

양어장수의 암모니아 제거시 포괄고정화 미생물의 질산화 속도식 도출

이정훈 · 김병진 · 서근학
부경대학교 화학공학과

서론

총 암모니아성 질소(TAN)은 고밀도 양식에서 한계요소로 작용하는 수질인자 중의 하나이다. 생물학적 암모니아 처리공정의 효율적인 설계를 위해서는 생물반응기의 암모니아 제거속도식을 구하여 처리시스템의 최적 용량을 구하여야 한다. 그러나 현재까지 진행된 고정화 미생물을 이용한 암모니아 제거공정에 대한 연구는 고정화 재질의 특성이나 장치의 운전효율에 대한 것으로 속도식에 대한 연구는 부족하다.

본 연구에서는 polyvinyl alcohol(PVA)을 이용하여 고정화 질화세균균을 제조하고 이를 공기부상식 생물반응기에 적용하여 양어장수의 암모니아 제거 실험을 수행하여 암모니아 제거속도식을 도출하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 고정화 질화세균균은 질화세균균을 PVA에 포괄고정화 하여 사용하였으며, 실험 장치는 split-cylinder형태의 공기부상식 생물반응기를 제작하여 사용하였다. 반응기에 투입한 고정화 질화세균균의 양은 50 mL로 반응기 액체 용적의 10%(V/V)였다. 실험에 사용한 암모니아 함유 폐수는 TAN 농도를 $5 \pm 0.2 \text{ g/m}^3$ 으로 조절하여 사용하였으며 수력학적 체류시간은 1.0시간에서부터 0.05시간까지 줄이면서 행하였고 공기 공급량은 2.4 vvm으로 공급하였다. 유입수 pH는 7.3 ± 0.1 , 반응기내의 온도는 $25.4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 유지하였다.

결과 및 고찰

포괄 고정화 질화세균균에 의한 양어장수 처리시 적용할 수 있는 암모니아 제거 속도식은 Monod 식, 1차식, 그리고 1/2차식이 있다.

Monod 식은 고정화 미생물에 의한 암모니아 제거에 있어 전반적으로 잘 나타내며 다음과 같이 표현된다.

$$R = \frac{R_{\max} \cdot C}{K_s + C} \quad (1)$$

여기서 R은 반응기 액체 체적 기준 TAN제거속도($\text{g/m}^3 \text{ reactor} \cdot \text{day}$), R_{\max} 는 반응

기 액체 체적 기준 최대 TAN제거속도($\text{g/m}^3 \text{ reactor} \cdot \text{day}$), $K_s(\text{g/m}^3)$ 는 반포화상수이며 C 는 TAN 농도(g/m^3)이다.

1차 속도식은 반응속도를 표현하는 가장 간단한 형태 중의 하나로서 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$R = k_1 C \quad (2)$$

여기서 k_1 은 1차 속도식의 속도상수(day^{-1})이다.

Nijoh(1995)는 저농도와 살수여상 생물막 공정을 이용한 질산화 반응에 있어 1/2차 속도식을 이용할 경우 저농도와 전이영역에 대해 잘 적용될 수 있다고 하였고 그이상의 농도에 대해서는 0차 속도식을 제시하였다.

본 연구에서 목적으로 하는 양어장수의 암모니아 제거의 경우 TAN 제거속도가 최대농도에 도달하지 않고 전이영역에 머무르므로 1/2차 속도식을 사용할 경우 보다 용이하게 이용할 수 있다. 미생물에 의한 암모니아 제거 반응에 있어 포괄법에 의해 고정화된 미생물도 생물막 공정과 크게 다르지 않으므로 다음과 같은 1/2차 속도식을 적용시킬 수 있다.

$$R = k_{1/2} C^{1/2} \quad (3)$$

여기서 $k_{1/2}$ 는 1/2차 속도식의 속도상수($(\text{g/m}^3)^{0.5} \cdot \text{day}$)이다.

Fig. 1는 Monod 식, 1차 속도식, 1/2차 속도식에 의해 얻어진 TAN 농도 변화에 따른 제거속도의 변화와 실험에서 얻어진 결과를 비교하여 나타낸 것이다.

Monod 식의 경우 Lineweaver-Burk plot을 이용한 선형회귀 분석 결과 상관계수 r^2 가 0.993으로 잘 표현되었으며 최대 TAN 제거속도는 $640 \text{ g/m}^3 \text{ reactor} \cdot \text{day}$, 반포화상수 K_s 는 1.667 g/m^3 이었다. 또한 1/2차 속도식에 의한 회귀 결과 상관계수 r^2 이 0.972로 높은 상관성을 보였으며 이때 구해진 속도상수 $k_{1/2}$ 는 $235 (\text{g/m}^3)^{0.5} \cdot \text{day}$ 였다. 그러나 1차 속도식의 회귀 결과는 실험 결과와 비교적 큰 차이를 보이고 상관계수 r^2 이 0.569로 매우 낮게 나타나는 것으로 보아 1차 속도식은 부적합한 것으로 나타났다.

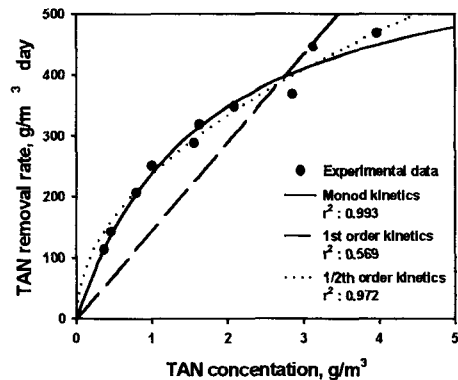


Fig. 1. The comparison between the experimental data and the regression result of three different kinetics.

참고문헌

Nijoh, M. 1995. Bacterial Stratification and Hydraulic Loading Effects in a Plug-flow Model for Nitrifying Trickling Filters Applied in Recirculating Fish Culture systems, *Aquaculture*, 134, pp. 49.