

녹두나물 생즙이 카드뮴에 의한 흰쥐의 간손상에 미치는 영향

최인화 · 김성오* · 김경수 · 이명렬[†]

조선대학교 식품영양학과

*동신전문대학 환경위생과

Effect of Mungbean Sprouts Juice on Cadmium-Induced Hepatotoxicity in Rats

In-Hwa Choi, Sung-Oh Kim*, Kyung-Su Kim and Myung-Yul Lee[†]

Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea

*Dept. of Environment and Hygiene, Dongshin Junior College, Kwangju 500-714, Korea

Abstract

The effects of mungbean sprout juice on cadmium-induced hepatotoxicity in rats were investigated. Sprague-Dawley rats weighing about 90g were divided into 4 groups and raised for 6 weeks. ; control group(CON), mungbean sprouts juice-administered group(MSJ), cadmium-administered group(CAD) fed water containing 40 ppm cadmium chloride and mung bean sprouts juice and cadmium-administered group(MCD). The diet was supplied every day for the measurement of feed efficiency ratio(FER) and net weight gain was measured every 3 days. The activities of serum glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) and glutamic pyruvic transaminase(GPT), superoxide dimutase(SOD), catalase and glutathione peroxidase(GSH-Px) in the liver and the hepatic contents of glutathione were examined. The contents of Cd in liver and kidney of the rats were determined by using ICP(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer). Growth rate and FER were decreased in CAD group, compared with CON group but the changes were not significant in MCD group. The activities of serum GOT and GPT, SOD, catalase and GSH-Px in the liver were increased by Cd administration, but the alterations were decreased by supplementation with mungbean sprouts juice. The level of glutathione decreased in CAD group($26.8 \pm 9.0\text{mg/g}$ liver), whereas it increased in MCD group($36.4 \pm 15.8\text{mg}$ gliver). The content of Cd in the liver and kidney in MCD group(9.57 ppm, 4.88 ppm) was decreased, compared with CAD group(12.81 ppm, 5.46 ppm). This result suggested that mungbean sprout juice has a lowering effect on the accumulation of Cd in the liver and kidney and it is believed that the juice has some protective effects to Cd-induced hepatotoxicity in rats, but the mechanism of these effects was obscure.

Key words: mungbean sprout juice, glutathione, Cd-induced hepatotoxicity

서 론

녹두(綠豆; Mungbean; *Phaseolus radiatus*, L)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 1년생 초본이고 인도가 원산지이며 중국을 거쳐 한국에 도입되었다. 녹두는 맛이 담백하고 독특한 향미를 갖는 식품으로 두류 중 대두 다음으로 이용도가 높아 옛부터 전통 식품으로 녹두매편, 청포묵, 녹두죽, 녹두전병, 녹두나물 등으로 이용되고 있다(1-3). 녹두나물은 계절에 관계없이 비교적 단기간에 재배할 수 있고 녹두보다 vitamin A는 2배, vitamin B는 30배, vitamin C는 40배 이상 함유되어 있

어 신선한 채소를 구하기 힘든 동절기에 우수한 비타민 및 무기질 공급원으로 이용되고 있다(4). 또한 녹두에는 leucine, lysine 및 valine 등이 풍부하고 methionine, tryptophan 및 cystine 등은 소량 함유되어 있고 불포화지방산인 linoleic acid와 linolenic acid 그리고 nucle-ase, urease, invertase, amylase 등 효소가 풍부하게 함유되어 있어 소화성이 좋은 식품으로 알려지고 있으며 (5), 그외 고급 alcohol 및 cholesterol 등의 steroid, 그리고 phytoalexin, delphinidin mono-glucoside, triac-ontanol, β -sitosterol, stigmasterol, vitexin 등과 같은 flavonoid 화합물이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있

[†]To whom all correspondence should be addressed

다(6). 녹두는 민가에서 피로를 회복하며 해독작용이 있는 것으로 알려져있고 한방에서는 소염제와 혈압 강하제로 널리 이용되고 있으며(5) 녹두의 약리작용으로는 해독, 소염, 해열, 항각기 작용 등이 알려져 있다(6,7). 국내에서 녹두에 관한 연구로 엄 등(8,9)에 의하여 지방산 조성, 고와 이(3)에 의하여 초음파 조사 시간이 길어질수록 녹두의 생장도 및 아미노산 함량이 감소된다는 등 녹두성분에 관한 연구는 보고되어 있으나 녹두의 해독 작용 등 생리활성작용에 관한 보고는 아주 미진한 편이다.

카드뮴은 사람에게 있어 약 20년(10~30년)의 생물학적 반감기를 갖고 있으며 간장과 신장에 흡수되면 met-allothionein과 결합하여 세포 내에서 무독성 상태로 존재한다고 알려져 있다(10,11). 1957년 Margoshes와 Va-lee에 의해 말의 신장 피질에서 처음 분리된 metallo-thionein은 방향족 아미노산은 전혀 함유하고 있지 않으나 cysteine은 풍부하며 분자량은 약 1만인 저분자 단백질로서 카드뮴, 구리, 아연, 수은 등과 같은 금속 이온과의 친화력이 매우 높은 것으로 알려져 있다(12-15). 카드뮴에 의한 조직 손상은 metallothionein과 결합하지 않은 유리 카드뮴에 의해 일어나며 감수성 있는 단백질 및 세포막의 sulfhydryl기에 작용하여 생체내의 주요 효소의 활성도를 변화시키고 세포막의 구조적 변화를 초래하는 것으로 보고되어 있다(16,17). 체내에 흡수된 카드뮴은 일차적으로 간독성(18)을 나타내고 시간이 경과함에 따라 신독성(18,19)을 나타내게 되며 신장 손상으로 저분자 물질인 β_2 -microglobulin과 retinol binding protein과 고분자 물질인 albumin의 배설을 증가시켜 요중의 단백질 배설량을 증가시킨다(20). 인간과 동물의 카드뮴중독 증세로는 만성 중독 증상인 이따이따이병을 비롯하여 체중감소, 빈혈, 간장과 신장 등 장기 조직의 생화학적 및 형태학적 변화, 고혈압, 단백뇨, 골연화증, 중추 신경계의 이상 등이 있다(21,22). 카드뮴중독은 식품 중의 카드뮴 함량 외에 다른 식이 인자의 영향을 크게 받는데, 특히 Ca, Fe, Zn, Se 등 무기질은 카드뮴 축적을 감소시킨다고 하며(23), 특히 단백질과 Ca, Fe이 부족한 식이를 공급한 경우 카드뮴 중독의 피해가 증가되었다는 보고들이 있다(23,24). 생체내에서 카드뮴의 free radical 생성에 의한 세포 손상은 여러 항산화 효소가 합성되어 방어되기도 하고 그 금속에 특이적으로 결합하는 물질들의 합성을 촉진함으로써 세포에 미치는 독성이 경감된다고 보고되어 있다(25,26).

본 연구에서는 녹두가 “金石草木毒”의 해독에 효과가 있으며(6) 녹두 생즙이 중금속 및 농약의 해독에 이용된다(3)는 보고 등 문헌을 종합하여 볼 때 녹두에는 중금속 해독에 영향을 미치는 생리활성성분이 함유되어 있을 것으로 추정되므로 녹두 나물 생즙이 카드뮴의

간손상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 혈청 중의 GOT 및 GPT 활성도와 간조직 중의 SOD, catalase 및 GSH-Px 활성도, 생체내 비효소적 방어 작용에 관여하는 생리적 항산화 물질인 glutathione량을 측정하고 간장과 신장 조직내에 축적된 카드뮴량을 측정하여 실험동물간에 상호 비교 검토하였다.

재료 및 방법

재료

녹두나물은 시중에서 구입하여 세척후 수분을 제거하고 녹즙기를 이용해 생즙을 만들고(녹두 100g당 70 ml의 생즙을 얻음) 냉동고에 보관하여 시료로 사용하였다.

실험 동물

동물은 체중이 90g 내외되는 외견상 건강한 Sprague-Dawley계 웅성 흰쥐를 조선대학교 실험동물사육실에서 구입하여 1주간 일정 조건(20±2°C, 체광 12hr 주기)으로 기본식이와 물을 충분히 공급하면서 적응시킨 후 각 실험군당 5마리씩 나누어 대조군, 녹두 나물 생즙 투여군, 카드뮴 투여군 및 녹두 나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군(Table 1)으로 하여 6주간 basal diet로 사육하였으며 녹두나물 생즙 투여군과 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군은 녹두 나물 생즙을 흰쥐 체중 kg당 8 ml씩 경구 투여하였다. 카드뮴 투여는 40ppm cadmium chloride용액을 매일 식수로 공급하였다. 실험동물은 희생시키기 전 18시간 동안 물만 주고 금식시킨 후 에테르 마취하에 경동맥으로부터 혈액을 채취하여 혈청을 분리하여 GOT 및 GPT 측정에 사용하였으며 간은 0.25M sucrose용액으로 간분맥을 관류하여 혈액을 제거한 후 적출하였다.

효소 활성 측정의 시료 조제

간조직 g당 4배량(w/v)의 0.25M sucrose 용액을 가

Table 1. Composition of experimental diet

Group	Diet composition
CON	Basal diet ¹⁾ - -
MSJ	Basal diet + MSJ ²⁾ -
CAD	Basal diet - + CAD ³⁾
MCD	Basal diet + MSJ + CAD

¹⁾According to AIN-76(27) diet composition

²⁾MSJ: Mungbean sprout juice(8ml/kg, body weight/day, P.O.)

³⁾CAD: Cadmium chloride(40ppm, P.O.)

하여 ultra turax homogenizer로 마쇄하였다. 이 마쇄균 질액을 600×g에서 15분 동안 원심분리하여 상층액을 mitochondria 분획으로 얻었고, 그 상층액의 일부를 다시 10,000×g에서 20분 동안 원심분리하여 postmitochondria 분획으로 얻었다. Postmitochondria 분획은 superoxide dismutase, glutathione peroxidase 활성 측정의 효소원으로, mitochondrial 분획은 catalase 활성 측정의 효소원으로 사용하였다. Superoxide dismutase (SOD) 활성도는 Crapo법(28), catalase 활성도는 Abei법(29), glutathione peroxidase 활성도는 Paglia와 Valentine의 법(30), glutathione 함량은 Tietze법(31)으로 측정하였다. 혈청중 GOT(glutamic oxaloacetic transaminase)와 GPT(glutamic pyruvic transaminase) 활성도는 Reitman과 Frankel(32)의 방법에 준해 조제된 kit를 사용하여 측정하여 혈청 ml당 Karmen unit(33)로 나타내었다.

ICP에 의한 Cd 함량 분석.

간장 중의 카드뮴을 회화법으로 추출하여 Table 2와 같은 조건하에서 ICP(Inductively Couple Plasma Emission Spectrophotometer, JY 70plus, France)기기에 주입하였다(Table 2).

단백질의 정량 및 실험결과의 처리

단백질의 정량은 Lowry 등(34)의 방법에 의하여 측정하였으며, 실험결과는 통계처리하여 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 각 실험군간의 유의성 검정은 $\alpha=0.01$, $\alpha=0.05$ 수준에서 Students' t-test를 이용하여 상호 비교하였다.

결과 및 고찰

흰쥐의 체중증가율과 식이효율에 미치는 영향

6주간의 체중증가율에서, 카드뮴만을 투여한 CAD

군은 대조군(CON)에 비하여 약 16.5%가 감소되어 4군 중 가장 많은 감소를 나타냈고 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여한 MCD군은 CAD군보다 약 2.9% 정도 증가 되었으며 녹두나물 생즙만을 투여한 MSJ군은 CON군과 체중증가율이 같았다.

MSJ군의 식이효율은 0.164로 CON군보다는 약간 낮았으나 CAD군은 0.137로 CON군에 비하여 유의한 감소를 나타내었고($P<0.05$) MCD군은 0.162로 CON군에 비해서는 감소되었으나 CAD군보다는 증가를 나타내었다(Table 3). 이처럼 체중증가율과 식이효율에서 카드뮴 투여군이 대조군에 비해 감소를 보인 것은 Fox 등(35)이 카드뮴을 투여했을 때 체중이 현저하게 감소 되었다는 보고 및 김과 이(36)의 보고와 일치하며 녹두나물 생즙은 카드뮴투여로 감소된 체중증가율과 식이효율을 정상치에 근접하게 증가시킬 것으로 여겨진다.

흰쥐의 혈청 GOT 및 GPT의 활성도에 미치는 영향

6주간 녹두나물 생즙(8ml/kg/day)을 투여한 MSJ군의 혈청 GOT활성은 53.26 ± 4.10 unit/ml serum으로 대조군(CON) 59.72 ± 6.84 unit/ml serum보다 낮았으며, 카드뮴(40ppm)만을 투여한 CAD군은 108.27 ± 16.07 unit/ml serum으로 CON군에 비해 많은 증가를 나타냈다($p<0.05$). 녹두나물 생즙(8ml/kg/day)과 카드뮴(40 ppm) 병합 투여한 MCD군은 84.26 ± 9.35 unit/ml serum으로 CON군에 비해서는 증가되었으나 CAD군보다는 유의성있게 감소되었다($p<0.05$)(Table 4).

혈청 GPT활성도는 녹두나물 생즙을(8ml/kg/day) 투여한 MSJ군은 20.70 ± 3.60 unit/ml serum로 대조군(CON) 24.75 ± 2.77 unit/ml serum과 유사하였으나, 카드뮴만을(40ppm) 투여한 CAD군은 59.25 ± 6.93 unit/ml serum으로 CON군에 비해 많은 증가를 나타냈다. 녹두나물 생즙(8ml/kg/day)과 카드뮴(40 ppm) 병합 투

Table 2. The operation conditions of ICP for cadmium analysis

Mode:	JY 70 plus, France
Element of Sequential:	214.438nm
Sequential Monochromator:	2400 grooves/mm
Power:	1000W
RF Generator:	40.68MHz
Plasma gas flow:	12L/min
Sheath gas flow:	0.2L/min
Nebulizer gas flow:	0.35L/min
Sample flow:	1ml/min
Measure Mode:	4 Mode(2sec,3point), HV(500-990V)

Table 3. The growth rate and FER of Cd and/or Mungbean sprout juice-administered rats

Week Group	Growth rate ²⁾							FER ³⁾
	0	1	2	3	4	5	6	
CON ¹⁾	0	1.22	1.41	1.61	1.49	1.75	2.06	0.185
MSJ	0	1.10	1.24	1.44	1.48	1.64	1.84	0.164
CAD	0	1.07	1.23	1.42	1.51	1.61	1.72	0.137 ⁴⁾
MCD	0	1.10	1.24	1.36	1.70	1.62	1.77	0.162

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Growth rate(W_1/W_0): Ratio of the body weight(W_1) to initial body weight(W_0)

³⁾FER(Feed Efficiency Ratio): The total amount of weight increased/the total intake of food

⁴⁾ $p<0.05$ vs control group(CON)

Table 4. The activities of serum glutamic-oxaloacetic transaminase(sGOT) and serum glutamic-pyruvic transaminase(sGPT) in Cd and/or *Mungbean* sprout juice-administered rats for 6 weeks

Enzyme activity (U/ml serum)	CON	MSJ	CAD	MCD
sGOT	59.72 ± 6.84	53.26 ± 4.10	108.27*** ± 16.07	84.26* ^b ± 9.35
sGPT	24.75 ± 2.77	20.70 ± 3.60	59.25*** ± 6.93	32.80* ^b ± 3.47

¹⁾See the legend of Table 1.

After the designated time, rats were sacrificed and enzymes activity were determined by enzymatic methods described in materials and methods

Values are mean ± SE of 5 rats per each group.

*^ap<0.05 vs control group(CON), and *^bp<0.05 and **^bp<0.01 vs cadmium treated group(CAD), respectively.

여한 MCD군은 32.80 ± 3.47 unit/ml serum으로 CON군에 비해 증가되었으나 CAD군보다는 감소를 나타내었으나 유의성은 없었다. 간손상의 지표로 이용되는 혈청 GOT, GPT 활성도(32)가 카드뮴 단독 투여군에서 증가를 나타낸 것은 카드뮴 투여로 혈청 GOT, GPT의 활성이 증가되었다는 이와 김(25), 조와 김(26) 및 김등(22)의 보고와 일치하며 녹두나물 생즙만을 투여한 군의 혈청 중 GOT 및 GPT활성이 대조군에 비하여 다소 낮았을 뿐만 아니라 카드뮴을 투여한 후 녹두나물 생즙을 투여한 경우에도 카드뮴 단독투여군에 비하여 유의성있게 억제되었음은 녹두나물 생즙이 카드뮴 투여로 인한 간손상을 어느 정도 회복시킬 수 있을 것으로 여겨진다.

흰쥐의 간조직 중 SOD, catalase, glutathione-peroxidase(GSH-Px)활성 및 glutathione함량에 미치는 영향

6주간 카드뮴만을 투여한 CAD군의 SOD활성은 61.55 ± 9.68 unit/mg protein으로 대조군 26.25 ± 3.74 unit/mg protein에 비해 현저한 증가를 나타냈으며(p<0.05), 녹두나물 생즙과 카드뮴을 병합 투여한 MCD군은 37.16 ± 4.22 unit/mg protein으로 CAD군보다 많은 감소를 나타냈다(Table 5). SOD활성도가 카드뮴 단독 투여군에서 현저하게 증가를 나타낸 것은 Gregory 및 Fridovich 등(37) 및 조와 김(26)의 보고에서 SOD의 활성은 세포내 superoxide anion(O₂^{·-})과 같은 free radical의 생성이 많을 때 증가된다고 지적했듯이 본 연구에서도 카드뮴이 세포내 superoxide anion(O₂^{·-})의 생성을 증가시켜 이에 대한 방어작용으로 SOD의 활성이 증가된 것

Table 5. The activities of SOD, catalase and GSH-Px, and contents of glutathione in liver of Cd and/or *Mungbean* sprout juice-administered rats for 6 weeks

Enzyme activity	CON	MSJ	CAD	MCD
SOD (U/mg protein)	26.25 ± 3.74	22.55 ± 4.91	61.55* ^a ± 9.68	37.16* ^b ± 4.22
Catalase (mU/mg protein)	1146.2 ± 165.8	1036.8 ± 207.2	1848.9* ^a ± 148.1	1306.0* ^b ± 256.0
GSH-Px (mU/mg protein)	1.23 ± 0.24	0.91 ± 0.38	2.86* ^a ± 0.37	1.38* ^b ± 0.25
Glutathione (mg/g liver)	39.2 ± 5.4	44.6 ± 4.85	26.8* ^a ± 4.0	36.5 ± 5.8

¹⁾See the legend of Table 1.

After the designated time, rats were sacrificed and enzymes activity were determined by enzymatic methods described in materials and methods.

Values are mean ± SE of 5 rats per each group.

*^ap<0.05 and **^bp<0.01 vs control group(CON), and *^bp<0.05 and **^bp<0.01 vs cadmium treated group(CAD), respectively.

으로 생각되어지며 녹두나물 생즙 투여로 카드뮴 투여에 의해 증가된 SOD활성을 감소시킬 수 있을 것으로 여겨진다.

6주간 카드뮴만을 투여한 CAD군의 catalase활성은 1,848.9 ± 148.1mU/mg protein으로 대조군(CON) 1,146.2 ± 165.8mU/mg protein에 비해 유의한 증가를 나타냈으며(p<0.01), 녹두나물 생즙과 카드뮴을 병합 투여한 MCD군은 1,306.0 ± 256.0mU/mg protein으로 CON군보다는 증가되었으나 CAD군보다 유의한 감소를 보였다(p<0.05). Catalase는 간에 가장 많이 존재하며(38) 체내에서 지방의 자가산화 및 유기물의 산화로 생긴 H₂O₂를 GSH-Px와 함께 분해하는 효소로(39), 본 연구에서 카드뮴 투여로 catalase의 활성이 증가된 것은 카드뮴 투여로 hydrogen peroxide과 같은 free radical 생성이 증가되어 이에 대한 생체의 방어기전으로 지적한 김(10) 및 조와 김(26)의 보고와 일치하였으며 녹두나물 생즙 투여로 카드뮴 투여에 의해 증가된 catalase활성이 대조군에 비하여 유의하게 감소를 보인 것은 녹두나물 녹즙에는 카드뮴 투여에 의하여 생성된 H₂O₂와 같은 활성 산소를 억제할 수 있는 생리활성물질을 함유한 것으로 보아진다.

6주간 카드뮴만을 투여한 CAD군의 GSH-Px활성은 2.86 ± 0.37mU/mg protein으로 대조군(CON) 1.23 ± 0.24 mU/mg protein에 비해 유의한 증가를 나타냈으며(p<

0.05), 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군은 1.38 ± 0.25mU/mg protein으로 카드뮴 단독 투여군보다 유의한 감소를 보였을 뿐 아니라(p<0.05) 오히려 CON군보다 낮았다. GSH-Px는 Se를 함유하는 항산화계효소로 체내에서 glutathione을 기질로 하여 H₂O₂를 처리하는 효소로 철분, 비타민 E, 필수지방산의 결핍시 활성이 감소되고 산화적 스트레스에 의해 증가하는 것으로 알려져 있다(40). 카드뮴만을 투여한 군에서 GSH-Px활성도가 대조군에 비해 증가한 것은 카드뮴에 의한 간독성 작용에 의해 H₂O₂의 생성이 증가되어 GSH-Px의 활성이 증가된 것으로 생각되며 이와 같은 결과는 카드뮴의 투여량이 증가될수록 간세포 손상이 더욱 심화되어 GSH-Px의 활성이 증가되었다는 이와 김(25)의 보고와 일치하였으며 본 실험에서 녹두나물 생즙만을 투여한 군의 경우 대조군보다 GSH-Px의 활성이 낮았을 뿐만아니라 카드뮴을 투여한 군도 대조군과 유사한 활성을 보였음은 녹두나물 생즙이 카드뮴 투여에 의한 간독성작용에 의해 증가된 GSH-Px활성을 감소시켜 해독작용을 나타내 수 있을 뿐만 아니라 정상적인 간의 기능도 보호할 수 있을 것으로 여겨진다.

6주간 카드뮴만을 투여한 CAD군의 glutathione함량은 26.8 ± 4.0mg/g liver로 대조군(CON) 39.2 ± 5.4 mg/g liver에 비해 현저한 감소를 나타냈고(p<0.05), 녹두나물 생즙과 카드뮴을 병합 투여한 MCD군은 36.5 ± 5.8mg/g liver로 CAD군보다 많은 증가를 보였다. 카드뮴만을 투여한 군의 GSH의 함량이 타군에 비하여 현저히 감소를 나타낸 것은 GSH의 tripeptide 중 유리 sulfhydryl기가 카드뮴과 chelate compound를 형성하여 카드뮴 흡수를 저해함으로써 독성을 감소시키고(26), 또한 GSH-Px의 소모에 의해 GSH이 소모됨으로써 GSH의 함량이 감소를 보이는 것으로 생각되어지며 녹두나물 생즙 투여로 카드뮴 투여에 의해 감소된 GSH의 함량은 증가되었음은 녹두나물 생즙이 카드뮴 투여에 의해 생성된 H₂O₂ 등의 유리기를 소거하여 GSH-Px의 소모가 줄어들므로써 GSH의 소모량도 줄어든 것으로 추정된다.

녹두나물 생즙의 투여가 흰쥐의 간장과 신장조직 중 Cd함량에 미치는 영향

대조군(CON)과 녹두나물 생즙을 투여한 MSJ군은 카드뮴이 검출되지 않았고 카드뮴만을 투여한 CAD군의 카드뮴량은 간장과 신장에서 각각 12.81ppm, 5.46 ppm이었으나 녹두나물 생즙과 카드뮴을 병합 투여한 MCD군은 9.57ppm, 4.88ppm으로 CAD군에 비하여 카드뮴량이 감소되었다(Table 6). 본 실험에서 녹두나물

Table 6. The contents of Cadmium in liver and kidney of Cd and/or Mungbean sprout juice-administered rat (ppm)

Group	Liver	Kidney
CON ¹⁾	-	-
MSJ	-	-
CAD	12.81	5.46
MCD	9.57	4.88

¹⁾See the legend of Table 1.

After the designated time, rats were sacrificed and the contents of cadmium in liver and kidney were determined by ICP described in materials and methods.

생즙과 카드뮴을 병합 투여한 군이 카드뮴만을 투여한 군보다 간장과 신장 조직에서 카드뮴 보유량이 낮게 나타났는데 이 결과는 카드뮴을 투여한 실험군에 증류수를 공급한 것에 비해 녹차, 우롱차, 홍차를 공급함으로써 노와 변을 통한 카드뮴 배설량이 증가하였고, 체내 흡수율 및 보유율이 낮게 나타난 것으로 보고한 김과이(36)의 연구와 일치하였다. 이것은 녹두나물 생즙이 카드뮴의 흡수와 배설에 영향을 미쳐 카드뮴 투여로 증가된 간장과 신장 조직에 축적된 카드뮴량을 감소시킬 수 있을 것으로 여겨지나 이 해독작용이 간장이 중금속에 노출될 경우 간세포에 저분자량의 단백질인 metallothionein(MT)의 유도합성이 증가되어 MT가 중금속과 밀접하게 결합함으로써 생물학적 반응에 참여하는 여러 효소 및 단백질이 중금속과 결합하는 것을 억제하여 중금속 독성에 대한 방어효과를 나타내는 것인지, 아연이 일차적으로 카드뮴과 경쟁적으로 결합하여 나타난 결과인지, 혹은 녹두나물 생즙의 이노산작용에 의한 중금속배설 촉진효과에 의한 것인지는 앞으로 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

본 실험에서 카드뮴만을 투여한 군이 대조군에 비하여 혈청중 GOT, GPT의 활성과 free radical 해독 효소인 SOD, catalase 및 glutathione peroxidase의 활성이 증가되었으며 glutathione량이 현저히 감소되었음은 카드뮴 투여로 간세포 손상이 유발되었음을 알 수 있으며, 녹두나물 생즙과 카드뮴을 병합 투여한 군에서 혈청 중 GOT, GPT의 활성 및 SOD, catalase 및 GSH-Px의 활성이 감소되었고 glutathione량이 증가되었으며 간장과 신장에서 카드뮴 보유량이 감소되었음은 녹두나물 생즙이 흰쥐의 간세포 손상에 대한 방지 혹은 예방효과가 있는 것으로 사료된다.

그러나, 녹두나물 생즙에 의한 카드뮴 해독 효과가 metallothionein합성과 관련이 있는 것인지 혹은 녹두나물 생즙 자체의 이노산효과에 의한 중금속 배설효과인지 또는 Ca, Fe, Zn, Se 등의 다른 식이 인자의 영향인

지에 관해서는 앞으로 더 많은 영양·생화학적 측면에 관한 연구가 더 필요한 것으로 생각된다.

요 약

녹두나물 생즙이 카드뮴 투여로 인한 흰쥐의 간손상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 체중 약 90g 정도되는 Sprague-Dawley계 웅성 흰쥐를 대조군, 녹두나물 생즙 투여군, 카드뮴 투여군, 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군으로 나누어 basal diet를 급이하면서 6주간 사육 후 체중 증가율 및 식이 효율, 혈청 중 GOT 및 GPT 활성, 간중의 SOD, catalase, GSH-Px의 활성 및 GSH 함량과 간장과 신장내 카드뮴 함량의 변화를 관찰하였다. 체중 증가율과 식이 효율은 카드뮴 투여군이 대조군에 비하여 유의적으로 감소($p < 0.05$)되었다. 혈청중 GOT활성은 카드뮴 투여군이 대조군에 비하여 증가되었으나 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군은 카드뮴 투여군에 비하여 유의적으로 감소($p < 0.05$)되었으며, GPT활성은 카드뮴 투여군이 대조군에 비하여 증가하였고 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군에서 유의성은 보이지 않았으나 많은 감소를 나타내었다. 간조직 중의 SOD활성은 카드뮴 투여군이 대조군에 비해서 증가($p < 0.05$)되었으나 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군에서는 감소되었다. Catalase활성은 카드뮴 투여군이 대조군에 비해서 현저히 증가($p < 0.01$)되었으나 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군은 카드뮴 투여군에 비하여 유의성있는 감소($p < 0.05$)효과를 나타내었다. GSH-Px활성은 카드뮴 투여군이 대조군에 비하여 증가하였으나 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군에서는 감소($p < 0.05$)되었다. 간조직 중의 GSH함량은 카드뮴 투여군은 대조군에 비해서 유의적으로 감소($p < 0.05$)되었으나 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군에서는 증가하였다. 간장과 신장 중의 카드뮴 함량은 녹두나물 생즙과 카드뮴 병합 투여군이 카드뮴 투여군에 비해 감소되었다. 이상의 결과로 미루어 볼 때, 녹두나물 생즙이 흰쥐에서 카드뮴중독으로 증가된 혈청 및 간조직 중의 효소 활성을 유의성있게 저하시키고 간장과 신장 중의 카드뮴 함량을 감소시켰음은 녹두나물 생즙이 카드뮴 중독을 완하시킬 수 있는 해독 및 간세포 손상에 대한 방지 작용이 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 1997년도 조선대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 깊이 감사드립니다.

문 헌

1. 이창복 : 한국식물도감. 향문사, p.485(1985)
2. 유태중 : 식품보감. 문운당, p.68(1989)
3. 고무석, 이유방 : 녹두 발아에 미치는 초음파 조사의 영향. 한국영양식량학회지, **18**, 153(1989)
4. 이성우 : 숙주의 영양생장과 한국적 조리에 의한 비타민 C의 소장에 관한 연구. 대한가정의학회지, **3**, 357(1957)
5. 박혜원 : 녹두이용 음식의 유래와 그 조리 과학성. 국민영양, **95-4**, 40(1995)
6. 赤松金芳 : 和漢藥. 東京醫齒藥株式會社, p.333(1974)
7. 신순희, 강상식, 권경숙 : 녹두의 성분연구. 약학회지, **34**, 282(1990)
8. 엄수현, 최홍식 : 녹두의 유리 및 결합 지질의 조사에 관한 연구. 한국영양식량학회지, **17**, 164(1988)
9. 엄수현, 송영옥 : 녹두의 전분지질에 관한 연구. 한국영양식량학회지, **19**, 87(1990)
10. 김정용 : 급성 카드뮴 중독시의 hydrogen peroxide의 생성, catalase 및 Na^+ , K^+ , ATPase활성도의 변화와 ascorbate, diethyldithio-carbamate(DDTC), glutathione 및 α -tocopherol의 방어효과. 중앙대학교 박사학위논문(1990)
11. Shaikh, Z. A. and Lucis, O. J. : Cadmium and zinc binding in mammalian liver and kidneys. *Arch. Environ. Health.*, **24**, 419(1972)
12. Suzuki, K. T., Sunaga, H., Yamane, Y. and Aoki, Y. : Binding of cadmium to alcohol dehydrogenase in the liver before induction of metallothionein. *Research Communications in Chem. Path. and Phar.*, **74**, 223(1991)
13. Weser, V., Rupp, H., Donay, F., Linneman, F., Vollter, W. and Jung, G. : Characterization of Cd-Zn thionein (Metallothionein) isolated from rat and chicken liver. *Eur. J. Biochem.*, **39**, 127(1973)
14. 민경준 : 카드뮴 급성 폭로에 의한 metallothionein 생성과 조직병리 소견. 중앙대학교 박사학위논문(1993)
15. 정영호 : 흰쥐에 있어서 쇠뜨기 식이의 카드뮴 중독 방어효과. 전북대학교 박사학위논문(1995)
16. Foulkes, E. C. : Biological roles of metallothionein. Elsevier North Holland, New York(1982)
17. 김수영 : 카드뮴으로 급성 중독된 흰쥐의 간장 및 신장에서의 metallothionein 합성에 관한 연구. 효성여자대학교 석사학위논문(1991)
18. Dudley, R. E., Grammal, L. M. and Klaassen, C. D. : Cadmium-induced hepatic cadmium metallothionein in nephrotoxicity. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **77**, 414(1985)
19. Goering, P. L. and Klaassen, C. D. : Tolerance to cadmium-induced hepatotoxicity following cadmium pretreatment. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **74**, 308(1984)
20. Sittert, N. J., Ribbens, P. H., Huisman, B. and Lugtenburg, D. : A nine year follow up study of renal effects in workers exposed to cadmium in a zinc refinery. *British J. Industrial Medicine.*, **50**, 603(1993)
21. Kazantzis, G. : Renal tubular dysfunction and abnormalities of calcium metabolism in cadmium workers. *Environ. Health Perspect.*, **28**, 155(1979)
22. 김혜진, 조수열, 박종민 : 카드뮴 투여 흰쥐의 혈청 및 간장 성분에 미치는 식이성 비타민 E 와 단백질의 영향.

- 한국영양학회지, **19**, 27(1990)
23. Kojima, S. : Effects of three proteins absorption of cd in rats. *Toxicology*, **34**, 161(1985)
 24. Kavis, N. M. and Osborne, T. R. : Dietary protein effects on Cd and metallothionein accumulation in the liver and kidney of rats. *Health Perspect.*, **54**, 83(1984)
 25. 이순재, 김성옥 : 카드뮴 투여가 흰쥐 간조직의 과산화적 손상에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **21**, 601(1992)
 26. 조수열, 김명주 : 식이성 아연 수준이 카드뮴 중독에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **23**, 574(1994)
 27. American Institute of Nutrition : Ad. Hoc. Committee on standards for nutritional studies. *J. Nutr.*, **107**, 1340(1977)
 28. Crapo, J. D., McCord, J. M. and Fridovich, I. : Preparation and assay of superoxide dismutase, In "Methods in enzymology" Fleischer, S. and Packer, L.(eds.), Academic Press Inc., New York, Vol. 53, p.382(1978)
 29. Abei, H. : Catalase. In "Methods in enzymology" Bergmeyer, H. U., Bergmeyer, J. and Grabl, M.(eds.), 3rd ed., Verlag Chemie, Vol. 3, p.273(1983)
 30. Paglia, E. D. and Valentine, W. N. : Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J. Lab. Clin. Med.*, **70**, 158(1967)
 31. Tietze, F. : Enzymatic method for quantitative determination of nanogram amounts of total and oxidized glutathione. *Anal. Biochem.*, **27**, 502(1969)
 32. Reitman, S. and Frankel, S. : A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic determination and glutamic pyruvic transaminase. *Am. J. Clin. Pathol.*, **28**, 56(1957)
 33. Karman, A. : A note on the spectrophotometric assay of glutamic oxaloacetic transaminase in blood serum. *J. Clin. Invest.*, **34**, 131(1955)
 34. Lowry, C. H., Rsenbrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. : Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 256(1951)
 35. Fox, M. R. S., Fry, Jr. B. E., Harland, B. F., Schertel, M. E. and Weeks, C. E. : Effect of ascorbic acid on cadmium toxicity in the young couturnix. *J. Nutr.*, **101**, 1295(1971)
 36. 김미지, 이순재 : 한국산 녹차, 우롱차 및 홍차 음료의 cadmium 제거 작용에 관한 연구. 한국영양식량학회지, **23**, 784(1994)
 37. Gregory, E. M. and Fridovich, I. : Induction of superoxide dismutase by molecular oxygen. *J. Bacteriol.*, **114**, 543(1972)
 38. Sharma, G. R. and Gill, K. D. : Effects of ethanol on Cd-induced lipid peroxidation and antioxidant enzymes in rat liver. *Bioch. Pharm.*, **42**, 89(1991)
 39. Sunde, R. A. and Hoekstra, W. G. : Structure, synthesis and function of glutathione peroxidase. *Nutr. Rev.*, **38**, 269(1990)
 40. Mutanen, M. L. and Mykkanen, H. M. : Effect of dietary fat on plasma glutathione peroxidase levels and intestinal absorption of ⁷⁵Se-labeled sodium selenite in chicks. *J. Nutr.*, **114**, 829(1984)

(1998년 5월 25일 접수)