

## 지류포장재의 중금속 함량 분석

이학래, 윤혜정, 김진우, 서주환<sup>1)</sup>, 이원재<sup>2)</sup>, 이주희<sup>3)</sup>

서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공<sup>1)</sup>

(주)동양잉크 기술연구소<sup>2)</sup>, 대성판지(주)<sup>3)</sup>

### 1. 서 론

환경 문제에 대한 관심이 그 어느 때보다 높은 요즘 세계 각국은 각종 수입 제품 내의 중금속 함량에 대한 규제를 강화하고 있다. 이와 더불어 제품의 포장, 운송 등을 위한 포장재 전반에 걸친 중금속 함량 규제 또한 그 수준이 날로 강화되고 있다. 실제로 유럽연합(EU) 15개국과 미국의 캘리포니아 주 등 19개 주는 포장재의 중금속 함량 기준으로 4대 유해 중금속, 즉 납(Pb), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 6가크롬(Cr<sup>6+</sup>) 등의 농도 합이 100 ppm을 넘지 않도록 규제하고 있다.

이러한 규제로 인해 전자 제품 등 국내 수출 기반 산업에서의 포장재의 중금속 함량은 중요한 문제가 아닐 수 없다. 그러나 국내 지류포장재의 중금속 함량에 대한 연구는 그다지 활발히 이루어지고 있지 않다. 중금속 함량 측정은 극미량 원소 분석이므로 측정자의 숙련도, 전처리방법, 측정기기 등에 따라 서로 상이한 결과를 나타낼 수 있어 정확한 측정이 어렵다. 하지만 국내에서는 아직 종이 내의 중금속 중 납, 카드뮴을 제외한 기타 원소에 대한 표준 측정방법이 제대로 정립되어 있지 않다. 그리고 지류포장재의 중금속 함량을 증가시키는 주요 원인 물질로 알려진 바 있는 인쇄잉크에 대한 연구도 미진한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 지류포장재의 중금속 함량에 대한 현황 파악을 하고자 국내 골판지 원지의 중금속 함량을 분석하고 효과적인 전처리 방법에 대하여 알아보았다. 또한 플렉소 잉크 및 안료에 대한 중금속 함량을 분석하여 지류포장재의 중금속 함량의 원인 물질에 대하여 탐색하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시 재료

공시 재료로는 국내에서 유통 중인 4종의 라이너지와 황, 적, 청, 흑의 기본 4색 골판지 인쇄용 플렉소 잉크 및 안료를 분석 대상으로 하였으며 그 특성은 다음과 같다.

**Table 1. Characteristics of packaging papers and flexo ink.**

Packaging paper	Characteristic	Ink	Color
A	Corrugating Medium	A, B	Yellow
B	Brown Bottom Linerboard (KOCC)	C, D	Cyan
C	Top Kraftliner (UKP, Food packaging)	E, F	Magenta
D	White Top Linerboard	G	Black

### 2.2 실험 방법

각각의 재료를 질산, 과산화수소, 염산 등을 이용하여 가열판에서의 습식 분해 방법과 마이크로웨이브를 이용한 분해 방법에 따라 분해하였다. 분해 방법은 USEPA Methods 3050B, 3051, 3052를 참고하였다. 본 실험에서 사용된 시약은 중금속이 충분히 정제된 고순도의 전자급 시약을 사용하였다.

#### 2.2.1 가열판에서의 습식 분해

시료 전건 0.5g을 정확히 취하여 50 mL 비커에 넣고 같은 부피의 진한 질산(약 70%)과 증류수를 혼합하여 만든 묽은 질산 10 mL를 넣고 시계 접시를 덮은 후 가열

판 위에서 서서히 가열하였다. 온도가 올라가며 분해가 이루어진 후 적갈색 연기 발생이 멈추며, 반응이 끝나거나 용액이 5 mL 이하가 되면 진한 질산 10 mL를 넣고 가열하여 용액 부피를 5 mL로 하였다. 진한 질산 이후에 추가로 과산화수소(약 35%) 또는 진한 염산(약 35%)을 넣은 경우는 각 5 mL를 같은 과정으로 넣고 5mL가 될 때까지 가열하여 분해 용액을 얻었다. 이후 방냉하고 여과한 후 여과액과 세척액을 합하여 최종부피를 100 mL로 한 후 유도결합 플라즈마 분광 분석기를 이용하여 분해 용액 내 유해 중금속(Pb, Cd, Cr, Ba, As, Se, Sb) 함량을 측정하였다.

### 2.2.2 마이크로웨이브를 이용한 분해

시료 전건 0.3 g을 정확히 취하여 테프론 재질의 분해 용기에 넣고 질산 10 mL를 가한 후 마이크로웨이브 분해기에 장치하였다. 500W와 1300W 두 단계에 걸쳐 총 45분 동안 가압 상태에서 분해하였다. 분해가 끝나고 얻어진 용액을 여과하고 여과액과 세척액을 합하여 최종부피 50 mL로 한 후 유도결합 플라즈마 분광 분석기로 분해 용액 내 유해 중금속(Pb, Cd, Cr, Ba, As, Se, Sb) 함량을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 지류포장재의 중금속 함량

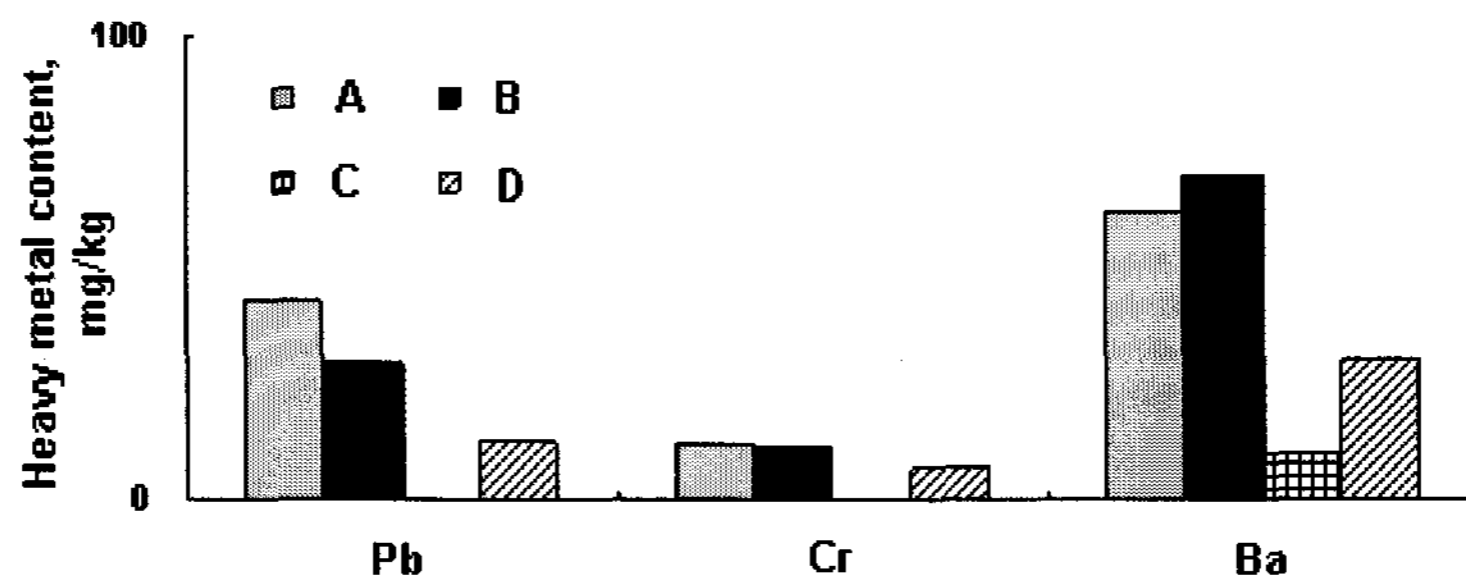


Fig. 1. Heavy metal content in packaging papers - HNO<sub>3</sub> wet digestion.

골판지 원지를 질산만을 이용하여 분해한 결과 주로 납과 크롬, 그리고 바륨이 측정되었으며 지종에 따라 다소 차이가 있었다. 식품 포장용으로 쓰이는 크라프트라이너의 경우는 중금속 함량이 적었으나 그 외의 경우는 수십 ppm 정도로 측정되는 경우도 있었다. 주로 고지를 재활용하는 원지에서 상대적으로 많은 양의 중금속이 검출되었다.

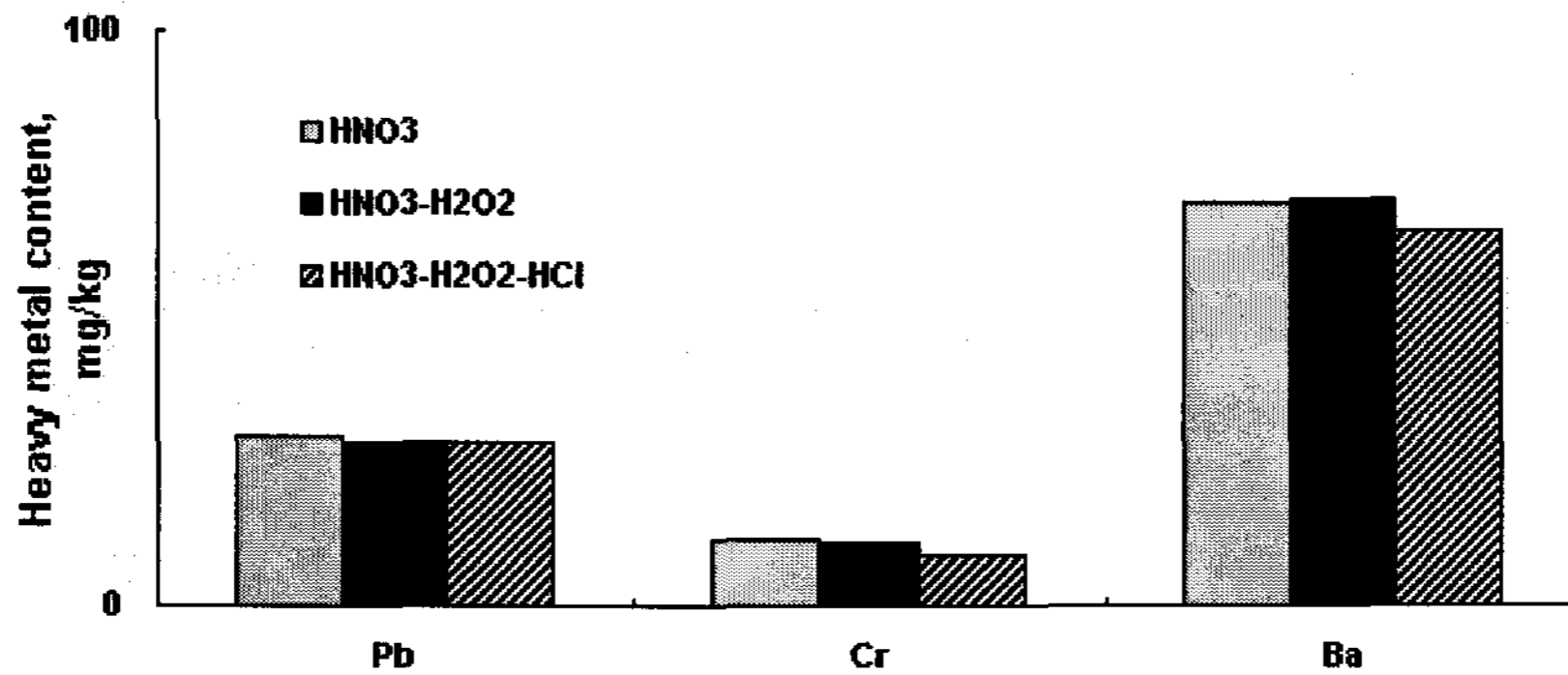


Fig. 2. Heavy metal content in packaging paper B - wet digestion.

Fig. 2.와 같이 가열판에서 산을 달리하여 분해한 결과 중금속 함량에는 큰 차이가 없었다. 이는 가열판에서 질산만을 사용하여도 포장용지의 분해가 충분히 이루어진다는 것을 의미한다.

### 3.2 잉크 및 안료의 중금속 함량 측정

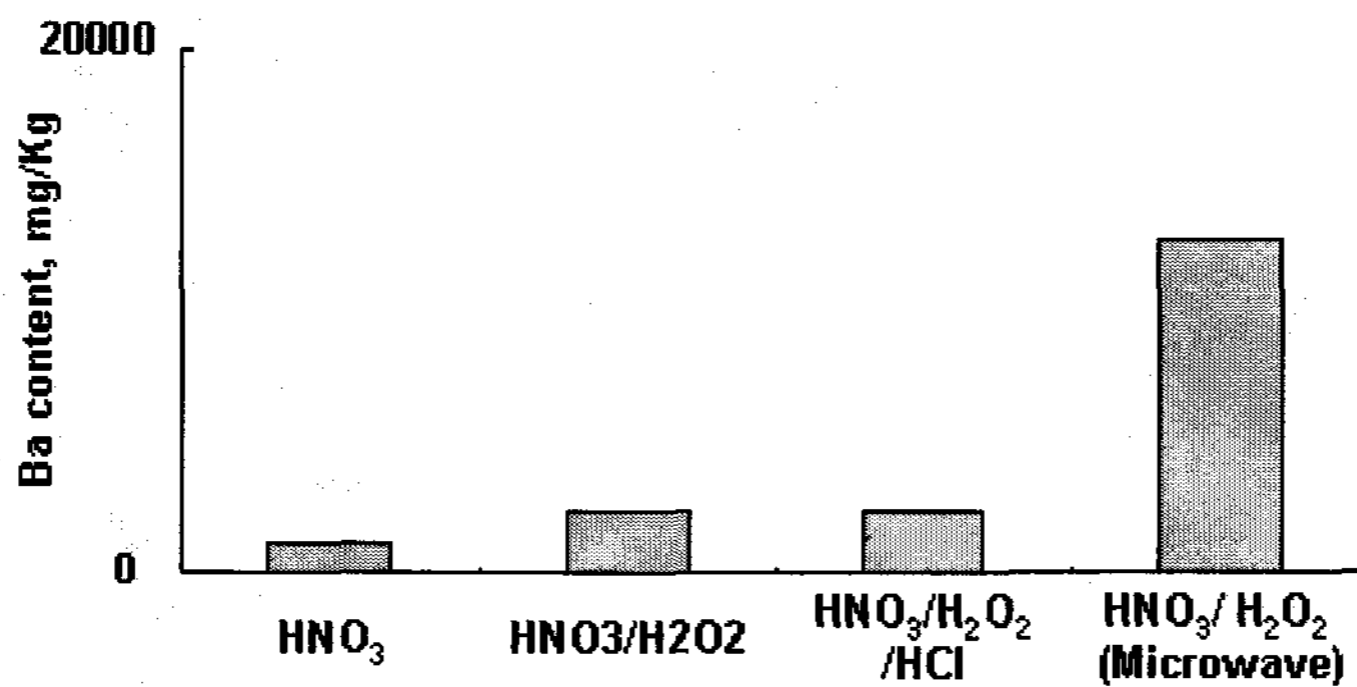


Fig. 3. Ba content in yellow pigment A.

플렉소 잉크 안료의 경우는 가열판에서 분해하면 종이에 비하여 분해가 어려우며 시간도 많이 소비되었다. 또한 장시간 분해 후에도 방냉 또는 희석 시에 침전물이 생기는 것으로 보아 기존의 질산, 과산화수소 또는 염산을 이용한 가열판에서의 습식 분해로는 완전한 분해가 어려웠다. Fig. 3과 같이 가열판에서의 습식 분해와 마이크로웨이브를 이용한 분해를 비교한 결과 마이크로웨이브 분해의 경우 더 높은 측정치가 얻어졌다.

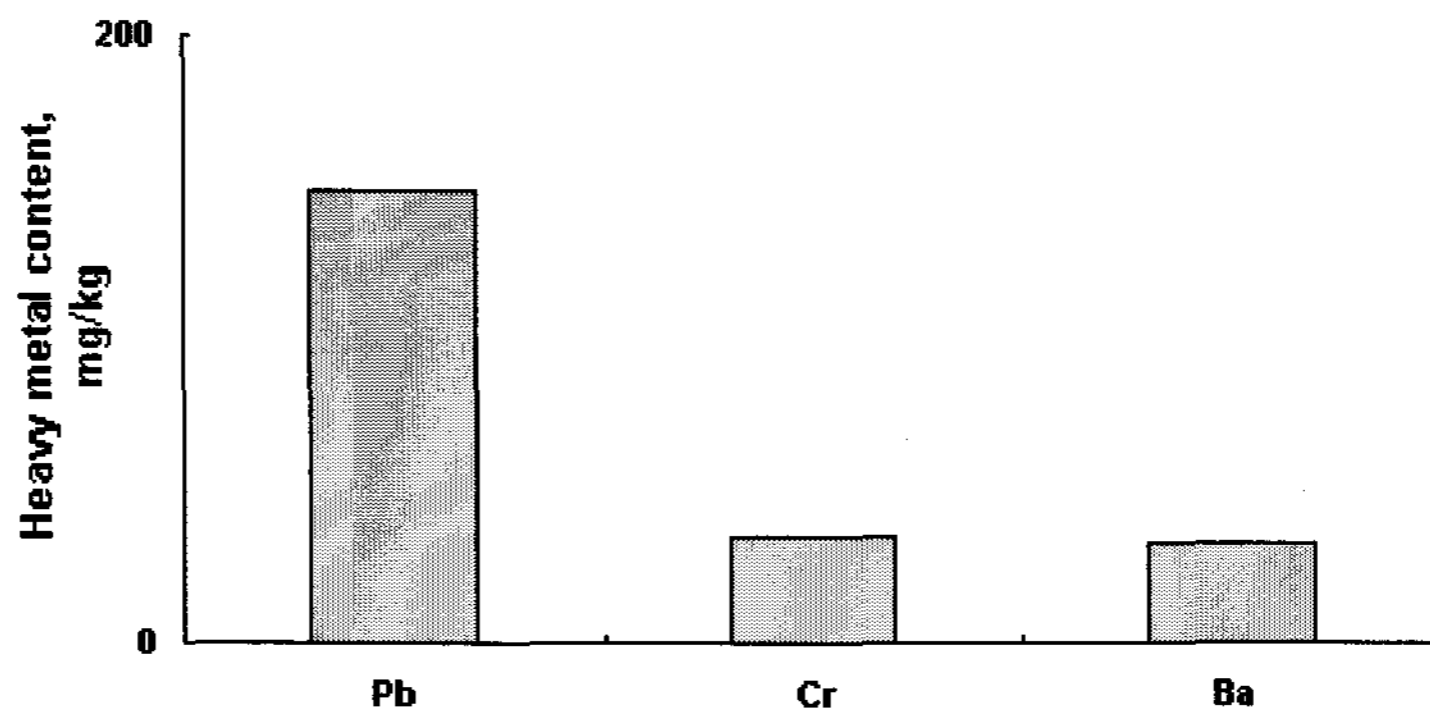


Fig. 4. Heavy metal content in yellow pigment - microwave digestion.

잉크 또는 안료의 중금속 중 다량이 검출되는 원소는 납과 크롬, 바륨 등이었으며 황색에서는 납과 크롬, 바륨이, 적색에서는 바륨 함량이 주로 측정되었다 (Fig. 4).

#### 4. 결 론

본 연구에서는 분해 방법에 따른 골판지 원지 및 수성 플렉소 잉크와 안료의 중금속 함량 차이를 평가하였다. 마이크로 웨이브를 이용한 분해방법이 가열판을 이용한 습식 분해의 경우보다 분해가 용이하고 중금속 함량이 높게 나타났다. 종이는 가열판에서의 습식 분해로도 분해가 용이하였으나 잉크 및 안료는 습식 분해로는 분해가 어려우며 고온 고압을 이용한 마이크로 웨이브를 이용한 분해가 적절한 것으로 나타났다. 종이, 잉크 및 안료에는 납, 크롬 및 바륨 등 규제 대상이 되는 중금속이 적게는 수 ppm에서 많게는 수십 ppm이 함유되어 있는 것으로 측정되었다.

## 사 사

본 연구는 산업자원부의 지원에 의해 수행되었음. 일부 연구원은 BK 21 핵심 사업 지원을 받았음.

## 참 고 문 헌

- 1) 포장재의 중금속 함량 권장기준 및 시험방법 등에 관한 고시, 환경부, 2006. 10.
- 2) Jo. B.M., Jenong, M.J., Effect of pretreatments on the content of heavy metals in packaging paper, 2006 Pan Pacific Conference Proceedings, Korea TAPPI 2006.
- 3) Jokinen, K., Siren, K., Harmful residues in recycled fiber-metals and compounds, Paperi ja Puu 77(3): 106-110, 1995.
- 4) Donvito, T.N., Turan, T.S., Wilson, J.R., Heavy metal analysis of inks: a survey, Tappi Journal 75(4): 163, 1992.
- 5) USEPA Methods 3050b, 3051, 3052