

고정화 질화세균을 이용한 저농도 암모니아의 고도처리 (I) 공기 유입량과 수력학적 체류시간의 영향

이정훈 · 김병진* · 이민수 · 나인걸 · 서근학

부경대학교 화학공학과, 부산 바이오기업 지원센터*

전화 (051) 620-1467, FAX (051) 620-1455

Abstract

This study was performed by the airlift bioreactor using the nitrifier consortium entrapped in polyvinyl alcohol(PVA) for removing low concentration total ammonia nitrogen(TAN). At the aeration rate of 1.5 vvm, TAN removal rate and removal efficiency was $316.6 \pm 7.2 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ and $92.8 \pm 2.2\%$. Removal rate was continuously increased with decreasing from 0.5hr to 0.05hr of hydraulic residence time(HRT), whereas removal efficiency was decreased with decreasing HRT.

서론

수중의 암모니아는 수계로 방출되면 비이온성 암모니아는 동물의 세포벽을 통과하여 저농도에 서도 어류에게 치명적인 피해를 주게되고, EPA[1]에서는 어류를 사육하는 수계의 비이온성 암모니아 농도를 0.02 g/m^3 이하로 유지하도록 권장하고 있으며 비이온성 암모니아가 수중에 존재하는 비율은 pH 7~7.8인 경우 0.6~2.45%이므로 수중의 비이온성 암모니아를 0.02 g/m^3 이하로 유지하기 위해서는 총 암모니아성 질소를 $2 \sim 5 \text{ g/m}^3$ 이하로 유지하여야 한다. 또한 음용수의 총 암모니아성 질소의 수질은 0.5 g/m^3 이하이므로 $2 \sim 5 \text{ g/m}^3$ 의 농도를 가지는 저농도 암모니아의 고도처리 기술이 요구된다.

본 연구는 도시 하수의 고도처리를 위하여 PVA를 이용하여 질화세균을 포괄고정화 시킨 후, 공기부상식 생물반응기를 이용하여 폐수 내 암모니아성 질소 제거에 있어서 공기 유입량과 수력학적 체류시간(hydraulic residence time, HRT)의 변화가 암모니아 산화반응에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 활성슬러지를 선양하여 질화세균을 얻어 PVA-boric acid법[2]을 이용하여 직경이 4 mm 구형의 고정화 질화세균을 제조하였다. Fig. 1은 본 연구의 실험 장치도를 나타낸 것으로 고정화 질화세균을 이용하는 생물반응기로 split-cylinder형태의 공기부상식 생물반응기를 제작하여 사용하였다. 반응기는 내경 6 cm, 높이 20 cm의 아크릴 관을 이용하여 제작하였으며 유출구의 높이는 18 cm로서 반응기내 액체 체적은 500 mL였다.

반응기 온도를 $25.4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 유지하기 위해 생물반응기를 항온수조 내에 설치하였으며 고정화 질화세균의 유동과 질화세균군의 생장에 필요한 공기는 rotameter를 설치하여 공기 유입량을 조절하였다.

실험에 사용한 암모니아 함유 폐수는 TAN 농도를 $5 \pm 0.2 \text{ g/m}^3$ 으로 조제하여 사용하였으며 유입수의 pH는 7.5 ± 0.2 로 유지하였다. 공기 유입량의 변화에 따른 암모니아성 질소의 제거 영향을 알아보기 위하여 공기 유입량을 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 1.8 및 2.2 vvm으로 변화를 주어 암모니아 제거효율을 관찰하였으며, 수력학적 체류시간에 대한 영향을 알아보기 위하여 수력학적 체류시간을 0.05시간에서 0.5시간으로 점차 변화시켜 암모니아성 질소의 제거속도 및 제거효율을 구하였다. 암모니아성 질소의 분석은 선택성 전극(ORION-9512BN)을 사용하여 측정하였고[3], 용존산소는 용존산소 측정기(YSI-55)를 사용하여 측정하였으며, pH는 pH meter(ORION-290A)를 사용하여 측정하였다. 아질산성 질소와 질산성 질소의 농도는 Ion chromatography(DX-120)를 사용하여 측정하였다.

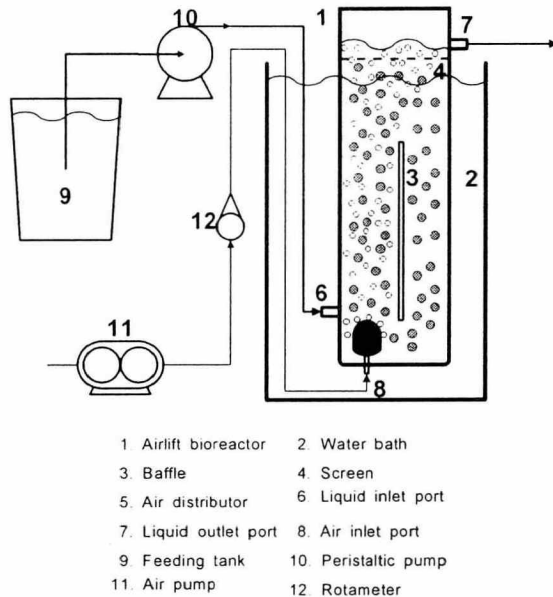


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental system using airlift bioreactor for ammonia removal.

결과 및 고찰

Fig. 2.는 bead 충전율 10, 15, 20%에 초기 암모니아 농도가 5 g/m^3 , 수력학적 체류시간이 0.35시간 일 때 공기 유입량에 따른 암모니아 제거효율을 나타낸 것이다. 이때 질화세균 고정화된 PVA bead를 유동하기 위한 최소 공기량은 0.5 vvm이었다.

공기 유입량 및 충전율이 증가함에 따라 제거효율 및 제거속도는 증가하였으나, 공기 유입량이 1.5 vvm 이상에서는 각 충전율에 대한 암모니아성 질소의 제거효율 및 제거속도는 거의 일정하였다. 또한 공기 유입량 1.5 vvm에서 각 충전율에 따라 제거속도는 $316.6 \pm 7.2 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$, 제거효율은 $92.8 \pm 2.2\%$ 를 보였다.

Fig. 3.은 암모니아성 질소의 농도가 5 g/m^3 일 때 공기부상식 생물반응기에 질화세균 고정화된 bead를 10, 15, 20%로 충전시켜, 수력학적 체류시간을 0.05, 0.1, 0.175, 0.25, 0.35 및 0.5시간으로 변화시켰을 때 암모니아성 질소의 제거속도 및 제거효율의 변화를 나타낸 것이다.

수력학적 체류시간이 0.5시간에서 0.05시간으로 감소함에 따라 충전율 10, 15, 20%의 암모니아성 질소의 제거속도는 점점 증가하였으며, 수력학적 체류시간 0.05시간에서 충전율 10%는 $1007 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$, 15%는 $1199 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$, 20%는 $1352 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 의 제거속도를 나타내었다. 이는 Tanaka et al.[4]이 PEG를 사용하여 실험한 결과인 $540 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 와 비교하여 암모니아성 질소의 제거속도가 높은 것으로 나타났고, 동일한 PVA 고정화로 실험을 한 Rostron et al.[5]의

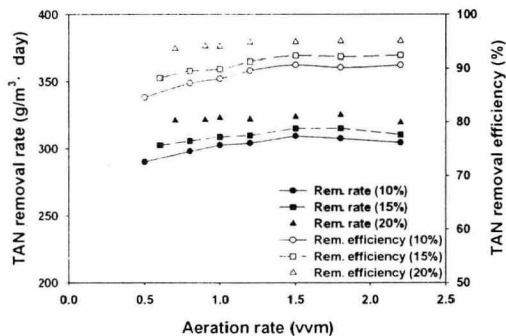


Fig. 2. The effect of aeration rate on TAN removal rate and TAN removal efficiency

700 g/m³·day와 비교하여도 높은 제거 속도를 보여주고 있다.

암모니아성 질소의 제거효율은 체류시간이 증가함에 따라 점점 증가하였으며 체류시간 0.35시간에서 충진율 10, 15, 20%의 암모니아성 질소의 제거효율은 모두 90% 이상으로 나타났고, 체류시간이 0.5시간에서는 최대 제거효율이 각 충진율에 대해서 각각 93.1%, 94.1%, 96.3%를 나타냈다.

체류시간이 감소함에 따라 제거효율 또한 감소하여 충진율 10%는 42.1%, 충진율 15%는 50.2%, 충진율 20%는 56.6%의 제거효율을 나타내고 있으며, 이는 체류시간이 짧을 경우 고정화된 질화세균과 합성 폐수와의 접촉기회의 증대와 물질 전달 속도의 향상으로 인해 제거 속도는 증가하는 반면, 접촉시간이 짧아져 질산화를 위한 충분한 시간이 확보되지 못했기 때문인 것으로 보고되어지고 있다[6].

수력학적 체류시간이 0.05시간에서 0.5시간으로 증가함에 따라 모든 충진율에서 반응기내 암모니아성 질소의 농도는 감소하였고 아질산성 질소의 농도는 0.05시간에서 0.1시간 사이에서는 증가하다가 0.1시간에서 0.5시간 사이에서는 점점 감소하였으며 최대점을 갖는 0.1시간에서 질산성 질소의 증가율이 가장 큰 것을 볼 수 있다. 질산성 질소는 수력학적 체류시간이 증가함에 따라 증가하였으며, 충진율이 커질 수록 총 무기질소의 양에 접근하였다.

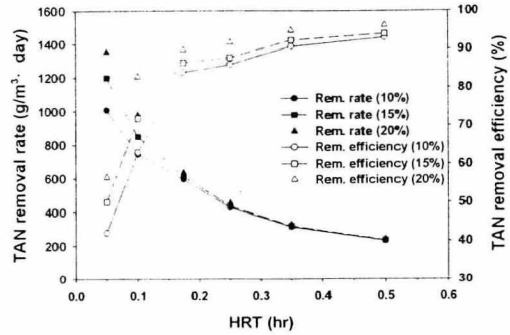


Fig. 3. The effect of HRT on TAN removal rate and removal efficiency.

참고문헌

1. Environmental Protection Agent, "Process design manual for nitrogen control"(1975), Office of technology transfer
2. Hashimoto, S. and Furukawa, K., "Immobilization of activated sludge by PVA-boric acid method"(1987), *Biotech. & Bioeng.*, 30, 52
3. APHA, AWWA and WEF, "Standard methods for the examination of water and wastewater"(1992), 18th ed., EPS Group
4. Tanaka, K., Nakao, M., Mori, N., Emori, H., Sumino, T. and Nakamura, Y., "Application of immobilized nitrifiers gel to removal of high ammonium nitrogen"(1994), *Water Sci. Tech.*, 29, 241
5. Rostron, W.M., Stuckey, D.C. and Young, A.A. "Nitrification of high strength ammonia wastewaters: comparative study of immobilisation media"(2001), *Water Research*, 35, 1169
6. Suh, K.H., Kim, Y.H., Cho, J.K., Kim, B.J., Sae, J.K., Park, E.J. and Kim, S.K. "PVA에 고정화된 질화세균에 의한 암모니아성 질소 제거"(1999), *J. of the Korean Environmental Sciences Society*, 8, 479