

초임계 이산화탄소 용액내에서 분산염료의 용해거동에 대한 기본적 고찰

김한석, 용광중*, 박영환*, 박윤철*, 이범수*, 유기풍**, 남성우***

SK Chemicals 화학연구소

* 한국생산기술연구원 환경염색가공팀

** 서강대학교 화학공학과

*** 성균관대학교 유기소재공학과

1. 서론

이산화탄소를 이용한 섬유관련 공정은 드라이크리닝, 탈호 등과 더불어 초임계 염색공정이 대표적으로 알려져 있다. 기존의 염색방법은 물을 사용하기 때문에 다량의 폐수를 배출하는 단점을 지니고 있지만, 초임계 염색공정은 물을 사용하지 않기 때문에 폐수발생이 방지되며, 건조공정이 필요 없기 때문에 에너지 효율 측면에서도 큰 장점을 지닌 염색방법이다.

기존의 수염색 공정에서는 분산염료가 물에 분산된 상태로 섬유상 고분자에 흡착되는 과정으로 염색이 이루어지지만, 초임계 염색에서는 염료가 초임계 이산화탄소에 용해된 상태에서 섬유에 접근하고 용매인 이산화탄소가 섬유상 고분자를 팽윤시키면서 염료가 이산화탄소와 섬유사이에서 분배계수에 따라 흡착이 이루어진다.

따라서, 초임계 염색공정에서는 이산화탄소에 대한 염료의 용해도가 매우 중요한 공정변수 중의 하나이다. 용해도가 높을수록 높은 농도의 이산화탄소 용액이 섬유에 침투할 수 있고, 섬유상 고분자가 염료와 접촉할 수 있는 기회가 많아지게 되는 것이다. 그러므로 초임계 염색공정에서는 이산화탄소에 대한 용해도가 높은 염료일수록 염색이 잘 이루어진다. 이와 같이 용해도는 염료를 선정하는 기준으로써

작용할 뿐만 아니라 공정 온도, 압력 및 염료의 농도와 같은 공정 조건들을 최적화 하는데 있어 매우 중요한 인자가 된다.

기존의 염료들은 수염색에 적합하게 고안되어 제조되었기 때문에 이산화탄소에 대한 용해도가 높지 않다. 때문에 이산화탄소를 이용한 공정에 적합한 염료들을 개발하려는 노력이 많이 시도되고 있고 일부는 특허로 등록되기도 하였다. 이와 더불어 기존의 다양한 염료들의 이산화탄소에 대한 용해도 및 공용매의 효과 등에 대한 측정 자료를 얻고자 하는 연구들도 광범위하게 진행되고 있는 실정이다.

본 실험에서는 기존 염료들의 이산화탄소에 대한 용해도를 측정하는 보다 편리하고 효율적인 방법 및 장치를 제작, 개발하고자 하였다. 또한 제작된 장치를 이용하여 이산화탄소에 상대적으로 높은 용해도를 보인다고 알려져 있는 분산염료의 이산화탄소에 대한 용해도를 측정하였다. 측정된 데이터는 이를 잘 표현할 수 있는 일반화된 식을 찾아 매개변수를 결정하고 측정된 데이터와 일반화된 식을 상관하여 보았다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

실험에 사용된 분산염료는 순수한 Press cake 형태로써, C.I. Disperse Red 60 과 Yellow 54를 사용하였다. 이산화탄소는 99.9% 이상의 고순도급을 사용하였으며, 광학밀도와 Path Length를 구하기 위하여 사용한 시약으로는 n-Hexane과 아세톤, 벤젠을 사용하였다.

2.2 실험장치

본 실험에 사용된 장치는 고압 평형조, 온도/압력 조절부, 그리고 분석관련 부분으로 크게 3가지로 구성되어 있으며, 이에 대한 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 평형조에는 광섬유가 장착되어 있으며 이것은 다시 UV-visible spectroscopy(S2000,

Ocean Optics Inc., USA)에 연결되어 있어 이 부분에서 용해도를 측정한다.

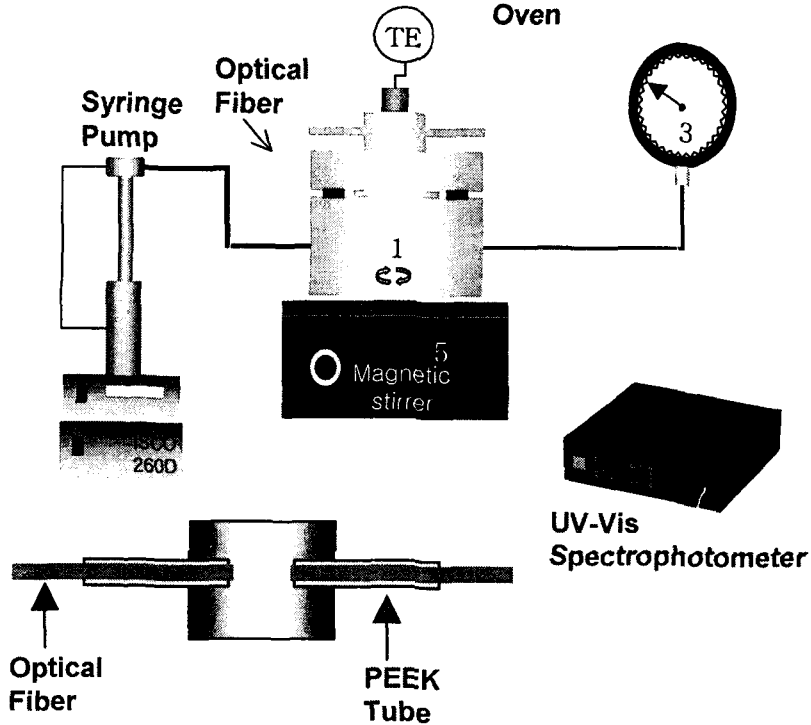


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus used in this work.

2.3 용해도 실험

염료가 용해되어 있는 초임계 이산화탄소 용액 계의 광학밀도를 알아보기 위하여 이산화탄소와 비슷한 Molar extinction coefficient를 가지며 최대 흡수파장의 변화를 거의 유발하지 않는 핵산에 대하여 염료의 정량곡선을 측정한다.

또한, 벤젠을 이용하여 염료-벤젠계의 Molar extinction coefficient를 구한 다음, 같은 기준 용액들을 광섬유가 부착된 고압 평형조에서 정량곡선을 구하여 그 기울기로부터 본 실험에 사용된 장비의 통과 길이를 구하여 Beer-Lambert 법칙에

의해 이산화탄소에 대한 염료의 용해도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

자체 제작한 장비의 신뢰도를 확인하기 위하여 초임계 이산화탄소에 대한 Red 60의 용해도를 실험적으로 측정하고 이를 기존 문헌 값과 비교한 결과, 일치되는 결과를 얻었으며, 이로써 본 실험장비와 방법 등에 신뢰도를 얻을 수 있었다.

이산화탄소에 대한 Yellow 54의 용해도 측정결과를 Fig. 2에 나타내었다. 온도와 압력을 변화시키면서 실험한 결과, 이산화탄소의 밀도가 증가할수록 용해도는 증가함을 알 수 있었다. 10MPa 미만의 압력 조건에서 온도가 상승함에 따라 염료의 용해도가 감소한다는 보고들이 있다. 이는 온도가 높아짐에 따라 이산화탄소의 밀도가 감소하기 때문에 염료에 대한 용해력이 저하하는 결과로 해석할 수 있다.

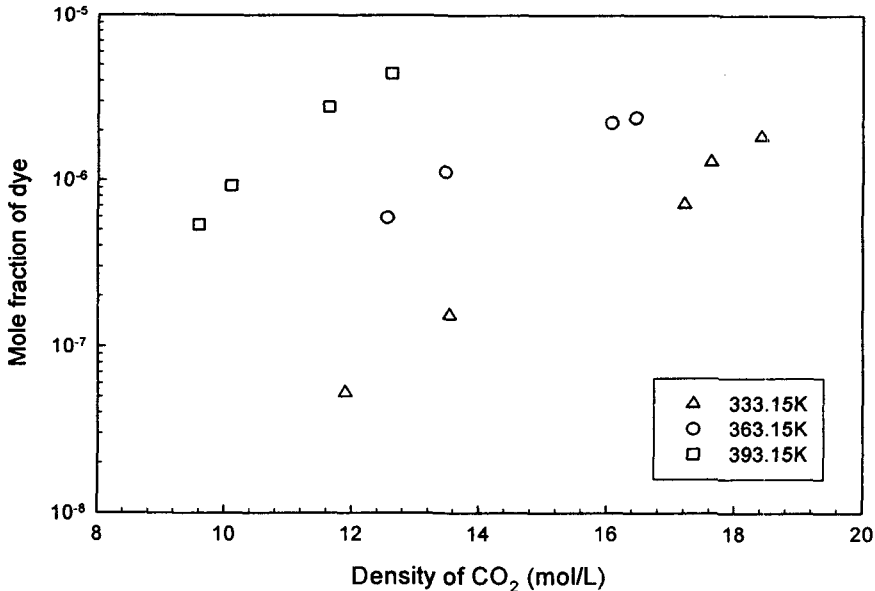


Fig. 2. Measurement of solubility data for C.I. Disperse Yellow 54 in SC-CO₂.

4. 결론

- 1) 실질적으로 초임계 유체 염색에서 사용되는 염색방법으로부터 염료의 용해도를 측정할 수 있도록 광센서를 사용하여 장치를 제작하였다.
- 2) 본 실험에서 제작한 장치로부터 구한 염료의 용해도는 기존의 반복된 많은 실험을 통하여 얻을 수 있는 값과 일치하는 신뢰성이 있는 값을 얻었다.
- 3) 본 실험에서 제작된 장치는 기존의 수염색으로부터 염료의 흡착율을 얻을 수 있는 Dye-o-meter와 같은 장치를 제작한 것으로 앞으로 초임계 유체 염색에서 실시간으로 염료의 흡착율을 측정하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. E.Bach, E.Cleve, E.Schollmeyer, *J. Text. Inst.*, 89(1998)
2. USP 5,298,032
3. 대한민국특허 10-0187784
4. S.N.Joung, K-P.Yoo, *J. Chem. Eng. Data*, 43(1998)
5. J.W.Lee, M.W. Park, H.K. Bae, *Fluid Phase Equilibria*, 173, p.387-392(2000)
6. H.D. Sung and J.J. Shim, *J. Chem. Eng. Data*, 44(1999)
7. E. Bach, E. Cleve, J. Schuttken, E. Schollmeyer and J.W. Rucker, *Colr. Technol.*, 117(2001)
8. D. Tuma, B. Wagner, G.M. Schneider, *Fluid Phase Equilibria*, 182, p.133-143(2001)