

## 활어수조의 포말분리 - 수력학적 체류시간 영향

이창근, 신정식, 서근학\*

부경대학교 화학공학과  
(khsuh@pknu.ac.kr\*)

### Removal of Wastes in Seawater Aquarium on Hydraulic Residence Time of a Foam Separator

Chang-Keun Leek, Jeong-Sik Shin and Kuen-Hack Suh\*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University  
(khsuh@pknu.ac.kr\*)

#### 서론

최근 생활수준의 향상에 따른 어류의 수요가 증대되고 이에 따라 어류양식 산업과 활어의 유통산업이 성장하고 있다. 활어업소의 경우 활어에 의한 수조내의 오염물 증가와 용존 산소의 감소로 인해 활어가 죽는 문제점이 야기 되었다(1).

이에 최근 수중의 생물학적 오염물 제거 방법으로 연구되고 있는 포말분리법은 활어 수조에 적용하기 용이하다. 특히 활어수조에서 어류에 의해 발생하는 생물학적 오염물 중 단백질 성분은 계면활성제 역할을 하기에(2) 포말분리를 활어수조와 같은 어류에 의한 생물학적 오염물 제거 공정에 적용할 경우 별도의 계면활성제를 첨가하지 않아도 되기 때문에 매우 적합한 공정이라 할 수 있다(3).

본 연구에서는 포말분리장치를 활어수조 설치하여 포말분리장치에 의한 활어수조내의 단백질, 부유성고형물 등의 오염물 제거속도를 구하여, 이를 토대로 실제 활어수조에 적용할 수 있는 포말분리장치의 개발에 필요한 기초 자료로 활용하기 위해 포말분리장치의 수력학적 체류시간에 따른 단백질 및 부유성고형물의 제거특성에 대해 알아보았다.

#### 실험

Fig.1 은 본 실험에서 사용한 포말 분리장치도를 나타낸 것으로서 내경 10 cm, 높이 50 cm 의 아크릴 관을 사용하여 제작하였으며, 액 본체 부피는 3 L 이었다. 또한 장치하부에 유리 여과기를 이용한 공기 분산기를 설치하여 기포가 균일하게 발생하도록 하였다. 포말분리장치의 수력학적 체류시간은 by pass line 에 설치된 밸브를 이용하여 조절하였으며, 공압공기유속은 1.5 cm/sec 로 일정하게 조절하였다.

수조용수는 담수를 인공해수시약(Colalife, USA)으로 염도를 30 ‰로 맞춘 후 사용하였으며, 수조의 단백질 농도는 부경대학교 부속 양어장에서 수거된 포말농축물을 첨가하여 조절하였다. 단백질의 농도 분석은 Lowry의 방법(4)에 의해 수행하였으며 총 부유 고형물의 농도는 standard method(5)

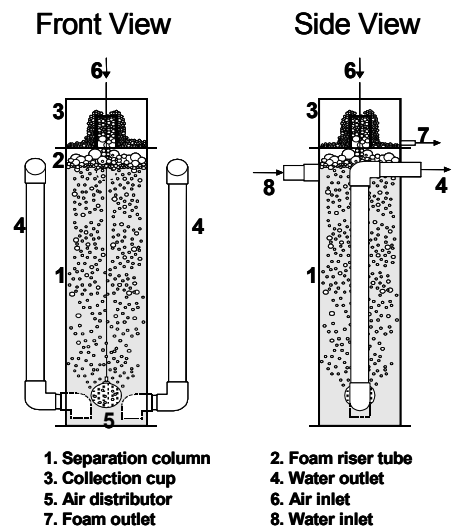


Fig. 1 The schematic of foam separator.

에 따라 진공여과법으로 분석하였다. 탁도는 탁도계(Model 2100N, Hach Co. Ltd.)를 이용하여 측정하였다.

포말분리장치에 의한 수조내의 단백질, 총부유성 고형물, 탁도 등의 제거속도와 제거율은 포말분리장치의 제거속도와 같으므로 각 성분의 제거속도는 포말분리장치의 유입수와 유출수의 농도를 측정하여 계산하였다.

$$-r_a = \frac{C_{i,a} \cdot Q_i - C_{o,a} \cdot Q_o}{V} \quad (1)$$

$$R_e [\%] = \frac{C_{i,a} - C_{o,a}}{C_{i,a}} \times 100 \quad (2)$$

$-r_a, R_e$  : 각 성분의 제거속도(g/L·day 또는 NTU/day)와 제거율이다.

$C_{i,a}, C_{o,a}$  : 각 성분의 유입수 및 유출수의 농도(g/L 또는 NTU)이다.

$Q_i, Q_f$  : 는 유입수와 유출수의 유량(L/day)이다.

$V$  : 포말분리장치의 액본체 부피(L)이다.

### 결과 및 고찰

Fig. 2는 포말분리장치의 수력학적 체류시간에 따른 단백질의 평균제거속도와 평균제거율을 나타낸 그림이다. 포말분리장치의 수력학적 체류시간이 0.25 분에서 0.5 분으로 증가함에 따라 단백질의 평균제거속도는 11.04 g/L·day에서 14.4 g/L·day로 증가하였으나, 수력학적 체류시간이 0.5분 이상이 될 경우에는 오히려 제거속도가 감소하는 것으로 나타났다. 또한 단백질의 평균제거율은 수력학적 체류시간이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타나서 단백질 제거속도와 반대의 경향을 나타냈다. 본 연구의 결과에서 수력학적 체류시간이 0.5 분일 때 단백질 제거속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 수력학적 체류시간 0.5 분 이상에서 단백질 제거속도가 수력학적 체류시간이 증가할수록 감소하는 것은 수력학적 체류시간이 증가할수록 포말분리장치로 유입되는 단백질의 양은 감소하고 이에 따라 기·액 계면과 접촉하는 단백질의 양도 감소하여, 결과적으로 흡착되는 단백질의 양도 감소하여 단백질 제거속도가 감소하는 것으로 판단된다. 또한 수력학적 체류시간 0.5 분 이하에서 수력학적 체류시간이 감소할수록 단백질 제거속도가 감소하는 현상은 수력학적 체류시간이 너무 짧아질 경우 유속이 너무 빨라지기 때문에 단백질이 기·액 계면에 흡착되는 시간보다 포말분리장치를 통과하는 시간이 더 빠르기 때문에 결과적으로 단백질 제거속도가 감소하는 것으로 판단된다.

Fig. 3는 포말분리장치의 수력학적 체류시간에 따른 총부유성고형물의 평균 제거속도와 평균 제거율을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 수력학적 체류시간의 변화에 따른 총부유성 고형물의 제거속도는 단백질의 제거속도와 거의 유사한 경향을 나타내었으며, 최대 제거속도는 수력학적 체류시간 0.5 분에서 38.9 g/L·day 이었다. 총부유성 고형물의 제거율은 수력학적 체류시간이 0.25 분에서 0.75 분으로 증가함에 따라 19 %에서 36 %로 거의 직선적으로 증가하였으나 0.75 분 이상의 체류시간에

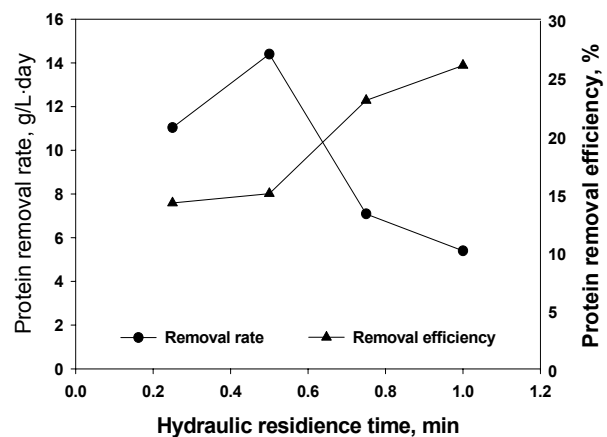


Fig. 2 The change of protein removal rate and removal efficiency with respect to hydraulic residence time.

서는 36-38 % 로 거의 증가하지 않았다. 이와 같이 수력학적 체류시간의 변화에 따라 총부유성 고형물의 제거속도와 단백질 제거속도가 유사하게 변화하는 것은 포말분리시 단백질 성분이 기액 계면에 흡착되고 여기에 부유성 고형물이 이온적으로 흡착되는 현상 (6)에 의한 것으로 사료된다.

Fig. 4 은 포말분리장치의 수력학적 체류시간에 따른 탁도의 제거속도와 제거율을 나타낸 그림이다. 탁도의 제거율은 수력학적 체류시간이 0.25 분에서 0.75 분으로 증가함에 따라 19 %에서 46 % 로 거의 직선적으로 증가하였으나, 0.7분 이상의 수력학적 체류시간에서 46-49 % 정도로 거의 변화가 없었다. 또한 탁도의 제거속도는 수력학적 체류시간 0.5 분까지는 점차 증가하다가 그 이후부터는 감소하는 것으로 나타났으며 수력학적 체류시간이 0.5 분일 때 3885 NTU/day로 최대 제거속도를 나타냈다. 이와 같이 탁도가 제거되는 경향이 총부유성 고형물이 제거되는 경향과 비슷하게 나타나는 이유는 탁도의 주요 유발물질이 총부유성 고형물 성분 (7)이기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 5는 포말분리장치의 수력학적 체류시간 변화에 따른 탁도와 총부유성고형물의 제거속도의 비를 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 탁도와 총부유성 고형물의 제거속도 비는 평균 100 정도로 거의 비슷하게 나타났다. 이는 앞서 언급했듯이 탁도를 유발하는 주요 물질이 총부유성고형물이기 때문에 총부유성고형물이 제거되는 만큼 탁도도 제거되므로 이에 따라 제거속도의 비도 거의 일정하게 나타난 것으로 사료된다.

**결론**

포말분리장치의 수력학적 체류시간이 0.25 분에서 0.5 분으로 증가함에 따라 단백질의 평균제거속도는 11.04 g/L·day에서 14.4 g/L·day로 증가하였으나, 수력학적 체류시간이 0.5분 이상이 될 경우에는 오히려 제거속도가 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 총부유성 고형물의 제거율은 수력학적 체류시간이 0.25 분에서 0.75 분으로 증가함에 따라 19 %에서 36 % 로 거의 직선적으로 증가하였으나 0.75 분 이상의 체류시간에서는 36-38 % 로 거의 증가하지 않았다. 이와 같이 수력학적 체류시간의 변화에 따라 총부유성 고형물의 제거속도와 단백질 제거속도가 유사하게 변화하였다. 탁도의 제거 특성은 단백질과 총부유성 고형물의 제거특성과 비슷한 것으로 나타났다.

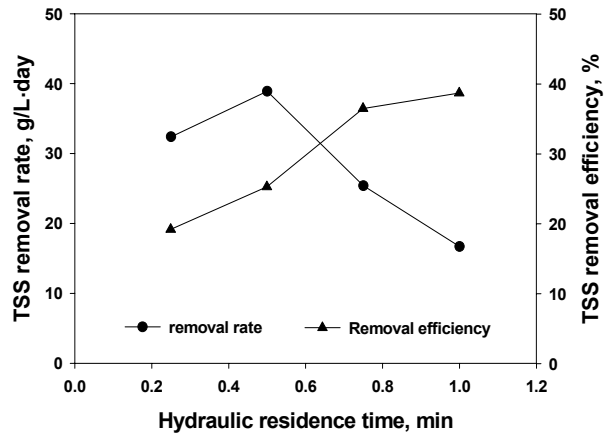


Fig. 3 The change of TSS removal rate and removal efficiency with respect to hydraulic residence time.

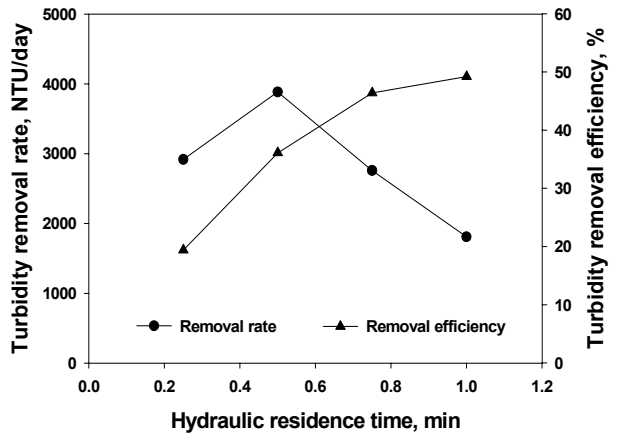
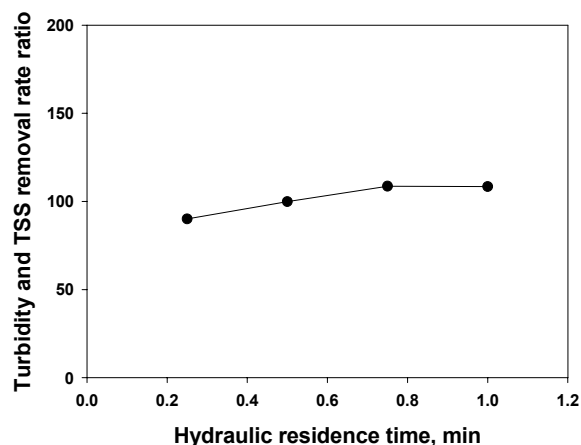


Fig. 4 The change of turbidity removal rate and removal efficiency with respect to hydraulic residence time.



**Fig. 5 The change of turbidity and TSS removal rate ratio with respect to hydraulic residence time.**

### References

1. Van der Geest, H. G., W. J. Soppe, G. D. Greve, A. Kroon and M. H. S. Kraak. 2002. Combined effects of lowered oxygen and toxicants (copper and diazinon) on the mayfly ephoron virgo, *Environ. Toxicol. Chem.*, 21(2), 431-436.
2. Phillips, L. G., S. E. Hawks and J. B. German. 1995. Structural characteristics and foaming properties of  $\beta$ -lactoglobulin : Effects of shear rate and temperature, *J. Agric. Food Chem.*, 43(3), 613-619.
3. Bhattacharjee, S., R. Kumar and K. S. Gandhi. 2001. Modeling of protein mixture separation in a batch foam column, *Chem. Eng. Sci.*, 56, 5499-5510.
4. Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent, *J. Biol. Chem.* 193, 265-275.
5. APHA, AWWA and WPCF. 1992. Standard Method for the Examination of Water and Wasterwater. 16th ed., American Public Health Association Inc., New York, pp. 132-133.
6. Chen, S. 1991. Theoretical and experimental investigation of foam separation applied to aquaculture, Ph. D. Thesis, Cornell University, Ithaca, New York, USA, pp. 231.
7. Tchobanoglous, G. and E. D. Schroeder. 1985. Water Quality, Addison-Wesley Publishing Company, California, pp. 56.