

색지가 함유된 사무실 폐지의 산화환원표백

김승호 · 백기현

(고려대학교 산림자원환경학과)

1. 서론

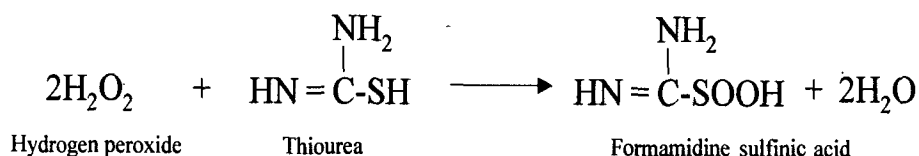
사무실폐지(Mixed Office Wastepaper; MOW)는 여러 종류의 폐지로 구성되어 있으며 특히 색지에 함유된 염료로 인하여 표백 과정을 선택할 경우 만족할 만한 결과를 얻기 위해서는 세심한 주의가 요구된다.

과거에는 주로 염소계 표백제인 차아염소산(HOCl)이 색지에 함유된 염료제거용으로 가장 많이 사용되었으나 환경오염물질을 생산하는 단점이 있어 국내에서도 제한적으로만 사용되고 있다. 이미 구미에서는 염소 계통으로 표백된 펄프 및 종이는 수·출입을 금지시키고 있는 실정이다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 표백제로는 산소계 표백제인 과산화수소(H_2O_2), 산소(O_2), 오존(O_3)과 환원표백제인 FAS(Formamidine sulfinic acid), Sodium hydrosulfite($Na_2S_2O_4$; Y)가 있다. 특히 색지에 함유된 염료를 제거하는 데는 환원표백제가 가장 우수하다.

따라서 MOW 표백에는 과산화수소(H_2O_2)와 sodium hydrosulfite(Y) 혹은 FAS를 조합한 1단 내지는 2단 표백이 이용되고 있다(Kronis and Nimmerfroh, 1993; Quinnett and Ward, 1995). 현장에서는 원료의 질과 최종목적에 따라 1단 또는 2단 표백을 선택하고 있다. 특히, 환원표백약품인 FAS는 MOW에 다량 함유되어있는 유색잉크에 의한 색을 제거시키는데 큰 효과가 있어서(Kronis, J. D. and Nimmerfroh, N., 1993) 구미의 경우 널리 사용되고 있으며 양호한 표백결과를 얻고 있다(Patt *et al.*, 1996; Ferguson, 1995). 그러나 국내의 경우 FAS 가격이 비싸므로 일부 현장에서만 제한적으로 사용되고 있다.

한편, 과산화수소와 thiourea가 반응하면 아래와 같이 FAS가 생성된다는 원리를 적용하여 기존의 1단계 표백인 P표백 후에 반응하고 남은 잔존 H_2O_2 에 thiourea를 반응하여 FAS를 생성시키면 표백제의 비용을 감소시킬 수 있다(Arifoglu *et al.*, 1992; Fallon,

1994).



Arifoglu와 Marmer (1990)는 이 방법을 섬유(textile) 표백 방법에 적용하여 1단 과산화수소 표백 이후 pH 7~8로 조절하고 소량의 thiourea를 첨가하여 연속적인 표백을 실시한 결과, 2단 산화-환원표백(PFAS)을 1단 산화-환원 연속표백으로 단축시킬 수 있으며, 소량의 thiourea를 첨가에 의해서 고가의 FAS를 표백반응 중에 스스로 발생시켜 표백에 관여함으로써 고가의 FAS에 대한 대체 효과가 있다는 연구결과를 보고하였다. 위의 반응에서 과산화수소와 thiourea는 몰 비율(2 : 1)로 반응하며 pH가 중성일 경우만 FAS가 생성되며 이들은 100% 전부 FAS로 전환된다. 현재 이 방법을 양모(毛)의 갈색화 방지와 표백에 적용하기 위하여 연구되고 있으며, 산화-환원 연속방법으로 양모를 표백할 경우 최소의 물리적 손실 속에서 백색도를 36% ISO에서 44% ISO로 증가시키며 갈색화를 방지할 수 있다고 발표하였다(Arifoglu and Marmer, 1990).

그러므로 본 연구에서는 FAS 생성 원리를 목재 펄프에 적용시켜보고자 한다. 즉, MOW에 P, PT(단속), P/T(연속) 및 PFAS 표백단계를 적용하여 표백 효율을 비교하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 시료조제

본 연구에 사용한 시료는 수입 백상폐지(백색도:75.7% ISO), 색지(61.2% ISO) 및 신문폐지(46.8% ISO)를 일정 비율로 혼합하여 두 종류(Sample A, B)의 시료를 조제하였다. 각 폐지의 혼합 비율 및 재펄핑 후의 백색도, kappa no.는 Table 1과 같다.

Table 1. Mixed ratio, brightness after repulping, and kappa no. of sample A and B

	Mixed ratio(%)			Brightness after repulping (% ISO)	Kappa no.
	WL	Color paper	ONP		
Sample A	75	20	5	68.3	6.8
Sample B	50	35	15	59.1	13.1

2.2 재펄핑 및 탈묵

2.3 표백

표백조건은 Table 2.와 같다.

Table 2. Bleaching condition of MOW

	Time (min.)	Temp. (°C)	Chemical conc.	Pulp cons. (%)
P	90	85	H ₂ O ₂ 1.0~2.5%, NaOH 1.0%, Na ₂ SiO ₃ 1.0%, DTPA 0.3%	10
P/T	150	85	Thiourea ^{a)} , NaHSO ₃ ^{b)}	
PT	120	70	H ₂ O ₂ 0.25~0.75%, Thiourea ^{a)} , NaHSO ₃ ^{b)}	
FAS	30	70	FAS 0.5%, NaOH 0.3%,	

2.4 수초지의 물리적·광학적 성질 측정

표백한 시료를 평량 40g/m²으로 초지하여 물리적·광학적 성질을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 백색도

MOW 시료 A와 B를 P, PT, P/T 및 PFAS로 Table 2의 표백 조건에 따라 표백할 경우 과산화수소 첨가량에 따른 백색도의 변화는 Fig. 1, 2와 같다.

과산화수소 표백(P) : 표백 전 초기 백색도가 각각 68.3, 59.1% ISO인 두 종류의 시료(Sample A, B)를 탈묵시킨 바 백색도가 70.3과 62.4% ISO로 각각 증가되었다. Fig.

1과 2에서 보는 바와 같이 과산화수소의 첨가량이 1.0%일 경우, 백색도는 76.7, 68.3% ISO로 그리고 과산화수소 첨가량 2.0% 첨가할 경우는 5.6~9.2% 백색도가 시료 A는 79.4% ISO 그리고 시료 B는 70.6% ISO를 나타내었다. 즉, 탈목 후 백색도를 기준으로 하여 시료 A, B는 각각 9.3% ISO, 7.8% ISO가 증가하였다. 그러나 과산화수소 첨가량을 증가시키기에 따라 백색도는 미미하게 증가하는 것으로 나타났다. 특히 과산화수소 첨가량 1.25와 1.5%를 비교하면 시료의 종류에 상관없이 0.2~0.5% ISO 증가하는 것으로 나타났으며, 첨가량 1.5%와 1.75%에서는 0.5~1.0% ISO 증가하는 결과가 나타났다. 과산화수소 농도에 증가에 따른 백색도의 증가 경향은 일정 과산화수소 첨가량이상에서는 완만한 증가를 보였다. Kappel 과 Sbaschnigg (1991)도 과산화수소의 첨가량을 1~3%로 증가시키면서 표백한 결과, 과산화수소의 농도가 증가할수록 백색도의 증가폭은 줄어드는 경향이 나타났다고 보고하였다.

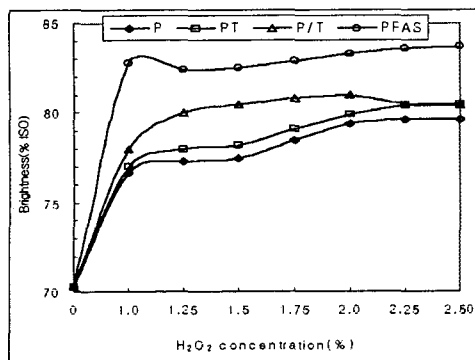


Fig. 1. Effect of bleaching methods on the brightness (Initial brightness after flotation:70.3% ISO)

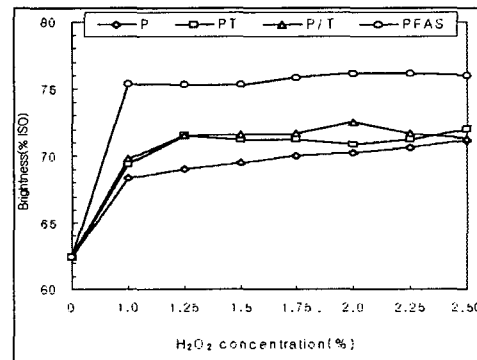


Fig. 2. Effect of bleaching methods on the brightness (Initial brightness after flotation:62.4% ISO)

단속식 산화-환원 표백(PT) : 단속식 산화-환원 표백은 P표백 직후에 소량의 과산화수소 (0.25~0.5%)와 thiourea를 과산화수소 첨가량의 몰비로 계산하여 첨가한 후 pH 7에서 환원표백한 결과이다.

시료 A의 단속식 산화-환원 표백의 결과로 환원표백 후에 백색도는 P표백에 비교하여 단지 1.0% ISO 미만의 증가가 있었다. 즉, 단속식 산화-환원표백이 P표백 보다 미미하게 우수한 것으로 나타났다. 또한 초기 과산화수소 농도에 따른 환원표백에서의 백

색도는 거의 일정한 경향을 보이면서 증가하는 것으로 나타났다.

시료 B의 단속식 산화-환원 표백의 결과로 환원 표백 후의 백색도 증가는 산화 표백에서 과산화수소의 농도가 1.0%일 경우, 환원 표백 후의 백색도 증가는 3.2, 2.9% ISO로 그 증가폭이 상대적으로 큰 반면, 1.5, 2.0% 산화 표백 시에는 0.9~1.2% ISO로 증가폭이 적게 나타났다. 과산화수소 총 첨가량에 따른 과산화수소 표백과의 비교 시, 단속식 산화-환원표백이 미미하게 우수한 것으로 나타났다. 시료 B에서는 동일한 반응 시간에서 과산화수소를 1.5, 2.0% 첨가한 과산화수소표백의 결과, 단속식 산화-환원표백이 미미하거나 거의 비슷한 결과를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구로부터 얻어진 결론은 다음과 같다.

1.0~2.5%의 과산화수소 농도를 변화시켜 표백을 실시한 결과, 최종 백색도는 시료 A, B 각각 76.7, 68.3% ISO이었다. 시료의 초기 백색도가 낮을수록 P표백 효과가 뚜렷하였다. 과산화수소 첨가량을 2.0% 이상 증가시켜도 백색도의 증가는 미미하였다.

단속식 산화-환원 과산화수소 표백을 실시한 결과, 시료 A, B 모두 환원 표백 후, 백색도는 증가하였고, 연속식 산화-환원 과산화수소 표백을 실시한 결과, 시료 A, B는 단속식 산화-환원 표백보다 우수한 백색도를 나타내었다. 시료 A, B 모두 기존 과산화수소 표백보다 우수하였다.

P FAS 2단 표백을 실시한 결과, 시료 A, B 모두 초기 백색도에 비교하여 10% ISO 이상 백색도가 증가하였고, 1단 과산화수소의 농도가 낮을수록 FAS 표백효과가 높았다. 산화-환원 표백과 비교 시, FAS 표백이 1~2% ISO 우수하였다.

산화-환원 표백에 의한 탈색효과는 시료 A는 단속식 산화-환원 표백에서는 a, b 값이 증가로 인한 녹색, 청색계통 염료의 탈색 효과가 있었으며, 연속식 산화-환원표백은 a 값은 증가하였으나, b 값이 감소하여 녹색계통의 염료에 대한 탈색효과가 있었고, P FAS 표백은 a 값은 단속식 산화-환원 표백보다 증가하였고, b 값은 유사한 경향을 보였다. 시료 B는 단속식, 연속식 산화-환원표백 후 a 값이 증가하는 경향을 보였다.