

## PE14) Yeast와 *Pseudomonas* sp.의 VOCs 생분해 특성 비교 Biodegradation of VOCs Mixtures by Yeast and *Pseudomonas* sp.

장현설 · 정미영 · 황선진

경희대학교 환경응용과학대학 환경공학과, 환경연구센터

### 1. 서론

산업현장에서 배출되는 VOCs는 다양한 화합물로 구성되어 있어 생물학적으로 처리할 경우 저해(inhibition), 경쟁(competition), 촉진(stimulation)과 같은 기질간의 상호작용(substrate interaction)이 발생하게 된다. Alvarez와 Vogel(1991)은 순수균주와 혼합균주를 대상으로 benzene, toluene, p-xylene 혼합기질에 대한 기질 상호작용을 조사하여 toluene은 다른 기질의 분해를 촉진시키며, 반대로 p-xylene은 저해한다고 보고하였다. 이와 유사한 연구사례로 BTEX의 분해능을 평가한 결과, ethylbenzene이 저해작용을 일으킨다는 보고가 있었다(Deeb et al., 1998). 기질간의 상호작용은 대상 미생물과 혼합기질의 성상, 그리고 반응조건에 따라 다양한 형태로 변화하므로 이에 대한 정보가 절실한 상황이다. 이에 본 연구에서는 yeast의 일종인 *Candida tropicalis*와 bacteria에 속하는 *Pseudomonas* sp. TDB4를 대상 미생물로 하여 benzene, toluene, p-xylene, styrene의 분해특성을 각각 조사하고 비교평가 하였다.

### 2. 연구 방법

유일탄소원으로 toluene을 주입한 최소액체배지에 *Candida tropicalis*와 *Pseudomonas* sp. TDB4를 접종하고 1일 동안 적응시킨 후 다음과 같이 VOCs의 분해능을 평가하였다. 균주의 농도는 분광광도계(X-ma 2000, Human Co. Korea)를 이용하여 0.2 OD<sub>600</sub>로 조절하였으며 준비된 균주를 200mL bottle에 각각 50ml씩 주입한 후 밀봉하였다. 단일기질과 혼합기질의 분해능을 평가하기 위하여 B, T, X, S, BT, BX, BS, TX, TS, XS, BTXS 등 11가지 조건을 설정하여 각각 총탄소의 농도가 1mM이 되도록 주입하였다. 이렇게 제조된 시료들을 교반배양기(30°C, 180rpm)에 넣고 20분 간격으로 기상 VOCs의 농도를 FID가 장착된 가스크로마토그래피(M600D, Younglin Co., Korea)를 이용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 bacteria(*Pseudomonas* sp. TDB4)와 yeast(*Candida tropicalis*)의 B,T,X,S 단일기질과 혼합기질(quadruple)에 대한 분해능을 비교하여 나타내었다.

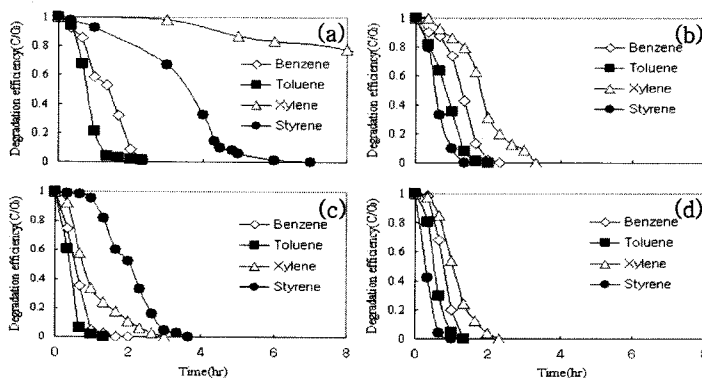


Fig. 1. Results of the degradation of individual VOCs and quadruple VOCs mixtures by bacteria and yeast (a) Individual, bacteria (b) Quadruple mixture, bacteria (c) Individual, yeast (d) Quadruple mixture, yeast.

그 결과 *Pseudomonas* sp. TDB4는 p-Xylene의 분해능이 매우 낮았으나, 이에 비해 *Candida tropicalis*는 p-Xylene도 잘 분해하는 것을 알 수 있었다. 단일기질의 경우 p-Xylene의 분해능에서 가장 큰 차이점을 보였으나 혼합기질의 분해패턴은 S > T > B > p-X 순으로 동일하게 나타났다. 표 1은 B, T, p-X, S 단일기질과 복합기질의 분해 순서를 균주별로 정리한 결과이다. 혼합기질의 분해패턴은 모든 조건에서 동일하였으나 단일기질에서는 p-Xylene과 styrene의 결과가 상이하였다. 또한 모든 조건에서 전체적으로 *Candida tropicalis*의 VOCs 분해능이 우수하게 나타났다. 이러한 이유는 균주별로 분해효소의 특성이 다르고 이로 인해 중간생성물의 종류와 분해기작이 달라지기 때문으로 판단된다.

Table 1. Order of biodegradation rates for individual VOCs and various mixtures by bacteria and yeast.

Substrate	<i>Pseudomonas</i> sp. TDB4	<i>Candida tropicalis</i>
Individual VOC	B, T, pX, S	T > B > p-X > S
VOCs in Mixture (dual substrate)	B, T	T > B
	B, p-X	B > p-X
	B, S	S > B
	T, p-X	T > p-X
	T, S	S > T
p-X, S	S > p-X	S > p-X
VOCs in Mixture (quadruple substrate)	B, T, pX, S	S > T > B > p-X

그림 2에는 균주별로 p-xylene과 benzene, toluene, styrene의 기질 상호작용에 관하여 분석한 결과를 나타내었다. *Pseudomonas* sp. TDB4에 의한 p-xylene의 분해결과(a)에서는 단일기질보다 benzene, toluene과 함께 존재할 때 분해가 증진되는 전형적인 공대사(cometabolism)의 특징을 나타내었으며 *Candida tropicalis*에 의한 p-xylene의 분해에서는 styrene이 저해작용을 일으키는 것을 알 수 있었다.

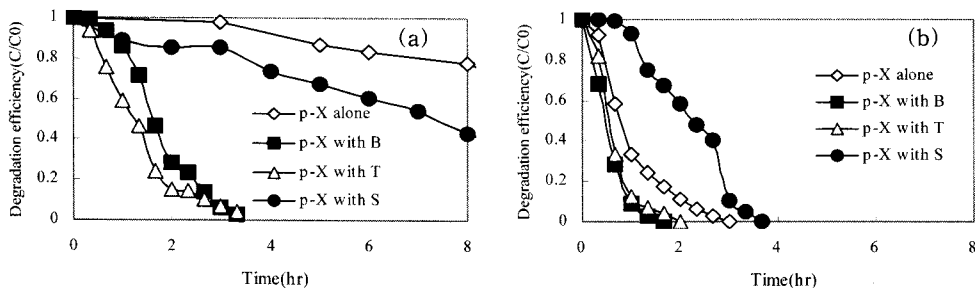


Fig. 2. Typical curves illustrating degradation of p-xylene in the presence of another VOCs (toluene, benzene, styrene) by (a) bacteria and (b) yeast

### 참 고 문 헌

- Alvarez, P.J. and T.M. Vogel (1991) Substrate interactions of benzene, toluene and para-xylene during microbial degradation by pure cultures and mixed culture aquifer slurries. *Appl. Environ. Microbiol.*, 57, 2981-2985.
- Deeb, R.A. and L. Alvarez-Cohen (1998) Temperature effects and substrate interaction during the aerobic biotransformation of BTEX mixtures by toluene-enriched consortia and *Rhodococcus rhodochrous*, *Biotechnol Bioeng.*, 62, 526-536.