

형광증백제의 형광현상에 영향을 미치는 인자에 대한 연구
- 형광증백제의 정량분석을 위한 측정법 표준화에 대한 연구 (II) -
Study on the Factors Influencing the Fluorescence of FWAs in Paper

이지영, 김철환, 이희진, 곽혜정, 백경길, 서정민, 박현진, 김성호, 강하륜
경상대학교 환경산림과학부 환경임산학전공 / 농업생명과학연구원

형광증백제는 자외선을 흡수하여 푸른색 계열의 가시광선을 방출하여 물체를 하얗게 보이게 하는 유기합성물질로 제지산업 뿐만 아니라 페인트, 섬유산업 등에서 두루 사용되고 있는 화학물질이다. 제지산업에서 사용되고 있는 형광증백제는 diamino-disulphonic acid 유도체로 술폰기의 개수에 따라 3종류의 형광증백제가 사용되고 있다.

최근 고백색도·백감도의 인쇄용지 수요가 증가함에 따라 인쇄용지 생산업체에서는 백색도와 백감도를 높이기 위한 많은 노력들이 진행되고 있다. 종이의 백색도와 백감도를 향상시키기 위해 높은 백색도나 백감도를 갖는 펄프나 충전제를 사용하고 종이의 광학특성을 저하할 수 있는 원료·공정 요인들을 제거하는 작업등이 진행되어 왔으나 그 중에서 가장 효율적이고 쉽게 사용될 수 있는 방법이 바로 형광증백제의 적용이라고 할 수 있다.

형광증백제는 제지공정에서 사용되는 많은 종류의 첨가제 중 가격이 높은 물질 중에 하나로 만약 효율적으로 사용되지 않는다면 여러 문제점을 야기할 수 있다. 예를 들면 내첨용 형광증백제가 과량 사용된다면 그린효과(green limit)에 의한 종이의 백감도와 백색도의 하락¹⁾, 미흡착된 형광증백제에 의한 공정오염 및 보류도 감소²⁾ 등 제품의 품질, 공정의 효율성, 원가절감에 악영향을 줄 수 있다.

또한 종이제품에 존재하는 형광증백제의 유해성에 대해 많은 사람들이 우려하고 있다. 이는 일상생활에서 쉽고 많이 접하는 물질 중에 하나가 바로 종이이기 때문이라고 판단된다. 그러나 이러한 우려 속에서도 사회적으로 종이제품에 대한 형광물질의 품질 기준을 제시하지 못하지 못하고 있는데 이는 종이 내에 잔류하고 있는 형광증백제를 정량적으로 분석할 수 있는 방법이 없기 때문이다. 따라서 형광증백제를 사용하고 있는 지류제품의 생산업체에게 형광증백제의 효율적인 사용방안과 소비자들에게 형광증백제

에 대한 정보를 제공하기 위해서는 형광증백제를 빠르고 정확하게 측정할 수 있는 표준분석법의 개발이 시급하다고 할 수 있다.

진보³⁾에서는 제지용 형광증백제의 정량분석을 위해 형광증백제에 의해 나타나는 형광현상을 분석할 수 있는 광학측정법의 표준화를 진행하였다. 이전 연구에서는 형광광도계(spectrofluorometer), 분광광도계(spectrophotometer), 형광현미경(image restoration microscope)이 사용되었고 실험실적으로 제조된 모델종이를 이용하여 다양한 조건에서 형광현상을 분석하였다. 분석결과를 바탕으로 하여 Table 1과 같이 형광증백제의 형광현상 측정법의 표준안을 도출하였다.

Table 1. Standardized methods for the fluorescence analysis of FWAs

측정법의 구분	종이 내에 존재하는 형광증백제			수용액 내에 존재하는 형광증백제	
	형광광도계 (Spectro-fluorometer)	해당사항 없음			Excitation 파장
Emission 파장					440 nm
분광광도계 (Spectrophotometer; Elrepho)	측정항목	광원	측정 파장	해당사항 없음	
	형광지수 (FI _{WD65})	D65	-		
	형광지수 (FI _{BC})	C	-		
	반사율 (reflectance)	D65	440 nm		
형광현미경 (Image restoration microscope; IRM)	Excitation 파장	360 nm		해당사항 없음	
	Emission 파장	457 nm			
	측정항목	형광방사의 평균값			

도출된 표준 측정법을 이용하여 일정량의 형광증백제를 함유하고 있는 모델 종이의 형광현상을 측정하였고 형광지수 및 반사율과 형광증백제 함량간의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 형광현상과 형광증백제의 함량 간에는 지수함수의 상관관계를 나타내었다.³⁾ 그러나 정량분석을 위해서는 회귀분석을 통한 회귀식이 필요하고 유도된 식에 제지용 형광증백제의 형광현상에 영향을 미치는 영향인자와 각 인자들의 영향가중치를 도입한다면 인쇄용지의 정량분석에 사용가능한 식과 이를 바탕으로 한 기준함량표가 작성될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 모델 종이를 통해 유도된 지수함수의 식에 형광증백제 이외 형광현상에 영향하는 영향인자를 반영함으로써 종이의 기본정보(e.g. 종이의 종류, 평량 등)와 인쇄용지에서 방출되는 형광측정값으로 통해 형광증백제의 함량을 분석할 수 있는 측정법을 완성하고자 한다(Fig. 1).

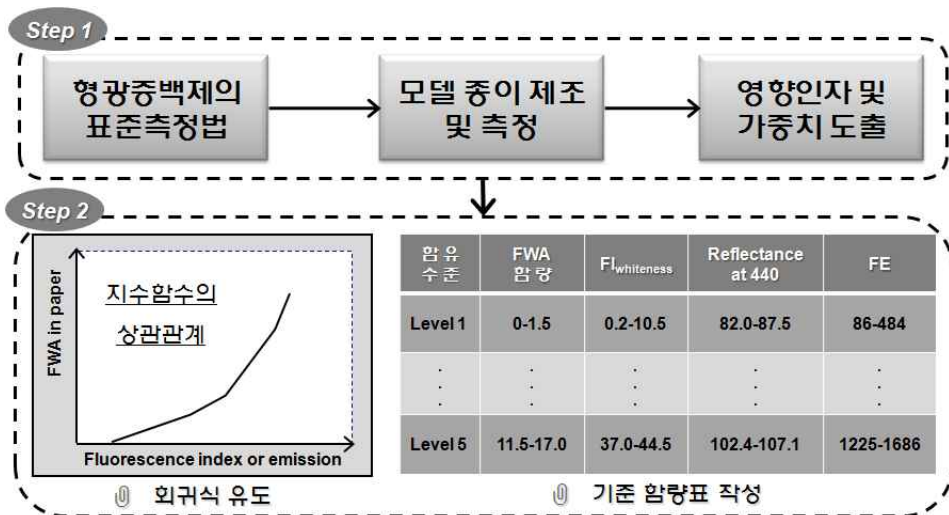


Fig. 1. Strategy of the development of FWA analysis.

따라서 본 연구에서는 문헌조사를 통해 형광증백제의 형광현상에 영향을 줄 수 있는 인자들을 발굴하였고 실험을 통해 각 영향인자에 대해 조사를 실시하였다. Table 2에서 볼 수 있듯이 형광증백제에 영향을 미치는 영향인자들은 크게 종이의 주·부원료, 첨가제, 종이의 구조 및 종류 등이 있다^{4,5)}. 따라서 이러한 영향인자들이 형광현상에 미치는 영향을 평가하고자 실험실적으로 제조된 종이의 형광지수(FI_{whiteness}, FI_{brightness}), 반사율을 측정하였고 통계프로그램을 통해 각 영향인자와 형광지수, 반사율간의 상관관계

를 분석하여 각 인자들의 영향여부를 파악하였다.

Table 2. Main factors influencing the fluorescence of FWAs

구 분	주요 영향인자
종이의 종류	도공지 비도공지
종이의 기본조건	평량 벌크(두께)
종이의 원료	펄프의 종류 및 배합비 충전제의 종류 및 회분함량 내첨사이즈제의 함량

사 사

본 연구는 지식경제부의 표준기술력향상사업에 의해 수행되었음.

인용문헌

1. Weaver, H., Surface brightening of paper in surface application of paper chemicals, Ch. 8, Blackie academic & Professional Press (1997).
2. 이지영, 손창만, 서동준, 형광염료의 효율적인 적용방안에 대한 연구, 2006 추계학술발표논문집, 한국펄프·종이공학회, pp. 123-123.
3. 이지영, 김철환, 이희진, 백경길, 광혜정, 신재호, 김성호, 심성웅, 강하륜, 2009 추계학술발표논문집, 한국펄프·종이공학회, pp. 61-68.
4. Holmberg, M., Dyes and fluorescent whitening agents in Papermaking Chemistry, Papermaking Science and Technology, Vol. 4, Ch. 14, TAPPI PRESS (1997).
5. 이학래, 이복진, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 제지과학, Ch. 14, 광일문화사 (1996).