

Xử lý chất hữu cơ và amoni trong nước thải chế biến sữa bằng phương pháp lọc sinh học hiếu khí kết hợp với thực vật

Mai Hùng Thanh Tùng¹, Nguyễn Thị Diệu Cẩm^{2,*}

¹Khoa Hóa, Trường Đại học Công nghiệp TP HCM

²Khoa Hóa, Trường Đại học Quy Nhơn

Nhận ngày 10 tháng 10 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 16 tháng 12 năm 2017; Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 6 năm 2017

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, các chất hữu cơ và amoni trong nước thải nhà máy sữa Bình Định được xử lý bằng phương pháp lọc sinh học hiếu khí kết hợp với thảm thực vật. Mục đích của sự kết hợp này là nhằm giảm chi phí cấp khí oxi cho thiết bị lọc sinh học và giảm bớt diện tích đất sử dụng so với chỉ sử dụng pháp lọc sinh học hiếu khí hoặc phương pháp thảm thực vật riêng lẻ. Kết quả xử lý nước thải chế biến sữa cho thấy, hiệu quả khử COD khi sử dụng phương pháp sinh học hiếu khí kết hợp với thảm thực vật đạt 90% sau 37 giờ xử lý, kết quả này là cao hơn so với khi chỉ xử lý bằng thực vật. Các chỉ tiêu COD, NH_4^+ của nước sau xử lý đạt QCVN 40-2011/BTNMT về nước thải công nghiệp loại A.

Từ khoá: Nước thải, chế biến sữa, sinh học hiếu khí, thực vật, xử lý.

1. Đặt vấn đề

Để xử lý các chất hữu cơ dễ sinh hủy trong môi trường nước thì phương pháp được ưu tiên lựa chọn đó là phương pháp sinh học và dạng kỹ thuật thường được sử dụng khi hàm lượng chất hữu cơ không quá cao là bùn hoạt tính hoặc lọc sinh học hiếu khí [1-5]. Tuy nhiên, cả hai dạng kỹ thuật này đòi hỏi phải cấp khí trong suốt quá trình xử lý, do vậy chi phí xử lý tăng lên. Gần đây, giải pháp sử dụng thực vật để xử lý các chất ô nhiễm hữu cơ dễ sinh hủy đang được quan tâm nghiên cứu nhằm triển khai ứng dụng trong thực tiễn, nhưng nhược điểm của phương pháp này là cần diện tích đất lớn nên

khó phù hợp với những nơi có quỹ đất hạn hẹp [6-8]. Vì vậy, việc xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học tổ hợp giữa vi sinh vật hiếu khí và thực vật (bèo tây, cỏ vertiver, lau, sậy,...) sẽ giúp rút ngắn thời gian xử lý trên hệ lọc sinh học hiếu khí nên giảm được chi phí cấp khí oxi, đồng thời giảm bớt diện tích đất sử dụng so với việc chỉ sử dụng phương pháp thảm thực vật riêng lẻ [9-10]. Trên thế giới phương pháp tổ hợp giữa vi sinh vật hiếu khí và thực vật đã được nghiên cứu và ứng dụng thành công vào thực tế, đầu vậy ở Việt Nam phương pháp này còn chưa phổ biến. Do vậy, việc nghiên cứu xử lý nước thải chế biến sữa bằng phương pháp sinh học tổ hợp giữa lọc sinh học hiếu khí và thực vật được thực hiện nhằm mục đích tạo ra một tổ hợp xử lý sinh học hữu hiệu cho loại nước thải chứa hợp chất hữu cơ dễ sinh hủy góp phần hướng đến sự phát triển bền vững.

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-983222831.

Email: nguyenthidieucam@qnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4489>

2. Thục nghiệm

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nước thải chế biến sữa được lấy tại hệ thống công của nhà máy sữa Bình Định có chỉ tiêu COD khoảng 1000 mg/L do có sự hòa trộn của nhiều dòng thải từ nhà máy.

Vi sinh vật hiếu khí, bèo cái được lấy ở cầu Trương Úc tại thị trấn Tuy Phước, Bình Định (Hình 1b).

2.2. Mô hình thực nghiệm

Giá thể mang vi sinh là vật liệu polistiren dạng miếng hình vuông, vật liệu có bề mặt xù xì (nhằm tăng sự dính bám của vi sinh vật), nổi trên mặt nước, do vậy chúng được giữ chìm trong nước bởi hai tấm lưới chắn ở hai đầu cột lọc sinh học. Loại giá thể này có ưu điểm là tận dụng phế phẩm xốp thải.

Hệ lọc sinh học được chế tạo từ nhựa PVC (Hình 1a) có đường kính 16 cm, chiều cao 1,25 m. Chiều cao cột nước là 1m, chiều cao lớp vật liệu lọc là 0,7 m. Thể tích thực của cột là 25 dm³, thể tích giá thể 14 dm³.

Vật liệu làm giá thể cho vi sinh dính bám được nhồi vào cột lọc hiếu khí, sau đó bơm nước có chứa các chủng vi sinh đã được nuôi cấy qua cột lọc với lưu lượng 10 L/giờ (2 lít nước chứa vi sinh có MLSS là 1896 mg/L cho 30 lít nước thải). Sau đó thường xuyên theo dõi và điều chỉnh các yếu tố ảnh hưởng đến quá

trình hình thành và phát triển của màng vi sinh như thông số pH, amoni, COD, hàm lượng khí oxi hòa tan trong nước (lớn hơn 2 mg/L) nhằm tạo điều kiện tốt nhất để vi sinh vật phát triển bám vào giá thể.

Xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng hệ lọc sinh học hiếu khí: nước thải chế biến sữa được lắng sơ bộ, điều chỉnh pH thích hợp cho sự phát triển của vi sinh vật, sau đó bơm tuần hoàn qua thiết bị lọc sinh học hiếu khí. Thể tích nước thải cho từng mẻ xử lý V = 30 (L); Q = 20 L/giờ.

Xử lý nước thải chế biến sữa bằng bèo cái: cho 5 lít nước thải chế biến sữa vào bể bèo có thể tích 10 lít, bèo nuôi trong bể phủ kín 3/4 bề mặt (vận hành theo mẻ).

Sau khoảng thời gian lưu nhất định (tính từ lúc cho nước thải vào bể/hệ lọc), mẫu nước được phân tích xác định các thông số như pH, COD và NH₄⁺.

2.3. Phương pháp phân tích

Xác định các thông số đặc trưng cho quá trình xử lý theo phương pháp chuẩn về phân tích môi trường: TCVN 6491-1999 (xác định nhu cầu oxy hóa học), TCVN 6179-1:1996 (xác định amoni). Khảo sát hình ảnh bề mặt giá thể bằng phương pháp hiển vi điện tử quét trên máy S-4800 (M: 25x – 800.000x, d = 1 mm, U = 0,5 – 30 kV) tại Viện Vệ sinh Dịch tễ Trung ương.



(a)



(b)

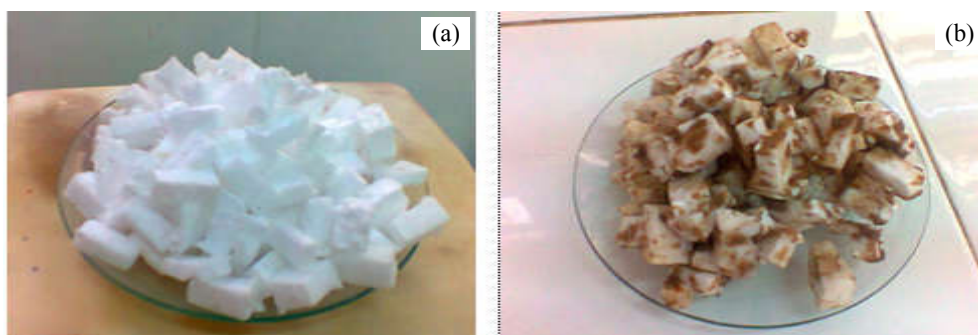
Hình 1. Xử lý nước thải bằng hệ lọc sinh học (a) và bằng bèo cái (b).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tạo màng vi sinh trên giá thể

Kết quả quá trình quan sát sự tạo màng vi sinh vật trên giá thể xốp cho thấy, ban đầu khi

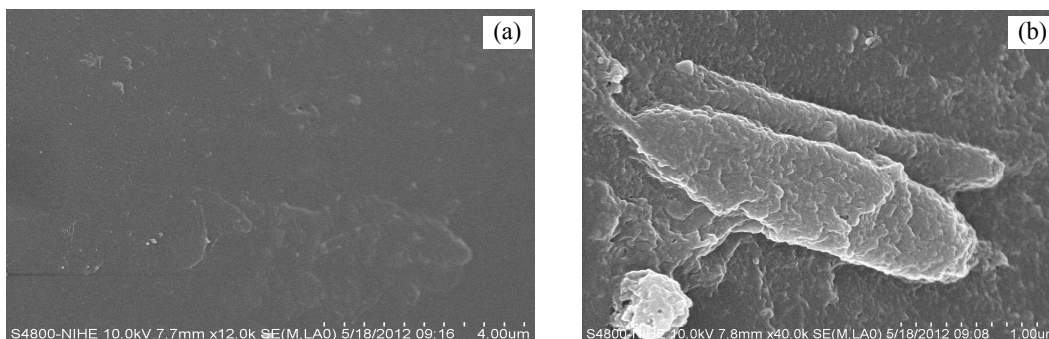
giá thể mới tiếp xúc với nước chứa vi sinh vật thì tạo ra một lớp màng mỏng gần như trong suốt, sau đó chuyển sang màu vàng sáng và cuối cùng chuyển sang màu nâu tối (Hình 2). Quá trình đổi màu này có tính chu kì, tương ứng với việc xả rửa của hệ thống.



Hình 2. Giá thể xốp trước (a) và sau khi tạo màng vi sinh (b).

Để kiểm tra sự tạo màng vi sinh vật trên giá thể xốp, chúng tôi đã tiến hành chụp ảnh hiển vi điện tử quét của các vật liệu trước và sau khi cho vi sinh dính bám. Kết quả được trình bày ở hình 3.

Từ ảnh SEM ở hình 3 cho thấy, giá thể xốp sau khi tiếp xúc với nước chứa vi sinh vật đã tạo thành một lớp màng trên bề mặt vật liệu. Điều này cho thấy hoàn toàn có thể tận dụng phế thải xốp để làm giá thể mang vi sinh ứng dụng trong xử lý nước thải.



Hình 3. Ảnh hiển vi điện tử quét của giá thể trước (a) và sau khi vi sinh bám (b) 3.2. Kết quả xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng hệ lọc sinh học hiếu khí.

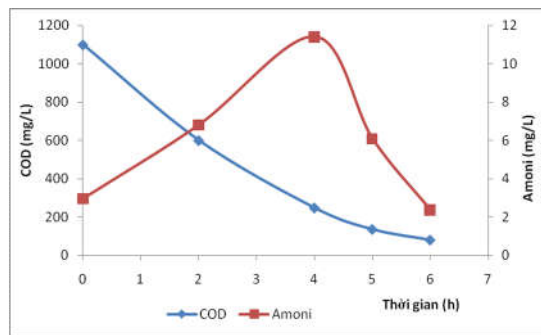
Kết quả xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng hệ lọc sinh học hiếu khí được trình bày ở bảng 1 và hình 4. Kết quả ở bảng 1 và hình 4 cho thấy, nhìn chung giá trị COD giảm dần theo thời gian xử lý, giai đoạn đầu (từ 0 – 4 giờ) giá

trị COD giảm rất nhanh. Sở dĩ như vậy là do ở giai đoạn này vi sinh vật đang phát triển mạnh, lúc này trong môi trường nước thải chứa nhiều chất dinh dưỡng nên tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của vi sinh vật, vì vậy các chất hữu

cơ trong nước thải được vi sinh vật tiêu thụ và chuyển hóa khá nhanh. Giai đoạn tiếp theo giá trị COD giảm chậm dần có thể do nguồn dinh dưỡng của vi sinh vật cũng dần cạn kiệt làm cho tốc độ phát triển của vi sinh vật chậm dần, thậm chí nếu thiếu nguồn dinh dưỡng vi sinh vật sẽ tự phân hủy nội bào. Sau 5 giờ xử lý chỉ tiêu COD đã giảm từ 1100 mg/L xuống 80 mg/L (hiệu suất xử lý 92,72%) và đạt tiêu chuẩn về nước thải công nghiệp loại A theo QCVN 40-2011/BTNMT.

Bảng 1. Kết quả xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng hệ lọc sinh học hiếu khí

Thời gian (giờ)	pH	[NH ₄ ⁺] (mg/L)	COD (mg/L)
0	7,53	2,49	1100
2	7,81	6,81	600
4	8,40	10,14	248
5	8,56	6,08	136
6	8,62	2,37	80



Hình 4. Sự biến đổi COD và amoni theo thời gian xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng hệ lọc sinh học.

Hàm lượng NH₄⁺ tăng lên trong 4 giờ đầu xử lý, sở dĩ như vậy là do các hợp chất hữu cơ có chứa nitơ tiếp tục bị phân hủy trong quá trình xử lý tạo ra amoni nên nồng độ amoni tăng lên. Sau 4 giờ xử lý, nồng độ NH₄⁺ giảm nhanh do NH₄⁺ tiếp tục được oxy hóa thành NO₂⁻ (chủng vi sinh nitronomas) và NO₃⁻ (chủng

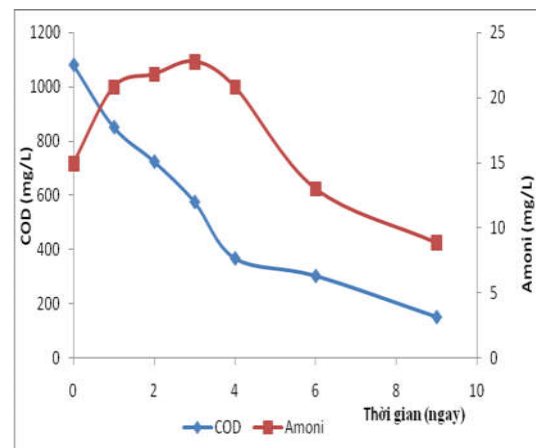
vi sinh nitrobacter) cũng như quá trình thủy phân các hợp chất hữu cơ dễ sinh hủy đã kết thúc.

3.2. Kết quả nghiên cứu xử lý nước thải chế biến sữa bằng bể cá

Cho 5 lít nước thải chế biến sữa có giá trị COD là 1080 mg/L và NH₄⁺ là 14,94 mg/L vào bể cá có thể tích 10 lít. Sự biến đổi các thông số COD và NH₄⁺ theo thời gian xử lý được trình bày ở bảng 2 và hình 5.

Bảng 2. Kết quả xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng bể cá

Thời gian (ngày)	pH	[NH ₄ ⁺] (mg/L)	COD (mg/L)
0	8,01	14,94	1080
1	8,46	20,82	850
2	8,52	21,80	723
3	8,39	22,78	575
4	8,51	20,82	367
6	8,34	12,98	302
9	7,78	8,82	138



Hình 5. Sự biến đổi COD và amoni theo thời gian xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng bể cá.

Từ kết quả ở bảng 2 và hình 5 cho thấy, giá trị COD của mẫu nước thải giảm dần và khá ổn định sau 9 ngày xử lý. Giai đoạn đầu, giá trị

COD giảm nhanh hơn vì trong nước thải ngoài các chất hữu cơ, còn có các hợp chất nitơ nên thuận lợi cho việc hấp thụ của bèo cái. Giai đoạn sau, giá trị COD giảm chậm hơn đôi chút vì hàm lượng chất dinh dưỡng dần cạn kiệt.

Giai đoạn đầu xử lý (từ 0-3 ngày), hàm lượng amoni có sự tăng nhẹ là do các hợp chất hữu cơ có chứa nitơ bị phân hủy theo thời gian tạo ra sản phẩm amoni tương tự như khi xử lý bằng phương pháp lọc sinh học hiếu khí. Giai đoạn sau, quá trình xử lý amoni diễn ra nhanh hơn có thể do quá trình phân hủy chất hữu cơ đã kết thúc và bèo (cùng với vi sinh vật bám trên rễ bèo) đã thích nghi hơn với môi trường nước thải mới nên khả năng hấp thụ và xử lý amoni tốt hơn.

3.3. Kết quả xử lý nước thải chế biến sữa bằng phương pháp lọc sinh học hiếu khí kết hợp với bèo cái

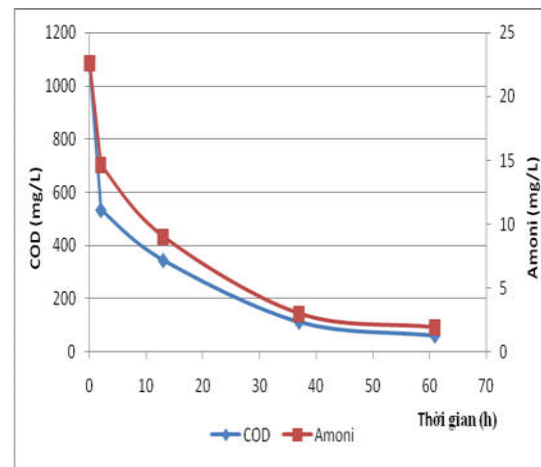
Nước thải chế biến sữa sau khi xử lý bằng hệ lọc hiếu khí trong 2 giờ, được chuyển qua bể chứa bèo cái để tiếp tục xử lý. Sự biến đổi các thông số COD, và NH_4^- theo thời gian được trình bày ở bảng 3 và hình 6.

Bảng 3. Kết quả xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng lọc sinh học kết hợp với bèo cái

	Thời gian (giờ)	pH	$[\text{NH}_4^+]$ (mg/L)	COD (mg/L)
Lọc sinh học	0	6,74	22,57	1075
	2	8,24	14,62	533
Bèo	2	8,24	14,62	533
	13	7,63	9,03	344
	37	7,57	3,03	111
	61	7,67	1,93	60

Từ kết quả ở bảng 3 và hình 6 cho thấy, giá trị COD giảm nhanh trong khoảng 2 giờ đầu xử lý ở cột hiếu khí, cụ thể giá trị COD ban đầu từ 1075 mg/L giảm xuống 533 mg/L (hiệu suất xử lý đạt 50,42%). Nước thải đã qua 2 giờ xử lý sinh học hiếu khí, tiếp tục được chuyển qua bể xử lý bằng bèo cái. Kết quả thu được cho thấy,

thời gian xử lý để đạt được tiêu chuẩn thải ngắn hơn so với khi chỉ xử lý bằng bèo (chưa qua xử lý sinh học hiếu khí), sau 37 giờ đã đạt được nước thải công nghiệp loại A theo QCVN 40-2011/BTNMT với giá trị COD là 111 mg/L. Đối với nước thải chưa qua xử lý sinh học hiếu khí mặc dù có giá trị COD đầu vào tương tự (tính khi giá trị COD đạt khoảng 550 mg/L) và cùng dùng bèo cái để xử lý thì cần dùng thời gian dài hơn nhiều (6 ngày – bảng 2) mới làm giảm COD xuống còn 138 mg/L để đạt tiêu chuẩn nước thải loại A. Điều này được giải thích là do các chất hữu cơ có trong nước thải khi đã qua xử lý sinh học sẽ được chuyển hóa thành các chất hữu cơ đơn giản hơn, thuận lợi cho việc hấp thụ của bèo cái do đó thời gian xử lý ngắn hơn.



Hình 6. Sự biến đổi COD và amoni theo thời gian xử lý mẫu nước thải chế biến sữa bằng hệ lọc sinh học kết hợp với bèo cái.

Từ bảng 3 và hình 6 cho thấy, hàm lượng amoni giảm dần theo thời gian xử lý và hàm lượng amoni đầu ra đạt 1,456 mg/L và thời gian xử lý được ngắn hơn so với mẫu nước thải chưa qua xử lý sinh học hiếu khí. Điều khá thú vị là hàm lượng amoni không có sự tăng lên trong quá trình xử lý, điều này cho phép dự đoán có thể trong mẫu nước thải này các chất hữu cơ chứa nitơ trong phân tử đã bị phân hủy tạo

amoni (hàm lượng amoni đầu vào cao nhất trong 3 mẫu xử lý) hoặc do lúc này vi sinh vật có sự thích nghi hơn với nước thải nên tốc độ xử lý amoni nhanh nên dẫn đến không có sự tăng hàm lượng amoni trong quá trình xử lý.

Nhìn chung, hiệu quả xử lý COD theo các phương pháp sinh học khác nhau là khá cao (đều đạt trên 90% tùy thuộc vào thời gian xử lý theo đặc tính của lọc sinh học hiếu khí và thực vật), hiệu quả xử lý amoni khá cao khi tính theo hàm lượng amoni tại thời điểm tích lũy cao nhất trong quá trình xử lý. Tuy nhiên, việc xử lý nước thải chế biến sữa bằng phương pháp lọc sinh học hiếu khí thì thời gian xử lý là ngắn nhưng tiêu hao nhiều năng lượng cho quá trình sục khí; xử lý bằng bèo cái có chi phí thấp, nhưng cần diện tích đất rộng và thời gian xử lý dài. Do vậy phương pháp xử lý lọc sinh học hiếu khí kết hợp với bèo cái có nhiều ưu điểm hơn vì quá trình này giảm được thời gian xử lý hiếu khí và diện tích đất xử lý bằng thực vật.

4. Kết luận

Đã xử lý thành công các chất hữu cơ và nito trong nước thải chế biến sữa bằng phương pháp sinh học hiếu khí kết hợp với bèo. Kết quả thu được cho thấy, hiệu quả xử lý COD và amoni khi sử dụng phương pháp sinh học hiếu khí kết hợp với thảm thực vật là khá cao. Các chỉ tiêu COD, NH_4^+ của nước sau xử lý đạt QCVN 40-2011/BTNMT về nước thải công nghiệp loại A. Đặc biệt sự kết hợp này đã làm giảm thời gian xử lý trên hệ lọc sinh học hiếu khí nên giảm được chi phí cấp khí oxi, đồng thời giảm bớt diện tích đất sử dụng nếu chỉ sử dụng phương pháp thảm thực vật.

Tài liệu tham khảo

- [1] H. Dai, X. Yang, T. Dong, Y. Ke, T. Wang, Engineering application of MBR process to the treatment of beer brewing wastewater, *Mod Appl Sci* 9 (2010) 103.
- [2] G. Durai, M. Rajasimman, N. Rajamohan, Aerobic digestion of tannery wastewater in a sequential batch reactor by salt-tolerant bacterial strains, *Appl. Water Sci* 1 (2011) 35.
- [3] K. Fadil, A. Chahlaoui, A. Ouahbi, A. Zaid, R. Borja, Aerobic biodegradation and detoxification of wastewaters from the olive oil industry, *International Biodeterioration & Biodegradation* 51 (2003) 37.
- [4] M.R. Rob Van den Broeck, F.M. Jan Van Impe, Y.M Ilse. Smets, Assessment of activated sludge stability in lab-scale experiments, *Journal of Biotechnology* 141 (2009) 147.
- [5] S. Sathian, M. Rajasimman, G. Radha, V. Shanmugapriya, C. Karthikeyan, Performance of SBR for the treatment of textile dye wastewater: Optimization and kinetic studies, *Alexandria Engineering Journal* 53 (2014) 417.
- [6] M. W. Jayaweera and J. C. Kasturirachchi, Removal of Nitrogen and Phosphorus from industrial wastewaters by phytoremediation using water hyacinth (*Eichhornia Crassipes*), *Journal of Wastewater science and technology* 50 (6) (2004) 217.
- [7] H. Xia and X. Ma, Phytoremediation of Ethion by Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) from Water, *Journal of Phytoremediation* 6 (2005) 137.
- [8] B. Dhir, P. Sharmila, P.P. Saradhi, Potential of Aquatic Macrophytes for removing contaminants from the Environment- Critical Review, *Environmental Science and Technology* 39 (2009a) 754.
- [9] Y. Osem, Y. Chen, D. Levinson, Y. Hadar, The effects of plant roots on microbial community structure in aerated wastewater-treatment reactors, *Ecol. Eng* 29 (2007) 133.
- [10] Q. Chaudhry, M. Blom-Zandstra, S. Gupta, E.J. Joner, Utilising the synergy between plants and rhizosphere microorganisms to enhance breakdown of organic pollutants in the environment. *Environ. Sci. Pollut. Res* 12 (2005) 34.

Treatment of Organics and Ammonium in Milk Manufacturing Wastewater using Combined Biofilter and Plant Process

Mai Hung Thanh Tung¹, Nguyen Thi Dieu Cam²

¹*Chemical Department, Industrial University of Ho Chi Minh City*

²*Chemical Department, Quy Nhon University*

Abstract: The objective of this study was to treat biological ammonium and organic matter from milk manufacturing wastewater in Binh Dinh using combined biofilter and plant process. The treatment efficiency of biofilter-plant method in section biosystem was higher than that of individually biofilter and plant method to be observed. The obtained experiment results showed that the outflowing physico-chemical parameters as COD, NH_4^+ of milk production wastewater after treatment by the combined use of biofilter and plant treatment reached QCVN 40: 2011/BTNMT for industrial wastewater sort A.

Keywords: Milk production, biofilter, plant, combined, treatment.