

뽕잎분말이 납 투여한 흰쥐 체내의 납과 무기질수준에 미치는 영향*

김애정**§ · 김명환*** · 한명륜***

혜전대학 식품영양과,** 단국대학교 식품공학과***

Effects of Mulberry Leaf Powder Supplementation on Lead Status and Minerals Content in Pb-administered Rats*

Kim, Ae-Jung**§ · Kim, Myung-Hwan*** · Han, Myung-Ryun***

Department of Food & Nutrition,** Hyejeon College, Choongnam 350-702, Korea

Department of Food Engineering,*** Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

ABSTRACT

This study was designed to investigate the effects of mulberry leaf powder supplementation on lead (Pb) status and mineral (Ca, Fe, Cu and Zn) content in Pb-administered rats for 4 weeks. Thirty two male rats were divided into 4 groups: a control, Pb, Pb5M (500 ppm Pb + 5% mulberry leaf powder), and Pb10M (500 ppm Pb + 10% mulberry leaf powder). There were no significant differences in food intake and initial body weight among groups. Mulberry leaf powder treatments showed significant decreases in food efficiency ratio and body weight gain. But FER of Pb5M% and Pb10M were significantly increases than that of Pb group. The levels of serum aspartate transaminase (AST) and creatinine were decreased by mulberry leaf powder treatment. Minerals content of liver and kidney were significantly decreased in the Pb groups than that of control group. Whereas, fecal minerals content were significantly increased in the Pb5M and Pb10M than those of control group. Pb content of serum, liver and kidney was significantly increased in the Pb group than those of control group. However, by mulberry leaf powder administration (Pb5M and Pb10M), Pb level of serum, liver and kidney were lowered than that of Pb group. And fecal Pb excretion was significantly increased in the Pb5M and Pb10M than that of Pb group. These results showed mulberry leaves were effective for lowering Pb accumulation in serum, organs, which may have potential to prevent Pb toxicity. (*Korean J Nutrition* 38(5): 380~385, 2005)

KEY WORDS : mulberry leaf powder, Pb status, mineral contents.

서론

오늘날 환경오염의 증대와 과다한 농약살포 등으로 납, 수은, 카드뮴 등과 같은 중금속 화합물의 피해는 날로 심각한 문제로 대두되고 있다. 선진국에서는 중금속오염에 관한 연구가 빨리 진행되어 1970년대에 납독성에 영향을 미치는 영양소에 대해 조사 하고자 많은 연구들이 진행되었다.¹⁾ 이들의 연구목적은 치료가 아니라 예방에 있었다. 왜냐하면 급성 납중독은 신장장애, 빈혈, 뇌손상 등을 일으키며 만성인 경우에는 창백한 피부, 두통, 식욕감퇴 등 많은

질병을 유발시키기 때문이다. 납이 인체에 축적 되었을 때는 식욕감퇴, 체중감소, 간장, 신장과 같은 장기 등의 형태학적 변화, 생화학적 변화, 면역 능력의 감소에 의해 혈액 순환기계 질병, 암, 중추신경계의 이상, 뇌손상과 같은 여러 가지 중독현상을 일으킨다.^{2,3)} 중금속 화합물중 독성이 적은 물질은 체내에 천천히 흡수되어 빠르게 배설되나 독성이 강한 물질은 체내에 빠르게 흡수되어 느리게 배설되기 때문에 독성이 강하다. 그리고 독성물질은 지용성인 것이 많아서 세포막을 쉽게 통과하여 혈액공급량이 많고 specific binding protein이 많은 조직들 즉, 간장이나 신장에 축적되기 쉽다.⁴⁾ 이러한 유해성 중금속을 식생활 측면에서 해결하고자 하는 연구가 다방면에서 이루어지고 있는데, 영양학적인 연구로는 단백질, 칼슘, 지방, 섬유질 등의 식이 인자들이 체내 중금속 대사에 영향을 미쳐 그 분포와 배설을 변화시키는 것으로 보고되었다.^{5,6)} 최근 두충의 납 및 카드뮴중독 완화효과,⁷⁾ 홍화추출물의 카드뮴 독성 해독효과,⁸⁾ 녹차잎과 감잎

접수일 : 2005년 4월 19일

채택일 : 2005년 6월 17일

*This research was supported by the grant from ARPC (104003-02-1-HD110) (2004).

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail : kaj419@hyejeon.ac.kr

차의 카드뮴, 납 이온들에 대한 흡착능 등이 보고^{9,10)}되면서 천연식물에 다량 존재하는 폴리페놀 화합물은 강한 항산화 작용을 가질뿐만 아니라 금속이온과 착염을 형성하여 체내 중금속의 축적을 감소시킬 수 있음에 관심이 모아지고 있다. 이와같이 체내의 영양상태가 중금속의 임상적 증독현상이나 해독기구에 영향을 미칠 수 있다는 보고¹¹⁾를 미루어 볼 때 천연식물을 이용한 중금속의 증독현상 완화에 관한 연구는 중요하다고 볼 수 있다. 양잠산물 가운데 뽕잎에는 다량의 섬유소 (52%), 50여종의 무기질, 항산화 효과^{12,13)}가 있는 flavonoid계통의 색소를 포함하고 있는 것으로 알려져 있으나¹⁴⁻¹⁶⁾ 뽕잎을 소재로한 연구들은 항당뇨효과,^{17,18)} 항고지혈증¹⁹⁻²²⁾ 등에 집중되어 있어서, 중금속축적 저해효과에 대한 연구는 매우 드문 실정이다. 따라서 납을 투여한 흰쥐에서 뽕잎분말을 사료에 두 수준으로 급여한 후 혈청 납, 장기 (신장과 간)의 납축적, 변을 통한 배설량, 혈청 납수준 등을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 사육 및 식이조성

본 실험에 사용된 뽕잎 (*Morus alba*) 분말은 충북양잠조합에서 구입하여 사용하였다. 실험동물로는 생후 12주령된 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 32마리를 (주) 바이오제노믹스 (Biogenomics, Seoul Korea)에서 구입하여 사용하였다. 실험 식이 시작 전 1주일간은 고형배합사료로 적응

시킨 후, 이들을 체중에 따라 난괴법을 사용하여 8마리씩 정상식이군과 실험군으로 나누어 4마리씩 stainless steel cage에서 4주동안 사육하였다.

실험군은 1) Normal control group: C, 2) 500 ppm Pb: Pb, 3) 500 ppm Pb + 5% mulberry leaf powder: Pb5M, 4) 500 ppm Pb + 10% mulberry leaf powder: Pb10M군으로 나누었다. 뽕잎분말은 사람이 섭취하는 식이 섬유소 양을 고려하여 뽕잎분말 투여군의 사료에 5%와 10%가 되도록 하였다.

사육실의 조건은 다음과 같다. 온도는 20 ± 2℃로 유지하였으며, 조명은 12시간 주기 (08 : 00 - 20 : 00)로 조절하였다. 사육시 일어날 수 있는 무기질 오염을 방지하기 위해 실험 시작전 필요한 모든 기구는 0.4% EDTA용액으로 세척하여 사용하였으며, 실험기간 동안 물 (탈이온수)과 사료는 *ad-libitum*으로 하였다. 식이섭취량과 체중은 일주일에 2회씩 측정하였다.

본 실험에서 사용한 실험식은 AIN-93 (Harlan Teklad, Madison, USA)를 기준으로 대조군과 실험군들의 식이구성은 Table 1과 같도록 하였다. 납 중독을 유도하기 위해 사료에 500 ppm 납 (C₄H₆O₄Pb)을 첨가하였다.

식이섭취량은 1주일에 2번씩 측정하였으며, 체중은 1주일에 한번씩 측정하였다. 식이효율 (food efficiency ratio: FER)은 사육기간 동안의 체중증가량을 같은 기간동안 섭취한 식이량으로 나누어 산출하였다.

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg diet)

Ingredients	C ¹⁾	Pb	Pb5M	Pb10M
Corn Starch	529.486	529.486	529.486	529.486
Casein	200.000	200.000	200.000	200.000
Sucrose	100.000	100.000	100.000	100.000
Soybean oil	70.000	70.000	70.000	70.000
Cellulose	50.000	50.000	50.000	50.000
Mineral mixture ³⁾	35.000	35.000	35.000	35.000
Vitamin mixture ⁴⁾	10.000	10.000	10.000	10.000
L-Cystine	3.000	3.000	3.000	3.000
Choline bitartrate	2.500	2.500	2.500	2.500
T-butylhydroquinone	0.014	0.014	0.014	0.014
Pb (C ₄ H ₆ O ₄ Pb) ²⁾	-	0.5000	0.5000	0.5000
Mulberry leaves powder	-	-	50.000	100.000
Total	1000	1010.5	1060.5	1110.5

1) C: Normal control group fed AIN-93 diet

2) Pb5M: 5% mulberry leaf powder and 500 ppm Pb were added in diet
Pb10M: 10% mulberry leaf powder and 500 ppm Pb were added in diet

3) AIN-93 Mineral mixture (g/kg diet): Calcium carbonate 357 g, Monopotassium phosphate 196 g, Potassium citrate 70.78 g, Sodium chloride 74 g, Magnesium oxide 24 g, Ferric citrate 6.06 g, Zinc carbonate 1.65 g, Manganous carbonate 0.63 g, Cupric carbonate 0.30 g, Potassium iodate 0.01 g, Ammonium paramolybdate 0.00785 g

4) AIN-93 Vitamin mixture (g/kg): Nicotinic acid 3.0 g, Ca pantothenate 1.6 g, Pyridoxine HCL 0.7 g, Thiamin HCL 0.6 g, Riboflavin 0.6 g, Folic acid 0.2 g, D-Biotin 0.02 g, Vitamin E 15.0 g, Vitamin A 0.8 g, Vitamin D₃ 0.25 g, Vitamin K 0.075 g, Powdered sucrose 974.655 g

$$\text{식이효율 (FER)} = \frac{\text{체중증가량 (g)}}{\text{식이 섭취량 (g)}}$$

2. 시료의 수집 및 처리

사육기간이 끝난 실험동물들을 12시간 절식시킨 후 ethyl ether로 마취하여 심장에서 주사기로 채혈하였다. 채혈된 혈액은 3000 rpm에서 30분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 시까지 냉동 보관하였다. 간장과 신장은 무균적으로 채취하여 생리식염수로 세척하고 여과지로 물기를 제거하여 중량을 측정 후 -70°C 에서 냉동보관 하였다. 실험동물을 희생하기 3일 전에 metabolic cage에 흰쥐를 한 마리씩 넣어 24시간 동안 대변을 분리 수집하였다. 수집한 분변은 중량을 측정 후 -70°C 에서 냉동보관 하여 분석시 사용하였다.

3. 시료의 생화학적 분석

1) 혈청 creatinine, 혈청 aspartate transaminase (AST) 및 alanine transaminase (ALT) 활성 측정

혈청 creatinine 농도는 kit (Asan Co, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 간의 손상정도를 측정하기 위하여 아미노산 전이효소인 AST와 ALT 활성을 효소법에 의한 정량용 kit (Asan Co, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

2) 혈청과 장기 (간장, 신장)중 납 함량 측정

혈청과 장기를 각각 1 ml, 1 g씩 취하여 microwave digestion system (Ethos touch control, Milestone Inc, Bergamo, Italy)으로 분해하여 검액을 만든 뒤 ICP spectrometer (Atomscan advantage axial sequential plasma spectrometer, Thermo Jarrell Ash Co, Franklin, MA, USA)를 이용하여 납 함량을 정량분석하였다. 실험에 사용된 모든 기구들은 무기질의 오염을 방지하기 위해서 깨끗이 씻은 후 플라스틱 제품인 경우에는 0.4% EDTA 용액에, 유리제품인 경우는 질산원액이 24시간 이상 담갔다가 2차 증류수로 3번 이상 세척하고 건조기에서 습기를 제거한 다음에 사용하였다.

3) 장기 (간장, 신장)와 분변중의 무기질 함량 측정

간, 신장과 분변을 각각 1 g씩 취하여 혈청 납 측정과 동일한 방법으로 무기질 함량을 측정하였다.

4. 통계분석

본 연구의 실험결과는 실험군당 평균과 표준편차를 계산하였고, ANOVA를 실시한 후 $\alpha = 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의거하여 각 실험군 평균치 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

뽕잎분말이 첨가된 식이를 4주간 섭취한 실험동물의 식이 섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 식이 섭취량과 시작체중은 모든 군 간에 유의적인 차이가 없었으며, 체중증가량은 사료에 10% 뽕잎분말을 첨가한 Pb10M 군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 뽕잎 10% 군에서 체중 증가율이 유의적으로 낮은 것은 뽕잎이 고섬유질식품¹⁴⁾이어서 다량의 식이섬유소가 납과 같은 중금속외에 열량영양소를 흡착하여 배설을 촉진시킨 것으로 사료된다. 실험군들 (Pb, Pb5M, Pb10M)의 식이효율이 정상대조군 (C)에 비해 유의적으로 낮게 나타났는데 이는 납 독성 가운데 체중의 감소작용²³⁾ 때문으로 생각된다. 그런데 납이 투여되었어도 뽕잎이 함께 투여된 군들에서는 식이효율이 납 단독 투여군에 비해 유의적으로 높게 나타났다.

2. 혈청 AST, ALT 활성과 혈청 creatinine 측정

뽕잎분말이 납중독된 흰쥐 혈청의 간기능지표 효소인 AST와 ALT 활성에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 혈청 AST와 ALT 활성은 간세포의 변성이나 괴사를 반영하는 효소로서 간조직 손상시 혈중으로 다량 유출된다.²⁴⁾ AST 활성은 정상대조군 (C)에 비해 실험군 (Pb)에서 유의적으로 높게 나타났으나, 뽕잎 투여시는 정상대조군과 유의적인 차이가 없을 정도로 뽕잎 투여로 AST 활성이 감소되었다. 따라서 환경오염으로 인해 중금속에 오

Table 2. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio

Groups	Food intake (g/day)	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Body weight gain (g/4 weeks)	FER
C	26.33 ± 6.23 ^{1), NS2)}	269.50 ± 13.12 ^{NS}	336.83 ± 21.23 ^{ab3)}	67.33 ± 8.56 ^{ab}	2.56 ± 0.22 ^a
Pb	35.86 ± 2.34	271.83 ± 15.45	296.83 ± 22.22 ^b	25.00 ± 4.65 ^b	0.03 ± 0.01 ^d
Pb5M	31.48 ± 4.12	266.50 ± 16.89	320.66 ± 20.71 ^b	26.33 ± 3.27 ^b	0.84 ± 0.11 ^b
Pb10M	29.55 ± 3.98	264.14 ± 15.32	300.43 ± 17.23 ^b	14.29 ± 4.11 ^c	0.48 ± 0.09 ^c

1) Mean ± SD (n = 7 - 8).

2) NS: not significant.

3) Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 3. Serum AST, ALT and creatinine

Groups	AST (IU/L)	ALT (IU/L)	Creatinine (mg/dL)
C	40.00 ± 2.52 ^{1) b2)}	37.16 ± 6.04 ^{NS1)}	1.04 ± 0.52 ^b
Pb	62.66 ± 5.30 ^a	31.50 ± 7.86	4.10 ± 1.29 ^a
Pb5M	46.50 ± 1.21 ^{ab}	41.00 ± 4.85	1.86 ± 0.71 ^b
Pb10M	47.71 ± 2.68 ^{ab}	39.42 ± 7.80	1.20 ± 0.28 ^b

1) Mean ± SD (n = 7-8).
 2) Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.
 3) NS: not significant.

염된 식품을 일상적으로 섭취하고 있는 현대인들에게 빵잎 분말을 식단에 첨가·조리하여 섭취하도록 권장한다면 납 중독으로 인한 간기능장애를 개선하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

신장의 배설 능력의 척도로서 creatinine clearance가 측정되고, 혈중 creatinine량은 사구체신염과 같은 신장질환에서 증가되며 정상 흰쥐의 혈중 creatinine량은 0.4~1.5 mg/dL이다.^{25,26)} 과량의 납 투여가 신장기능에 이상을 초래하는지를 알아보기 위하여 혈중 creatinine과 납 수준을 분석하여 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 정상대조군 (C)에 비해 납 섭취시 creatinine가 유의적인 증가를 보였는데²⁷⁾ 특히, Pb군에서 가장 높게 나타났다. 이는 납이 신장기능에 이상을 초래한 것으로 보이는데, 납이 투여된 군들중 5%, 10% 빵잎분말이 첨가되었을시에는 정상대조군 (C)에 비해서는 높았지만 Pb군에 비해 유의적으로 낮아지므로써 빵잎이 납 중독에 의한 신장기능장애를 어느 정도 완화시킨 것으로 보여진다.

3. 혈청, 장기 및 분변 중 납 함량 측정

Conard와 Barton²⁷⁾은 흰쥐에게 아세트산납을 정맥투여한 실험에서 간조직에 납의 축적량이 증가되었다고 보고하였다. 이는 다량의 납을 투여할 경우 흡수와 배설의 불균형으로 인해 체내에 축적되는 것²⁸⁾으로 알려져 있다. 빵잎분말이 납중독된 흰쥐의 혈청, 간장과 신장 및 분변중의 무기질수준에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Fig. 1~4와 같다. 납이 투여된 실험군들 (Pb, Pb5M, Pb10M)의 혈청에서만 납이 측정되었는데 빵잎첨가량에 의존적으로 납함량이 감소되었다.

간장과 신장의 납축적량은 납투여군들이 정상대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났는데, 빵잎분말 투여군들 (Pb5M, Pb10M)에서 납투여군 (Pb)에 비해 축적량이 낮았다. 이는 빵잎분말 투여군들의 분변중 납 배설량과 무관하지 않은 것으로 사료된다.

분변중 납 배설량은 납 투여군들에서 정상대조군에 비해

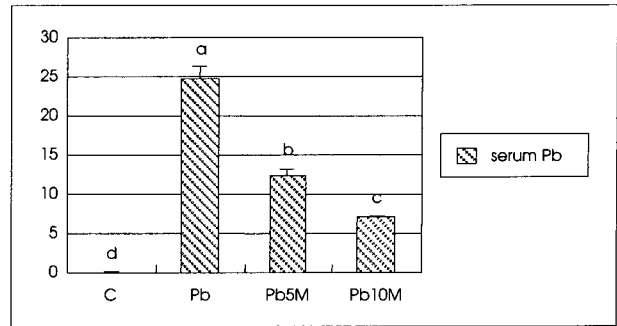


Fig. 1. Serum Pb Contents. Means with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

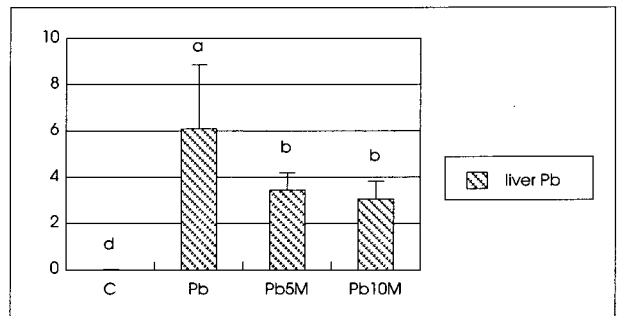


Fig. 2. Liver Pb Content. Means with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

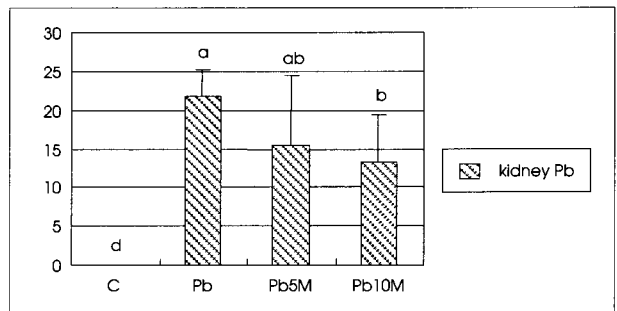


Fig. 3. Kidney Pb Content. Means with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

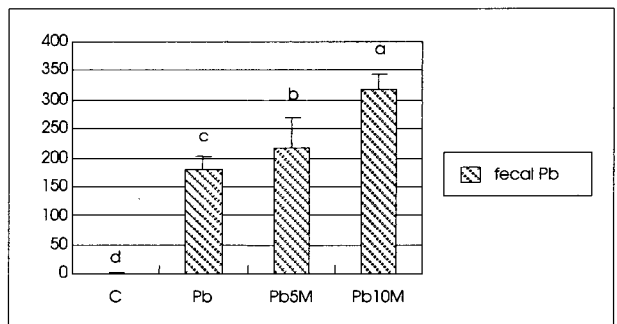


Fig. 4. Fecal Pb Content. Means with different superscripts are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

유의적으로 많은 양이 배설되었는데 특히 빵잎분말 10%투여군 (Pb10M)에서 가장 많이 배설되었다.

4. 장기와 분변 중 무기질 함량 측정

납은 적은 양의 흡수에도 독성을 일으킬 가능성이 큰 원소로서 흡수된 납은 뼈와 근육조직을 통하여 간으로 이동되며 간에서 담즙을 통해 배설되므로 주된 배설통로는 변이라고 할 수 있다. 음식으로 섭취된 과잉 되지 않은 납은 주로 분변으로 배설되나 과량의 납은 흡수량 보다는 배설량이 훨씬 적으므로 그로 인해서 뼈와 조직에 축적되게 된다.^{27,29)}

본 연구에서는 빵잎분말이 납중독된 흰쥐의 분변중 무기질 배설량에 미치는 영향을 살펴보았는데 그 결과는 Table 4~6과 같다. 납과 체내에서 길항작용을 하는 것으로 알려져 있는 2가 양이온에 해당되는 칼슘, 철분, 구리, 아연의 간장내 함량을 살펴보았을 때 납, 중독시 정상군에 비해 유의하게 감소하였으며, 이때 빵잎분말의 섭취는 이들 무기질 수준을 증가시켰으며, 5% 섭취군인 Pb5M군은 정상군 수준으로 회복하였다. 신장의 경우도 칼슘, 납, 철분, 구리, 아연수준에서 유의적인 차이가 나타나 납 투여군들에서 모든 무기질수준이 정상대조군에 비해 유의적으로 낮아졌다. 2가 양이온에 해당되는 칼슘, 철분, 구리, 아연 등의 분변중 배설량도 납이 투여된 실험군들 (Pb, Pb5M, Pb10M)에서 2가 양이온의

배설량이 정상대조군에 비해 높은 경향을 보였다.

요약 및 결론

본 연구에서는 빵잎분말이 납투한 흰쥐의 혈액성상 및 장기, 분변 납과 무기질수준에 미친 효과를 알아보고자 하였다. 흰쥐에 500 ppm 납을 사료에 첨가하여 납중독을 유발시키면서 빵잎분말 (5%, 10%)을 해당사료에 동시에 첨가하여 4주간 섭취시켜 혈액성상 및 장기와 변의 납과 무기질 수준을 분석하여 비교하였다. 식이섭취량과 시작체중은 모든 군 간에 유의적인 차이가 없었으며, 체중증가량은 10% 빵잎분말을 첨가한 Pb10M군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 식이효율은 정상대조군 (C)이 실험군들 (Pb, Pb5M, Pb10M)에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 납중독시 빵잎분말의 섭취는 식이효율을 납 단독 섭취군에 비해 유의적으로 증가시켰다. AST 활성은 정상대조군 (C)에 비해 실험군 (Pb)에서 유의적으로 높게 나타났으나, ALT 활성에는 정상대조군 (C)과 실험군들 (Pb, Pb5M, Pb10M)간에 유의차가 없었다. 정상대조군 (C)에 비해 다른 실험군들에서 creatinine가 유의적인 증가를 보였는데 특히, Pb군에서 가장 높게 나타났다. 그리고 납이 투여된 실험군들 (Pb, Pb5M, Pb10M)

Table 4. The liver minerals

Groups	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
C	48.27 ± 12.37 ^a	233.42 ± 30.37 ^a	6.17 ± 1.02 ^a	29.94 ± 4.01 ^a
Pb	39.47 ± 1.32 ^b	118.33 ± 29.19 ^b	4.11 ± 2.02 ^b	20.46 ± 2.02 ^b
Pb5M	46.80 ± 6.57 ^{ab}	232.12 ± 47.58 ^a	5.25 ± 0.67 ^{ab}	29.35 ± 6.04 ^a
Pb10M	44.17 ± 5.68 ^{ab}	121.36 ± 60.83 ^b	5.08 ± 0.32 ^{ab}	22.79 ± 11.20 ^{ab}

1) Mean ± SD (n = 7 - 8).

2) Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 5. The kidney minerals

Groups	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
C	83.82 ± 9.93 ^a	103.85 ± 14.51 ^a	8.48 ± 1.31 ^a	22.15 ± 2.06 ^a
Pb	59.01 ± 4.37 ^b	43.64 ± 5.38 ^d	6.03 ± 0.99 ^{ab}	7.06 ± 0.70 ^c
Pb5M	75.72 ± 4.52 ^{ab}	87.27 ± 35.13 ^b	5.87 ± 1.24 ^b	17.37 ± 6.99 ^b
Pb10M	71.43 ± 9.42 ^{ab}	50.72 ± 4.68 ^c	5.45 ± 0.78 ^b	8.69 ± 0.55 ^c

1) Mean ± SD (n = 7 - 8).

2) Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 6. The fecal minerals

Groups	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
C	257.25 ± 42.61 ^{NS}	174.37 ± 13.73 ^{NS}	116.09 ± 37.83 ^{NS}	84.76 ± 18.63 ^{ab}
Pb	277.30 ± 22.64	229.16 ± 12.95	138.06 ± 2.19	112.29 ± 17.84 ^a
Pb5M	258.15 ± 28.26	205.11 ± 16.03	122.30 ± 25.32	86.67 ± 1.01 ^b
Pb10M	314.98 ± 20.87	209.62 ± 18.47	136.45 ± 14.40	92.55 ± 8.72 ^{ab}

1) Mean ± SD (n = 7 - 8).

2) Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test.

3) NS: not significant.

의 혈청에서만 납이 측정되었는데 뿌잎첨가량에 의존적으로 혈청 납수준이 감소되었다. 납과 체내에서 길항작용을 하는 것으로 알려져 있는 2가 양이온에 해당되는 칼슘, 철분, 구리, 아연 등의 간장내수준을 살펴보았을때 칼슘, 납, 철분, 구리, 아연 수준에서 유의적인 차이가 나타나 납 투여군들에서 모든 무기질수준이 정상대조군에 비해 유의적으로 낮아졌으나, 뿌잎 첨가시 간장내 2가 양이온의 수준이 증가되었는데 5% 투여군의 경우는 정상대조군의 수준까지 회복되었다.

결론적으로 납과 같은 중금속에 오염된 환경을 단시일내에 회복시키기는 어려우므로 이러한 상황에서 환경오염으로부터 받을 가능성이 높은 신장장애, 간장장애 같은 독성효과를 최소한으로 하기위해서는 적정수준의 뿌잎 섭취가 적극 권장되어야 한다.

Literature cited

- 1) Alice YS, Charles K. Lead distribution in rats repeatedly treated with low dose of lead acetate. *Environ Res* 48: 238-247, 1989
- 2) Cho SY, Kim MJ, Lee MK, Park EM, Jang JY, Choi JM, Kim DJ. Effect of Korean traditional tea materials on minerals content and histological changes in Pb-administered rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 311-317, 2004
- 3) Choi SI, Lee JH. Effect of green tea beverage for the removal of cadmium and lead by animal experiments. *Korean J Food Soci Technol* 26: 745-749, 1983
- 4) Goyer RA, Leonard DL, Moore JF, Rhyne B, Krigm MR. Lead dosage and the role of the intranuclear inclusion body. *Arch Environ Health* 20: 705-712, 1970
- 5) Kim MK, Lee HY. Effects of dietary cadmium and protein levels on the body protein metabolism and cadmium toxicity in growing rats. *J Korean Nutr* 21: 410-420, 1988
- 6) Kim MK, Lee HY. Detoxification study with different dietary protein levels and detoxifying periods in lead poisoned rats. *J Korean Nutr* 22: 185-193, 1989
- 7) Lee Ik, Kim JG. Effects of extract of *Eucommia ulmoides* Oilv on the reduction of lead and cadmium in organs of rats. *J Korean Health Assoc* 26: 22-28, 2000
- 8) Hwan SY. A study on detoxification effects of *Flos Caethami* against cadmium poisoning in rats. MS Thesis. Wonkwang University. pp.1-17, 1998
- 9) Jo CY, Choi HJ, Ba DK, Son JH, Park MH, Woo HS, An BJ, Bae MJ, Choi C. Removal effect of cadmium by polyphenol compound extracted from persimmon leaves (*Diospyros kaki folium*). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 213-217, 2000
- 10) Park KH, Kwon YD, Park MA, Park BJ. A study on the absorption kinetics of heavy metals, Cd (II), Cu (II) and Zn (II) ions by the persimmon leaves. *J Korea Soci Environ Analy* 4: 159-

- 167, 2001
- 11) Mahaffey KR. Nutritional factors in lead poisoning. *Nut Rev* 39: 353-362, 1981
- 12) Nam TH, Kim AE, Woo KJ. Effects of mulberry leaf on the quality of Jeung-pyun. *J East Asian Soc Dietary Life* 14: 379-386, 2004
- 13) Kondo Y. Trace constituents of mulberry leaves. *Nippon San-shigaku Zasshi* 26: 349-353, 1957
- 14) Lee WC, Kim AJ, Kim SY. The study on the functional materials and effects of mulberry leaf. *Food Science and Industry* 36: 2-14, 2003
- 15) Kondo Y. Trace constituents of mulberry leaves. *Nippon San-shigaku Zasschi* 26: 349-350, 1957
- 16) Katai K. Trace constituents of mulberry leaves. *J Chem Soc Jpn* 18: 379-340, 1942
- 17) Kimura M, Chen F, Nakashima N, Kimura I, Asano N, Koya S. Antihyperglycemic effects of N-containing sugars derived from mulberry leaves in STZ-induced diabetic mice. *J Trad Med* 12: 214-216, 1995
- 18) Khaw KT, Barret CE. Dietary fiber and reduced ischemic heart disease mortality in men and women. *Am J Epideiol* 126: 1093-1095, 1987
- 19) Dietschy JM, Wilson JD. Regulation of cholesterol metabolism. *Am J Med* 282: 1128-1130, 1970
- 20) Mahley RW, Weisgraber KH, Innerarity TL. Characterization of the plasma lipoprotein associated with atherogenic and nonatherogenic hyperlipoproteinemia. *Circ Rev* 35: 722-723, 1974
- 21) Kim SY, Lee WC, Kim HB, Kim AJ, Kim SK. Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1217-1222, 1998
- 22) Kim SK, Kim YC, Kim SY. Antihyperlipidemic effects of mulberry leaves in adult females. *Soonchunhyang J Nat Sci* 5: 167-171, 1999
- 23) McDonell LR. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press Inc, San Diego, pp.359-361, 1992
- 24) Takeda Y, Ichihara A, Taioka H, Inove H. The biochemistry of animal cells, the effect of corticosteroids on leakage of enzyme from dispersed rat liver cell. *J Biol Chem* 239: 3590-3596, 1964
- 25) The association of Korean clinical pathology. The clinical pathology. Korea Medicine Co, Seoul, pp.40-79, 1994
- 26) Ortho clinical Diagnostics. The reference intervals in biochemical analysis of laboratory animal. Johnson & Johnson Co, New York, p.13, 2001
- 27) Conrad M, Barton JC. Factors affecting the absorption of lead in the rat. *Gastroenterology* 74: 731-740, 1987
- 28) Kim JS, Kim MK. Metabolic changes in growing rats fed diets with different levels of lead and lipid. *Korean J Nutr* 20: 225-236, 1987
- 29) Terman J, Morrison JN. The effect of dietary calcium and phosphorus on the retention and excretion of lead in rats. *Br J Nutr* 34: 351-362, 1975