机物, 如果经超声波处理后, 其数值提高则可判断为污泥被分解. 因此可以此探讨超声波对该 VC 企业废水处理产生的污泥减量效果的影响.

2.2.1 超声波处理对二沉池剩余污泥絮体体积的影响

探究不同功率和时间的超声处理是否可降低二

沉池剩余污泥絮体体积, 采集二沉池剩余污泥, 进行超声波两个功率等级(2 860 W 和 858 W)的处理, 处理的时间如表 3. 处理后分别搅匀后取样 100 mL, 置量筒中静置, 沉降过程中每隔 3 分钟测污泥沉降体积, 沉降体积随时间变化作图 2; 30 min 后测 SV, 数据如表 3.

表 3 二沉池剩余污泥超声波处理结果
Tab. 3 Results of residual sludge of second settling ponds treated by ultrasound

实验号	1	2	3	4
超声波功率/W	0	858	2 860	2 860
超声波处理时间/s	0	5	2	5
30 min SV/%	17	12	13	11

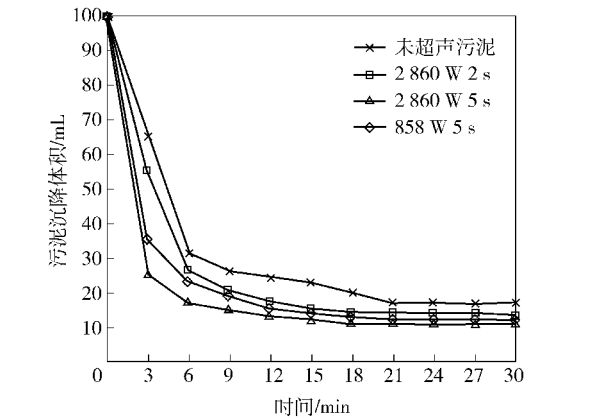


图 2 污泥沉降变化曲线
Fig. 2 Curve of sludge settling

从表 3 可以看出, 二沉池剩余污泥经超声处理可改善污泥的沉降性能, 而且经大功率、长时间(2 860 W, 5 s)超声处理, 污泥沉降性能改善最明显, 30 min SV 为 11%, 此时未经超声处理 SV 为 17%. 其他超声条件处理后, SV 也有明显下降, 实验 2 号和 3 号在沉降 30 min 后 SV 分别比超声前下降了 5% 和 4%, 大大减少污泥絮体量.

图 2 沉降曲线显示, 超声处理明显改善了污泥沉降速度, 提高了污泥沉降效率, 其中经 2 860 W、5 s 超声波处理, 在沉降 3 min 时污泥沉降速度最快, 为原水的 2.16 倍, 这解释了超声处理可减少污泥絮体量的原因. 而且超声波处理使用的功率越大时间越长, 沉降速度越快, 这一方面因为大功率长时间超声作用后胞内物质的释放会使污泥产生再絮凝现象^[14]; 另一方面可能与沉降污泥密度的增加有关^[15].

2.2.2 大功率超声对混合剩余污泥絮体内物质溶出的影响

进一步探究大功率条件下不同时间的超声处理是否可使污泥絮体内物质溶出. 本文对污泥并混合剩余污泥进行大功率(2 860 W)不同时间(0,1/3,1,3,5 min)超声波处理,处理后分别搅匀,以统一澄清时间,并静置 12 h,然后分别用三角漏斗快速定性滤纸过滤,测上清液 VFA、SCOD 值,混合剩余污泥超声处理数据结果见表 4.

表 4 混合剩余污泥超声波处理结果
Tab. 4 Results of mixed residual sludge treated by ultrasound

实验号	1	2	3	4	5
超声功率/W	0	2 860	2 860	2 860	2 860
超声波处理时间/min	0	1/3	1	3	5
上清液浊度	清	较清	浊	更浊	最浊
VFA/(mmol·L ⁻¹)	2. 76	2. 86	4. 78	7. 30	7. 45
SCOD/(mg·L ⁻¹)	2 504. 5	2 534. 0	2 273. 4	3 711. 7	3 159. 8

从表 4 可以看出大功率超声导致过滤清液浊度增加,并且实验过程中目测到有打碎污泥絮体穿透了滤纸,污泥滤液 SCOD 和 VFA 都显著提高. 其中 VFA 提高值与超声时间成正相关,尤其超声处理 5 min(2 860 W)时 VFA 值是超声前的 2. 70 倍(表 4 的 5 号样品),超声处理 3 min(2 860 W)时 SCOD 含量提高 48%(表 4 的 4 号样品),说明大功率超声处理使污泥絮体破解,VFA 和 SCOD 由固相转移到液相中,由于 VFA 和 SCOD 在废水生化处理时均易于降解,所以可从根本上减少污泥产量.

3 结 论

1)一定条件的超声波处理将属于几乎不可降解类型的废水提高到可生化处理的界限之上,能够明显提高后一阶段生化降解效率. 对于浓度较高的一级好氧池进水(COD 接近 600 mg/L),经高功率长时间(2 860 W,5 min)超声波处理,既有利于 B/C 比提高,也有利于 COD 的直接降低. 对于浓度较低的二级好氧池进水(COD 为 250 mg/L 左右),并非超声波处理功率越高时间越长效果越好,而存在一个较佳值,其中超声条件为 2 860 W、2 min,可生化性提高最明显,B/C 比甚至提高一倍以上.

2)超声波处理提高了二沉池剩余污泥的沉降速度,提高污泥沉降效率,同时大大减少污泥絮体

量. 其中经 2 860 W、5 s 超声波处理,污泥沉降性能改善最明显.

3)混合剩余污泥超声处理实验证实,超声波处理可促进污泥絮体内易于被生化降解的挥发性有机物和溶解性有机物由固相转移到液相,从根本上减少污泥量.

参考文献:

[1] 黄群贤,吴志强. 维生素 C 废水厌氧处理生产运行的新技术研究[J]. 中国沼气,1996,14(2):6-10.

[2] 李乐琴. VC 废水治理的实践与探索[J]. 环境污染与防治,1995,17(6):22-24.

[3] 竺建荣,李晓娜,汪善全. SBR 工艺处理维生素 C 废水试验研究[J]. 云南环境科学,2007,26(1):73-75.

[4] 王强,王路光,王靖飞,等. VC 制药废水处理进展[J]. 河北化工,2007,30(9):75-77.

[5] 张光明,常爱敏,张盼月,等. 超声波水处理技术[M]. 1 版. 北京:中国建筑工业出版社,2006:5-7.

[6] 赵建平,倪才华,朱昌平,等. 超声介入技术处理污水的研究进展[J]. 水处理技术,2008,34(1):9-13.

[7] 陈伟,范瑾初,陈玲,等. 超声-过氧化氢技术降解水中 4-氯酚[J]. 中国给水排水,2000,16(2):1-4.

[8] 王芬,季民. 污泥超声破解预处理的影响因素分析[J]. 天津大学学报:自然科学与工程技术版,2005,38(7):649-653.

[9] Chu C P, Chang B V, Liao G S, et al. Observations on changes in ultrasonically treated waste - activated sludge[J]. Water Research,2001,35(4):1038-1046.

[10] 曹秀芹,陈珺,王洪臣,等. 超声处理对活性污泥系统污泥减量效果的研究[J]. 环境污染治理技术与设备,2006,7(6):85-88.

[11] 曹秀芹,陈珺,欧阳利,等. 剩余污泥的超声处理试验研究[J]. 中国给水排水,2003,19(2):58-60.

[12] 贺延龄. 废水的厌氧生物处理[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998:344-345.

[13] 环境保护部. HJ 505—2009 水质[S]. 北京:中国环境科学出版社,2009.

[14] Benabdallah El-Hadj T, Dosta J, Márquez-Serrano R, et al. Effect of ultrasound pretreatment in mesophilic and thermophilic anaerobic digestion with emphasis on naphthalene and pyrene removal[J]. Water Research,2007,41(1):87-94.

[15] Sears K, Alleman J E, Barnard J L, et al. Density and activity characterization of activated sludge flocs[J]. Canadian Metallurgical Quarterly,2006,132(10):1235-1242.

Studies on Ultrasonic Treatment on VC Fermentation Wastewater and Sludge

DONG Zhen-jun, MA Qian-ran, LIU Yang, WANG Ping*

(School of Food and Chemical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: The impact of ultrasonic on the aerobic biochemical degradation efficiency of refractory organic wastewater and sludge reduction was studied through dealing with the sewage and sludge which were from a vitamin C manufacturing factory using the special high -power ultrasonic generator. The results showed that: high power and long ultrasonic treatment time to the contact oxidation tank inlet sewage could remove 56% of the COD, and increase B / C ratio from 0.13 to 0.22. The ultrasonic treatment to the Plug flow aeration tank inlet sewage could remove 33% of COD and B/C ratio was more than doubled (from 0.11 to 0.23). Furthermore, ultrasound treatment could reduce settling volume of the second settling ponds after contacting the oxidation tank, and promote some material, which is easily degraded in the residual sludge of sludge well, to transfer from solid to liquid to achieve the purpose of sludge reduction.

Key words: ultrasonic; biodegradability; sludge reduction; sludge disintegration

(责任编辑:檀彩莲)

(上接第 46 页)

Studies on Glass Transition Temperature and Caking Properties of Spray-Dried Bayberry Powder

GONG Zhi-qing, CHEN Xiang-yan, CHENG An-wei, SHI Xian-quan, WANG Wen-liang*

(Institute of Agricultural Product, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: Bayberry powder is easy to cake leading to the bad quality during the processing and storage. In order to avoid and lighten caking, the followed experiments were carried out, such as the correlation between water activity and glass transition temperature by differential scanning calorimetry (DSC) and the effects of temperature and relative humidity on caking of bayberry powder. Glass transition temperature of bayberry powder had linear correlation with the water activity, $T_g = 45.758 - 168.8 a_w$ ($R^2 = 0.8631$). The appropriate processing temperature and relative humidity of bayberry powder should be lower than 25 °C and 22%, respectively. Collapse, stikiness, and caking were the three steps of bayberry powder caking.

Key words: bayberry powder; glass transition temperature; caking

(责任编辑:李 宁)