

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC RỈ RÁC BẰNG BỂ VÁCH NGĂN KỶ KHÍ A STUDY OF LEACHATE TREATMENT BY ANAEROBIC BAFFLED REACTOR (ABR)

Nguyễn Văn Sức, Nguyễn Duy Đạt
ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sự hoạt động của bể kỵ khí vách ngăn (ABR) để xử lý nước rỉ rác ở quy mô phòng thí nghiệm. Kết quả cho thấy hoạt động của bể ABR có thể chịu được sốc do tải trọng COD. Các hằng số sinh học được xác định như hằng số phân hủy hô hấp nội bào k_d và hệ số hiệu suất tế bào Y . Phân tích cấu tử chính (PCA) bằng phần mềm SYSTAT 13 cho thấy mối tương quan chặt chẽ giữa các biến số pH, độ kiềm, COD và VSS trong hoạt động của bể ABR

Từ khóa: Bể kỵ khí vách ngăn, nước rỉ rác, COD, hằng số sinh học

ABSTRACT

This paper presents the results of studied activities of the anaerobic baffled reactor (ABR) to treat the leachate at the laboratory scale. Results showed that activity of ABR can withstand the shock of COD loading. The biological constants were determined such as the endogenous decay rate (k_d) and the cell yield coefficient (Y). Principal component analysis (PCA) by SYSTAT 13 software showed a close relation between variables of pH, alkalinity, VSS and COD in the performance of ABR.

Keyword: Anaerobic baffled reactor; leachate, COD, biological constant

I. GIỚI THIỆU

Nước rỉ rác là một loại nước thải có chứa nhiều chất độc hại vô cơ và hữu cơ được tạo ra do hoạt động của vi sinh vật kỵ khí có mặt trong bãi rác chôn lấp. Hiện nay, phần lớn nước rỉ rác không được xử lý hoặc xử lý không đạt tiêu chuẩn vẫn thải ra môi trường làm ô nhiễm nguồn nước bề mặt và nước ngầm. Thành phần nước rỉ rác khá phức tạp và phụ thuộc vào thời gian chôn lấp rác [1]. Bãi chôn lấp rác càng lâu, nước rỉ rác càng có nhiều thành phần hữu cơ khó phân hủy. Xử lý nước rỉ rác thường được tiến hành bằng các phương pháp sinh học, hóa lý, hoặc sinh học và hóa lý kết hợp [2-5]. Trong phương pháp sinh học, quá trình luân phiên kỵ khí/hiếu khí được sử dụng để khử NH_3 , P và COD. Tuy nhiên, với nồng độ NH_3 rất cao và các chất độc hại khác có trong nước rỉ rác sẽ làm ức chế hoạt động của vi sinh vật kỵ khí và hiếu

khí nên hiệu quả thường đạt rất thấp. Trong những năm gần đây, một số loại bể phản ứng kỵ khí như bể UASB và ABR được nghiên cứu và áp dụng trong xử lý nước thải có khả năng cho hiệu suất khử COD cao [6-8]. Bể kỵ khí vách ngăn (ABR) là một loại bể hoạt động theo nguyên lý dòng chảy lên xuống qua lớp lọc của sinh khối được tạo thành nhiều ngăn trong bể, nước thải được lọc nhiều lần trong một thể tích của bể phản ứng nên hiệu suất khử chất ô nhiễm khá hiệu quả [9-11]. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có một công trình công bố sử dụng bể ABR để xử lý nước rỉ rác, do vậy cần thiết phải nghiên cứu hoạt động của loại bể này đối với nước rỉ rác để ứng dụng trong thực tế.

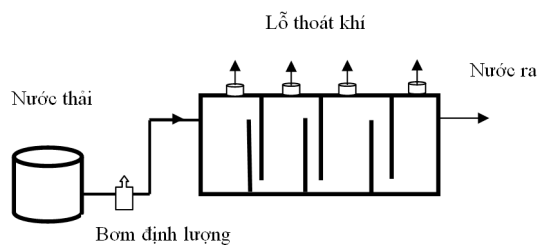
Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một số kết quả nghiên cứu về khả năng khử COD ở các tải trọng COD khác nhau và sự thay

đòi các tham số cần thiết trong quá trình hoạt động của bể như pH, độ kiềm (alkalinity), chất rắn bay hơi (VSS). Các hằng số sinh học đặc trưng của quá trình kỵ khí trong bể ABR như hằng số phân hủy hô hấp nội bào k_d , và hiệu suất sinh khối Y cũng được xác định từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm. Mối liên quan giữa các biến số thường xảy ra trong quá trình hoạt động của bể ABR được xác định bằng phân tích cấu tử chính PCA sử dụng phần mềm SYSTAT 13.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Bể phản ứng ABR

Bể phản ứng kỵ khí vách ngăn được thiết kế lắp ghép bằng các tấm thủy tinh có chiều rộng 20 cm cao 25 cm và dài 30 cm với tổng thể tích bằng 4 lít. Bể được chia thành 4 buồng có thể tích bằng nhau (hình 1). Độ rộng cho dòng chảy đi xuống và đi lên tương ứng bằng 2 và 8 cm. Ở mỗi ngăn có ống thông khí để thoát khí tạo ra trong quá trình hoạt động. Một bơm định lượng được sử dụng để kiểm soát lưu lượng dòng thải vào bể.



Hình 1: Mô hình bể ABR

Nước thải

Nước thải rỉ rác được lấy từ bãi rác Nam Bình dương tỉnh Bình dương. Đây là loại nước rỉ rác có độ tuổi > 5 năm (nước rỉ rác già). Kết quả phân tích các thành phần nước rỉ rác đưa ra trong bảng 1.

Bảng 1: Thành phần của nước rỉ rác

| Thành phần | Nồng độ |
|------------|------------------|
| COD | 1200-5000 (mg/l) |

| | |
|-------------------|---------------------|
| BOD | 360 – 1830 (mg/l) |
| N tổng | 550 – 1200 (mg/l) |
| N-NH ₃ | 240 – 960 (mg/l) |
| Photpho | 25 - 45 (mg/l) |
| pH | 7,9 - 8,1 |
| Kiểm | 2300 – 64000 (mg/l) |

Bùn kỵ khí và thời gian khởi động

Bùn giống kỵ khí được lấy từ bể UASB sử dụng để xử lý nước rỉ rác của chính nhà máy xử lý nước thải công nghiệp của khu chế xuất Linh trung 1. Lượng bùn kỵ khí cho vào bể chiếm khoảng 25-30% thể tích của mỗi ngăn trong bể ABR. Thời gian khởi động của bể ABR được tiến hành với nước thải có nồng độ COD bằng 2000 mg/l và thời gian lưu nước (HRT) là 4 ngày. Sau đó, tăng dần nồng độ COD trong nước thải đến 5000 mg/l. Trong suốt thời gian vận hành, thời gian lưu nước được giữ không đổi.

Phân tích

Các chỉ tiêu COD, pH, độ kiềm, VSS trong quá trình hoạt động của bể ABR được phân tích bằng các phương pháp theo TCVN 6491:1999, TCVN 6492:1999, TCVN 4857 : 2007, TCVN 648:2000.

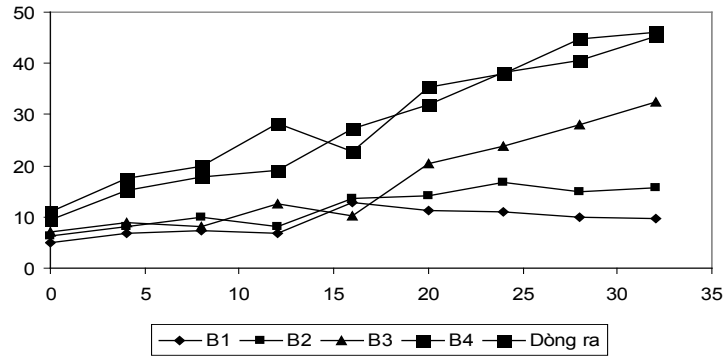
III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Tải trọng COD

Hiệu suất khử COD trong nước rỉ rác theo thời gian khi bể ABR hoạt động ở tải trọng 0,5 kg/m³.d và 2kg/m³.d đưa ra trong hình 2 và hình 3. Ở tải trọng 0,5 kg COD/m³.d, tại ngăn thứ nhất, hiệu quả khử COD đạt 9,8%. Ở các ngăn tiếp theo, hiệu suất khử COD đạt tương ứng bằng 15,8, 32,46, 45,21 % sau 35 ngày khởi động,. Quan sát hoạt động của bể thấy cường độ bọt khí tăng dần từ ngăn thứ 2 đến ngăn thứ 4. tại ngăn thứ nhất hầu như không thấy được hoặc rất ít bọt khí trong suốt thời gian khởi động. Điều này

chúng tỏ vi khuẩn kỵ khí đã bắt đầu thích nghi với nước thải. Hiện tượng xảy ra ở trên là do các nhóm vi sinh vật có chức năng khác nhau hiện diện trong bể ABR. Ở ngăn thứ nhất,

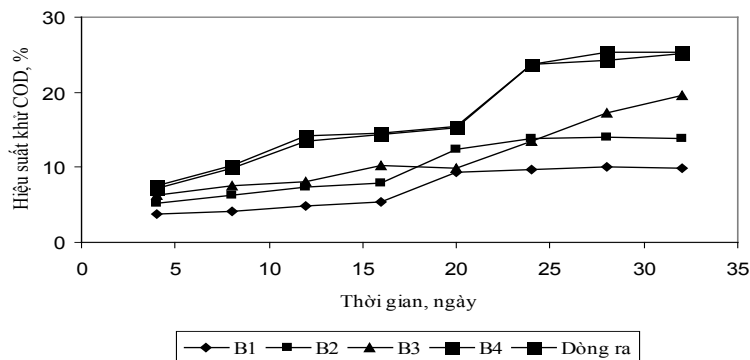
hoạt động của nhóm vi khuẩn sinh axit chiếm ưu thế. Các ngăn tiếp theo hoạt động chủ yếu của nhóm vi khuẩn sinh metan.



Hình 2: Hiệu suất khử COD trong ABR theo thời gian ở tải trọng 0,5 kg/m³.d

Khi tăng tải trọng 2,0 kgCOD /m³.d, hiệu suất khử COD giảm, nhưng chiều hướng tăng dần trong các ngăn dọc theo bể vẫn được duy trì (hình 3). So sánh với tải trọng 0,5 kg COD /m³.d, hiệu suất khử COD ở mỗi ngăn giảm xuống gần 10%. Tuy nhiên, sự biến đổi pH và độ kiềm vẫn giữ ở mức ổn định mặc dù tải trọng tăng khá đột ngột. Khi bắt đầu tăng tải trọng, có hiện tượng bọt khí ở ngăn thứ hai và thứ 3 giảm dần và dừng lại hẳn trong vòng 2-3 ngày. Sau 3 ngày thích nghi với tải trọng mới, bọt khí bắt đầu xuất hiện trong các ngăn chỉ thị sự hoạt động bình thường của vi sinh vật.

Từ kết quả thu được có thể khẳng định, việc tăng tải trọng (gây sốc đột ngột) đối với ABR ít ảnh hưởng đến quá trình hoạt động của bể (các tham số như pH, độ kiềm ít thay đổi). Mặc dù hiệu suất khử COD giảm xuống nhưng bắt đầu tăng trở lại sau 3 ngày tăng tải trọng. nguyên nhân giảm hiệu suất khử COD có thể là do số lượng vi khuẩn chưa đủ để đáp ứng phân hủy nhanh các hợp chất hữu cơ trong nước thải. Chính nhờ các tham số có ảnh hưởng lớn đến hoạt động của vi sinh vật được duy trì (pH, độ kiềm) nên sự thích nghi của vi khuẩn kỵ khí nhanh chóng được hồi phục trong một thời gian ngắn.

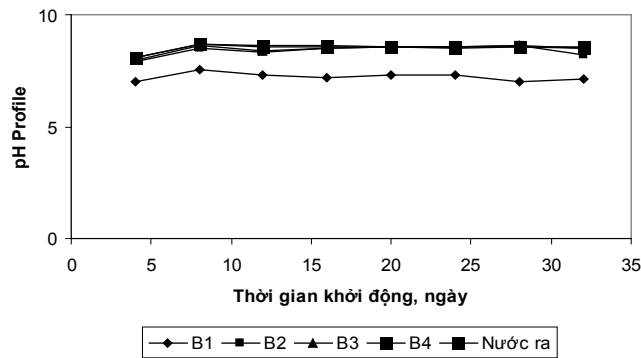


Hình 3: Hiệu suất khử COD trong ABR ở tải trọng 2 kg/m³.d

2. pH

Sự thay đổi của pH trong các ngăn của bể ABR được minh họa trong hình 4, cho thấy pH của ngăn thứ nhất trong bể ABR thấp so với pH của các ngăn tiếp theo sau 4 ngày thích nghi và giữ ổn định sau 35 ngày khởi động. pH giảm ở ngăn thứ nhất do sự hoạt động của vi khuẩn sinh axit chiếm ưu thế so

với các nhóm vi khuẩn kỵ khí khác. Các ngăn tiếp theo có pH cao hơn là do quá trình hoạt động của vi khuẩn kỵ khí sinh metan. Sự có mặt của khí CO₂ tạo ra một môi trường đệm (bicacbonat và cacbonat) duy trì pH của nước thải trong khoảng 8,0 – 8,5.

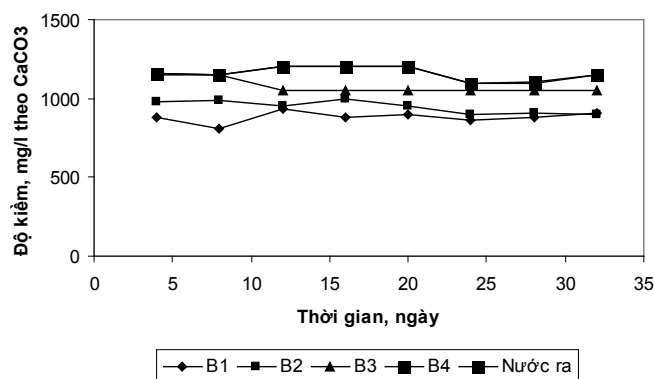


Hình 4: Giá trị pH ở các ngăn trong bể ABR trong thời gian khởi động

3. Độ kiềm

Sự thay đổi độ kiềm tương tự như thay đổi pH. Độ kiềm có giá trị nhỏ nhất ở ngăn đầu tiên và đạt giá trị cao ở các ngăn tiếp theo. Tại ngăn thứ nhất, một lượng axit béo sinh ra dẫn

đến sự kết hợp của ion H⁺ với bicacbonat tạo axit cacbonic. Sự thay đổi độ kiềm trong quá trình hoạt động của bể ABR được minh họa trong hình 5.

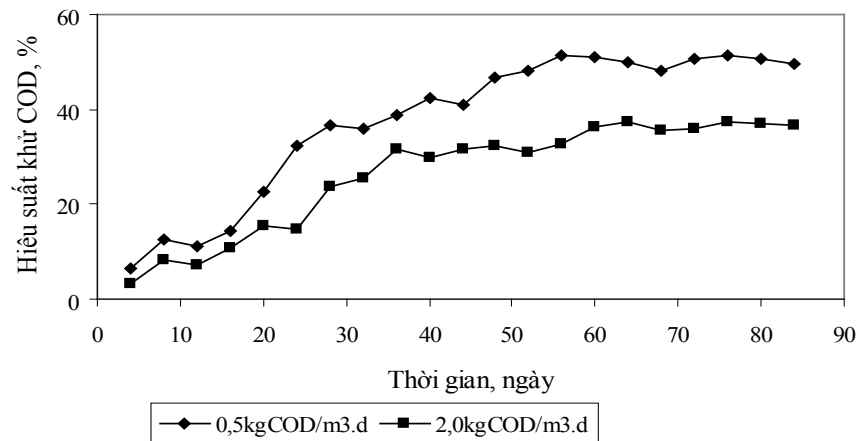


Hình 5: Sự thay đổi độ kiềm trong các ngăn của bể ABR

4. Ảnh hưởng của thời gian đến hiệu quả xử lý COD của bể ABR

Sau thời gian khởi động (30-40 ngày), quá trình hoạt động của bể ABR tiếp tục được kéo dài đến 120 ngày. Sự thay đổi hiệu suất khử

COD ở dòng ra theo thời gian được minh họa trong hình 6. Hiệu suất (%) khử COD tăng theo thời gian hoạt động của bể ABR ở cả hai tải trọng (0,5, 1,0 và 2 kg COD /m³.d).



Hình 6: Phần trăm khử COD đối với nước rỉ rác được xử lý bằng bể ABR ở các tải trọng khác nhau

5. Xác định các hằng số sinh học

Tỷ lượng hóa học giữa chất nền hữu cơ được tiêu thụ và vi sinh vật sinh ra được biểu diễn theo phương trình:

$$\frac{dX}{dt} = Y \frac{dS}{dt} - k_d X \quad (1)$$

Trong đó X - nồng độ chất rắn lơ lửng bay hơi trộn với dịch lỏng (MLVSS) (mg/l); t - thời gian (ngày); S = nồng độ chất nền (mg/l); Y - hệ số hiệu suất; khối lượng vi sinh vật sinh ra trên một đơn vị khối lượng chất nền (mg VSS/ mg COD; k_d - phần MLVSS hoặc vi sinh vật oxy hóa bởi hô hấp nội bào trên một đơn vị thời gian (1/d).

Phương trình (1) có thể được viết lại sau khi chia cho X:

$$\frac{dX}{Xdt} = Y \frac{dS}{Xdt} - k_d \quad (2)$$

hoặc $\frac{\Delta X}{X\Delta t} = Y \frac{\Delta S}{X\Delta t} - k_d \quad (3).$

Trong đó $\frac{\Delta X}{X\Delta t}$ - lượng của khối lượng vi sinh vật được sinh ra trên một đơn vị thời gian

(1/d) và $\frac{\Delta S}{X\Delta t}$ - tốc độ sử dụng chất nền riêng,

U (1/d). Tốc độ tăng trưởng của sinh khối

($\frac{\Delta X}{\Delta t}$) được biểu diễn theo tốc độ tăng trưởng

riêng, μ (tốc độ tăng trưởng trung bình của sinh khối): $\mu = Y \times U - k_d \quad (4)$. Trong khoảng thời gian Δt từ (i - 1) tới i ta có:

$$U_i = \frac{(S_{i-1} - S_i) / \Delta t_i}{(X_{i-1} + X_i) / 2} \quad (5) \text{ và}$$

$$\mu_i = \frac{(X_i - X_{i-1}) / \Delta t_i}{(X_i + X_{i-1}) / 2} \quad (6)$$

Giá trị của các hằng số sinh học Y và k_d tương ứng là hệ số góc và đường ngoại suy từ các phương trình tuyến tính (4) giữa μ và U (các đồ thị không vẽ ở đây) được đưa ra trong bảng 2. Hằng số phân hủy hô hấp nội bào k_d trong tất cả các ngăn của bể ABR gần bằng nhau. Hiệu suất sinh khối Y tăng dần từ ngăn thứ nhất và đạt giá trị cực đại ở ngăn thứ 3 sau đó giảm xuống ở ngăn thứ 4 do lượng chất dinh dưỡng trong nước thải giảm dần.

Bảng 2: Hằng số sinh học trong xử lý nước rỉ rác bằng bể ABR

| Ngăn | Phương trình | R ² | k _d (1/d) | Y (g VSS/g COD) |
|------|---------------------|----------------|-------------------------|--------------------|
| 1 | y = 0,0185x - 0,004 | 0,94 | 0,004 | 0,0185 |
| 2 | y = 0,028x - 0,0043 | 0,89 | 0,0043 | 0,028 |
| 3 | y = 0,032x - 0,0042 | 0,92 | 0,0042 | 0,032 |
| 4 | y = 0,019x - 0,0024 | 0,91 | 0,0024 | 0,019 |

6. Phân tích các cấu tử chính (PCA)

Phân tích các cấu tử chính (PCA) là một kỹ thuật toán học để xác định hệ số chung cho tất cả các biến số. quá trình biến đổi tập hợp các số liệu thu được từ thực nghiệm thành một tập hợp mới các biến số qua một hệ số (Factor Analysis). Mỗi một PC được xây dựng kết hợp tuyến tính với các biến số [7]:

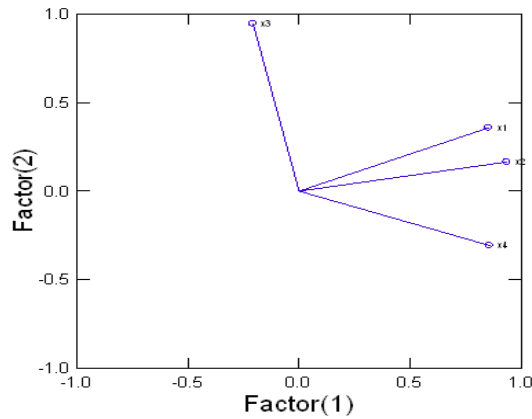
$$P = \sum_{j=1}^v C_{ij} x_j \quad (7)$$

Trong đó P_i là cấu tử chính thứ i và C_{ij} là hệ số của biến x_j. Có v biến như vậy. Phân tích cấu tử chính PC₁ (Factor1) được chọn để biểu diễn trục P₁ có hướng cực đại dọc theo

trục tọa độ. PC₂ (Factor 2) là sự lựa chọn kế tiếp để trục giao với nhau và tính cho biến cực đại trong số liệu thu được mà không tính cho các thành phần chính khác. Các biến trong xử lý nước rỉ rác bằng bể ABR là pH, độ kiềm, COD và VSS trong đó pH, độ kiềm, độ axit là biến độc lập, COD và VSS là biến phụ thuộc và cũng là mục tiêu của quá trình xử lý. Sử dụng phần mềm SYSTAT 13 để phân tích PCA. Các kết quả về hệ số Factor của các biến pH, độ kiềm, VSS và COD đưa ra trong bảng 3. Đồ thị về mối quan hệ giữa Factor 1 và Factor 2 đưa ra trong hình 7.

Bảng 3: Các hệ số 1 và hệ số 2 thu được khi phân tích PCA

| | Hệ số (Factor) | |
|---------|----------------|--------|
| | 1 | 2 |
| pH | 0,359 | 0,313 |
| Độ kiềm | 0,394 | 0,144 |
| VSS | -0,087 | 0,827 |
| COD | 0,361 | -0,268 |



Hình 7: Mối quan hệ giữa Factor 1 và Factor 2

Mối liên quan giữa các biến và các hệ số Factor 1 và Factor 2 được biểu diễn theo các phương trình:

$$\text{Factor 1:} = 0,359 \text{ pH} + 0,394 \text{ Alkalinity} - 0,087 \text{ VSS} + 0,361 \text{ COD} \quad (\text{a})$$

$$\text{Factor 2:} = 0,313 \text{ pH} + 0,144 \text{ Alkalinity} + 0,827 \text{ VSS} - 0,268 \text{ COD} \quad (\text{b})$$

Trong phương trình (a), các tham số pH, độ kiềm, COD điều ảnh hưởng đến Factor 1 trừ VSS. Tương tự, trong phương trình (b), tất cả các tham số đều có ảnh hưởng nhưng trừ COD. Rõ ràng các hệ số (Factor) phản ánh được điều kiện ban đầu (VSS nhỏ) và điều kiện cuối (COD) giảm là mục tiêu đạt được của bể ABR.

V. KẾT LUẬN

Lần đầu tiên đã tiến hành khảo sát khả năng xử lý nước rỉ rác bằng bể kỵ khí ABR. Bể hoạt động tương đối ổn định khi tăng tải trọng từ 0,5 kg COD/ m³.d đến 2 kgCOD/ m³.d. Hiệu suất khử COD tăng dần theo thời gian hoạt động của bể. Các hằng số sinh học như hằng số phân hủy hô hấp nội bào k_d và hệ số hiệu suất tế bào Y được xác định từ các phương trình tuyến tính bậc nhất thu được từ đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa tốc độ tiêu thụ chất nền U và tốc độ tăng trưởng trung bình của sinh khối μ . Phân tích hệ số PCA bằng phần mềm SYSTAT 13 để biểu diễn mối tương quan của các biến số như pH, độ kiềm,

COD và VSS có thấy mối liên hệ chặt chẽ của các biến số này trong hoạt động của bể ABR.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Abbas A. A., Guo J., Liu Z. P., Pan Y. Y., Al-Rekabi, W. S. "Review on land leachate treatments." *J. Appl. Sci. Res.* 5, 534 (2009).
- [2] Bae B., Jung E., Kim Y., Shin H. "Treatment of landfill leachate using activated sludge process and electron-beam radiation." *Water Res.* 33, 2669 (1999).
- [3] Amokrane, A., Comel C., Veron J. "Landfill leachates pretreatment by coagulation- flocculation." *Water Res.* 31, 2775 (1997).
- [4] Ali, M.A.B., Rakib M., Laborie S., Viers P.H., Durand G. "Coupling of bipolar membrane electrodialysis and ammonia stripping for direct treatment of wastewaters containing ammonium nitrate." *J. Membr. Sci.* 244, 89 (2004).
- [5] Heavey, M. "Low-cost treatment of landfill leachate using peat." *Waste Manag.* 23, 447 (2003).
- [6] Banu J. R., Kaliappan S., Yeom I. T. "Treatment of domestic wastewater using upflow anaerobic sludge blanket reactor." *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 4, 363 (2007).
- [7] Fernanda M. F., Bruni A. T., Vanildo L., Bianchi D. "Performance of an Anaerobic Baffled Reactor (ABR) In Treatment of Cassava Wastewater." *Brazilian J. Microbio.* 40, 48 (2009).
- [8] Joanne B. and Chris A B. "Treatment of a textile dye in the anaerobic baffled reactor." *Water SA.* 29, 38 (2003).

- [9] Bodkhe S.Y., “A modified anaerobic baffled reactor for municipal wastewater treatment.” *J. Environ. Manag.* 90, 2488 (2009).
- [10] Liu R. R., Tian Q., Yang B., Chen J. H. “Hybrid anaerobic baffled reactor for treatment of desizing wastewater.” *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 7, 111 (2010).
- [11] Liu R., Tian Q., and Chen J. “The developments of anaerobic baffled reactor for wastewater treatment: A review.” *Afri. J. of Biotechno.* 9, 1535 (2010).