

UASB 工艺处理罗汉果加工废液

李玉英, 黄芳芳, 黄 健, 钟华勇, 蒙贞谨, 苏小建, 何星存

(广西师范大学环境与资源学院, 广西桂林 541004)

[摘要] 采用 UASB 处理工艺对罗汉果生产中的废液进行厌氧处理, 同时利用气相色谱法对收集到的气体进行分析和测定。结果表明, 经 UASB 处理工艺后废液中的 COD 去除率达到 55%, 甲烷气体含量可达 54.27%。该工艺具有处理效率高、并可回收所产生的甲烷气体作为燃料等特点, 可为企业带来一定的经济社会效益。

[关键词] 罗汉果废液; 厌氧; 活性污泥

[中图分类号] X703.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-829X(2009)01-0062-03

Treatment of the siraitia grosvenori swingle by UASB technology

Li Yuying, Huang Fangfang, Huang Jian, Zhong Huayong, Meng Zhenjin, Su Xiaojian, He Xingcun
(Institution of Natural Resources and Environment, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: The application of the UASB technology to the treatment of wastewater from siraitia grosvenori swingle production has been carried out. At the same time the collected gas has been analyzed and determined by gas chromatography. The results show that the COD removal rate of the wastewater that was treated by UASB can reach as high as 55% and the methane content is 54.27%. Moreover, the treatment efficiency of this technological is high, and the produced methane gas can be reused as fuel. This can bring certain economic and social benefits to the company.

Key words: siraitia grosvenori swingle; anaerobic; activated sludge

罗汉果, 植物学名为“光果木鳖”, 是葫芦科罗汉果属植物的成熟果实, 俗名汉果、长寿果, 又叫假苦瓜, 广泛应用于医药和食品中。国内外的许多专家对罗汉果做了很多的研究, 包括罗汉果新甜味成分、甘露醇、罗汉果叶中的黄酮甙元、罗汉果种仁油脂的提取及其性质等^[1-5], 以及对罗汉果生药学的研究和

对罗汉果的化学成分的研究等。由于罗汉果甜甙具有高甜度、低热量, 适用于糖尿病和肥胖症患者的使用, 因此目前国内对罗汉果研究利用的重心主要集中在罗汉果甜甙的开发上。但在罗汉果甜甙生产中的甜甙吸附过程需排放大量含糖和其他有机物质的废液, 而目前对所排放的废液未见研

[基金项目] 广西环境工程与保护评价重点实验室项目(桂科能 0702Z02)

优势。对反渗透和纳滤过程的成本分析表明, 膜工艺在印染废水节能减排、资源再生利用等方面将具有广阔的应用前景。

[参考文献]

- [1] Fersi C, Gzara L, Dhahbi M. Treatment of textile effluents by membrane technologies [J]. Desalination, 2005, 185(1/2/3): 399-409.
- [2] Zhang Guoliang, Zeng Hangcheng, Meng Qin. Water recycling from dyeing effluent using nanofiltration and diverse osmosis

membranes[C]. Boston: ACS National Meeting, 2007; #1111429.

- [3] Allegre C, Moulin P, Maisseu M, et al. Treatment and reuse of reactive dyeing effluents[J]. Journal of Membrane Science, 2006, 269(1/2): 15-34.
- [4] ElDefrawy N M H, Shaalan H F. Integrated membrane solutions for green textile industries[J]. Desalination, 2007, 204(1/2/3): 241-254.

[作者简介] 曾杭成(1984—), 浙江工业大学在读硕士。电话: 13357100600, E-mail: guoliangz@zjut.edu.cn.

[收稿日期] 2008-08-11(修改稿)

究和利用的报道。

作为罗汉果产量最大的广西,每年都有大量未经处理的罗汉果废液直接排放到环境中,不仅对环境造成污染,而且也造成能源浪费。上流式厌氧污泥床(UASB)反应器具有结构简单、占地面积少、处理效果很好的特点,其有机负荷率 COD 可高达 $10 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,其生物量的平均质量浓度可达 80 g/L 左右^[6]。虽然 UASB 反应器已有在其他废水处理中的应用报道,但其对罗汉果废液的处理研究未见报道。为此,笔者采用高效率的 UASB 工艺处理罗汉果加工废液,并对所产生气体进行鉴定与分析,最后加以回收与利用,同时废液中的 COD 得到大幅度降低,使得最后的排放废液对环境的影响大大降低,也可提高企业的经济和环境效益。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

仪器:90 L 上流式厌氧污泥床(UASB);RE-52A 旋转蒸发器;101-3-5 电热恒温鼓风干燥箱;GC-16A 气相色谱仪。

试剂:重铬酸钾标准溶液;试亚铁灵指示剂;硫酸亚铁铵标准液;硫酸-硫酸银溶液。

1.2 废水、活性污泥及标准气体

罗汉果深加工废液来源于桂林思特新技术公司;活性污泥来源于桂林市五里店污水处理厂;甲烷来源于桂林新奥燃气公司。

2 实验原理及步骤

2.1 UASB 反应器的结构和工作原理

UASB 反应器内直径为 40 cm,高为 80 cm,总体积为 90 L,如图 1 所示。

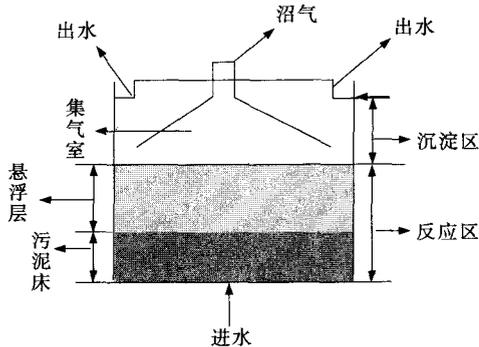


图 1 UASB 反应器结构

体积为 90 L 的罗汉果废液从底部进入 UASB 反应器,通过反应区经气体分离后混合液进入沉淀区进行液固分离,处理后的澄清液由上面的出水渠排出,而被携带上来的高浓度颗粒污泥因重力作用

回到反应区,或者因碰到沉降板而回到反应区,集气室里的沼气经管道排出。

2.2 COD 的测定

取稀释后的水样置于回流装置中,加入 5.00 mL 重铬酸钾标准溶液加热回流 2 h,然后以试亚铁灵作指示剂,用硫酸亚铁铵标准液滴定,最后按式(1)计算水样的化学需氧量(以 mg/L 计)。

$$\text{COD}_{\alpha} = 8 \times 1000 (V_0 - V_1) \times C / V \quad (1)$$

式中: V_0 ——滴定空白时硫酸亚铁铵标准液体积, mL;

V_1 ——滴定水样时硫酸亚铁铵标准液体积, mL;

C ——硫酸亚铁铵溶液浓度, mol/L;

V ——水样的体积, mL。

2.3 罗汉果废液固体含量的测定

取一定体积的罗汉果废液放入旋转蒸发器,浓缩成糖浆状态后,放入电热恒温鼓风干燥箱,烘干至恒重,通过干燥减重法计算其固体含量。固体含量的计算见式(2)。

$$\rho = m / V \quad (2)$$

式中: ρ ——废液的固体含量, g/mL;

m ——烘干后的净重量, g;

V ——废液体积, mL。

2.4 罗汉果废液理化特性

在进行实验之前,我们对罗汉果废液进行了水质测定,其为棕黄色液体, pH=4.5,固含量 2%, COD_{α} 为 22400 mg/L 。

2.5 活性污泥的接种

UASB 反应器在启动前需要投加接种污泥,我们采用污水处理厂的好氧活性污泥作为 UASB 反应器的接种污泥。在投加前,先在好氧污泥中加入一定量的糖液作为营养物质使其在一定时间驯化成厌氧活性污泥。

2.6 UASB 反应器处理过程

UASB 反应器启动处理过程分为 2 大阶段,第一阶段为启动阶段,可分为 3 小个阶段:初始启动期、颗粒污泥出现期、颗粒污泥培养。在初始启动阶段,把接种污泥投入反应器底部,注入稀释的 COD 约 2000 mg/L 的罗汉果废液,用石灰调节 pH 至 7 左右,使其逐渐适应罗汉果废液的性质,并让其具有分解废液中有有机物质的能力。随着种泥适应废液性质后,逐步提高进水的容积负荷率。在提高负荷的同时,反应器内的污泥也逐渐由原来的松散状态变成沉降性能良好的絮状污泥。整个启动阶段需要 3 周左右。接下来就是颗粒污泥出现期,在这阶段污泥开

始颗粒化,在反应器的底部及周边就可以看见细小的颗粒污泥。从启动阶段结束到颗粒污泥出现要大约一个半月。最后就是颗粒污泥培养期,在此阶段,反应器的容积负荷率逐步提高。

UASB 反应器启动阶段结束后,进入第二阶段即 UASB 处理罗汉果加工废液经常性运行管理阶段。我们把 90 L 的罗汉果加工废液通入 UASB 反应器,在 UASB 反应器的运行中,从产气的第 1 天开始直到试验结束,观察了产气量情况,并对产气量变化大时的产气情况作了记录。

2.7 气体的鉴定

2.7.1 气体测定的仪器及操作条件

GC-16A 气相色谱仪;活性炭柱;载气 N₂;甲烷标样;热导检测器(TCD);检测器温度 110 ℃;柱温 60 ℃;气化温度 100 ℃。

2.7.2 气体测定情况

根据气相色谱原理,在固定相和操作条件固定不变的情况下,每一种物质都有确定的调整保留值,本实验采用保留时间作为定性测定的标准。分别对标样甲烷气体和厌氧发酵后收集的气体进行检测,进样体积为 2 mL,最后发现两者的保留时间几乎相同,由此可见收集到的气体中含有甲烷气体。反应器内甲烷的总量按式(3)计算。

$$\text{甲烷含量} = \frac{\text{样品检测的峰面积值}}{\text{标样检测的峰面积值}} \times 100\% \quad (3)$$

同时根据甲烷可以燃烧的特点对所收集到的气体点燃,点燃时看见蓝色的火焰,而且在气体产量大时还可以作为燃气灶的燃料气体。通过仪器测定和一般的方法检测可以确定收集的气体中含有甲烷气体。由此可见,经 UASB 工艺处理后的罗汉果废液可产生可燃性气体甲烷。

3 处理效果分析与讨论

3.1 处理前后 COD 变化分析

罗汉果废液经过 UASB 工艺处理后 COD 由 22 400 mg/L 左右降低至 10 080 mg/L, COD 的去除率为 55%。可见罗汉果废液经过 UASB 厌氧工艺处理后去掉了部分有机污染物,减轻了废液对环境的污染,具有一定的环境及经济效益。

3.2 气体产量的记录

在 UASB 处理罗汉果废液的运行中,大概需要 16 d 左右,在这阶段中产气量开始逐渐增大。前 7 d 气体量几乎不发生变化,都保持在 0.1 L 左右。从第 7 天开始,气体产量由 0.1 L 增到 0.6 L。产气量是通过

排水装置里排出水的体积来反映的。表 1 显示了第 7 天到第 12 天产气量的排水情况。

表 1 气体产气情况

时间	第 7 天	第 8 天	第 9 天	第 10 天	第 11 天	第 12 天
气体量/L	0.6	1.1	1.3	4.6	4.5	4.3

从表 1 可以看到,产气量增量最大的是第 9 天到第 10 天,由 1.3 L 达到了 4.6 L,增了 3.3 L。

3.3 气体分析

样品气体的气相色谱如图 2 所示。

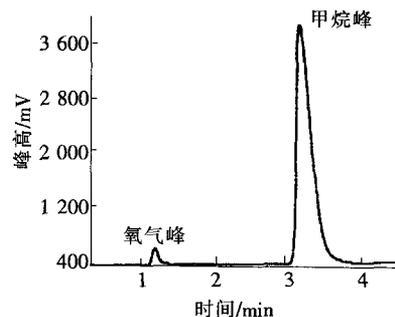


图 2 样品气体的气相色谱

图 2 上有两个峰,第一个峰的保留时间为 1.402 min,第二个峰的保留时间为 3.128 min,而标样氧气和甲烷气在同样的条件下的保留时间分别为 1.400、3.130 min,由此可见样品和标样的保留时间差不多相同。样品中存在氧气峰,可能是在收集的过程中没有完全赶走空气或在进样的时候管道残留的空气^[7]。

实验测得甲烷峰面积为 3 336 mV·min,校样值为 6 147 mV/min。

在操作条件不变的情况下,检测信号(峰高或峰面积)与进入检测器组分的质量或浓度成正比。采用外标法,根据标样与样品所测的峰面积值结果,算出甲烷的含量为 54.27%。

3.4 温度及 pH 影响

温度和 pH 是厌氧处理废液较关键的两种影响因素。在厌氧处理过程中,产酸菌和水解菌种对温度和 pH 有较大的适应性,但是产甲烷菌对温度及 pH 却比较敏感。实验严格控制在中温(30~35 ℃)及 pH 为 6.5~7.8 的条件下进行。经实验观察,温度升高时,产气量增大,同时甲烷气体含量也相应增大。每天定时检测废液的 pH,一般呈酸性,即容易酸化,一旦酸化后,颗粒化的污泥开始变得松散,气体产量减少,而且甲烷的气体含量也大幅度减少,这与文献[8]报道相一致。为了避免酸化对 UASB 处理工艺造

(下转第 67 页)

泥膨胀现象,后来将磷酸二氢钾改为营养成分丰富的复合营养素,污水负荷及生物池运行很快恢复了正常。

3.3 运行效果

该工程于2006年10月建成,投入运行近1a,出水水质稳定且达到了设计要求。2007年5—6月水质检测结果见表2。

表2 2007年5—6月各阶段出水水质测定平均结果

项目	COD _{Cr} / (mg·L ⁻¹)	苯酚/ (mg·L ⁻¹)	甲醛/ (mg·L ⁻¹)	pH
缩合/精馏	9 300	534	1 620	2.7
CASS 第一池	562	45.2	20.5	7.3
CASS 第二池	203	12.6	6.9	7.4
悬浮/接触生物氧化池	91.8	0.53	0.94	7.0
总出水口	89.6	0.48	0.91	7.0

4 技术经济指标

该工程总投资32万元,其中设备投资22万元,工程占地100m²。运行费用为65.5元/m³,其中蒸汽及药剂费29.6元/m³,电费13.6元/m³,人工费8.9元/m³,设备折旧费13.4元/m³。由于废水有机物浓度特高、水量小且含有毒有害物,因此其运行费用较高。

5 结论

(1)近1a的运行实践表明,采用缩合/精馏—CASS—悬浮/接触生物氧化工艺处理高浓度酚醛

废水效果良好,COD、苯酚、甲醛去除率都达到了99.9%以上,处理出水达到了《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中的一级标准。

(2)缩合/精馏工艺承担着整个系统90%以上污染物的去除,是后续生化系统稳定运行的保障。缩合过程正常稳定运行的关键是控制好酸的投加量和加入一定量固化剂。

(3)高浓度工业有机废水生物处理系统运行中,应根据废水的水质特点合理添加微生物生长的营养元素,而非简单地补充氮、磷营养,生化系统才能维持良好的运行。

[参考文献]

- [1] 官宝红,徐根良,曾爱斌,等.治理酚醛树脂生产废水的试验[J].环境污染与防治,2001,23(4):176-179.
- [2] 姚琳,于萍,罗运柏,等.酚醛废水预处理工艺优化的试验研究[J].工业水处理,2002,22(12):21-24.
- [3] 吴慧英,周万龙,黄晟,等.高浓度含酚含醛废水预处理工艺研究[J].给水排水,2005,31(12):56-59.

[作者简介] 吴慧英(1967—),1995年毕业于湖南大学环境工程学院,硕士,副教授,主要从事水处理方面的教学与科研工作。电话:13187061899,E-mail:wuhuiying03@126.com。

[收稿日期] 2008-09-05(修改稿)

(上接第64页)

成影响,当pH在6.5以下,用石灰水调节,使pH确保在6.5~7.8范围内。

4 结论

以上实验表明,用UASB工艺处理罗汉果废液可产生可燃性气体甲烷,同时废液中的COD得到大幅度的降低。因此,采用UASB工艺处理罗汉果废液,不仅可收集到可燃性气体甲烷,还可以降低废液中的COD,进一步处理可使其达到排放标准,保护环境。我们把此处理工艺投入生产中,不仅能带来经济效益,又能带来环境效益。

[参考文献]

- [1] 竹本常松,中岛正,李瑞棠.罗汉果的新甜味物质成分[J].广西植物,1981,1(4):34.
- [2] 徐位坤,孟丽珊,李仲瑶.罗汉果中甘露醇的分离与鉴定[J].广西植物,1990,10(3):254-255.

- [3] 陈全斌,苏小建,沈钟苏.罗汉果叶黄酮抗氧化能力研究[J].食品研究与开发,2006,27(10):189-191.
- [4] 陈全斌,杨建香,程忠泉,等.罗汉果叶黄酮甙的分离与结构鉴定[J].广西科学,2006,13(1):35-36.
- [5] 陈全斌,程忠泉,义祥辉,等.罗汉果种仁油脂的提取及其性质研究[J].粮油食品科技,2004,12(2):25-27.
- [6] 张忠祥,钱易.废水生物处理新技术[M].北京:清华大学出版社,2004:401.
- [7] 曾泳准,林树昌.分析化学(仪器分析部分)[M].2版.北京:高等教育出版社,2004:364-398.
- [8] 李耀.UASB系统中pH与污泥浓度控制的探讨[J].云南环境科学,2006,25(增刊):51-52.

[作者简介] 李玉英(1983—),广西师范大学化学化工学院2006级研究生,主要从事工业废水处理研究。E-mail:liyuyu2005@163.com。

[收稿日期] 2008-09-29(修改稿)