

지류 포장재 종류에 따른 중금속 함량 측정

김진우 · 서주환^{*1} · 윤혜정 · 이학래[†]
(2009년 2월 23일 접수:2009년 5월 29일 채택)

Determination of Heavy Metal Contents in Various Packaging Boards

Jin Woo Kim, Joo Hwan Seo^{*1}, Hye Jung Youn, and Hak Lae Lee[†]
(Received February 23, 2009; Accepted May 29, 2009)

ABSTRACT

This study was performed to evaluate the heavy metal contents in various packaging board. Domestic and foreign OCC (old corrugated containers) and old duplex boards were used as raw materials. Tests were made for the printed and unprinted parts of the sample. Heavy metal contents of old food packaging boards made from virgin pulp fibers were also evaluated. The contents of heavy metals including lead (Pb), cadmium (Cd), barium (Ba), arsenic (As), antimony (Sb), selenium (Se), and mercury (Hg) were determined using ICP-AES (Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometer), and CV-AAS (Cold vapor-atomic absorption spectrometer) after digesting the samples in a microwave oven. The contents of heavy metals contained in domestic packaging board were higher than those in overseas samples, and OCC showed higher contents of heavy metals than old duplex boards. Printed parts gave greater heavy metal contents than unprinted parts. Results indicate that recycling of paper and paperboard products increases the heavy metal contamination of the paper packaging products and this derives mostly from the heavy metals contained in printing inks. Recycling processes that decrease heavy metals in recycled fibers and new printing inks that contains less heavy metals should be developed to solve the problem associated with the heavy metals in packaging paper products.

Keywords : Heavy metal, recycling, OCC, duplex board, virgin pulp, ICP-AES, printing ink

• 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 환경재료과학 전공(Department of Forest Sciences, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, 151-921, Seoul, Korea).

*1 LG 하우시스

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: lhakl@snu.ac.kr

1. 서론

근래에 들어 일반 대중의 환경에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이를 위해 세계 각국에서는 각종 오염원 관리와 오염방지에 대한 관심과 관리체계를 강화해 나가고 있다. 특히 일반 대중은 환경 오염에 의해 야기될 수 있는 환경 파괴현상 뿐 아니라 개인의 건강과 관련된 환경오염현상에 큰 관심을 가지고 있으므로 각국에서는 이러한 개인적 관심에 부응할 수 있도록 다양한 시책을 수립, 수행하고 있다. 환경보호의 측면에서 자원을 재활용자원을 활용한다는 것은 매우 긍정적인 측면이 있으나 자원의 재활용 자체가 제품의 청결도를 담보하는 것은 아니기 때문에 이에 대한 종합적인 검토 및 대책이 필요한 실정이다. 이러한 관점에서 재활용 섬유자원을 주원료로 사용하고 있는 지류 포장재에 대한 친환경적 분석이 요청된다.

최근 들어 지류포장재는 인터넷 쇼핑과 홈쇼핑이 널리 보급되고, 택배의 활용도가 높아짐에 따라 수요가 크게 증가하고 있다. 이에 따라 지류포장재를 제조하기 위한 재활용 섬유의 수요도 증가하고 있으며, 이에 필요한 섬유자원의 재활용율이 상승되고 있다. 이는 다시 재활용 섬유 원료의 청결도를 저하시키는 결과를 초래하고 있다.

지류포장재는 크게 중대형 포장에 사용되는 골판지 포장상자와 소포장에 주로 사용되는 백판지 포장상자로 크게 나눌 수 있다. 이러한 지류 포장재는 경제적일 뿐 아니라, 1회용으로 사용이 편리하며, 무엇보다도 천연자원을 주재료로 하고 있어 재활용이 가능한 특성을 지닌 친환경적 제품이라 할 수 있다. 하지만 이들은 주로 고지를 재생하여 제조되므로 재활용 과정에서 다양한 이물질이 혼입됨으로써 청결도가 저하될 수 있다는 근원적인 문제점을 지니고 있는 것도 사실이다. 최근에는 지류포장재의 품질 향상을 위해 다단계의 정선 공정을 거치기도 하지만 일반적으로는 골판지 원지제조 수율을 높이기 위해서 단순한 정선공정을 주로 채택되고 있으므로 다량의 이물질이 잔류된 상태로 제품이 생산되는 경우가 있는 실정이다. 이러한 현실은 섬유자원의 재활용이 증대될수록 중금속 등의 유독성 환경 오염 물질의 지류포장재 내 함량이 증가할 것임을 의미한다.

지류포장재의 친환경성과 위해성에 대한 관심이

증대됨에 따라 근래에 들어 각국에서는 이에 대한 대책의 법제화에 다양한 노력을 기울이고 있다. 특히 중금속에 의해 유발되는 독성과 이에 대한 노출 우려가 증대됨에 따라 선진국을 중심으로 위해성을 지닌 중금속 물질에 의한 환경오염 관련 규제가 지속적으로 강화되고 있다. 이러한 일련의 과정에서 포장재 내에 함유된 중금속 함량에 대한 규제 역시 계속 강화되어 왔으며, 이는 자유무역시장에 있어 하나의 기술 장벽으로 인식되고 있는 바 이에 대한 대처가 시급한 실정이다.^{1,2)} 이러한 기술변화에 대응하기 위해서는 지류포장재 내의 중금속 함량의 현황을 파악하고, 그 원인물질을 추적하며, 원인물질로부터 중금속을 근원적으로 제거할 수 있는 방안을 수립하는 것이 요청된다. 특히 향후 포장재의 위해성 수준이 국제간의 무역장벽으로 작용하게 될 것을 대비하여 국내에서 재활용되고 있는 지류포장재 내의 중금속 함량의 수준을 파악하는 것이 자원재활용에 기반을 둔 제지산업의 환경안정성에 대한 기본자료를 구축하는 것이라 할 수 있다.

본 연구에서는 현재 유통되는 국내외 여러 종류의 지류 포장재를 수집하여 그 속에 포함되어 있는 7가지 종류의 대표 규제 중금속 함량을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 분해 시료

골판지는 미인쇄 상태와 인쇄 상태의 KOCC와 AOCC를 사용하였다. 인쇄 부분은 사용된 잉크의 특성에 의한 영향을 평가하기 위해 인쇄된 색상 별로 구분하여 평가하였다. 또 비교 대상으로서 중국산 라이너지 2종을 평가 대상에 포함시켰다. Table 1은 실험에 사용된 골판지 시편의 일반적인 특성을 나타내고 있다. 백판지 종류로는 미인쇄 국내 백판지와 중국산 백판지를 사용하였는데, 시중에 유통되고 있는 인쇄된 상태의 백판지를 시료로 이용하였다. 골판지와 마찬가지로 인쇄상태의 백판지 고지는 색상별로 분류, 평가하였다. Table 2는 실험에 사용된 백판지 시편의 일반적인 특성을 나타내고 있다. 식품용지는 시중에 유통되고 있는 BKP 계열의 식품포장지와 UKP 계열의 식품포장지를 인쇄부분과 미인쇄 부분으로 구분

Table 1. Characteristics of corrugated container boxes

ID	Type	Surface liner type (Commercial grade)	Color
A-K	KOCC	Jute liner (KLB)	Unprinted
B-K		Jute liner (SK)	Unprinted
C-K		White jute liner	Unprinted
D-K		White jute liner	Red
E-K		White jute liner	Blue
F-K		Jute liner (SK)	Pink
G-K		Jute liner (KLB)	Black
H-K		Duplex board	Violet
I-K		Duplex board	Gold
J-K		Duplex board	Green
A-A		AOCC	Jute liner (KLB)
B-A	Jute liner (SK)		Unprinted
C-A	White jute liner		Red
D-A	White jute liner		Blue
E-A	Jute liner (KLB)		Black
F-A	White jute liner		Green
A-C	Liner board (China)	Jute liner (KLB)	Unprinted
B-C		Corrugated medium	Unprinted
UKP	Pulp	UKP	Unprinted

Table 2. Characteristics of duplex boards

ID	Type		Basis weight, g/m ²	Color
	Grade	Commercial grade		
W-A	White lined chip board	SC Manila	350	unprinted
W-B			350	
W-C			350	
W-D			350 (China)	
W-E			300	Yellow
W-F			300	Red
W-G			350	Blue
W-H			350	Black
W-I			300	Pink
W-J			350	Violet
W-K			300	Green
W-L			350 (China)	Red
I-A			Folding box board	Ivory
I-B	260	Gold		

하여 평가하였다. 인쇄부분의 경우에는 다른 고지와 마찬가지로 색상별로 구분하여 평가하였다. Table 3은 실험에 사용된 식품 포장용지의 일반적인 특성을 나타내고 있다.

2.1.2 분해산 및 희석수

시료 분해를 위해 초순도 전자급 시약을, 희석수로 는 3차 증류수를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 시료의 분해

시료 분해장치로는 마이크로웨이브 오븐을 이용하였으며, 시험방법은 USEPA method 3051A 및 3052를 참조하였다. 시료 분해를 위해서 시료 0.3 g에 질산:과산화수소:염산:불산을 7:1:1:1로 혼합한 분해산을 투입하고 마이크로웨이브 오븐에 넣어 분해하였다. 마이크로웨이브에 의한 시료의 완전 분해를 위

해 내부 압력이 58 bar, 최대 압력 도달 시 내부온도는 200-210°C가 되도록 마이크로웨이브 출력을 조절하였다.^{6-7,10)} 얻어진 시료분해 용액을 상온에서 방냉한 후 이를 2.5 µm 미만의 pore size를 가진 filter paper를 이용해 분해용액과 세척수를 함께 여과한 다음 여과액을 50 ml가 되도록 희석하였다.

Table 4에는 본 실험에 사용된 산 조성 조건에서 측정 대상 원소를 ICP-AES로 분석하였을 경우 그 회수율을 나타내었다. 여기에서 보는 것과 같이 각 원소의 회수율은 Se를 제외하고는 92-99%로 높게 나타났다.

2.2.2 측정 장비

중금속 함량은 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer)와 CV-AAS (Cold Vapor-Atomic Absorption Spectrometer)를 이용하여 측정하였다. ICP-AES를 이용해 Pb, Cd, As, Se, Sb, Ba을 측정하였고, CV-AAS를 이용해 Hg의 함

Table 3. Characteristics of food packaging boards

ID	Pulp composition	Basis weight, g/m ²	Color
F-A	BKP	240	Yellow
F-B		280	Red
F-C		280	Red
F-D		280	Red
F-E		260	Red
F-F		280	Blue
F-G		240	Unprinted
F-H		280	Unprinted
F-I		280 (China)	Red
F-J		350 (China)	Unprinted
F-K		BKP+UKP	280
F-L	UKP	50	Unprinted

Table 4. Recovery ratio by acid mixtures

HNO ₃	HCl	H ₂ O ₂	HF	Recovery ratio, %						
				Pb	Cd	Hg	As	Ba	Sb	Se
7	1	1	1	94	92	98	99	98	93	83

Table 5. Wavelength used to determine heavy metal contents with ICP-AES

Metal	Wavelength, nm
Pb	217.000
Cd	228.802
As	188.979
Ba	233.527
Se	196.026
Sb	206.836

량을 측정하였다. 수은 측정은 253.7 nm의 파장에서 이루어졌다. Table 5에는 ICP-AES에 사용된 각 측정 원소별 검출파장을 나타내었다.⁸⁻¹⁰⁾ 각 측정 원소에 대한 ICP-AES의 검출한계(Detection Limit)는 As, Sb, Se, Pb > 0.5ppm 이며, Ba, Cd > 0.1 ppm이었다. 수은 분석을 위한 CV-AAS 검출한계는 Hg > 0.5 ppb 였다.

Table 6. Heavy metal content of unprinted KOCC

ID	Pb	Cd	Hg	As	Ba	Se	Sb
A-K	30 - 32	<5	<0.5	0	67 - 71	<5	13 - 16
B-K	50 - 55	<5	<0.5	0	60 - 68	<5	15 - 17
C-K	20 - 32	<5	<0.5	0	50 - 56	<5	10 - 17
UKP	0	<5	<0.5	0	0 - 9	<5	0

Table 7. Heavy metal content of printed KOCC

ID	Pb	Cd	Hg	As	Ba	Se	Sb
D-K	15 - 20	<1	<0.5	0	290 - 350	<2	10 - 15
E-K	30 - 35	<1	<0.5	0	100 - 120	<2	8 - 12
F-K	30 - 40	<1	<0.5	0	120 - 170	<2	7 - 10
G-K	20 - 25	<1	<0.5	0	60 - 70	<2	10 - 13
H-K	10 - 20	<1	<0.5	0	40 - 50	<2	5 - 10
I-K	15 - 20	<1	<0.5	0	40 - 50	<2	4 - 8
J-K	14 - 18	<1	<0.5	0	70 - 80	<2	5 - 8

3. 결과 및 고찰

3.1 골판지 내 중금속 함량 평가

국내에 유통되는 지류포장지 내의 중금속 함량을 평가하기 위해 산분해 후 중금속 함량을 측정하였다. 이러한 실험은 지류 포장재가 대부분이 회수되어 재 활용되기 때문에 지류 포장재 원료에 함유된 중금속에 의한 제품의 중금속 오염 가능성을 평가하는데 의미가 있다고 할 수 있다.³⁻⁵⁾ KOCC 미인쇄 부분의 경우 종류에 따른 중금속 함량 차이는 크지 않았다. 주로 납과 바륨이 검출되었으며 소량의 안티몬이 확인되었다. UKP에는 중금속이 거의 검출되지 않았다 (Table 6). KOCC의 인쇄 부분의 경우에는 미인쇄 부분에 비해 높은 바륨의 함량을 보였다 (Table 7). 이는 바륨의 원인이 잉크임을 나타내고 있다. 특히 적색 잉크로 인쇄된 부분에서 높은 바륨의 함량을 보이는 것으로 보아 적색 잉크가 바륨의 주원인으로 판단된다. 백판지와 합지된 상자의 경우 전반적으로 중금속 검출수치가 낮았다. 이는 전건 무계를 기준으로 중금속 검출량을 계산하는 방식에 기인한 것으로서 백판지

코팅층에 포함되어 있는 고비중의 무기안료에 의해 전반적으로 고지의 비율이 상대적으로 낮아졌기 때문이라고 판단된다.

AOCC의 경우 KOCC와 마찬가지로 주로 납과 바륨

이 검출되었고 인쇄된 부분에서 높은 중금속 함량을 보였다 (Table 8). 그러나, KOCC와 달리 셀레늄의 함량이 상대적으로 높게 검출되었다. 전반적으로 AOCC의 중금속 함량은 KOCC에 비해 낮은 수치를 보였다.

Table 8. Heavy metal content of unprinted and printed AOCC and liner boards from China

ppm

ID	Pb	Cd	Hg	As	Ba	Se	Sb
A-A	3 - 10	<1	<0.5	<1	15 - 18	4 - 8	4 - 11
B-A	8 - 12	<1	<0.5	<1	12 - 15	5 - 8	11 - 14
C-A	15 - 18	<1	<0.5	<1	28 - 31	7 - 9	0
D-A	5 - 8	<1	<0.5	<1	14 - 18	9 - 14	0
E-A	5 - 10	<1	<0.5	<1	15 - 22	5 - 11	0
F-A	10 - 13	<1	<0.5	<1	8 - 14	8 - 12	0
A-C	14 - 15	<1	<0.5	<1	32 - 36	2 - 3	4 - 5
B-C	5 - 6	<1	<0.5	<1	77 - 80	1 - 2	4 - 6

Table 9. Heavy metal content of unprinted duplex boards

ppm

ID	Pb	Cd	Hg	As	Ba	Se	Sb
W-A	10 - 11	<1	<0.5	0	19 - 26	<5	4 - 7
W-B	11 - 13	<1	<0.5	0	32 - 42	<5	5 - 10
W-C	8 - 12	<1	<0.5	0	21 - 28	<5	3 - 5
W-D	18 - 20	<1	<0.5	0	40 - 42	<5	8 - 10

Table 10. Heavy metal content of printed duplex boards

ppm

ID	Pb	Cd	Hg	As	Ba	Se	Sb
W-E	5 - 8	0	<0.1	<5	24 - 28	<5	3 - 4
W-F	12 - 17	0	<0.1	<5	200 - 210	<5	2 - 3
W-G	20 - 24	0	<0.1	<5	30 - 35	<5	3 - 5
W-H	9 - 10	0	<0.1	<5	30 - 35	<5	4 - 5
W-I	11 - 13	0	<0.1	<5	37 - 45	<5	3 - 4
W-J	8 - 11	0	<0.1	<5	26 - 30	<5	3 - 4
W-K	8 - 10	0	<0.1	<5	30 - 35	<5	5 - 6
W-L	4 - 6	0	<0.1	<5	40 - 50	<5	2 - 3
I-A	8 - 11	0	<0.1	<5	19 - 21	<5	4 - 7
I-B	9 - 11	0	<0.1	<5	18 - 20	<5	5 - 7

며, 인쇄 부분 역시 KOCC 인쇄부분에 비해 상대적으로 낮은 중금속 함량을 보였다. KOCC와 마찬가지로 AOCC에서도 적색 잉크가 높은 함량의 바륨을 포함하고 있는 것으로 나타났는데 이는 근본적으로 바륨의 주원인이 적색 계열 잉크일 가능성을 의미한다.

중국산 라이너지 2종을 평가한 결과 KOCC 및 AOCC와 마찬가지로 주로 납과 바륨이 검출되었다. 이번 실험에 사용된 중국산 라이너지 시료 2종의 중금속 함량은 국내 KOCC의 중금속 함량과 대등하거나 다소 낮았다.

3.2 백판지 내 중금속 함량 평가

백판지는 전반적으로 골판지에 비해 낮은 중금속 함량을 보였는데, 골판지와 마찬가지로 납과 바륨이 주로 검출되었다. 또 인쇄된 부분의 중금속 함량이 미인쇄 부분에 비해 다소 높게 나타났다. 골판지와 마찬가지로 적색 계열 잉크가 인쇄된 부분에서 바륨 함량이 높게 나타났고, SC Manila보다 상대적으로 낮은 고지 비율을 가진 Ivory지가 중금속 함량이 낮았다. 이는 인쇄 잉크가 중금속의 주된 원인일 가능성이 높다는 사실과 고지 사용율이 높을수록 고지 내

에 포함되어 있는 잉크가 잔류하여 포장지 내의 중금속 발생 원인으로 작용할 수 있음을 보여주는 것이다. Table 9와 10은 백판지 미인쇄 부분과 인쇄부분의 중금속 함량을 나타내고 있다. 중국산 백판지는 전반적으로 국내 백판지에 비해 다소 높은 중금속 함량을 보였다.

3.3 식품용지 내 중금속 함량 평가

식품용지 내 중금속 검출 수치는 Table 11에서 보는 것과 같이 매우 낮았다. 이는 중금속이 거의 검출되지 않은 천연펄프의 함량이 높기 때문으로 판단된다. 그러나 일부 시료의 인쇄 부분에서는 높은 수치의 바륨이 검출되었다. 특히 적색계열의 잉크가 인쇄된 시료에서 그러한 경향이 나타났다. 청색 계열 잉크가 인쇄된 부분에서는 납의 함량이 다소 높게 검출되었다. 이는 잉크가 지류 포장재 내 중금속 발생의 주원인임을 시사하는 것이다. 따라서 재활용 공정의 정선 공정에서 잔류 잉크 제거는 지류 내 중금속을 저감하는 주요 대안이 될 수 있음을 의미한다. 또 더 나가서는 중금속 저감 잉크의 개발을 통해 재활용 섬유 원료 내의 중금속 함량을 낮추는 노력이 요청된다.

Table 11. Heavy metal content of unprinted and printed food packaging boards.

ppm

ID	Pb	Cd	Hg	As	Ba	Se	Sb
F-A	0 - 3	0	< 0.10	<5	4 - 5	<5	0
F-B	5 - 7	0	< 0.10	<5	100 - 110	<5	0
F-C	2 - 4	0	< 0.10	<5	350 - 380	<5	0
F-D	2 - 5	0	< 0.10	<5	3 - 4	<5	0
F-E	4 - 5	0	< 0.10	<5	180 - 220	<5	0
F-F	2 - 10	0	< 0.10	<5	5 - 9	<5	0
F-G	2 - 4	0	< 0.10	<5	2 - 4	<5	0
F-H	3 - 5	0	< 0.10	<5	2 - 3	<5	0
F-I	1 - 3	0	< 0.10	<5	80 - 110	<5	0
F-J	3 - 5	0	< 0.10	<5	6 - 7	<5	0
F-K	2 - 12	0	< 0.10	<5	6 - 8	<5	0
F-L	2 - 4	0	< 0.10	<5	3 - 4	<5	0

4. 결론

본 연구에서는 현재 유통되는 국내외 여러 종류의 지류 포장재를 수집하여 그 속에 포함되어 있는 7가지 종류의 대표 규제 중금속 함량을 평가함으로써 지류 포장재 내의 중금속 함량의 현황을 파악하고, 그 원인물질을 추적하고자 하였다. 그 결과 지류 포장재 내에서 주로 납과 바륨이 검출되었다. 또 지류 포장재 내 중금속 함량은 고지 비율이 높고 상대적으로 정선공정이 단순한 골판지가 가장 높았으며, virgin pulp 함량이 높은 식품용지는 가장 낮았다. KOCC는 AOCC에 비해 높은 중금속 함량을 보였다. 이는 재활용 횟수가 많고 원료를 반복적으로 사용할 경우 미제거된 이물질이 지속적으로 축적되어 나타난 현상이라 판단된다. 중국산 골판지의 중금속 함량은 국산고지와 대등한 수준이었으나 폭 넓은 시료를 통한 추가적 검증이 필요할 것으로 판단된다. 모든 지류 포장재에서 인쇄부분이 미인쇄부분보다 높은 중금속 수치를 보였다. 특히 적색 계열의 잉크가 인쇄된 부분에서는 바륨의 함량이, 청색 계열에 잉크가 인쇄된 부분에서는 납의 함량이 높게 검출되었다. 이는 잉크가 중금속 발생에 주요 원인을 간접적으로 보여주고 있다. 이러한 사실은 잉크에 함유된 중금속을 제거하는 것이 골판지 및 백판지 포장의 청정화에 기여할 수 있음을 뜻한다. 현재 국내에서 유통되는 지류 포장재의 중금속 함량은 국제 기준치인 4대 중금속 기준(Pb, Cd, Hg, Cr⁺⁶) 100 ppm 미만을 만족시키는 것으로 나타나 현재는 국제 기준에 대해서는 안전한 것으로 보인다. 그러나 지류 포장재의 주재료인 고지의 품질이 지속적으로 악화되거나 고지 재활용 횟수가 증가할 경우 중금속 함량 수치는 증가할 것으로 우려된다. 또 향후 중금속에 대한 국제 기준이 강화되거나 바륨이 규제 대상 원소에 포함될 경우 심각한 문제를 야기할 가능성이 내포된 것으로 판단된다. 따라서 중금속 저감을 위해 골판지 원지 제조 공정에서 중금속 유발 이물질 제거를 위한 정선 공정 개선, 원료의 검수 강화 등의 대책을 마련할 필요가 있으며, 근본적으로는 중금속 유발 물질의 원인이 되고 있는 잉크의 청정화에 대한 연구가 요구된다.

사사

이 논문은 지식 경제부에서 시행한 청정기술개발사업 지원에 의해 수행되었음.

인용문헌

1. 환경부 고시 제 2006-143호, 포장재의 중금속 함량 권장 기준 및 시험 방법 등에 관한 고시, 환경부 (2006).
2. Safety of toys - part 3 : Migration of certain elements, ISO 8124-3 (1997).
3. Jokinen, K., Siren, K., Harmful redissues in recycled fiber-metals and compounds, Paperi ja Puu 77(3) : 106 -110 (1995).
4. 류중우, 미래 골판지포장산업을 위한 지속성장 전략, 2004년 추계학술발표논문집, 한국펄프·종이공학회, pp 29 - 37.
5. 이학래·윤혜정·김종민·박일·김진우·김진두·전호경, 라이너 보드 공정의 매크로 스틱키 제거를 위한 스크린 공정의 최적화, 2002년 추계학술발표논문집, 한국펄프·종이공학회, pp. 254 - 260.
6. USEPA Method 3051A, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils (1998).
7. USEPA Method 3052, Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices (1996).
8. USEPA Method 6010C, Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry (2000).
9. USEPA Method 245.5, Determination of mercury in sediments by Cold Vapor-Atomic Absorption Spectrometry (1991).
10. 김진우·이학래·서주환, 분해 산 조성에 따른 중금속 회수율 분석, 2008년 춘계학술발표논문집, 한국펄프·종이공학회, pp 307 - 314.
11. Donvito, T. N., Turan, T. S., and Wilson, J. R., Heavy metal analysis of ink : a survey, TAPPI J. 75 (4) : 163 - 170 (1992).
12. Tucker, P., Douglas, P., Durrant, A. and Hursthouse, A. S., Heavy metal content of newspaper : longitudinal trends, Environmental Management and health, 11(1) : 47 - 66 (2000).
13. Dieter, F., Günter, K., High-Temperature, Microwave-

Assisted UV Digestion: A Promising Sample Preparation Technique for Trace Element Analysis, analytical Chemistry, 73(7) : 1515 - 1520 (2001).

content of heavy metals in packaging paper, 2006 Pan pacific Conference Proceedings Vol. 2, Korea TAPPI, pp. 465 - 469.

14. Jo, B. M., Jeong, M. J., Effect of pretreatments on the