

## 양조장 생체 폐기물에 의한 반응성 염료의 흡착

이진영\*, 이수연, 김현이, 김태영, 조성용, 김승재<sup>1</sup>  
 전남대학교 환경공학과, <sup>1</sup>전남대학교 환경연구소  
 (cecillee@hanmail.net\*)

## Biosorption of reactive dye on the waste brewery biomass

Jin-Yong Lee\*, Su-Youn Lee, Hyun-Yi Kim, Tae-Young Kim,  
 Sung-Yong Cho, Seung-Jai Kim<sup>1</sup>  
 Department of Environmental Engineering,  
<sup>1</sup>Environmental Reach Institute, Chonnam National University  
 (cecillee@hanmail.net\*)

### 1. 서론

물은 생명의 근원이며, 동식물의 생존을 위한 필수자원이다. 그러나 현재 배출되고 있는 오염물들은 자연계의 자정한계를 넘어 인간과 동식물의 생존 자체를 위협하고 있다. 이렇게 오염된 환경을 정화하기 위한 인간의 노력이 계속되고 있다[1]. 환경오염은 크게 대기오염과 토양오염, 수질오염으로 나눌 수 있으며, 그중 수질오염은 공장폐수와 생활하수가 그 주범이 되고 있다. 폐수 처리의 한 방법으로 소개된 흡착 기술은 다른 방법과 마찬가지로 여러 방면에서 다양하게 이용되고 있으며 흡착능이 우수한 흡착제를 개발하고 발전시키기 위한 노력이 계속 되고 있다[2].

폐수중의 색의 존재는 심미적으로 바람직하지 않을 뿐만 아니라 대부분의 염료와 안료는 비활성이거나 난분해성물질로서[3] 폐수처리공정에서 2차 오염에 영향을 미친다. 또한 이러한 염료의 일부는 생물축적, 동물과 인간의 건강에 관한 장기적인 영향에 대해서 아직까지 명확히 알려진 바가 없으며 특히 새로운 유형의 염료는 생분해성이 매우 낮다[4]. 그러므로 염색폐수를 배출하기 전에 폐수 중에 존재하는 착색물질을 제거하는 것은 필수 불가결하다. 색 제거에 응용되는 기술로는 응집침전법, Fenton 산화법, Ozone처리법, 전자빔에 의한 처리법, 활성탄 흡착에 의한 처리법, 막분리법, 미생물 처리법 등이 있다. 일반적으로 생물학적 처리공정은 폐수중의 BOD와 부유물질을 감소시킬 수 있지만 색을 제거시키는 데는 비효과적이며[5], 콜로이드 플럭은 밀도가 매우 낮고 침전속도가 느려서 침전공정에는 오히려 비효과적이다. 염색폐수의 처리는 한 가지 방법에 의해서는 해결하기 어렵기 때문에 오염원의 정확한 특성 파악 및 기존 처리시설과의 연계 처리문제, 경제성 등을 고려하여 신중하게 결정되어야 한다. 아직까지도 국내에서는 염색폐수의 색 제거에 관한 명확한 처리 기법이 제시되고 있지 않은 상태이므로 선정방법에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 본 연구에서는 양조장 폐 생물 흡착제를 이용하여 염색폐수의 색 제거에 관하여 연구하였다. 본 연구에 사용된 생물흡착제는 효모의 dead cell로서 효모는 다양한 곳에서 사용되어지고 있다. 효모는 곰팡이나 버섯 무리이지만 균사가 없고, 광합성능이나 운동성도 가지지 않는 단세포 생물을 총칭한다. 전형적인 효모는 출아에 의해 증식하는 크기 8 $\mu$ m의 타원형 또는 구형인 세포이다. 효모의 어원은 그리스어로 '끓는다'는 뜻을 가지며, 이것은 효모에 의한 발효 중에 이산화탄소가 생겨 거품이 많이 생기는 것에서 유래한다. 대부분 효모는 토양 속에 살지 않으며 꽃의 꿀샘이나 과실의 표면과 같은 당 농도가 높은 곳에 많이 생육하고 있다. 당을 발효시켜 에탄올과 이산

화탄소를 생산하는 능력을 가진 것이 많다. 효모 자체는 값싼 지방, 단백질원으로 축산 사료에 사용되고 있다. 비타민 B군을 풍부하게 함유하고 또 비타민 D를 함유하는 것도 있으며 의약품 공업에도 사용되고 있다. 본 연구에서 사용된 효모는 인근의 맥주공장에서 가져온 것으로 대부분이 가축의 사료용으로 사용되고 있는 실정이다[6]. 따라서 본 연구에서는 효모를 이용하여 염료제거의 특성을 고찰하고자 한다.

## 2. 실험

본 실험에서 사용한 생물흡착제는 인근 맥주공장에서 사용한 맥주 발효 효모이다. 효모는 3차 증류수로 세척하였으며, 이때 침전을 통해 상등액을 분리하여 상등액이 깨끗해질 때 까지 수차례 세척하였다. 세척한 효모는 건조기(LVO 2060, Daihan Labtech Co.)를 통하여 80℃, 진공 상태에서 48시간 건조시키고 이를 분쇄하여 미국 표준체(U.S. standard testing sieve)를 이용하여 실험에 사용할 흡착제(biomass, 평균직경;122.5 $\mu$ m)를 준비하였으며 이를 데시케이터에 보관하여 사용하였다. 본 연구에서 사용한 합성폐수는 반응성 염료(Reactive black5)를 2차 증류수에 용해시켜 제조하였다. 효모에 의한 염료폐수의 흡착에서 흡착의 최적조건을 찾기 위해 회분식 실험을 수행하였으며, 반응조건으로 pH, biomass의 양, 온도, 반응시간의 네가지 조건을 변화시키며 흡착실험을 수행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 효모의 특성

본 실험에서 사용한 효모의 물리적인 특성을 분석하여 table 1에 나타내었다. 비표면적은 BET method를 이용하였으며 흡착제의 기공구조를 파악하기 위해 기공도 측정기로 총 세공부피, 평균 세공반경 및 세공 크기 분포를 측정하였다.

Table 1. Physical properties of biomass used in this study

Properties	Values
Particle size(mm)	0.075~0.150
BET surface area(m <sup>2</sup> /g)	1.792
Average pore radius(Å)	21.125
Total pore volume(cm <sup>3</sup> /g)	0.0002
Porosity(%)	24.275

본 연구에 사용된 효모의 비표면적은 흡착제로 널리 사용되고 있는 활성탄이나 활성탄 소섬유 등의 비표면적 (696~1953m<sup>2</sup>/g)에 비해 1.792m<sup>2</sup>/g으로 상당히 작은 비표면적을 가지고 있었다. 그러나 *A.niger*라는 fungi를 이용하여 제조한 흡착제의 비표면적 (0.235m<sup>2</sup>/g)에 비하여 7.6배 정도 컸다.

흡착제로 사용한 효모 표면의 특성을 알아보기 위하여 주사전자 현미경으로 500배율 확대한 사진을 Fig.1에 나타내었다. 세척한 후 분쇄과정을 거친 효모는 Powder상태가 되었으며, SEM사진을 통해 관찰한 결과 여러 개의 효모가 뭉쳐 약 50~70 $\mu$ m의 크기의 pore를 형성하였다.

### 3.2 흡착속도

효모의 초기 투입량 (0.5, 1.0, 2.0g/L)과 온도 (15, 25, 35°C) 및 pH(3, 7.2, 10)의 변화에 따른 흡착량과 교반시간에 따른 흡착영향을 알아보기 위하여 염료의 농도는 100mg/L로 일정하게 조제하였다. 제조된 염료 수용액을 200rpm으로 교반하면서 일정시간 간격으로 염료폐수의 잔류 농도를 측정하여 결과를 그림2-5에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 효모의 초기 농도 값이 적을수록 흡착량이 적었고, 온도가 높을수록 그리고 pH가 산성일수록 흡착이 잘 이루어졌다.

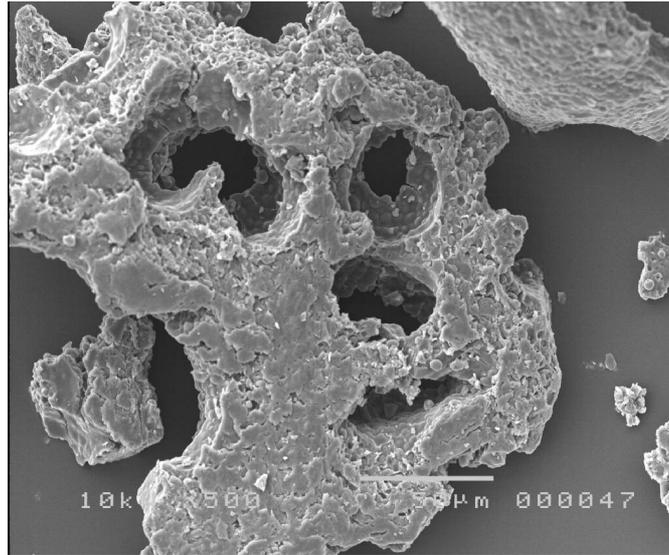


Fig.1. SEM photographs for external surface of biomass

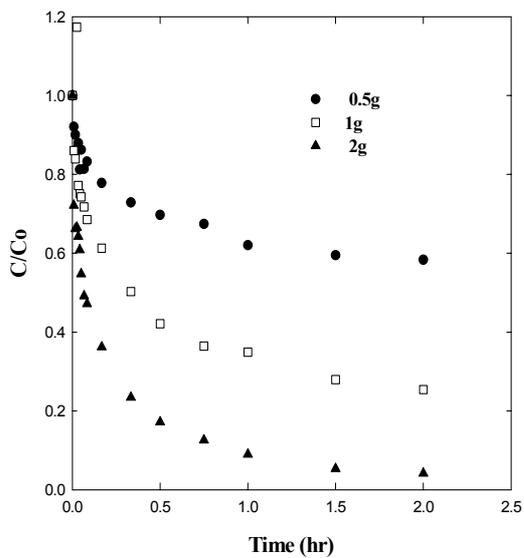


Fig. 2. Concentration decay curves of dye-5 onto biomass (pH 3, 25°C)

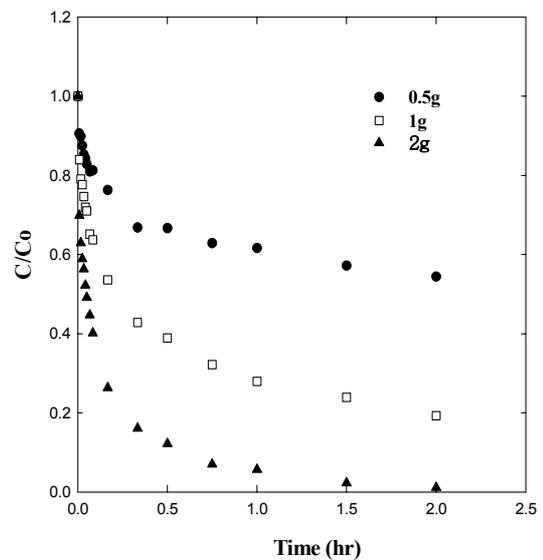


Fig. 3. Concentration decay curves of dye-5 onto biomass (pH 3, 35°C)

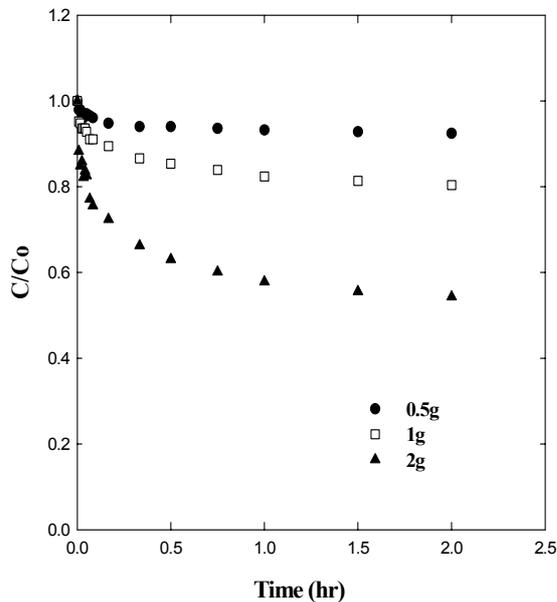


Fig. 4. Concentration decay curves of dye-5 onto biomass (pH 7.2, 25°C)

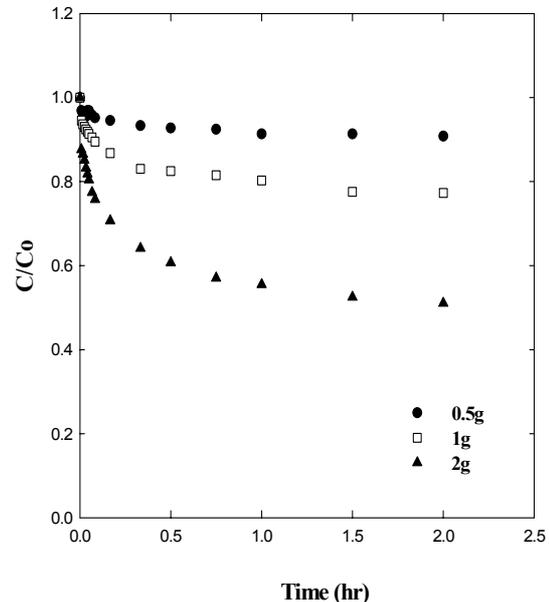


Fig. 5. Concentration decay curves of dye-5 onto biomass (pH 7.2, 35°C)

#### 4. 결 론

본 연구에서는 맥주공장에서 사용한 후 가축 등의 사료로 쓰이는 효모로부터 biomass 흡착제를 만들어 수용액 중의 염료의 흡착 제거의 대한 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) biomass 흡착제의 비표면적은 일반적 흡착제로 널리 사용되고 있는 활성탄이나 활성탄소섬유 등의 비표면적 (696~1953m<sup>2</sup>/g)에 비해 1.792m<sup>2</sup>/g으로 훨씬 낮았으나, *A. niger* (fungi)로부터 제조한 biomass 흡착제의 비표면적 (0.235m<sup>2</sup>/g)에 비하여 7.6배 정도 컸다.
- (2) 효모의 초기농도 값이 증가함에 따라 흡착량이 증가하고, 염료의 온도가 증가하고 pH가 산성에 가까울수록 흡착량이 증가하였다.
- (3) 효모를 이용하여 염료폐수를 분리할 경우 용액의 온도변화 보다는 pH에 따른 흡착량 변화가 큼을 알 수 있었다. 그러므로 온도보다는 pH조절이 매우 중요함을 알 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

1. Park.W.H.: "Challenges in Chemical Engineering of Korea", Seoul, 132 (1997)
2. Ruthven, D.M.: "Principle of Adsorption and Process", Wiley-Interscience (1994)
3. Laing IG, *Rev. Prog. Coloration*, **21**, 56 (1991)
4. Hatton W, Simpson AM, *Environ. Technol. Letts.*, **7**, 413 (1986)
5. Cabero.MI, Riera FA, Alvarez R, *J. Membr. Sci.*, **154**(2), 239 (1999)
6. 추교열, 양조장 생체 폐기물에 의한 아연-시안 착화합물의 흡착 특성, 전남대학교 석사학위논문 (2004)
7. Ghayeni SBS, Beatson PJ, Schneider RP, Fane AG, *J Membr.Sci.*, **138**(1), 29 (1998)
8. Ananthpadmanabhan K, Somasundaran P, Healy TW, *Trans. Soc. Min. Engrs.*, **266**, 2003 (1979)
9. Mavros P, Danilidou AC, Lazaridis NK,
10. 김선일, "부상공정과 막분리를 이용한 염색 폐수의 색 제거" J.Korean Ind Eng Chem.