

납에 노출된 흰쥐에서 *Chlorella* 섭취가 혈청내 지방성분 및 효소활성에 미치는 영향

김성조 · 백승화* · 이주돈** · 김운성** · 문광현*** · 임호빈**** · 허종욱 · 정성윤

원광대학교 생명자원과학대학, *도립 충북과학대학 식품생명과학과

한국보건산업진흥원, *전라북도생물벤처기업지원센터, ****원광의료원 중앙검사실

Effect of Fed *Chlorella* on the Change of Lipid Components and Enzyme Activity in Serum of Rat by Lead Exposure

Seong-Jo Kim, Seung-Hwa Baek*, Joo-Don Lee**, Un-Seong Kim**, Kwang-Hyun Moon***, Hyo-Bin Yim****, Jong-Wook Heo and Seong-Yun Jeong

Dept. of Agricultural Chemistry, College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan Chonbuk, 570-749, Korea

*Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University of Science and Technology, Okchon Chungbuk, 373-800, Korea

**Korea Health Industry Development Institute, Seoul, 156-050, Korea

***Jeollabuk-do Center for Biotechnology and Bioventure, Jeonju Chonbuk, 561-360, Korea

****Lab. of Central Inspection, Wonkwang Medical Center, Iksan Chonbuk, 570-749, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the influence of *Chlorella* which effected the change of Pb contents, enzyme activity and lipid compounds on the rats fed the beverage involved Pb and the different contented *Chlorella* added-diets for 18weeks.

The rat's weight of 200ppm Pb group was decreased 6.04% and the cause of that was Pb intake. But the rat's weight of *Chlorella* added-diets + 200ppm Pb group was increased 4.02% (p<0.01). When feeding the different(0%, 2%, 5%, 10%) *Chlorella* added-diets with the Pb contented beverage to the rats, we could know that the Pb contents accumulated on tissue were decreased to 20.70(0%), 12.88(2%), 14.83(5%) and 19.56(10%), compared with the quantity of Pb taken in.

Total-cholesterol, triglyceride, glucose content and AST, ALT, ALP, LDH enzyme activity in serum were the highest on 200ppm Pb group and those were decreased by the order of different(2%~5%>10%) *Chlorella* contents + 200ppmPb group. A significance was recognized on the level of 1%.

Therefore, when rats were exposed to Pb, it was thought that the amount of *Chlorella* intake was adequate on content 2~5% for reducing the lead toxicity.

Key words : Pb content, enzyme activity, lipid compound, amount of *Chlorella* intake.

서론

도시화 및 산업화로 오염된 환경에 인간이 노출될

경우 그 어느 때보다 건강에 위협을 받을 수 있으며, 특히 중금속 및 유독 물질이 발생하는 산업현장 근로자의 산업재해 건수는 점점 증가하는 실정이다^{1~3)}.

* Corresponding author : Seong-Jo Kim

유해 중금속의 하나인 납(Pb)은 생활주변 및 산업체에서 흔히 이용되는 것으로 제련, 정련, 축전지, 안료 공업, 인쇄용 활자, 광택제, 용접용, 초정밀 기기 산업 등에 널리 이용되고 있어^{4~7)} 이들 산업체에서 발생하는 고형 폐기물 및 배출수에 함유된 납(Pb)에 의하여 물과 토양이 오염되면 농·수·축산물에 축적 될 수 있으며, 이를 가공, 유통하는 과정에 접촉되는 불량용기들에 의하여 2차적인 오염이 일어나 최종이용자인 인간에게 순환되어져 납(Pb) 중독을 일으킬 가능성이 높다^{8~10)}.

납(Pb)이 인체에 흡수, 축적되면 체중감소, 빈혈, 간과 신장 등 장기의 생화학적 및 형태학적 변화, 면역기능의 감소, 뇌손상 같은 중독현상을 일으키게 된다¹¹⁾. 그러므로 납 독성 감소를 위한 연구가 진행되어 셀레늄의 효과¹²⁾, 미량원소의 효과^{13~16)}, polyphenol 함유 및 자연식품의 효과¹⁷⁾, 섬유소의 이용¹⁸⁾, 단백질의 효과¹⁹⁾, 그리고 해독제로는 chelating agent 또는 sulfhydryl radical donor로서 Ca-EDTA(calcium disodium ethylene diamine tetraacetate ; calcium disodium edetate), BAL(British Anti Lewisite ; 2,3-dimercapto-1-propanol), penicillamine^{20,21)} 등에 관한 연구들이 있다.

그러나 중독현상을 효과적으로 완화할 수 있는 식량자원에 관한 연구는 미약한 실정이기 때문에 이를 탐색하고자 단백질, 비타민, 다당류, 섬유소 등을 풍부하게 함유하고 있어 미생물의 증식촉진 효과, 동물 성장촉진효과, 생리활성작용, 식물호르몬 효과, 정미작용, 간장괴저 방지효과, 이질균에 대한 저항성 증대, 항 바이러스 효과, 어린이 우유 allergy치료 효과 등이 있는 것으로 알려져²²⁾ 있는 *Chlorella*를 이용하면 납에 노출된 흰쥐의 조직에 납의 축적량을 감소시킬 수 있을 것으로 생각되었다.

따라서 본 연구에서는 음용수에 초산납을 녹이고, 기본식이에 *Chlorella*첨가 수준을 달리하여 흰쥐가 자유롭게 식이를 섭취토록 하였을 때 납중독을 억제시킬 수 있는지를 규명하고자 각 조직중 납함량, 혈청지질 및 효소활성 변화를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 실험 동물의 사육

Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 30마리를 분양(평균 체중 187.5±18.0 ; 원광대학교 의과대학 동물사육실) 받아 polycarbonate cage에 3 마리씩 넣어 1주간 가루식이(제일사료 Co. ; crude protein 22.1%, crude lipid

Table 1. The composition of experimental diets and lead given each group of male rat

Groups	Treatment		Pb in water (ppm)
	Basal diet (%)	Chlorella (%)	
Basal diet (Normal)	100.00	0	0
B.D.+200ppm Pb (Control)	100.00	0	200
B.D.+ 200ppm Pb + 2% <i>Chlorella</i>	98.00	2	200
B.D.+ 200ppm Pb + 5% <i>Chlorella</i>	95.00	5	200
B.D.+ 200ppm Pb + 10% <i>Chlorella</i>	90.00	10	200

3.5%, crude cellulose 5.0%, crude ash 8.0%, calcium 0.7%, phosphorus 0.5%, vitamin 3.5%, mineral 1.0%, nutrition medicine 0.5%)로 적응시킨 뒤 6마리씩 5개 군 즉, 대조군, Pb(200 ppm), Pb + 2% *Chlorella* 첨가군, Pb + 5% *Chlorella* 첨가군, Pb + 10% *Chlorella* 첨가군으로 Table 1과 같이 나누어 18주간 사육하였다. 실험에 사용한 사료는 *Chlorella* 분말(300 mesh)을 가루 사료에 넣어 고르게 섞어 만들었고, Pb는 200 ppm이 되도록 Pb(CH₃COO)₂ (Sigma Co.)을 3차 증류수에 녹여 공급하였다. 물과 식이는 매일 갈아주어 신선한 상태에서 자유롭게 섭취토록 하였으며, 사육을 위하여 이용한 기구는 중금속 오염을 방지하기 위해 10 mM EDTA용액으로 세척한 후 탈 이온 증류수로 헹구어 사용하였다.

2. 물과 식이섭취량 및 체중 측정

물과 식이 섭취량은 매일 같은 시간에 측정하였고, 체중은 3일마다 한 번씩 같은 시간에 측정하였으며, 식이 효율과 총 체중 증가량, 평균체중을 구하였다. 식이효율(food efficiency ratio : FER)은 실험기간 동안 섭취한 사료량을 같은 기간 동안의 체중 증가량으로 나누어 100을 곱하여 구하였다.

3. 조직의 채취

18주 동안 사육한 흰쥐의 조직을 채취하기 위해 ethyl ether로 마취시켜 해부한 뒤 심장에서 혈액을 취한 후 간, 신장, 비장, 허파, 심장, 고환 등을 적출하고 생리식염수(0.85% NaCl)로 세척하여 여과지로 물기를 제거한 후 무게를 측정한 뒤 냉동실(-20℃)에 보관하면서 실험에 사용하였다. 또한 실험에 사용한 모든 기구는 중금속 오염을 방지하기 위해 10mM EDTA

용액으로 처리한 후 사용하였다.

4. 조직의 전처리 및 분석기기 조건

Pb정량을 위하여 조직 0.5g을 분해시험관에 취하고 HNO₃ : HClO₄(v/v, 2:1) 혼합산을 2ml씩 가하여 90°C로 조절한 hot plate 위에서 습식분해하였다²³⁾. 분해된 시료는 20ml로 정용하여 원자흡수분광광도계 (Model : Varian Spectra AA300/400)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 즉, 광원은 Pb Hollow cathod lamp, 음극관 전류는 5mA, 연료는 acetylene gas, support gas는 air, 파장은 283.3nm, slit의 폭은 0.5nm로 조절하여 Pb를 분석하였다.

5. 혈청 중 지질, 효소, 당의 분석

Total cholesterol은 total cholesterol 측정용 kit시약 (일본, Mizuho Medy, SR-2210)²⁴⁾, 혈청 중 TG량은 triglyceride 측정용 kit시약 (일본, Mizuho Medy, SR-3200)²⁵⁾, AST와 ALT는 aspartate amino transaminase (AST:GOT)와 alanine amino transaminase (ALT:GPT)의 측정용 kit시약(한국, 아산제약)²⁶⁾, ALP는 alkaline phosphatase (ALP) 측정용 kit시약 (한국, 아산제약)²⁷⁾, LDH는 lactate dehydrogenase 측정용 kit시약(일본 Mizuho Medy, SR -1110)²⁸⁾, glucose은 glucose측정용 kit 시약(일본 Mizuho Medy, GL-Newtest SR-2410)²⁹⁾을 사용하였다.

6. 통계처리

분석된 모든 자료는 SAS Package를 이용하여 Du-

ncan's multiple range test 를 행하여 각 군별 평균값 사이의 유의성을 검증하였다³⁰⁾.

결과 및 고찰

1. 식이섭취량과 체중 증가율, 식이효율, 물 섭취량, Pb 섭취량 및 성장율

식이섭취량과 체중 증가율, 식이효율, 물 섭취량, Pb섭취량 및 성장율은 Table 2와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 최종 체중은 200ppm Pb 섭취군에서 가장 낮았으며 200ppm Pb + 10% *Chlorella* 섭취군에서 가장 높아 실험구간에 서로 유의성(p < 0.01)을 인정할 수 있었다. 식이 섭취량은 200 ppm Pb + 10% *Chlorella*, 200ppm Pb + 5% *Chlorella* 섭취군, 정상군, 200ppm Pb + 2% *Chlorella* 섭취군, Pb 섭취군(대조군) 순으로 감소되었으며 *Chlorella* 첨가량이 많을수록 총식이 섭취량은 증가되는 경향을 보였다. 1일당 체중증가량은 200ppm Pb 섭취군(대조군) < 200ppm Pb + 2% *Chlorella* 섭취군 < 200ppm Pb + 5% *Chlorella* 섭취군 ≤ 정상군 < Pb + 10% *Chlorella*군 순이었다. 식이효율은 200ppm Pb + 5% *Chlorella* 섭취군과 200ppm Pb + 10% *Chlorella* 섭취군에서 높았다. 모든 실험군 중 Pb섭취량은 Pb + 5% *Chlorella* 섭취군에서 9.44 mg/day로 다른 실험군에 비하여 가장 많이 섭취하였음에도 불구하고 체중증가량, 식이섭취량, 식이효율 등이 높았던 것은 *Chlorella* 섭취로 인한 Pb 독성을 완화시켰기 때문으로 생각되었다.

Table 2. Effect of diets on body weight gain, food intake, lead intake, water intake and food efficiency ratio of rat

Group	Body weight(g)		Weight gain (g/day)	Growth rate(%)	Food Intake (g/day)	Lead Intake (mg/day)	Water Intake (ml/day)	F.E.R. (feed/gain)
	initial	final						
Basal Diet	[®] 187.5±17.8ns	384.2±7.7ab	1.49±0.05a	196.70±5.07(100.00)	26.10	0.00	41.20	17.52
B.D.+Pb	187.5±18.0ns	371.7±8.0b	1.40±0.05b	184.20±7.63(93.64)	25.00	7.44	37.20	17.86
B.D.+Pb+ 2% <i>Chlorella</i>	187.5±17.2ns	382.5±6.6ab	1.48±0.05ab	195.00±7.91(99.14)	26.00	8.06	40.30	17.57
B.D.+Pb+ 5% <i>Chlorella</i>	187.5±19.0ns	384.2±5.9ab	1.49±0.04a	196.70±4.54(100.00)	29.20	9.44	47.20	19.60
B.D.+Pb+10% <i>Chlorella</i>	187.5±18.2ns	392.5±9.8a	1.55±0.01a	205.00±5.74(104.22)	30.00	8.88	44.40	19.35

[®] Mean±SD, ns: not significant

[#] Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

Table 3. Effect of experimental diets on lead contents in organs of rats

Group	Lung	Kidney	Testicle	Spleen	Liver	Heart
Basal Diet	[®] 40.25±0.80b	43.53±0.80c	34.23±0.79c	24.83±1.25b	38.88±0.18b	24.09±0.27d
B.D.+Pb	46.21±0.52a	46.84±0.15a	43.21±1.25a	31.37±0.98a	42.64±0.35a	30.69±0.32d
B.D.+Pb+ 2% <i>Chlorella</i>	24.59±0.83	30.87±0.46e	24.61±0.81e	13.76±0.43d	25.45±1.45d	11.57±0.90d
B.D.+Pb+ 5% <i>Chlorella</i>	36.22±1.22c	39.93±0.18d	30.65±0.80d	19.84±1.27c	32.01±1.48c	17.73±0.84c
B.D.+Pb+10% <i>Chlorella</i>	44.47±0.68a	45.35±0.15b	39.81±0.61b	25.33±1.62b	40.13±0.41b	23.13±0.76b

[®] Mean±SD, ns : not significant

* Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

2. 각 조직의 납 함량

각 조직의 납 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 폐, 신장, 고환, 비장, 간에서 Pb의 함량은 200ppm Pb 섭취군(대조군) > 200ppm Pb + 10% *Chlorella* > 정상군 > 200 ppm Pb + 5% *Chlorella* > 200ppm Pb + 2% *Chlorella*의 순이었으나, 심장의 경우에는 200ppm Pb 섭취군 > 정상군 > 200ppm Pb+10% *Chlorella* > 200ppm Pb+5% *Chlorella* > 200ppm Pb + 2% *Chlorella* 섭취군의 순으로 나타났다. 결과적으로 200ppm Pb + 2% *Chlorella* 섭취군에서 Pb의 함량이 가장 낮은 사실로 미루어 보아 납에 노출된 흰쥐의 납중독 방지를 위하여 사료에 첨가하는 효과적인 *Chlorella*의 수준은 2~5%가 적당할 것으로 사료되었다. 조직에 축적되는 Pb를 감소시킨 결과를 나타내는데 이는 *Chlorella*의 구성분인 섬유

소, 단백질과 비타민 등이 물리적 흡착 또는 화학반응에 의하여 조직에 축적되는 양보다 체외로 배설이 쉽게 이루어진 결과로 생각되었다.

3. 혈청중 총 Cholesterol과 Triglyceride 함량

혈청중 총 cholesterol과 triglyceride함량 결과는 Table 4와 같다.

총 cholesterol과 triglyceride의 함량은 Pb 섭취군 > Pb+10% *Chlorella* > Pb+2% *Chlorella* > Pb+5% *Chlorella* > 정상군 순으로 높았으며, 총 cholesterol 함량에서 보면 정상군보다 8.9~37.8mg/100ml의 양을 더 함유하고 있는 것으로 나타났고 각 군간에 뚜렷한 유의차(p < 0.01)를 인정할 수 있었다. Triglyceride는 대조군보다 4.1mg~46.7mg/100ml의 양의 차이가 있었으며, *Chlorella*를 섭취한 실험군들간에는 함량 차이가 심하지 않은 것으로 나타났다. 그러나 *Chlorella*를 섭취한 군들과 200ppm Pb만을 섭취한 대조군의 cholesterol과 triglyceride 함량은 유의성이 인정되었다(p > 0.01). 혈청 cholesterol은 지질대사 장애뿐만 아니라 간질환에서 상승된다고 하였는데, 그 예로 최 등³¹⁾에 의하면 정상 흰쥐가 90mg/dl 내외이고 PCB중독 흰쥐가 100mg/dl 이상임을 보고하였다. Table 4는 정상군에서 90.2mg/dl이고 200ppm Pb섭취군에서는 월등히 높은 128.0mg/dl로 나타났고, 이것 또한 서 등¹⁷⁾의 납중독된 흰쥐에서 cholesterol 함량이 높았으며 양파즙 투여군에서 낮아졌다는 결과와 마찬가지로 *Chlorella*를 첨가한 군에서 cholesterol함량이 낮아진 결과와 같은 경향이었다. 또한 triglyceride도 *Chlorella*를 첨가하지 않은 Pb섭취군에서 월등히 높았고 *Chlorella* 섭취군에서 낮은 결과를 나타냈는데 이것 또한 서 등¹⁷⁾이 연구한 결과와 유사하였다.

Table 4. Effect of experimental diets on contents of total cholesterol, triglyceride in serum of rats

Group	Total-cholesterol (mg/100ml)	Triglyceride (mg/100ml)
Basal Diet (B.D:Normal)	90.2±1.4e	76.0±3.9c
B.D+200ppm Pb (Control)	128.0±2.7a	122.7±2.7a
B.D+200ppm Pb+ 2% <i>Chlorella</i>	106.0±2.1c	81.3±4.6bc
B.D+200ppm Pb+ 5% <i>Chlorella</i>	99.1±3.3d	80.1±4.6bc
B.D+200ppm Pb+10% <i>Chlorella</i>	117.0±2.0b	84.0±4.4b

* Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

4. 혈청중 AST, ALT와 ALP의 활성

Table 5. Effect of experimental diets on activities of aspartate amino transferase (AST), alanine amino transferase(ALT) and alkaline phosphatase(ALP) in serum of rats

Group	AST (Karmen unit)	ALT (Karmen unit)	ALP (King-Armstrong unit)
Normal	59.0±2.7d	22.0±1.4c	247.5± 5.6c
B.D+200ppm Pb (Control)	111.3±4.8a	42.3±1.5a	444.7±10.2a
B.D+200ppm Pb+ 2% <i>Chlorella</i>	72.3±2.7c	32.3±2.1b	254.0± 5.5c
B.D+200ppm Pb+ 5% <i>Chlorella</i>	72.0±3.7c	31.0±1.8b	213.3± 5.7d
B.D+200ppm Pb+10% <i>Chlorella</i>	87.5±3.7b	32.5±1.5b	288.5± 4.7b

Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

혈청중 AST, ALT와 ALP의 활성에 대한 식이효과와는 Table 5와 같다.

혈청중 AST와 ALT의 활성에 대한 식이효과는 200ppm Pb 섭취군 > 200ppm Pb+10% *Chlorella* > 200ppm Pb+2% *Chlorella* > 200ppm Pb+5% *Chlorella* > 정상군 순으로 높았으며 AST의 경우에는 13~52.3, ALT는 9~20.3의 차이가 있었으나, ALP는 AST와 ALT와 약간 달리 200ppm Pb 섭취군 > 200ppm Pb+10% *Chlorella* > 200ppm Pb+2% *Chlorella* > 정상군 > 200ppm Pb + 5% *Chlorella* 군 순으로 높았다. 전체적인 결과로 보면 *Chlorella*를 섭취한 군들과 섭취하지 않은 Pb섭취군과의 월등한 차이를 보였으며, 이는 이 등³²⁾의 철보충이 납중독된 흰쥐의 δ -aminolevulinic acid dehydratase 활성과 해독에 미치는 영향에 대한 연구 결과에서 AST와 ALT 모두에서 대조군보다 Pb 단독투여군에서 유의적인 증가를 나타냈다는 결과와 일치하였으며, 또한 서³³⁾가 마늘즙 투여가 납중독 흰쥐에 미치는 효과를 N-acetyl penicillamine 해독 효과와 비교한 연구 결과에서도 마찬가지로 증가되었으며 이는 Pb의 영향이라고 보고하였다. 본 연구결과 *Chlorella*를 2~5% 수준으로 섭취한 군에서 낮아짐을 알 수 있었다.

5. 혈청중 LDH의 활성 및 glucose 함량

LDH의 활성과 glucose함량에 대한 결과는 Table 6과 같다.

LDH의 각 군간의 차이를 보면 200ppm Pb > 200ppm Pb+10% *Chlorella* > 200ppm Pb+2% *Chlorella* > 200ppm Pb+5% *Chlorella* > 정상군의 순으로 나타났으며 각 군간의 차이가 뚜렷하여 유의차($p < 0.01$)를 인정할 수 있었다. 200ppm Pb + 5% *Chlorella* 섭취군은 다른 군들에 비해 월등히 낮아서 정상군에 가까운 값을 나타냈다. Glucose함량에 있어서 각 군간의

Table 6. Effect of experimental diets on activities of lactate dehydrogenase (LDH) and content of glucose in serum of rats

Group	LDH (Wrobski unit)	Glucose (mg/100ml)
Basal Diet(B.D:Normal)	247.1±5.6 ^e	172.0±5.3 ^d
B.D+200ppm Pb(Control)	684.5±7.5 ^a	264.7±5.5 ^a
B.D+200ppm Pb+ 2% <i>Chlorella</i>	434.3±5.4 ^c	186.2±5.1 ^c
B.D+200ppm Pb+ 5% <i>Chlorella</i>	268.0±5.9 ^d	172.0±5.6 ^d
B.D+200ppm Pb+10% <i>Chlorella</i>	471.0±6.6 ^b	211.3±5.3 ^b

Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

차이는 200ppm Pb > 200ppm Pb+10% *Chlorella* > 200ppm Pb+2% *Chlorella* > 200ppm Pb+5% *Chlorella* = 정상군의 순이었고 정상군과 200ppm Pb + 5% *Chlorella*군을 제외하고는 각 군간에 유의차를 인정할 수 있었다($P < 0.01$). 이는 glucose함량을 정상군과 비교하였을 때 납만 투여한 군에서 증가를 보인다는 서 등¹⁷⁾의 결과와 일치하였으며 200ppm Pb만 섭취한 군에서 증가된 결과와 같았으며 200ppm Pb + 5% *Chlorella*군과 정상군이 같은 함량을 나타냈다.

결론

본 연구는 납과 함께 *Chlorella*를 섭취하였을 때 흰쥐(Sprague-Dawley계, ♂)의 조직에 축적되는 Pb함량 및 혈청 중 지질성분 및 효소활성이 어떻게 변화하

능지를 규명하기 위하여 18주간 초산납을 용해시킨 음용수와 식이에 2, 5, 10% *Chlorella*를 각각 첨가하여 영향을 조사하였다.

흰쥐의 체중은 200ppm Pb 군에서는 6.04% 감소하였으나, 200ppm Pb 음용수와 함께 *Chlorella*를 섭취하게 한 경우 4.02% 증가했다($p < 0.01$).

200 ppm Pb함유 음용수와 식이에 0, 2, 5, 10% *Chlorella*를 첨가한 경우 각 장기조직에 축적된 Pb함량을 합한 양은 총섭취 Pb 함량에 대해 20.70, 12.88, 14.83, 19.56% 만이 축적되었다.

혈청 중 total-cholesterol, triglyceride, glucose 함량과 AST, ALT, ALP, LDH 효소활성은 정상군보다 200ppm의 Pb를 섭취한 대조군에서 제일 높았고, 200 ppm Pb+*Chlorella*를 2, 5, 10% 섭취한 각각의 군에서 대조군보다는 5% *Chlorella* 첨가군 \geq 2% *Chlorella* 첨가군 $>$ 10% *Chlorella* 첨가군 순으로 감소되었다($p < 0.01$).

따라서 흰쥐가 Pb에 노출될 경우 독성을 완화하기 위한 *Chlorella*섭취량은 2~5% 수준이 바람직한 것으로 생각되었다.

사 사

본 연구 논문은 1999년도 원광대학교 교내연구비 지원에 의하여 이루어졌기에 감사를 표합니다.

참고문헌

- Brace, S. D. and Stephens, R. : Sources and effects of environmental lead, the trace elements in health, 2nd ed. Briteerworth, London, 88(1983).
- Wapnir, R. A., Moak, S. A. and Lifshitz, F. : Malnutrition during development: effect on later susceptibility to lead poisoning. *Am. J. Cli. Nutr.*, 33, 1071~1076 (1980).
- 고인석 : 금속독, 범화학, 동명사, 140 (1980).
- 石倉俊治, 内田老鶴圃 : 環境汚染と食品. *新食品衛生*, 99 (1984).
- Concon, J. M. : Food toxicology, *Contaminants and Additives*, 1033 (1988).
- 박창규, 한기학 : 농업환경화학, 동화기술, 189 (1989).
- 日本藥學會編 : 衛生實驗法 註解, 金原出版社, 東京, 725~852 (1995).
- 승정자 : 극미량 원소의 영향. 민음사, 326~334 (1984).
- 한국토양비료학회 : 사단법인 한국토양비료학회, 소식지 8호 (1995).
- 이서래 : 식품의 안전성 연구, 이화여자대학교 출판부, 171 (1993).
- 김정숙, 김미경 : 납(Pb)과 지방수준을 달리한 식이로 사육한 성장기 흰쥐의 체내대사 변화. *한국영양학회지*, 20(4), 225~236(1987).
- 방진숙, 이순재 : 식이 셀레늄이 납중독된 흰쥐에 있어서 δ -Aminolevulinic Acid Dehydratase 활성에 미치는 영향. *한국영양학회지*, 24(6), 526~533 (1991).
- Mahaffey, K. R. and Goyer, R. A. : The influence of iron deficiency on tissue content and toxicity of ingested lead in the rat. *J. Lab. Clin. Med.* 79, 128~135 (1972).
- Monier-Williams, G. W. : Trace elements in food. Chapman and Hall, London (1949).
- Goldwater, L. J. and Hoover, A. W. : An international study of "Normal" levels of lead in blood and urine. *Arch. Environ. Health*, 15, 60~67 (1967).
- Weiss, D., Whitten, B. and Leddy, D. : Lead Content of Human Hair(1871~1971). *Science*, 178, 69~70 (1972).
- 서화중, 임현지, 정두례 : 양파즙 투여가 Rat의 납 독성에 미치는 영향. *한국영양식품학회지* 22(2), 138~143 (1993).
- 김미경, 김혜영 : 식이내 섬유질의 종류가 성장기 흰쥐의 납 흡수 및 체내대사에 미치는 영향. *한국영양학회지*, 22(6), 485~496 (1989).
- 김미경, 조경희 : 납과 단백질 수준을 달리한 식이로 사육한 성장기 흰쥐 체내대사 변화. *한국영양학회지*, 19(5), 323~332 (1986).
- Paul, B. B. : Text book of medicin. W. B. Saunders Co. 77~82 (1979).
- Casaret and Doul : Toxicology, 2nd ed., Macmillan Pub. Co., 416 (1975).
- 武智芳郎 : クロレラ -その基礎と應用-, 學習研究社, 143 (1971).
- 김성조, 류택규, 이만상, 양창휴, 전경수, 백승화 : 만경강 유역의 토양과 수도체중 Pb함량의 변화에 관한 연구. *한국환경농학회지*, 11(3), 177~184 (1992).
- Pearson, S., Stern, S. and McGaracd, T. H. : A rapid accurate method for the determination of total cholesterol in serum. *Anal. Chem.* 25, 813~819(1953).
- Bauer, J. D. : 'Clinical laboratory methods', 9th ed., The C. V. Mosby Co., St Louis, Missouri, 545~551 (1982).
- 川内廣明, 岸浪菊江子, 春木文枝, 渡邊富久子 : 臨床化學試驗法, 廣川書店, 149, 122 (1975).
- Connel, M. D. and Dinwoodie, A. J. : *Clin. Chim. Acta.* 30, 235~242 (1970).
- 金井泉, 金井正光編 : 臨床検査法 提要, 改正第29版, 金原出版, 523 (1983).

29. 水田亘 : *Medical Technology*, 6, 1064~1069 (1978).
30. SAS : 'SAS series package', SAS Institute Inc., Cary, NC (1987).
31. 최경현, 김문석, 황두환, 문재규, 김성오 : Rat에 대한 PCB 독성에 미치는 α -tocopherol과 perilla oil의 효과, *환경독성학회지*, 3, 39~51 (1988).
32. 이정숙, 조수열, 김영로 : 철보충이 납중독된 흰쥐의 δ -Aminolevulinic Acid Dehydratase 활성과 해독에 미치는 영향, *한국영양식량학회지*, 23(1), 7~12 (1994).
33. 서화중 : 마늘즙 투여가 납중독 Rat에 미치는 효과를 N-Acetyl Penicillamine 해독 효과와 비교, *한국영양식량학회지*, 25(1), 27~33 (1996).
-

(2001년 3월 20일 접수)