

각종 white rot fungi에 의한 분산염료의 색제거 비교

이현욱, 손동찬, 임동준

영남대학교 응용화학공학부

전화 (053) 810-2527, FAX (053) 814-8790

Abstract—Batch culture system and continuous culture system were used to investigate the removal of disperse dye using several white rot fungi. White rot fungi used in the study were *Coriolus hirsutus* IFO 4917, *Lenzites betulina* IFO 6266, *Coriolus versicolor* IFO 30340 and *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249.

The results of the batch culture experiment showed that white rot fungi used in this study had excellent dye removal abilities. *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249 was especially effective on the removal of disperse dyes.

And continuous treatment of disperse red-60 was studied under bioreactor with vertical matrix using *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249. The removal efficiency of disperse red-60 were more than 95% in 0.20 ~ 1.50 hr⁻¹ dilution rate and 90% in 1.83h⁻¹ dilution rate.

서 론

백색부후균이 생산하는 ligninase나 lignin peroxidase등의 효소는 lignin을 분해할 수 있을 뿐만 아니라 염료분해가 가능하다. 백색부후균을 이용한 생물학적 염료분해에 대한 연구를 보면, Glenn 등은¹⁾ *Phanerochaete chrysosporium*을 이용한 몇 가지 polymeric dye의 색도 제거에 대한 연구결과를 발표하였으며, Platt등은²⁾ *Pleurotus ostreatus*를 이용하여 poly-blue의 색제거에 대해 연구하였으며, Ohmomo 등은^{3,4)} *Coriolus versicolor* Ps4a를 이용하여 melanoidin의 색도제거 및 생분해에 대한 연구결과를 발표했다. 이 외에도 백색부후균을 이용한 색제거에 많은 연구가 있었다.

본 연구에서는 난분해성인 anthraquinone계를 포함한 분산염료들에 대한 색도를 제거하기 위해 몇몇 white rot fungi를 이용하여 회분식과 연속식으로 반응을 수행하여 각종 균류에 따른 염료 제거효율을 비교하여 보았다.

재료 및 방법

본 연구에 사용한 미생물은 4종류의 white rot fungi로써 *Coriolus hirsutus* IFO 4917, *Lenzites betulina* IFO 6266, *Coriolus versicolor* IFO 30340, 그리고 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249이며, 이들 균류를 배양하기 위한 배지의 조성은 증류수 1L에 대하여 glucose 2.0%, peptone 0.3%, yeast extract 0.2%, K₂HPO₄ 0.1%와 MgSO₄·7H₂O 0.05%로 하였다.

실험에 사용한 염료는 모두 분산염료이며 anthraquinone계 disperse red-60, quinoline계 disperse yellow-64, triaryl methane계 염료인 disperse blue-87이었다.

Erlenmeyer flask를 이용하여 각 균류를 회분식으로 배양하면서 초기 pH와 온도에 따른 각

균류의 disperse red-60의 제거효율과 세 종류의 분산염료에 대한 각종 균류의 염료제거효율을 조사하였다. 또한 polyvinylidene chloride의 현수담체를 장착한 10 L용 생물반응기에 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249를 고정화하여 연속식 운전방법으로 disperse red-60을 처리하면서 dilution rate에 따른 염료제거효율을 조사하였다.

결과 및 고찰

배양온도에 따른 각종 균류의 disperse red-60에 대한 염료제거효율을 조사하였다. 온도범위를 20℃에서 40℃까지 5℃ 간격으로 설정하여 회분식으로 실험한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보면 *Coriolus hirsutus* IFO 4917과 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249는 30℃에서 가장 우수한 염료제거효율을 보였으며, 염료제거효율이 각각 94.5%와 96.7%였다. 반면 *Lenzites betulina* IFO 6266, *Coriolus versicolor* IFO 30340은 25℃에서 가장 우수한 염료제거효율을 보였는데 각각 93.4%와 88.2%였다.

각각의 균류에 대해서 초기 pH가 disperse red-60을 제거하는데 미치는 영향을 조사하였다. 초기 pH를 각각 초기 pH 4, 5, 6 그리고 7로 하였을 때의 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 각 균류는 초기 pH 5에서 가장 우수한 제거효율을 보였다. 초기 pH 5에서의 반응종료시의 염료 제거효율은 *Coriolus hirsutus* IFO 4917이 39.8%, *Lenzites betulina* IFO 6266이 78.6% *Coriolus versicolor* IFO 30340은 45.9% 그리고 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249에서는 79.2%였다.

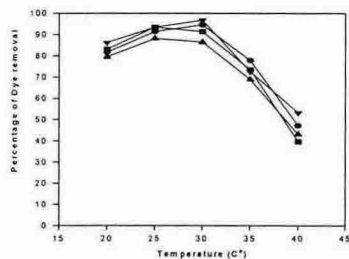


Fig. 1. Effect of temperature on dye removal efficiency of various white rot fungi

- : *Coriolus hirsutus* IFO 4917
- : *Lenzites betulina* IFO 6266
- ▲ : *Coriolus versicolor* IFO 30340
- ▼ : *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249

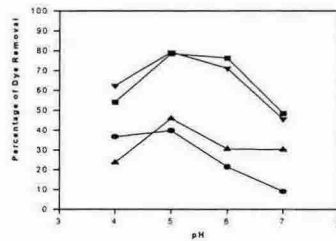


Fig. 2. Effect of initial pH on disperse red-60 removal efficiency of various white rot fungi

- : *Coriolus hirsutus* IFO 4917
- : *Lenzites betulina* IFO 6266
- ▲ : *Coriolus versicolor* IFO 30340
- ▼ : *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249

이번에는 세 종류의 염료에 대해 각 균류별로 시간에 따른 염료제거효율을 조사하였다. 사용한 염료는 disperse red-60, disperse yellow-64, disperse blue-87이었다.

Disperse red-60에 대한 각 균류의 시간에 따른 염료제거효율을 Fig. 3에 나타내었으며, Fig 3에서 보는 바와 같이 120시간 반응 후 최종 염료제거효율은 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249가 99.6%로 가장 우수하였고, *Coriolus versicolor* IFO 30340의 염료제거효율은 90.5%로 가장 낮았으며, *Coriolus hirsutus* IFO 4917과 *Lenzites betulina* IFO 6266은 98% 이상의 염료제거효율을 보여주었다.

Disperse yellow-64에 대한 각 균류의 시간에 따른 염료제거효율을 Fig. 4에 나타내었으며,

Fig. 4에서 보는 바와 같이 120시간 반응 후 최종 염료제거효율은 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249가 97.6%로 가장 우수하였으며, *Lenzites betulina* IFO 6266의 염료제거효율은 95.7%였고, *Coriolus versicolor* IFO 30340의 염료제거효율은 74.5%였으며, *Coriolus hirsutus* IFO 4917의 염료제거효율이 16.4%로 가장 저조하였다.

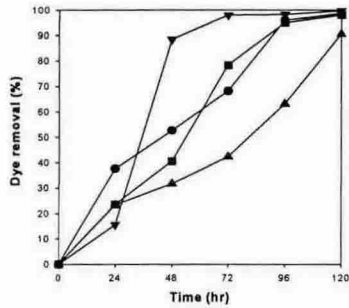


Fig. 3 Time course behaviour of disperse red-60 removal efficiency using various white rot fungi

- : *Coriolus hirsutus* IFO 4917
- : *Lenzites betulina* IFO 6266
- ▲ : *Coriolus versicolor* IFO 30340
- ▼ : *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249

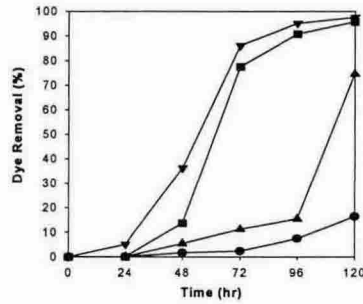


Fig. 4 Time course behaviour of disperse yellow-64 removal efficiency using various white rot fungi

- : *Coriolus hirsutus* IFO 4917
- : *Lenzites betulina* IFO 6266
- ▲ : *Coriolus versicolor* IFO 30340
- ▼ : *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249

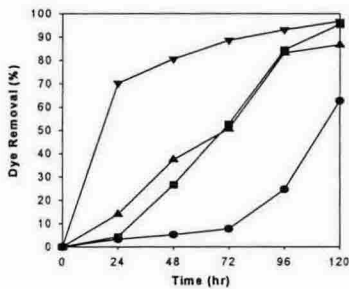


Fig 5 Time course behaviour of disperse blue-87 removal efficiency using various white rot fungi

- : *Coriolus hirsutus* IFO 4917
- : *Lenzites betulina* IFO 6266
- ▲ : *Coriolus versicolor* IFO 30340
- ▼ : *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249

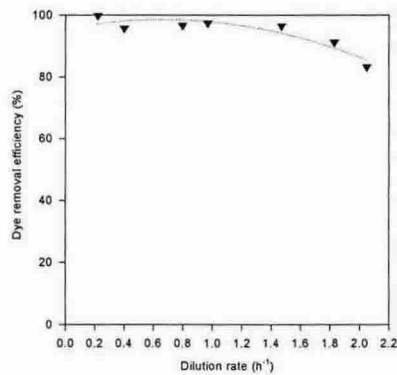


Fig. 6. Variations of dye removal efficiency according to dilution rate

Disperse blue-87에 대한 각 균류의 시간에 따른 염료제거효율을 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에서 보면 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249는 disperse blue-87을 반응 24시간만에 70.1%나 제거하였으며 이 반응시간대에는 다른 균류들 보다 월등히 우수한 염료제거효율을 보여주었으며, 120시간 반응 후 염료제거효율은 96.6%를 나타내었다. *Lenzites betulina* IFO 6266의 염료제거효율은 95.4%였고, *Coriolus versicolor* IFO 30340의 염료제거효율은 86.6%였으며, 가장 저조한 염료제거효율을 보여준 균류는 *Coriolus hirsutus* IFO 4917이었는데 120시간 반응 후 염료제거효율은 62.6%이었다.

회분식 염료처리실험 결과 네 종류의 균류중 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249가 실험한 세 종류의 염료에 대해 가장 우수한 염료제거능을 보여주었으므로 polyvinylidene chloride의 현수담체를 장착한 10L용 생물반응기에 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249를 고정화하여 연속식 운전방법으로 disperse red-60을 처리한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 보면 연속식 염료제거실험에서 dilution rate가 $0.20\text{h}^{-1} \sim 1.50\text{h}^{-1}$ 범위에서 95%이상의 제거효율을 보여주었으며 dilution rate가 1.83h^{-1} 에서 90%이상의 염료제거효율을 보여주었으며 비교적 높은 dilution rate에서도 안정적으로 염료를 제거할 수 있었다.

결 론

각종 white rot fungi를 분산염료 제거실험에 사용한 결과는 다음과 같다.

1. 온도와 초기 pH에 대한 조사에서 염료제거를 위한 최적 온도는 *Coriolus hirsutus* IFO 4917과 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249는 30°C 였고, *Lenzites betulina* IFO 6266과 *Coriolus versicolor* IFO 30340는 25°C 였다. 최적 초기 pH는 네 종류의 균류 모두 초기 pH 5에서 가장 우수한 염료제거효율을 보였다.
2. 세 염료 disperse red-60, disperse yellow-64와 disperse blue-87에 대한 회분식 염료제거 실험에서 *Coriolus hirsutus* IFO 4917, *Lenzites betulina* IFO 6266, *Coriolus versicolor* IFO 30340와 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249는 다소의 차이는 있으나 우수한 염료제거효율을 보여 주었다.
3. 회분식 분산염료 처리실험에서 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249를 사용하였을 때 120시간 반응 후 최종 염료제거효율이 세 종류의 염료에서 모두 96% 이상이었는데 이는 다른 세 종류의 균류와 비교할 때 가장 우수한 염료제거효율을 보였다.
4. 현수담체에 고정화된 *Phanerochaete chrysosporium* IFO 31249를 사용하여 연속식방법으로 disperse red-60을 처리한 실험에서 dilution rate가 $0.20\text{h}^{-1} \sim 1.50\text{h}^{-1}$ 범위에서 95%이상의 염료제거효율을 보여주었으며 dilution rate가 1.83h^{-1} 에서 90%이상의 염료제거효율을 보여주었다.

참고문헌

1. Glenn, J. K. and Gold, M. H., "Decolorization of several polymeric dyes by the lignin - degrading basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*" (1983), *Appl. Environ. Microbiol.*, 45(6) 1741 ~ 1747
2. Platt, M. W., Hadar, Y. and Chet, I., "The Decolorization of the polymeric dye poly-blue(polyvinylamine sulfonate-anthroquinone) by lignin degrading fungi" (1985), *Appl. Microbiol. Biotech.*, 21 394 ~ 396
3. Ohmomo, S., Aoshima, I., Tozawa, Y., Sakurada, N. and Ueda, K., "Purification and Some Properties of Melanoidin Decolorizing Enzymes, P-III and P-IV, from Mycelia of *Coriolus versicolor* Ps4a" (1985), *Agric. Biol. Chem.*, 49(7), 2047 ~ 2053
4. Ohmomo, S., Itoh, N., Watanabe, Y., Kaneko, Y., Tozawa Y. and Ueda, K., "Continuous Decolorization of Molasses Waste Water with Mycelia of *Coriolus versicolor* Ps4a" (1985), *Agric. Biol. Chem.*, 49(9), 2551 ~ 2555