

## ESCA를 이용한 노화된 종이의 표면 변화 특성 관찰

양봉숙<sup>1</sup> · 김형진<sup>2</sup> · 조병목<sup>2</sup> · 오정수<sup>1</sup>

<sup>1</sup>동국대학교 산림자원학과 · <sup>2</sup>강원대학교 펄프제지공학과

종이는 제조 후 시간의 경과에 따라 노화가 야기되기 시작하며 이에 수반되는 현상으로서 종이의 기계적 강도 손실 및 종이의 색 변화를 들 수 있다. 종이의 노화 현상은 주로 빛, 열, 대기 오염물질, 미생물, 곤충 및 화학약품 등의 외부 인자들에 의해 종이 내에서의 가수분해 또는 산화작용을 발생시키며 이는 종이의 폭넓은 이용을 제한하는 중요한 원인이 되고 있다. 종이의 노화기작은 주로 산 가수분해 및 산화작용 그리고 가교결합 등으로 해석되고 있다. 이는 종이의 주 구성요소인 셀룰로오스의 수산기가 반응하여 카르보닐기를 형성하면서 저분자화 되거나 산소에 의해 산화되면서 저분자화 되어 종이의 강도적 손실이 일어난다고 보고되고 있으며 종이의 황색화(Yellowing) 현상은 주원인이 종이에 잔존하고 있는 리그닌이 빛과 열에 의해 반응하여 산화됨으로써 야기된다고 설명되고 있다. 즉, 열이나 자외선 및 가시광선의 조사로 인한 셀룰로오스 및 기타 종이 구성물의 산화에 의해 종이가 퇴색되거나 강도가 저하되는 현상이 일어나게 된다. 특히 이러한 노화 거동은 상온의 경우에는 펄프와 종이의 황색화가 천천히 일어나지만 온도가 점차 올라갈수록 그 속도는 빨라진다. 종이가 노화되면서 일어나는 산화반응은 주로 대기 중의 산소와 접촉하기 쉬운 표면에서부터 발생하기 쉽다. 열처리를 통해 표면에서의 산화 작용은 촉진되고 종이의 구성원소의 결합에 화학적 변화가 야기된다. 이를 분석하기 위해서 모든 원소가 독특한 결합에너지를 가지고 있다는 것에 착안, 시료 표면에 특정 X-선 및 전자빔을 입사하여 방출하는 광전자의 에너지를 측정함으로써 시료 표면의 조성 및 화학적인 결합상태를 알 수 있는 ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis)를 이용하였다. ESCA는 주로 표면 원소의 규명 및 정량분석과 화학결합 상태의 정성, 정량 분석, 깊이에 따른 원소의 농도 분포 분석, 고분자화합물의 특성 조사, 표면 원소의 화학결합에 따른 전자상태 연구 등에 활용되고 있다. 즉, 종이가 노화되면서 원소들 사이에 변화되는 결합을 이러한 에너지 분석에 의해 원소 정성분석 또는 정량분석을 하고자 하였으며, 이를 분석하여 열처리 시 종이 표면에서 일어나는 변화를 구명하고자 하였다.

이에 따라 본 연구에서는 종이의 노화를 가속화시키는 빛, 대기오염물질, 및 기타 다른 인자들은 배제하고 열 만을 가해 노화의 진행속도를 높인 후, 노화 진행 시 종이 표면에 일어나는 산화작용 및 가수분해를 표면 분석 장치인 ESCA를 이용하여 종이의 주 구성원소인 탄소와 산소가 열처리 시 변하는 에너지를 측정하였다. 또한 카르복실기 정량과 종이의 pH 측정 및 X-ray Diffractometer를 이용하여 결정화도를 측정하였다. 본 연구의 결과, 시간의 경과에 따라서 탄소의 결합에너지는 분포가 C-H에서 COO-, 또는 C=O로 달라짐으로써 종이가 산화되고 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 이 결합에너지 분포의 변화가 펄프의 종류에 따라서 다르게 이동함으로써 제조된 시트의 표면 산화반응이 서로 다르게 일어나고 있음을 알 수 있었으며, 이는 사용한 펄프의 화학 조성분의 차이에 기인한 것이라 사료된다.