

반응성, 분산, 산성염료 종류에 따른 폐수처리 시 거동 비교

송문환, 손승환, 최은경

한국생산기술연구원 섬유소재본부

Abstract

The study has attempted to compare the behavior of reactive, disperse and acid dyes when wastewater from these three kinds of typical dyestuffs were treated by chemical coagulation and NF membrane in pilot scale. Disperse dyeing wastewater showed the tendency of easier removal in TOC and COD and especially in color. This is probably due to low water-solubility of disperse dyes compared with reactive and acid dyes and is a positive result in terms of water reuse. Bio-kinetic constants, μ_{max} , K_s of reactive, disperse and acid dyes were obtained, implying that their biodegradability are not significantly different.

1. 서 론

염색산업에서 발생하는 염색폐수를 처리하여 방류 혹은 처리된 용수를 재사용할 때, 처리가 용이하고 효율적일수록 바람직하며, 본 연구에서는 반응성, 분산, 산성염료 종류에 따라 폐수 처리 시 거동에 차이가 있는지를 살펴보고자 하였다.

2. 실 험

2.1 화학응집제 처리

산업적으로 흔히 사용되고 있는 반응성, 분산, 산성염료 각 3종을 0.4g/3L의 농도로 개별 제조한 총 9종의 폐수에 대해 황산알루미늄(Alum, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14-18H_2O$) 응집제 처리를 시도하였다. 응집제 적정 주입량과 pH 여부는 탁도 및 색도를 통해 확인하였고, 분산, 함유속 산성, 반응성 시료에 따른 최적 응집 조건을 잡고 그 응집조건에 따라 염료를 응집 후 상층액을 취해 COD_{Cr}, TOC, 색도를 측정하여 응집에 따른 제거 효과를 알아 보았다. pH 조절은 0.1N NaOH과 0.1% H₂SO₄을 사용하였다.

2.2 분리막 처리

시료는 경기도 안산시 시화공단에 소재한 H사의 협조를 얻어 면직물 및 폴리에스테르 염색 후 수거된 반응성·분산염색폐수 시료를 공급받아 사용하였다. 분리막 공정은 Nanofiltration Spiral-wound Module

(MWCO=200, 가성소다 농도범위 1~10%에서 충분히 안정, SelRO[®]MPS-34-4040, SelRO[®]MPS-34-2540)을 Closed- System으로 설계·제작하여 사용하였다.

2.3 Bio-kinetic 상수 측정

흡기기를 이용하여 반응성, 분산, 산성염료 각 3종의 최대비증식속도값(μ_{max})과 기질친화상수값(K_s)을 구하였고, 비교군으로 조제 2종과 섬유공정에 사용되는 효소에 해당하는 두 상수도 구하였다. 흡기기의 온도는 항온조를 이용하여 실온 ($20\pm 2^\circ\text{C}$)으로 유지하였고, 반응기 내부 pH는 7 ± 0.5 로 조정하였다. 흡기기의 산소소모량 측정은 COMPUT-OX Respirometer (Model 00-14, USA)를 사용하였다.

3. 결 과

3.1 화학응집제에 의한 염료종류별 염색폐수의 처리

반응성, 분산, 산성 염료를 황산알루미늄 응집제를 사용하여 응집 후 상층액을 취하여 COD_{Cr}, TOC, 색도를 측정하여 응집에 따른 염료 종류 별 제거 효과를 비교하였다. 3종 종류별 염료의 응집제에 대한 거동 관찰 시 현저한 차이는 분산염료 3종이 반응성 및 산성염료 각 3종과 달리 색도 제거면에서 월등하였다(상등액의 색도가 무색).

표 1. 반응성, 산성, 분산염료폐수의 응집처리 후 상층액 분석 비교

폐수시료		TOC (mg/L)		COD _{Cr} (mg/L)		Color (Pt-Co)	
		원수	처리수	원수	처리수	원수	처리수
Reactive dyes	Red E-2BL	91	22	236	29	2,500	20
	Yellow E-2BL	87	16	258	35	5,000	26
	Blue E-2BL	77	21	200	36	3,000	5
Disperse dyes	Red SF-38	56	11	124	15	8,500	2,400
	Yellow SF-3R	20	4	58	9	5,600	1,290
	Navy Blue SF-B	49	16	74	21	4,500	1,730
Acid dyes	Red S-Gs	101	10	158	22	10,300	1,750
	Yellow ENL	81	11	197	48	5,900	1,760
	Navy S-Gs	63	7	118	24	6,300	1,010

3.2 분리막에 의한 염색폐수 처리

염색공장에서 수거한 분산염색폐수와 반응성 염색폐수를 파일럿 규모의 NF분리막으로 처리하였을 때, 분산염색폐수의 농도가 훨씬 높은 데도 불구하고(COD_{Cr} 기준, 2395 ppm 대비 1369 ppm) 색도나 유기물질이 잘 제거된 투과액이 얻어진 반면 (COD_{Cr} 32 ppm. colorless), 반응성 염색폐수는 투과액이 색도도 있고, COD_{Cr}도 170 ppm으로 측정되어, 한번 더 분리막 처리를 하여야 색상이 제거되고 COD_{Cr} 90 ppm 정도의 2차 투과액을 얻을 수 있었다.

표 2. 반응성 및 분산염색폐수의 NF 분리막 공정 처리 결과 비교

		Conductivity	Color (Pt-Co)	TOC (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	COD _{Cr} (mg/L)	BOD (mg/L)
Reactive dyeing wastewater	feed	63.7ms	1403	473	556	1369	175
	permeate	42.9ms	175	136	84.4	170	21
	concentrate	154ms	13030	2348	2464	7210	675
	re-permeate	36.9ms	51	61	20.9	90	7
	re-concentrate	48.1ms	1655	774	480	1590	126
Disperse dyeing wastewater	feed	2047 μ S	1588	797	990	2395	85
	permeate	826 μ S	4	10	12	32	12
	concentrate	4900 μ S	5790	2498	2835	8075	102

3.3 흡기기(Respirometer)를 이용한 염료의 Bio-kinetic 상수 측정

최대비증식속도값(μ_{max})이 클수록, 기질친화상수값(K_s)은 작을수록 생분해성이 크다는 것을 감안하여, 반응성, 분산, 산성 염료 각 3종 총 9종에 대해 두 상수를 측정한 결과 염료 종류에 따라 차이를 보이지는 않았다. 그러나, 포름산, 아세트산의 두 조제, 효소에 대해 구해진 두 상수는 μ_{max} 와는 큰 차이가 있었고, 효소, 포름산 및 아세트산, 염료 균의 순서로 μ_{max} 값이 크고, K_s 값이 작게 측정되었다.

4. 결 론

반응성, 분산, 산성염료 종류별로 폐수를 제조 혹은 현장에서 수거하여 alum을 이용한 화학응집처리와 분리막 처리한 결과, 분산염색폐수의 경우 반응성이나 산성염색폐수보다 유기물과 색도의 제거가 현저히 용이한 특징을 보였으며, 이는 분산염료의 수 용해도가 반응성이나 산성 염료와 달리 좋지 않음에 기인하는 것으로 폐수처리 후 용수 재활용에는 긍정적인일 수 있다고 사료된다.

Respirometer를 이용하여 최대비증식속도값(μ_{max}), 기질친화상수값(K_s)의 Bio-kinetic 상수를 구하여, 염료 및 비교군인 조제, 효소의 생분해성을 평가해 본 결과 염료의 생분해도가 매우 떨어지는 것으로 나타났으나, 염료 종류별로는 차이가 없는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 청정생산기술개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.