

B-3 수용액 중에서 진주 표면에 대한 염료의 흡착특성

김동균*, 신춘환, 황덕홍, 송동익¹

*동서대학교 환경공학과

¹경북대학교 화학공학과

1. 서론

일반적으로 진주 가공시의 착색기술은 진주의 상품가치를 결정하는 주된 요인이 된다. 하지만 진주의 염색은 일반물질의 염색과는 달리 진주층과 핵, 그리고 진주층사이로 염색물질이 골고루 침투해야 변색이 되지 않고 상품성을 계속 유지할 수 있다. 진주 표면의 인공적인 착색 기술은 염료를 용매에 용해시켜 표백된 진주를 염색하는 방법과 은염이나 방사선을 이용한 흑화 또는 진주색의 염색과 같은 화학반응을 이용한 기술로 크게 대별 할 수 있다. 그러나 인공적인 착색기술 중 화학반응기술을 이용한 착색기술은 진주의 상품성 유지에 산화 및 환원에 의한 진주층의 약화와 열에 대한 탈색등의 중요한 문제점을 안고 있다. 이에 본 연구에서는 다양한 착색이 가능한 염료 착색기술을 이용하여 새로운 염료 흡착기술의 기술적인 방법을 제시하면서 가능성을 타진하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 염료는 Rhodamine 6G(Basic Red 1, C.I. 45160) 이며 Aldrich사로 부터 구입하여 그대로 사용하였다. 흡착질로 사용된 양식진주는 진주층과 삽입핵으로 분리하고, 각각을 막자사발을 이용하여 평균 입경이 약 60 μm 가 되도록 분쇄한 후 진주층과 삽입핵의 기공크기분포와 내부표면적을 Porosimeter (ASAP 2010)를 사용하여 측정함으로써 착색을 위한 흡착가능성을 제시하였다.

먼저 파쇄된 진주층을 이용한 Rhodamine 6G 염료의 흡·탈착속도와 흡착평형을 조사하기 위해 방해판이 4개 부착된 2 L 용량의 비이커에 0.5 g의 분쇄된 진주층을 넣은 후, 여기에 초기농도가 5.02 ppm인 Rhodamine 6G 염료용액 500 mL를 투입하여 300 rpm으로 교반하면서, 시간에 따라 진주층에의 염료흡착에 의한 용액중의 염료농도 감소를 UV분광광도계(Hewlett-Packard 8453)로 파쇄된 진주층에 대한 흡착특성을 분석하였다. 또한, Rhodamine 6G로 염색된 파쇄진주 0.25 g을 50 mL 증류수에 넣고, 160 rpm으로 회전하는 rotary shaker를 이용하여 25℃에서 탈착속도실험을 수행하였다. 다음으로, 파쇄된 진주층에 염료의 흡착평형 실험을 위해 건조된 파쇄 진주층 0.1 g을 100 mL 삼각 플라스크에 넣고, 초기농도를 1.5, 3, 5, 7, 10, 및 15 mg/L로 제조한 Rhodamine 6G 수용액 20 mL를 부은 후, 25 ℃에서 150 rpm 으로 24시간 교반시켜 흡착평형에 이르도록 하였다. 2000 rpm으로 15분간 원심분리하여 상등액의 염료 농도를 UV분광광도계로

분석하였으며, 흡착농도는 염료에 대한 물질수지로부터 계산하였다. 흡착등온선은 Langmuir 모델로 curve fitting 하여 염료에 대한 흡착특성을 확인 하였다. 파쇄된 핵을 이용한 염료의 흡착 및 탈착속도와 흡착평형 실험은 전서한 바와 같은 방법으로 실험을 실시하였다. 마지막으로 파쇄전의 원진주와 원진주핵에 대한 염료의 흡착속도를 확인하였다.

3. 실험결과

파쇄된 진주층과 진주핵의 기공크기분포와 내부표면적은 질소기체의 탈착곡선을 이용하여 계산한 결과, 진주층과 진주핵의 기공은 각각 대부분 약 30Å과 15Å 정도의 크기를 가지는 것으로 나타났으며 표면적은 각각 1.01m²/g과 2.16m²/g로 주어졌다.

파쇄된 진주층에 대한 시간에 따른 Rhodamine 6G 염료의 흡착실험결과, 용액중의 염료농도는 초기에 다소 급격하게 감소하였으며, 약 20시간 (1200분)이 지나면 흡착평형에 도달함을 알 수 있었다. 회분식 흡착조에서의 Rhodamine 6G 염료에 대한 물질수지로부터 염료의 평형흡착농도, q는 약 0.75 mg/g으로 계산되었다.

Rhodamine 6G로 착색된 파쇄된 진주층에 대한 탈착속도실험결과, 50시간정도가 지나면 탈착평형에 도달하는 것을 알 수 있으며, 이때의 용액중의 탈착평형농도는 약 0.47 mg/L였으며, 탈착율은 초기 염료 loading의 13%정도가 탈착됨을 알았다.

파쇄된 진주층에 대한 Rhodamine 6G의 흡착평형실험에서 Langmuir 흡착등온선 fitting 결과는 다음과 같다.

$$q = \frac{1.62C}{1 + 1.09C}$$

파쇄된 핵을 이용한 염료의 흡착속도 실험결과, 핵의 경우 흡착평형에 도달하는 데 걸리는 시간은 진주층보다 약 50 %정도 더 소요되어, 약 30시간 (1800분)이 지나야 비로소 흡착평형에 도달함을 알 수 있었다. 물질수지식으로부터 평형흡착농도를 계산한 결과 q는 약 0.155 mg/g 이었으며, 이는 진주층에의 흡착량의 약 20 %에 해당하는 흡착량이다. 또한, 파쇄된 진주핵에 흡착된 염료의 탈착속도 실험결과, 약 10시간이 지나면 탈착평형에 도달하였으며, 진주층의 탈착평형시간보다 빠르게 탈착이 진행됨을 알 수 있으며, 탈착율은 초기염료 loading의 10%가 탈착되었다.

파쇄된 진주핵에 대한 염료의 흡착평형 실험결과에서 Langmuir 흡착등온선 fitting 결과는 다음과 같다.

$$q = \frac{0.0914C}{1 + 0.233C}$$

파쇄전의 원진주에 대한 흡착속도 실험결과, 원진주와 원진주핵을 사용한 경우에는 스텐레스망에 매달아 빠른 속도로 교반하였기 때문에 액상에서의 물질전달계수가 커져서 평형에 도달하는 시간이 몇 시간 정도로 매우 짧았다. 또한 특이한 현상으로는 초반부에 과흡착으로 인한 약간의 overshoot현상이 나타났으나 곧 흡착평형상태에 도달하여 약 이틀 반동안 계속 실험을 수행하였으나 흡착량에 큰 변화를 보이지 않았다.

4. 요약

본 연구에서 제시한 양식진주의 청정가공기술 개발 중 염색기술개발을 위한 흡착특성 실험결과, 진주층과 진주핵을 파쇄한 상태에서 흡착속도와 탈착속도를 확인하였으며, 흡착평형 실험을 통한 Langmuir흡착등온식을 도출 하였다. 그리고, 파쇄전의 원진주에 대한 흡착속도를 확인하여 양식진주는 염료에 의한 착색이 용이할 것으로 판단하였다.

5. 참고 문헌

- 1987, “인공진주양식기술 개발에 관한 연구 III”, 해양연구소 연구보고서, 428쪽
- Gregg, S. J. and K. S. W. Sing, 1967, “Adsorption, Surface Area and Porosity”, Academic Press, London
- Koizumi, C. and J. Nonaka, 1970, “Yellow pigments of pearl 2, HCl-methanol soluble yellow pigments”, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 36, 1059-1066