

淀粉酶促进剩余污泥热水解的研究

陈小粉¹, 李小明^{1,2*}, 杨麒¹, 罗琨¹, 谢冰心¹ (1. 湖南大学环境科学与工程学院, 环境生物与控制教育部重点实验室, 湖南长沙 410082; 2. 广西大学环境学院, 广西南宁 530004)

摘要: 考察了微好氧条件下, 外加淀粉酶对污水处理剩余污泥热水解的影响, 以及水解过程中污泥上清液各成分的变化情况, 并对酶水解过程的动力学进行了分析。结果表明, 淀粉酶的加入对剩余污泥的热水解有促进作用。在最适温度 50℃, 酶投加量 0.5g/L 条件下, 水解 4h 后, 污泥中 SCOD/TCOD 达到 30.98%, 比未加酶时高 7.68%。在淀粉酶催化作用和热水解的共同作用下, 污泥固体溶解, 大分子碳水化合物被水解成小分子糖类, 固相蛋白质溶出, 并进一步水解。污泥水解过程中, 上清液糖、蛋白质浓度均呈现先增加后降低趋势。加酶后污泥上清液中糖、蛋白质浓度分别于 4h、6h 达到最大值 271.43mg/L 和 1437.37mg/L。污泥水解反应前 4h 内, VSS 溶解率和 SCOD/TCOD 增加迅速, 符合一级反应动力学, 4h 后反应趋于平衡。4h 时 VSS 溶解率达到 22.01%。

关键词: 剩余污泥; 淀粉酶; 热水解; 微好氧; 一级反应

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2011)03-0396-06

Promoting thermal hydrolysis of excess sludge with external amylase. CHEN Xiao-fen¹, LI Xiao-ming^{1,2*}, YANG Qi¹, LUO Kun¹, XIE Bing-xin¹ (1. Key Laboratory of Environmental Biology and Pollution Control, College of Environmental Science and Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China; 2. College of Environment, Guangxi University, Nanning 530004, China). *China Environmental Science*, 2011, 31(3): 396~401

Abstract: The effects of α -amylase on excess sludge thermal hydrolysis under aerobic conditions were investigated. It was found that sludge hydrolysis efficiency could be enhanced by amylase. When treated at the dosage of 0.5g/L of amylase, SCOD/TCOD in sludge could reach 30.98% under the optimal temperature 50℃, which was 7.68% higher than the control experiment. As a result of the interaction of amylase and thermal hydrolysis, sludge solids dissolved first and subsequently macromolecular carbohydrate was hydrolyzed into small-molecular sugar, and the protein in solid-phase released and further was hydrolyzed. The concentrations of both sugar and protein in supernatant showed an increase in the initial stage and then decrease later. After the addition of amylase, the highest concentration of sugar in supernatant could reach 271.43mg/L at 4h, while the protein reach 1437.37mg/L at 6h under 50℃ respectively. Furthermore, VSS dissolution rate and SCOD/TCOD were proved to be consistent with first-order reaction dynamic within prior 4h at 50℃ and reached balance after 4h, at which the VSS dissolution rate reached 22.01%.

Key words: excess sludge; amylase; thermal hydrolysis; micro-aerobic; first-order reaction

活性污泥法是目前应用最广泛的污水处理技术, 其剩余污泥量约占总处理污水量的 0.3%~0.5% (按含水率 97% 计), 如进行深度处理, 污泥量还可能增加 0.5~1.0 倍^[1]。大量的剩余污泥如果不经处理, 不仅会对环境造成二次污染, 更造成了资源的浪费。传统的污泥处理工艺好氧消化时间长, 动力消耗大; 其中水解是污泥厌氧消化的限速步骤, 剩余污泥的可降解性差又是制约其厌氧消化的瓶颈问题^[2]。相对于物理法 (热处理、超声波等)、化学法 (臭氧氧化、碱处理等) 和生物法^[3~7],

外加水解酶 (如淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶等) 的污泥处理方法, 不但可以缩短污泥水解时间, 改善污泥性能, 有利于污泥的后续处理, 且对环境无二次污染^[8]。Kim 等^[9]在厌氧条件下, 外加酶水解餐厨垃圾, 取得了良好的减量效果。Yang 等^[10]实验研究表明, 外加酶可以强化污泥的厌氧水解, 4h 内

收稿日期: 2010-07-29

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCENT-0770); 国际科技合作重点项目 (2004DFA06200)

* 责任作者, 教授, xmli@hnu.cn

水解可趋于平衡.然而污泥厌氧水解反应条件不易控制,易产生 H_2S 等有害气体.

相对于厌氧水解,微好氧条件则操作简单,反应后污泥没有臭味.有氧条件下,外加酶可以促进污泥的水解,污泥中嗜热菌可以通过隐性生长实现污泥减量化.本研究在微好氧条件下,通过向污泥中投加工业级淀粉酶,考察了淀粉酶对污泥热水解的影响,以及污泥水解过程中各指标的变化情况,为污泥酶处理技术提供参考和依据.

1 材料与方法

1.1 污泥性质

实验所用剩余污泥取自长沙市第二污水处理厂二沉池污泥.污泥先经过 30min 沉淀,弃去上清液,再经 $1\times 1\text{mm}$ 的筛网过滤去除杂质后,于 4°C 冰箱中保存备用. pH 值 6.7~7.1,总化学需氧量(TCOD)8341~8898mg/L,可溶性化学需氧量(SCOD)52~268mg/L, TSS 9.93~10.75g/L, VSS 6.67~7.35g/L,蛋白质浓度 0~70mg/L,总糖浓度 0~19.28mg/L.

1.2 实验所用酶

本实验选用的工业级 α -淀粉酶是由上海杰辉生物科技有限公司提供.酶活力 6000U/g,最适 pH 值为 5.5~7.5,最适温度 $50\sim 60^\circ\text{C}$.

1.3 实验方法

确定酶最佳投加量实验:取 100mL 污泥加入到 250mL 锥形瓶中,将不同量淀粉酶(0,0.25,0.50,1.00,1.50g 酶/L)分别加入污泥中,同时设空白对照组,分别于 $40,50,60^\circ\text{C}$ 恒温水浴振荡器中反应,4h 后平行取样分析.

污泥水解过程分析实验:取 400mL 污泥加入到 500mL 锥形瓶中,控制淀粉酶投加量 0.5g/L(以污泥体积计),分别置于 $50,60^\circ\text{C}$ 恒温水浴振荡器中反应,同时设空白对照,定时平行取样分析.

动力学实验:取 400mL 污泥加入到 500mL 锥形瓶中,控制淀粉酶投加量 0.5g/L,反应温度为 50°C ,定时平行取样分析.

微好氧条件的控制:将反应器锥形瓶置于恒温水浴振荡器中,调节反应所需的温度及转速,保证污泥液能够完全混合而不沉降.氧的供给是靠

污泥液振荡混合时的自然溶氧,即该反应为被动供氧方式.

1.4 分析项目和方法

TSS、VSS 采用重量法测定;COD 采用微波密封消解,重铬酸钾法测定,其中 SCOD 为离心机(转速为 10000r/min)离心 10min 后上清液的化学需氧量,TCOD 为污泥悬浮液的总化学需氧量;上清液中的还原糖采用苯酚-硫酸法进行测定,以葡萄糖为标准物^[11];上清液中的蛋白质采用 Folin-酚法测定,以酪蛋白为标准物^[12].COD 和蛋白质的实际浓度分别为测定值减去外加淀粉酶所增加的值(淀粉酶投加量为 1.0g/L 时,COD 和蛋白质的增加值分别为 500mg/L 和 140mg/L).

2 结果与讨论

2.1 淀粉酶投加量对污泥水解的效果

在酶的作用下,随着污泥的水解,污泥中的固相有机物,如碳水化合物、蛋白质和脂肪等逐渐释放,由固相转移至液相,使污泥中 SCOD 浓度升高.

分别于 $40,50,60^\circ\text{C}$ 下向污泥中投加不同量的淀粉酶,投加量分别为 0,0.25,0.50,1.00,1.50g/L,反应 4h 后,污泥中的 SCOD/TCOD 随酶投加量的变化如图 1 所示.由图 1 可知,3 种温度条件下,反应后污泥中 SCOD/TCOD 均随酶投加量的增加而升高.然而当酶投加量超过 0.5g/L 时,SCOD/TCOD 变化不明显,这可以用酶的反应动力学来解释.酶浓度较小时,底物浓度远高于酶浓度,此时酶浓度与反应速度成正比,表现为一级反应;然而随着酶浓度的继续增加,反应速度逐渐减缓,此时为混合级反应;当酶浓度增加到一定值时,底物浓度对反应速度影响逐渐变小,最后反应速度几乎与底物浓度无关,表现为零级反应.因此考虑到污泥处理的经济性,本研究确定酶的最佳投加量为每 L 污泥中投加 0.5g 淀粉酶.

由图 1 还可以看出,水解反应后污泥的 SCOD/TCOD 随温度的升高而增加.酶投加量相同的情况下, 40°C 时污泥的 SCOD/TCOD 明显低于 $50,60^\circ\text{C}$.一方面是由于该淀粉酶的最适活性温度为 $50\sim 60^\circ\text{C}$,在 40°C 下,酶的活性没有得到充分表现.另一方面,在有氧条件下,污泥中的兼氧性嗜热菌

会以液相中的有机质为碳源,进行生长繁殖,从而使溶解性有机物返回至固相。40℃时污泥中的活性微生物较 50、60℃时多,后者的影响也就较明显。在酶最佳投量 0.5g/L 下,反应 4h 后,60℃和 50℃污泥中 SCOD/TCOD 分别为 33.83%和 27.71%。根据修正后的 Arrhenius 公式: $\gamma(T)=\gamma(20^{\circ}\text{C})\cdot\theta(T-20)$ 可知,反应速率随着温度的提高而加快,在最适温度范围内,温度每升高 10℃,酶促反应速度可相应提高 1~2 倍^[13]。然而该反应中 60℃时比 50℃时仅提高了 6.12%。这可能是由于该反应系统为开放系统,液相中的有机物在高温下挥发至气相,使污泥的 SCOD 减小。在 60℃下,有机物的挥发量比 50℃下要高,从而使 60℃时 SCOD 减小得更多。此外,本研究的污泥水解反应是在有氧条件下进行的,从而抑制了厌氧条件下硫酸盐的还原过程,避免了 H₂S 恶臭气体的产生。

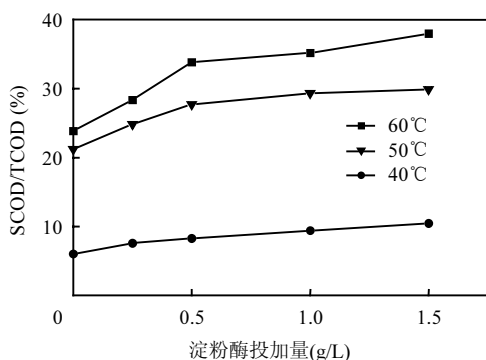


图1 不同温度下污泥中 SCOD/TCOD 随淀粉酶投加量的变化

Fig.1 SCOD/TCOD of sludge with dosage of enzyme under different temperature

2.2 淀粉酶投加对污泥水解作用的过程分析

2.2.1 污泥水解过程中 SCOD/TCOD 的变化 图2 为温度 50、60℃时,淀粉酶投加量固定为 0.5g/L,污泥酶水解实验中污泥 SCOD/TCOD 随时间的变化。加酶后污泥的 SCOD/TCOD 比不加酶时均有一定增加。污泥水解反应前 4h,50、60℃加酶和 50℃空白实验中,污泥的 SCOD/TCOD 均随反应时间的增加而升高,4h 后 50℃时曲线趋于平缓,60℃加酶曲线则开始下降;60℃空白实验中污泥的 SCOD/TCOD 在 3h 达到最大值 27.8%,之后

迅速下降。

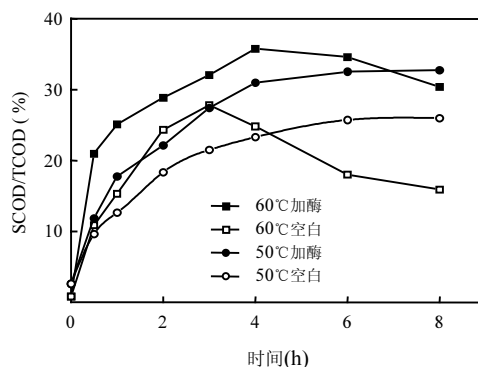


图2 不同条件下污泥中 SCOD/TCOD 随时间的变化

Fig.2 SCOD/TCOD of sludge with time under different conditions

污泥中 SCOD 的降低有以下原因:污泥加热溶解过程中少量挥发性有机物及氨等还原性气体挥发并进入气相;部分有机碳化合物水解成 CO₂ 而进入气相;有氧条件使更多的兼性嗜热菌利用溶解的有机质为碳源进行生长繁殖,导致部分含碳物质又返回固相。随着淀粉酶活性的降低,固相有机物的溶解速度减缓,此时大分子有机物水解成小分子,在 60℃高温下,更有利于其挥发,从而使溶液中 SCOD 降低。而 60℃空白实验中 SCOD/TCOD 于 3h 开始迅速下降,对比 50℃空白和 60℃加酶实验,可以看出挥发损失是 60℃时 SCOD 降低的主要原因。此外,污泥水解过程中,随着反应时间的延长,污泥上清液颜色逐渐变深,且 60℃时颜色比 50℃时颜色深,过滤性也变差,这可能是由于高温产生梅拉德反应(Maillard Reaction)所致。梅拉德反应又称棕色反应^[14],是氨基化合物和羰基化合物之间的缩合反应,所生成的系列复杂产物为类黑色素和腐殖酸,且温度越高反应越剧烈。在好氧和厌氧系统中,这类物质都难以被生化降解^[15]。综合考虑实验结果和实际应用的经济性、高效性,该淀粉酶的最适宜温度为 50℃,反应时间为 4h。

由图 2 可以看出,50℃反应 4h 后,污泥的 SCOD/TCOD 达到 30.98%,高于厌氧条件下投加淀粉酶(60mg/g)后的 22.3%^[16]。这是因为有氧条

件下,污泥中的部分活性嗜热菌可分泌胞外酶促进污泥固体的溶解。

2.2.2 污泥水解过程中糖浓度的变化 污泥可以看作是由许多不同的微生物包埋在聚合物组成的网络中形成的,这些聚合物就是胞外多聚物(EPS),其主要组成物是蛋白质和碳水化合物^[17]。在酶催化作用下,污泥固体溶解的同时有机质不断被水解:蛋白质水解生成多肽、二肽、氨基酸,氨基酸进一步通过脱氨作用水解成低分子有机酸、氨及二氧化碳;碳水化合物水解为小分子的多糖甚至单糖^[18]。

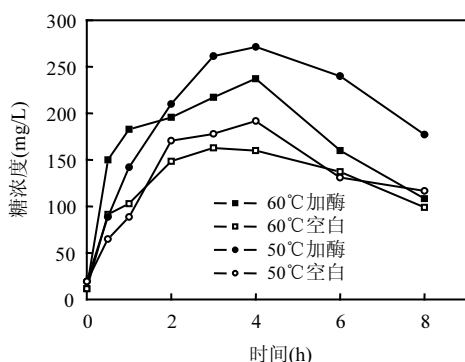


图3 不同条件下污泥中糖浓度随时间的变化

Fig.3 Concentration of sugar with time under different conditions

图3为50,60℃时,污泥水解8h内上清液中糖浓度的变化情况。由图3可知,加酶和不加酶实验中,糖浓度均呈现先升高后降低。60℃加酶实验中,糖浓度在0.5h内迅速由原污泥的11.42mg/L增加至150mg/L,在4h时达到最大值237.14mg/L;空白实验在3h达到最大值162.85mg/L。50℃时,加酶后的污泥上清液中糖浓度在4h内逐渐增加,且在2h后开始高于60℃时,最后在4h达到最大值271.43mg/L,比其空白实验高41.62%。污泥中的碳水化合物在淀粉酶催化和热水解的共同作用下不断水解成小分子多糖甚至单糖,部分被分解成CO₂挥发至气相,所以污泥溶液中糖浓度在酶催化作用下先增加;随着酶催化活性的降低,糖的生成速率低于其分解和挥发速率,而使糖浓度降低。而60℃加酶组的污

泥上清液中糖的浓度低于50℃,可能是由于60℃时小分子的单糖或多糖更容易被分解成CO₂和H₂O挥发至气相,同时60℃时小分子的单糖或多糖的挥发损失量也高于50℃时。

2.2.3 污泥水解过程中蛋白质浓度的变化 污泥中的氮主要以蛋白质形式存在,其水解程度的高低会影响后续厌氧消化的性能和污泥的脱水性能^[19]。不同条件下污泥水解过程中蛋白质浓度的变化情况如图4所示。由图4可知,污泥水解过程中蛋白质浓度均先逐渐增加后逐渐降低。50,60℃时,加酶后污泥上清液中蛋白质浓度于6h、4h分别增至1437.37mg/L和1368.54mg/L,比空白分别高26.5%和40.25%;之后蛋白质浓度开始降低,8h时蛋白质浓度分别降至1247.17mg/L和1035mg/L。污泥水解过程中蛋白质存在溶出-水解过程:在淀粉酶的催化作用和热水解的共同作用下,污泥固体溶解,其中不溶性大分子蛋白质水解成溶解性的小分子,而使污泥上清液中蛋白质浓度增加。同时污泥中含有的嗜热菌也会分泌胞外酶(淀粉酶和蛋白酶等),促使蛋白质水解生成多肽、二肽、氨基酸,氨基酸进一步通过脱氨作用水解成低分子有机酸、氨及二氧化碳。初期,蛋白质的溶出过程占主导地位,而使蛋白质浓度逐渐增加;之后随着酶活性的降低,污泥溶解速率减缓,蛋白质溶出速率相应降低,而此时蛋白质的水解过程继续,促使液相中蛋白质浓度降低。由此可见,淀粉酶的加入可促进污泥中固相蛋白质的溶出,有利于蛋白质的进一步水解。

2.3 淀粉酶水解污泥动力学

图5反映了50℃时,加入0.5g/L淀粉酶后,污泥中SCOD/TCOD与VSS溶解率在12h内的变化情况。由图5可知,反应的前4h内,SCOD/TCOD和VSS溶解率增加迅速,可以认为是呈直线增加。由于曲线某一点的斜率可以表示该点的反应速率,因此可以认为反应前4h内反应速率不变,反应呈一级反应动力学,这同罗琨等^[16]于厌氧条件下外加酶水解污泥的研究结果相符。随着反应时间的延长,曲线趋于平坦,SCOD/TCOD基本保持在30%左右;VSS溶解率在4h达到22.01%,其后保持在22%~24%的范围内,淀粉酶

促进污泥热水解反应达到平衡.由此看来,前面确定的最适反应时间 4h 是合理的.另外,污泥中 SCOD/TCOD 与 VSS 溶解率的变化趋势相同,而实验过程中 VSS 的测定误差较大,因此可选用 SCOD/TCOD 来反映污泥的水解效果.

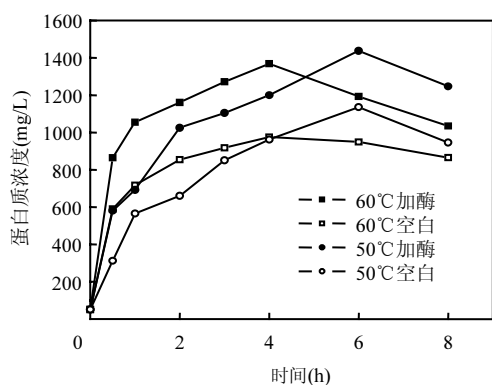


图4 不同温度下污泥中蛋白质浓度随时间的变化

Fig.4 Concentration of protein with time under different conditions

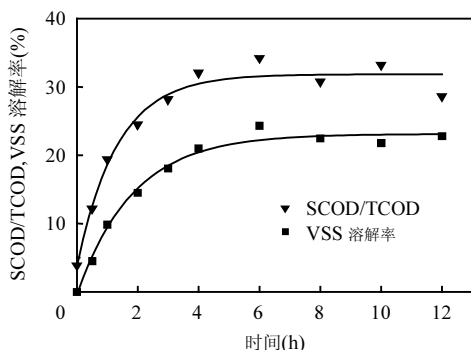


图5 污泥中 SCOD/TCOD 和 VSS 溶解率随时间的变化

Fig.5 SCOD/TCOD and VSS solubilization rate with time

2.4 淀粉酶水解污泥的机理探讨

α -淀粉酶是一种内切酶,该酶专一地从内部切入水解直链淀粉 1,4-糖苷键,并跳过相邻糖苷键,继续切断 1,4 键,直达长链非还原末端剩留 5 个糖苷键时,酶作用即被阻抑。 α -淀粉酶对支链淀粉的直链段同样具有水解活性^[20]。剩余污泥胶团中的 EPS 主要由蛋白质和多糖(主要为淀粉和纤维素)组成。在其适宜温度下, α -淀粉酶可将其中的淀粉及其他含有 1,4 糖苷键的碳水化合物水解,

破坏污泥胶团的网络结构,从而达到破解污泥的效果.在此过程中,污泥中的固体有机物液化,脂肪、碳水化合物和蛋白质也进一步水解。

然而淀粉酶只能水解含有 1,4 糖苷键的物质,对污泥中的其它有机物作用较差.可同时加入淀粉酶、蛋白酶或其他水解酶类,促进剩余污泥水解. Yang 等^[10]利用复合酶(淀粉酶与蛋白酶)于厌氧条件下强化污泥消化,得到了较好的效果.笔者下一步将进行微好氧条件下复合酶对污泥热水解的影响研究。

相对于传统的污泥消化,外加淀粉酶水解污泥技术显著缩短了污泥水解时间,污泥中糖、蛋白质的溶出有利于污泥的后续处理.但是,目前情况下,外加酶技术成本为 10 元/ m^3 (酶最佳投加量 0.5g/L,工业淀粉酶市场价 20 元/kg),高于热碱、臭氧氧化等其他处理方法.但酶作为一种催化剂可以重复利用,采用现代酶固定化技术,从而提高酶的利用率,降低成本。

3 结论

3.1 在微好氧条件下,向污泥中外加淀粉酶可以促进污泥的热水解.最适宜温度 50℃,最佳投加量 0.5g/L 下反应 4h 后,污泥中 SCOD/TCOD 达到 30.98%,比未加酶时高 7.68%。

3.2 在淀粉酶催化作用和热水解的共同作用下,污泥固体溶解,大分子碳水化合物被水解成小分子糖类,固相蛋白质溶出,并进一步水解.污泥水解过程中,上清液中糖、蛋白质浓度都是先增加后降低.加酶后污泥上清液中糖浓度于 4h 达到最大值 271.43mg/L,蛋白质浓度于 6h 达到最大值 1437.37mg/L。

3.3 污泥水解反应前 4h 内,VSS 溶解率和 SCOD/TCOD 增加迅速,符合一级反应动力学,4h 后反应趋于平衡.4h 时 VSS 溶解率达到 22.01%。

参考文献:

- [1] 孙玉焕,杨志海.我国城市污水污泥的产生及研究概况 [J]. 广西轻工业, 2007,4(4):72-74.
- [2] Eastman J A, Ferguson J F. Solubilization of particulate organic carbon during the acid phase of anaerobic digestion [J]. J. Water Pollut Control Fed, 1981,53(3):352-366.

- [3] Yan Y Y, Feng L Y, Zhang C J, et al. Ultrasonic enhancement of waste activated sludge hydrolysis and volatile fatty acids accumulation at pH 10.0 [J]. *Water Research*, 2010,44,(11): 3329-3336.
- [4] 李洋洋,金宜英,李 欢,等.碱热联合破解污泥效果及动力学研究 [J]. *中国环境科学*, 2010,30(9):1230-1234.
- [5] Czechowski F, Marcinkowski K. Sewage sludge stabilisation with calcium hydroxide: Effect on physicochemical properties and molecular composition [J]. *Water Research*, 2006,40:1895-1905.
- [6] 王治军,王 伟.剩余污泥的热水解试验 [J]. *中国环境科学*, 2005,25(Suppl.):56-60.
- [7] 史彦伟,李小明,赵维纳,等.微曝气条件下 S-TE 剩余污泥溶解性研究 [J]. *环境科学*, 2008,9(1):139-144.
- [8] Wawrzynczyk J, Recktenwald M, Norrlof O, et al. The function of cation-binding agents in the enzymatic treatment of municipal sludge [J]. *Water Research*, 2008,42(6/7):1555-1562.
- [9] Kim H J, Kim S H, Choi Y G, et al. Effect of enzymatic pretreatment on acid fermentation of food waste [J]. *J. Chem. Technol. Biotech.* 2006,81(6):974-980.
- [10] Yang Q, Luo K, Li X M, et al. Enhanced efficiency of biological excess sludge hydrolysis under anaerobic digestion by additional enzymes [J]. *Bioresource Technology*, 2010,101:2924-293.
- [11] 任南琪,王爱杰,马 放.产酸发酵微生物生理生态学 [M]. 北京:科学出版社, 2005:301-306.
- [12] 韦平和.生物化学实验与指导 [M]. 南京:中国药科大学出版社, 2003:14-15.
- [13] 朱文涛.物理化学(下) [M]. 北京:清华大学出版社, 1995.
- [14] Martins S I F S, Jongen W M F, Van Boekel M A J S. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modeling [J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2001,11(9-10):364-373.
- [15] Elbing G, Dunnebeil A. Thermischer zellaufschlu (mit anschlie-ender faulung-laboruntersuchnnngen (thermal disintegration with subsequent digestion lab-scale investigation) [J]. *Korre-spondenz Abwasser*, 1999,46(2):538-547.
- [16] 罗 琨,杨 麒,李小明,等.外加酶强化剩余污泥水解的研究 [J]. *环境科学*, 2010,31(3):763-767.
- [17] Goel R, Mino T, Satoh H, et al. Enzyme activities under anaerobic and aerobic conditions in activated sludge sequencing batch reactor [J]. *Water Research*, 1998,32(7):2081-2088.
- [18] Shanableh A, Jomaa S. Production and transformation of volatile fatty acids from sludge subjected to hydrothermal treatment [J]. *Water Sci. Technol.*, 2001,44(10):129-135.
- [19] Zhou J P, Mavinic D S, Kelly H G, et al. Effects of temperatures and extracellular proteins on dewaterability of the thermophilically digested biosolids [J]. *J. Environ. Eng. Sci.*, 2002, 1(6):409-415.
- [20] 王绍文,罗志腾,钱 雷.高浓度有机废水处理技术与工程应用 [M]. 北京:冶金工业出版社, 2003:57-59.

作者简介: 陈小粉(1986-),女,山东菏泽人,硕士研究生,主要研究方向为污泥处理及资源化技术.发表论文 1 篇.

韩国强力推进温室气体减排

韩国决定从 2011 年开始,正式推进温室气体减排政策实施。

韩国环境部近日在青瓦台(总统府)迎宾馆在给李明博总统的 2011 年业务计划报告中,提出了为实现国家温室气体减排中期“2020 年排放展望值对比削减 30%”的目标,将施行有效的温室气体减排政策。

韩国环境部表示,将通过引入绿卡制度,利用已有的碳点制度(节约自来水、电、燃气)和公共交通工具,购买绿色产品等方式,实行各种各样有关绿色生活实践的综合奖励机制计划。

为削减交通领域二氧化碳排放,韩国在 2020 年之前将推广电动汽车 100 万辆,实行低碳汽车制(温室气体排放放在 100g/km 以下),执行强有力的激励机制。

此外,政府还将推进水质、水生态系统中心支流(2020 年之前为 47 条支流)环境对策的实施.首先将在 2012 年之前改善和治理污染严重的 8 条支流,到 2020 年,47 条支流将全部得到改善和治理。

为提高国民生活质量,强化实施生活共感型环境政策必不可少.对于影响城市生活环境四大要素的噪声、室内空气质量、人工照明、恶臭,要进行特别管理,为低收入阶层提供环保健康服务和生态旅游体验凭单以及无偿提供旧家具等,扩大更平民化的环境政策的实施。

摘自《中国环境报》

2011-02-15