

XỬ LÝ NƯỚC THẢI CÓ NỒNG ĐỘ CHẤT HỮU CƠ CAO TRONG ĐIỀU KIỆN HIẾU KHÍ ỨA NHIỆT

HIGH STRENGTH ORGANIC MATTER WASTEWATER TREATMENT AT AEROBIC THERMOPHILIC CONDITION

TRẦN MINH THẢO

Trường Cao đẳng Công nghệ, Đại học Đà Nẵng

ĐOÀN THANH PHƯƠNG

Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng

TÓM TẮT

Sự thay đổi của các nhóm vi khuẩn, về số lượng và chủng loại, theo nhiệt độ được nghiên cứu song song với các điều kiện hóa lý trong quá trình vận hành thiết bị SBR (Sequencing Batch Reactor) ở quy mô phòng thí nghiệm xử lý nước thải từ nhà máy sản xuất rượu ở 3 điều kiện: 27°C (Điều kiện môi trường), 40°C (Điều kiện ưa ấm), và 55°C (Điều kiện ưa nhiệt), từ đó đưa ra điều kiện tối ưu để xử lý nước thải có nồng độ hữu cơ cao. Sự thay đổi và mối tương quan của các nhóm vi sinh vật trong thiết bị phản ứng được làm sáng tỏ nhờ áp dụng các kỹ thuật cao như PCR-DGGE (Polymerase Chain Reaction – Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) và FISH (Fluorescence In-Situ Hybridization), từ đó tìm ra mối tương quan giữa các thông số hóa lý với sự thay đổi trong cấu trúc của cộng đồng vi sinh vật.

ABSTRACT

Patterns of bacterial cluster shift in quantity and diversity with temperature are studied in parallel with physico-chemical conditions during operation phase of SBR (Sequencing Batch Reactor) at pilot scale for distillery wastewater treatment at three conditions: 27°C (Environmental condition), 40°C (Mesophilic condition), and 55°C (Thermophilic condition). Then an optimal operation and conditions are given to treat high strength organic matter wastewater. The change and relationship between micro-organism clusters in reactors are elucidated due to high techniques such as PCR-DGGE (Polymerase Chain Reaction – Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) and FISH (Fluorescence In-Situ Hybridization) as well as relationship between physico-chemical parameters and microbial communities' structure shift.

1. Giới thiệu

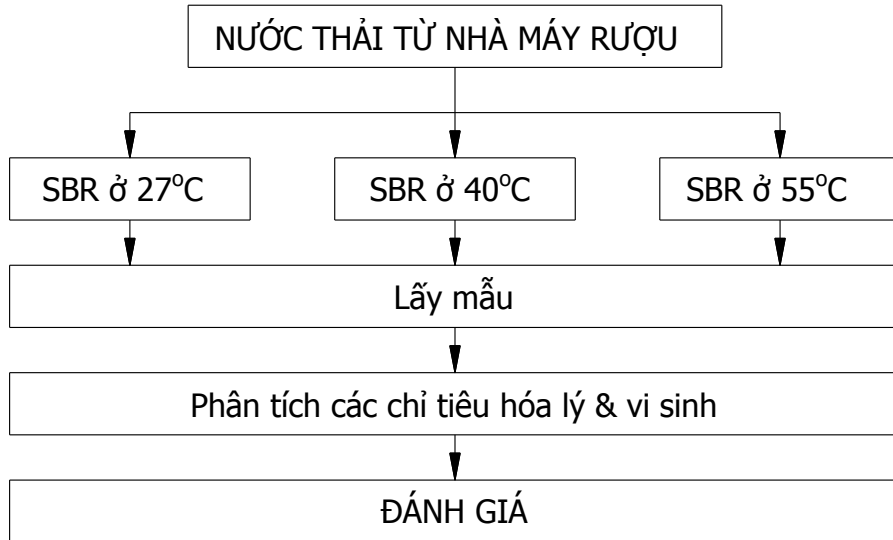
Phương pháp này đặc biệt thích hợp cho các loại nước thải có hàm lượng hữu cơ cao do khả năng phân hủy sinh học cao, bùn tạo ra rất thấp, độ ổn định cao (La Para, 1998). Hơn nữa, trong quá trình phân hủy, do hàm lượng hữu cơ cao nên năng lượng tích lũy cao, khi các chất hữu cơ bị phân hủy, chúng giải phóng nhiều nhiệt năng, giúp giữ cho hệ thống luôn hoạt động ở nhiệt độ cao mà không cần phải gia nhiệt từ bên ngoài, tiết kiệm năng lượng (Ginnivan, 1981). Vì hoạt động ở nhiệt độ cao nên quá trình này sẽ loại nhiều vi sinh vật gây bệnh trong nước thải, giúp quá trình vận hành an toàn, lại không gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người (La Para, 2000).

Bảng 1. Đặc điểm của nước thải

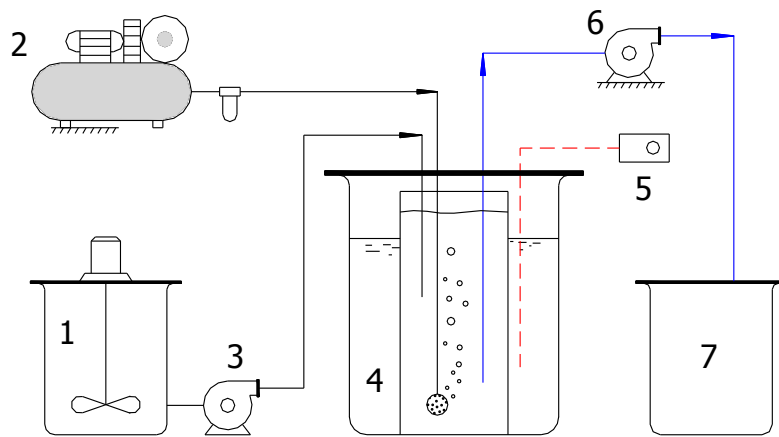
Thông số	Giá trị
COD (mg/L)	11,160±1,100
BOD (mg/L)	4,490±450
TKN (mg/L)	250±25
Tổng P (mg/L)	45
TSS (mg/L)	530±50
pH	4.2-4.8

2. Phương pháp thực hiện

Nước thải được xử lý theo từng mẻ, quá trình phản ứng, lắng, hút nước sau xử lý được thực hiện trong cùng một thiết bị (SBR) (Metcalf and Eddy, 2004). Các thiết bị vận hành ở 27, 40, và 55°C song song và kéo dài trong 3 tháng. Mẫu được lấy định kỳ 2 lần một tháng vào ngày 1-3 và 14-16.



Hình 1. Sơ đồ nghiên cứu



1-Thùng chứa nước thải; 2-Máy nén khí; 3-Bơm cấp; 4-SBR; 5-Thiết bị gia nhiệt;
6-Bơm hút; 7-Thùng chứa nước sau xử lý

Hình 2. Sơ đồ bố trí hệ thống thiết bị SBR

Một chu kỳ vận hành thiết bị SBR diễn ra trong 8h, trong đó:

- ⊕ 5': Nạp nước thải vào thiết bị phản ứng;
- ⊕ 5h30': Cung cấp oxy để phản ứng;
- ⊕ 2h: Lắng trong;
- ⊕ 25': Thời gian rút nước sau xử lý ra;

Bảng 2. Các thông số vận hành hệ thống

Các thông số hoạt động	Giá trị
Chu trình hoạt động (h)	8
Thời gian lưu nước thải (HRT), h	1.67
Thời gian lưu bùn (SRT), ngày	10
Tải lượng OLR ₁ (kg COD/m ³ .d)	9.72
Tải lượng OLR ₂ (kg BOD/m ³ .d)	3.91
pH	7.0-8.5
MLSS (mg/L)	7,000-9,000
DO (mg/L)	2-6
BOD: N: P	100: 5.5: 1
BOD: COD	0.40

Mẫu được đem đi phân tích các chỉ tiêu hóa lý, đồng thời cũng phân tích về cấu trúc vi sinh vật. Kỹ thuật FISH sử dụng 10 đầu dò (*Probe*) dựa trên đoạn gene 16S rRNA Targeted Oligonucleotide.

Bảng 3. Các đầu dò được sử dụng trong nghiên cứu

Đầu dò	Đoạn gene: (5'-3')	Nhóm vi khuẩn đặc trưng
EUB338	GCT GCC TCC CGT AGG AGT	Hầu hết các vi khuẩn
ALF1b	CGT TCG CTC TGA GCC AG	α -proteobacteria
BET42a	GCC TTC CCA CTT CGT TT	β -proteobacteria
GAM42a	GCC TTC CCA CAT CGT TT	γ -proteobacteria
CF319a	TGG TCC GTG TCT CAGTAC	Cytophaga-Flavobacterium gr.
HGC69a	TAT AGT TAC CAC CGC CGT	Nhóm vi khuẩn gram dương có tỷ lệ GC cao (Actinobacteria)
NIT3	CCT GTG CTC CAT GCT CCG	Nitrobacter spp.
NSO1225	CGC CAT TGT ATT ACG TGT GA	Nitrosomonas sp.
NTSPA662	GGA ATT CCG CGC TCC TCT	Genus Nitrospira
LGC353b	GCGGAAGATTCCTACTGC	Nhóm vi khuẩn gram dương có tỷ lệ GC thấp (Bacillus)

3. Kết quả, thảo luận, kết luận

Quá trình phân tích động lực của quá trình sản xuất EPS (Polysaccharide và Protein) trong các điều kiện nhiệt độ khác nhau đã dẫn đến các kết quả: Lượng tổng EPS, tổng EPS protein, EPS protein hòa tan và tổng EPS hòa tan được tiết ra ở 55°C lớn hơn so với ở 40°C và 27°C. Quá trình lắng, tức là tách loại nước-bùn, càng kém khi hàm lượng EPS hòa tan cao, tức là càng khó khăn hơn khi nhiệt độ càng cao. Ở 55°C, tuy khả năng phân hủy sinh học cao, nhưng khả năng tách bùn-nước kém nên chất lượng nước đầu ra kém khi SBR ở điều kiện ưa nhiệt có cùng thời gian lắng với các điều kiện khác. Thành phần protein của EPS luôn lớn hơn thành phần polysaccharide trong mọi điều kiện. Và tỷ lệ protein/polysaccharide trong EPS hòa tan lớn hơn trong EPS bao. Trong nhóm β -Proteobacteria, loài *Alcaligenaceae* được xem là sản xuất ra nhiều EPS nhất.

Từ các phân tích dùng kỹ thuật FISH, cấu trúc của cộng đồng vi khuẩn được làm sáng tỏ như sau: Các loài (proteobacteria) chiếm đa số trong các mẫu phân tích, trong đó, β -Proteobacteria chiếm đa số ở 55°C, α -Proteobacteria (đại diện bởi các nhóm vi khuẩn gram

ương có hàm lượng GC cao), vi khuẩn gram dương có hàm lượng GC thấp, *Nitrospira* chiếm ưu thế ở 40°C, γ -*Proteobacteria* (đại diện bởi nhóm *Cytophaga-Flavobacteria*) chiếm ưu thế ở 27°C. Tuy nhiên, tổng số lượng vi khuẩn ở 55°C ít hơn so với 2 điều kiện còn lại. Các kết quả phân tích hóa lý cho thấy α -, β -, γ -*Proteobacteria* trong mọi điều kiện đều phát triển tốt hơn với sự cân bằng dinh dưỡng (BOD:N:P = 100:5:1). Qua sự biến thiên của BOD và các vi sinh vật, sự phát triển của các nhóm α -, β -, γ -*Proteobacteria*, vi khuẩn gram dương có hàm lượng GC thấp tỷ lệ với hàm lượng BOD, điều này chứng tỏ các nhóm này đóng vai trò chính trong quá trình làm giảm BOD của nước thải. Tương tự, nhóm *Cytophaga-Flavobacteria* đóng vai trò chính trong việc làm giảm COD. Trong điều kiện ưa nhiệt, quan sát trên kính hiển vi cho thấy các vi khuẩn hình sợi chiếm ưu thế, điều này có thể giải thích khả năng lắng kém, do các vi khuẩn này xuất hiện nhiều sẽ gây ra hiện tượng *bulking* – gây xộp khối bùn và làm cho khối lượng riêng của bùn thấp đi, khó lắng;

Kết quả phân tích PCR-DGGE cho thấy sự thay đổi rộng về cấu trúc cộng đồng vi sinh vật trong SBR 55°C cho kết quả hiệu quả xử lý BOD và COD thấp. Khi nhiệt độ càng tăng, sự đa dạng vi sinh vật càng giảm, ngoài ra khi nhiệt độ càng cao, sự ổn định trong hoạt động của hệ thống càng diễn ra lâu hơn, nghĩa là cấu trúc vi sinh vật phải mất nhiều thời gian mới ổn định. Tuy nhóm α -*Proteobacteria* không chiếm đa số ở 55°C, nhưng loài *Asaia Siamensis* lại phát triển mạnh trong điều kiện ưa nhiệt.

4. Đề nghị

- Hiểu rõ hơn về cơ chế sản xuất EPS của vi sinh vật, từ đó không chế tốt hơn hàm lượng EPS để tạo nên các hạt đông tụ dễ lắng hơn, đồng thời tránh hiện tượng khó tách nước khỏi bùn;
- Nghiên cứu sâu hơn về các loài vi khuẩn ưa nhiệt như môi trường hóa lý ưa thích, dinh dưỡng, tỷ số BOD:N:P... để nâng cao hiệu suất quá trình trao đổi chất, tăng hiệu quả xử lý các chất hữu cơ trong điều kiện nhiệt độ cao;
- Cây trực tiếp các vi sinh ưa nhiệt vào môi trường xử lý để quá trình nhanh chóng đạt trạng thái ổn định, rút ngắn thời gian xử lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Amann, R., Binder, B. J., Olson, R. J., Crisholm, S. W., Devereux, R., and Stahl, D. A. (1990). Combination of 16S rRNA-targeted oligonucleotide probes with flow cytometry for analysing mixed microbial populations. *Applied Environmental Microbiology*, 56, 1919-1925.
- [2] Beaudet, R., Gagnon, C., Bisailon, J. G., and Ishaque, M. (1990). Microbiological aspects of aerobic thermophilic treatment of swine waste. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56, 971-976.
- [3] Choudary, M. K. (2005). *Landfill Leachate Treatment using a Thermophilic Membrane Bioreactor*. (Master research study No. EV-05-18, Asian Institute of Technology, 2005). Bangkok: Asian Institute of Technology.
- [4] Ginnivan, M. J., Woods, J. L., and O'Callaghan J. R. (1981). Thermophilic aerobic treatment of pig slurry. *J. Agric. Eng. Res.*, 26, 455-466.

- [5] Halgahawaththa H.R.L.W. (2006). *Treatment of distillery using thermophilic aerobic membrane bioreactor to investigate the feasibility of effluent reuse*. (Master research study, Asian Institute of Technology, 2006). Bangkok: Asian Institute of Technology.
- [6] Hoelzel, A. R. (1998). *Molecular Genetic Analysis of Populations: A Practical Approach*. 2nd edition, Oxford University Press, Oxford, England. **ISBN-10:** 0199636354. **ISBN-13:** 978-0-19-963635-8.
- [7] Kumar, S., Tamura, K., and Nei, M. (2004). MEGA3: Integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics*, 5, 150-163.
- [8] Lapara, T. M. and Alleman, J. E. (1998). Thermophilic aerobic biological wastewater treatment. *Water Research*, 33 (4), 895-908.
- [9] Lapara, T. M., Konopka, A., Nakatsu, C. H., and Alleman, J. E. (2000). Thermophilic aerobic wastewater treatment in continuous-flow bioreactors. *Journal of environmental engineering*, 126 (8), 739-744.
- [10] Metcalf and Eddy (2004). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. 4th edition, McGRAW-HILL, New York, USA. ISBN 007-124140-X
- [11] Moter, A. and Göbel, U. B. (2000). Fluorescence in situ hybridization (FISH) for direct visualization of microorganisms. *Microbiological methods*, 41, 85-112.
- [12] Rintala, J. and Lepisto, R. (1993). Thermophilic, anaerobic-aerobic and aerobic treatment of kraft bleaching effluents, *Water Science and Technology*, 28, 11.
- [13] Suvilampi, J. and Rintala, J. (2003). Thermophilic aerobic wastewater treatment, process performance, biomass characteristics, and effluent quality. *Environmental Science and Technology*, 2, 35-51.
- [14] US EPA (1999). *Wastewater Technology Fact Sheet – Sequencing Batch Reactors*. United.States Environmental Protection Agency. Office of Water, Washington D.C, USA. EPA 832-F-99-073.
- [15] http://www.epa.gov/owm/mtb/sbr_new.pdf
- [16] Wingender, J., Neu, T. R., and Flemming, H. C. (1999). *Microbial Extracellular Polymeric Substances (1-11)*. Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.