

고정화 질화세균을 이용한 저농도 암모니아의 고도처리 (II) 초기 암모니아 농도, 온도 그리고 pH의 영향

이정훈 · 김병진* · 이민수 · 나인걸 · 서근학

부경대학교 화학공학과, 부산 바이오기업 지원센터*

전화 (051) 620-1467, FAX (051) 620-1455

Abstract

This study estimated the effect of influent TAN concentration, temperature and pH in the airlift bioreactor(aeration rate; 1.5 vvm, HRT 0.35hr) using immobilized nitrifiers by PVA. At the effect of influent TAN concentration, removal rate was increased with increasing it and removal efficiency maintained $93\pm 2\%$. The optimum temperature for nitrification was 30°C and at this point, removal efficiency was $95.5\pm 1.5\%$. It was effective to nitrify at 10°C of low temperature. In the pH range from 7 to 9 in the bioreactor, removal rate and removal efficiency was $310\pm 10 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ and $94\pm 3\%$.

서론

수중의 암모니아성 질소(Total ammonia nitrogen, TAN)는 비이온성 암모니아(NH_3)와 이온성 암모니아(NH_4^+)의 형태로 평형을 이루며 존재하고 pH 및 온도에 영향을 받는다. 또한 질산성 질소 및 아질산성 질소로 산화되면서 수중의 용존산소를 소비시켜 BOD를 증가시키는 원인이 되므로 암모니아성 질소를 신속히 제거하는 수처리 공정이 필요하다.

자연적인 미생물에 의한 정화기능을 향상시킨 생물학적 암모니아 제거방법은 암모니아성 질소를 *Nitrosomonas*에 의해서 산소를 소비하여 아질산성 질소로, 아질산성 질소를 *Nitrobacter*에 의해서 산소를 소비하여 질산성 질소로 산화시킨 방법이다. 질화세균의 *Nitrosomonas*는 $10\sim 20^\circ\text{C}$, pH 6.5~7.5인 조건에서 0.1~0.61 day의 증식속도를 가지며 *Nitrobacter*는 같은 조건에서 0.1~0.45 day의 증식속도를 가진다[1]. 또한 고정화 미생물의 이용은 처리수와 미생물의 분리가 용이하고, 반응기 내부의 미생물 농도를 고농도로 유지할 수 있기 때문에 유입되는 폐수를 짧은 시간 안에 처리할 수 있고 또한 온도나 pH 같은 환경조건이 급격히 변화하거나 독성물질이 유입되어도 고정화 미생물 자체의 완충작용에 의해 활성이 크게 변하지 않는 장점이 있다. 본 연구는 질화세균 고정화된 PVA bead를 공기부상식 생물반응기를 이용하여 폐수 중 저농도 암모니아의 고도처리에 있어서 초기 암모니아의 농도, 온도 그리고 pH의 변화가 암모니아 산화 반응에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 질화세균을 PVA-boric acid법을 이용하여 직경이 4 mm 구형의 고정화 질화세균을 제조하여 공기 부상식 생물반응기에 충전시켜 실험을 수행하였으며, 반응기는 내경 6 cm,

높이 20 cm의 아크릴 관으로 제작하였으며 유출구의 높이는 18 cm로서 반응기내 액체 체적은 500 mL였으며 고정화 질화세균의 유동과 질화세균의 생장에 필요한 공기는 rotameter를 설치하여 공급하였고 생물반응기를 항온수조 내에 설치하여 반응기 내 온도를 조절하였다.

실험에 사용한 암모니아 함유 폐수는 TAN 농도를 $5 \pm 0.2 \text{ g/m}^3$ 으로 제어하여 사용하였다. 초기 유입 암모니아 농도의 변화의 영향을 알아보기 위하여 유입수의 TAN 농도를 2.5, 5, 7.5 및 10 g/m^3 으로 변화시켜 암모니아 제거속도 및 제거효율을 구하였다. 또한 pH 및 온도 변화에 따른 암모니아성 질소의 제거 영향을 알아보기 위하여 pH를 5.6에서 9.0으로, 온도를 10에서 35°C 로 변화시켜 관찰하였다.

암모니아성 질소의 분석은 선택성 전극(ORION-9512BN)을 사용하여 측정하였고, 용존산소는 용존산소 측정기(YSI-55)를 사용하여 측정하였으며, pH는 pH meter(ORION-290A)를 사용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1.은 수력학적 체류시간이 0.35시간이고 질화세균 고정화된 PVA bead를 10, 15, 20%로 충전시켜, 유입 합성폐수의 암모니아성 질소 농도를 2.5, 5, 7.5 및 10 g/m^3 으로 변화시켰을 때 암모니아성 질소의 제거속도 및 제거효율을 나타낸 것이다.

충진율 변화에 따른 암모니아성 질소의 제거속도 차는 크지 않았고 2.5 g/m^3 에서는 $155 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$, 10 g/m^3 에서는 $630 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 를 나타내었고 제거효율에 있어서도 초기 유입 암모니아성 질소의 농도의 변화에 따라 큰 변화 없이 90% 이상의 효율을 보여주고 있으며, 각 충전율에 따라 $93 \pm 2\%$ 의 제거효율을 보여주고 있다.

Fig. 2.는 수력학적 체류시간이 0.35시간이고 질화세균 고정화된 PVA bead를 10, 15, 20%로 충전시켜, 공기부상식 생물반응기내 온도를 10, 15, 20, 25, 30, 그리고 35°C 로 변화시켰을 때 암모니아성 질소의 제거속도 및 제거효율의 변화를 나타낸 것이다.

온도가 높아짐에 따라 암모니아 제거속도는 각 충전율에 있어서 큰 변화가 없었으며 온도에 따른 제거속도 또한 차이를 보이지 않으나 25°C 에서 $323 \pm 8 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 의 제거속도를 보이고 있으며, 10°C 에서 15, 20%의 충전율에서는 $295 \pm 5 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 의 제거속도를, 10%의 충전율은 $270 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 의 다소 낮은 값을 나타내고 있다.

제거효율은 30°C 에서 모든 충전율에 있어서 $95 \pm 2\%$ 의 효율을 보여주고 있으며 35°C 에서도 큰 차이가 없다. 그러나 충전율 10%는 10°C 로 온도가 감소함에 따라 제거효율이 79.8%까지 감소하였다.

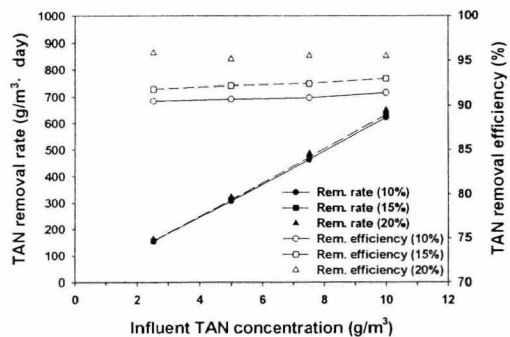


Fig. 1. The effect of influent TAN conc. on TAN removal rate and removal efficiency.

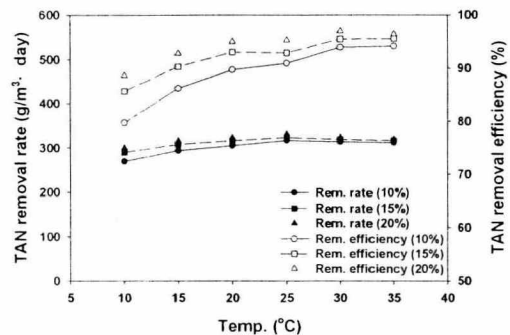


Fig. 2. The effect of temperature on TAN removal rate and removal efficiency.

Vogelsang et al.[2]은 PVA-SbQ/alginate gel bead에 의한 질산화 실험에 있어서 10~30℃의 온도 변화에 대해 25%의 활성 변화가 나타나 비교적 온도 변화에 대해 덜 민감하다고 하였다. 이는 본 실험의 결과와 비슷한 결과를 보여주고 있다.

또한 질화세균의 질산화 과정에 있어서 발열반응을 함으로 해서 PVA에 질화세균의 온도에 대한 완충작용과 더불어 질화세균 고정화된 PVA bead에 의한 질산화에 있어서 10℃의 낮은 온도에서도 충진율이 15, 20%에서 제거효율이 각각 85.7%와 88.7%를 유지할 수 있는 이유라고 판단

되어지며, 이는 우리나라 하폐수의 평균 수온이 10~15℃ 이고 이에 따른 고도처리에 있어서 온도에 대한 질산화에 큰 영향 없이 제거효율을 유지 할 수 있는 것으로 판단되어 진다.

Fig. 3은 수력학적 체류시간이 0.35시간이고 질화세균 고정화된 PVA bead를 10, 15, 20%로 충진시켜, 유입 합성 폐수의 pH를 6, 6.7, 6.8, 7.7, 8.7, 9.6으로 변화시켜 반응기 내의 pH에 따른 암모니아성 질소의 제거 속도 및 제거 효율의 변화를 나타낸 것으로 유입 합성 폐수의 pH보다 반응기 내의 pH가 0.8까지 감소하는 것은 질화세균에 의한 질산화 과정에 의한 것이며, 충진율 10, 15, 20% 모두 반응기 내 pH 7~9 에서 제거속도와 제거효율이 각각 $310 \pm 10 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 와 $94 \pm 3\%$ 로 유지함으로써 Sharma et al.[3]에 의해 보고된 질산화에 있어서의 최적 pH 조건인 7~8.5의 범위에 접근하는 것을 볼 수 있다. 그러나 pH가 6.1 이하로 감소하면서 제거속도와 제거효율 모두 급격히 감소하였다. 이는 Lahav et al.[4]이 보고한 pH 6.2 이하에서 최대 제거 속도의 50% 이상 감소한다는 것과 비슷한 결과를 보이고 있다.

그러나 본 실험에서는 충진율 10% 일 때 최적 pH조건에서 최대 $305 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 의 제거속도에서 pH 6으로 낮추었을 때 $223 \text{ g/m}^3 \cdot \text{day}$ 로 27%의 감소를 보여주고 있다. 이는 질화세균이 온도의 영향에서처럼 PVA에 의해 보호되어지고 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Strotmann, U.J., Windecker, G. "Kinetics of ammonium removal with suspended and immobilized nitrifying bacteria in different reactor systems"(1997), *Chemosphere*, 35, 2939
2. Vogelsang, C., Husby, A. and Østgaard, K. "Functional stability of temperature-compensated nitrification in domestic wastewater treatment obtained with PVA-SBQ/Alginate gel entrapment"(1997), *Water Research*, 31, 1659
3. Sharma, B., Ahlert, R.C. "Nitrification and nitrogen removal"(1977), *Water Research*, 11, 897
4. Lahav, O., Artzi, E., Tarre, S. and Green, M. "Ammonium removal using a novel unsaturated flow biological filter with passive aeration"(2001), *Water Research*, 35, 397

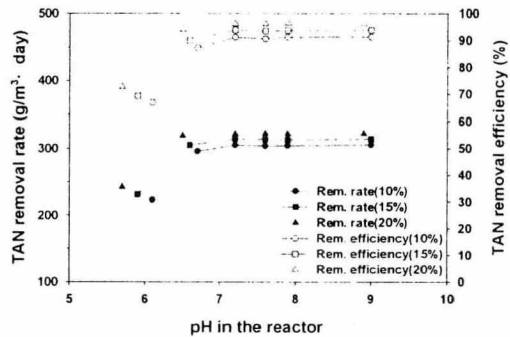


Fig. 3. The effect of pH on TAN removal rate and removal efficiency.