

## 한국산 녹차, 우롱차 및 홍차 음료의 Cadmium 제거작용에 관한 연구

김미지 · 이순재<sup>†</sup>

효성여자대학교 식품영양학과

### Effect of Korean Green Tea, Oolong Tea and Black Tea Beverage on the Removal of Cadmium in Rat

Mi-Ji Kim and Soon-jae Rhee<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Nutrition, Hyosung Women's University, Kyungsan 713-702, Korea

#### Abstract

This study was to investigate the cadmium removal effect of Korean green tea, black tea and oolong tea beverage on Cd administered rat, tissues and their excretions. Male Sprague-Dawley rats weighing  $143 \pm 3.2$ g were divided into control and experimental groups. The control group were fed standard diet without cadmium. The experimental groups, which were fed standard diet containing 40ppm Cd, were divided into 4 subgroups again, which were the groups given distilled water (CD Group), 5% black tea (BT group), oolong tea (OT group) and green tea (GT group), respectively. Five days before to sacrifice the rats, all 4 cadmium fed groups were supplied 1ml of water with 600ppm Cd and control group were fed 1ml of distilled water without Cd under the same dietary condition. After that, their excretion were collected separately for 3 days. In rat liver and kidney, accumulation of cadmium in 4 Cd administered groups were more than in control group and that of GT group was significantly less than CD group. In bone, also, accumulation of cadmium in 4 Cd administered groups was more than in control group and that of GT, OT, BT groups were much less than that of CD group. GT group was excreted more Cd in urine than Cd group. In feces, 3 tea feeding groups (BT, OT, GT group) were excreted Cd 1.7, 2.1, 2.4 times more than that of the CD group, respectively. We conclude that cadmium accumulations of GT feeding group in rat's liver, kidney and bone were much less than CD group, and the absorption and retention rate of GT group was significantly lower than CD group.

**Key words** : cadmium toxicity, green tea, oolong tea, black tea, cadmium removal effect

#### 서 론

현대는 산업사회의 발달로 각종 산업체로부터 배출되고 있는 여러 가지 중금속 물질로 인한 식품, 공기, 물 및 토양 등의 오염이 날로 증가하고 인체 역시 이러한 중금속에 노출될 위험성이 점차 커지고 있다<sup>1)</sup>. 특히 cadmium(Cd)은 인체에 흡수되면 미량으로써도 생체내의 대사장애를 일으키고<sup>2)</sup> 일단 흡수되면 잘 배설되지 않고 체내에 축적되어 적혈구의 감소, 골연화증, 골절 등을 일으키며<sup>3)</sup> 나아가 Itai-itai병과 같은 만성질환을 유발하게 된다<sup>4-6)</sup>.

최근에 동물 체내의 Cd 중독증상을 완화시키기 위

한 여러 방면의 연구가 급진전되고 있다<sup>4-7)</sup>. 즉 Yin 등<sup>8)</sup>을 비롯한 여러 영양학적 측면의 연구에서<sup>7,9)</sup> protein, 섬유소, Ca, Fe, Zn, Cu, Se 및 vitamin C 등이 생체내의 Cd 독성을 감소시키는데 영향을 미친다는 보고가<sup>6,10)</sup> 있으며, Cd의 체외로의 배설에 관한 연구도 여러 분야에서 활발히 진행되고 있다<sup>10-12)</sup>.

한편 Cd과 같은 중금속 오염에 대한 자연체에 존재하는 식물이나 생물질을 이용한 중금속 흡착 연구가 활발히 진행되고 있는데<sup>13,14)</sup> 생물질 중에서는 양모나 나무껍질, 양과껍질 및 다엽(茶葉) 등이 흡착력이 강한 것으로 보고<sup>15)</sup>되고 있다. 그 중에서도 특히 다엽(茶葉)의 중금속 흡착효과는 전 등<sup>16)</sup>을 비롯한 여러 *in vitro* 실험에서 밝혀지고 있는데, 이는 녹차를 비롯한 다엽(茶葉)에 다량 존재하는 polyphenolic 화합물인 tannin 성분이

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

금속 이온과 chelation에 의하여 결합하는 특성에서 기인하는 것으로 알려지고 있다<sup>16,17</sup>.

이에 따라 녹차를 흡착제로 사용하여 수용액 중의 중금속을 흡착 제거하고자 하는 연구 노력이 최근 수행되고 있다<sup>15,18-22</sup>. 그러나 *in vivo* 실험을 통한 연구는 아직 보고된 바 없다.

이에 본 연구에서는 Cd로 오염된 식이를 흰쥐에게 공급하면서 동시에 녹차, 우롱차, 홍차를 상용상태의 음료로 공급하여 사육한 후 간, 신장, 경골 및 대퇴골에서의 Cd 축적량과 뇨, 변을 통한 Cd 배설량을 측정하여 다류(茶類)의 Cd 제거효과를 검토하고자 실시하였다.

재료 및 방법

차의 수침액 제조

실험에 사용한 차음료는 시판되고 있는 국내(주) 태평양의 instant 홍차, 우롱차, 녹차의 tea bag을 구입하여 일반 상복상태로 추출하기 위하여 85°C를 유지하면서 3분간 수침하여 시료용액 (hot water 100ml당 tea 5g)으로 만들었다.

차음료의 catechin함량 분석

실험에 사용한 차음료의 catechin 함량 분석은 HPLC를 이용하였으며, 기종은 spectrophysics를 사용하였고 분석 조건은 Table 1과 같다.

동물사육

실험동물

실험 동물은 체중 143±3.2g의 Sprague-Dawley종의 숫컷을 실험 전 1주일간 일정한 환경에서 적응시킨 후 난괴법에 의해 Table 2와 같이 Cd를 공급하지 않는 basal diet 식이에 증류수를 공급한 대조군(control군)

Table 1. The operating conditions of HPLC for analysis of catechins

Item	Method
Column	Lichrosorb RP-18 (4.6 × 250mm, Merck)
Mobile phase	25% THF* - 1% phosphate
Flow rate	2ml/min
Column Temp	Room temp
Detector	UV 280nm
Chart speed	0.25min
Analytical time	16min

\*THF : Tetrahydrofurane

과 식이에 40ppm의 Cd을 넣고 식수로써 증류수를 공급한 군(CD군), 홍차를 공급한 군(BT군), 우롱차를 공급한 군(OT군), 녹차를 공급한 군(GT군) 등의 5군으로 나누고 각 군 10마리씩으로 하여 4주간 사육하였다.

실험 동물은 한마리씩 분리하여 metabolic cage에서 사육하였고 cage, 식이 그릇, 물병 등 모든 기구는 무기질의 오염을 방지하기 위하여 0.5% EDTA (ethylene diamine tetra acetic acid)용액으로 세척한 후 탈이온 증류수로 행구어 사용하였다.

식이조성

식이의 기본 구성은 Table 3과 같다. 물과 차음료 및 식이는 자유로이 섭취케 하였으며 Cd의 체내 보유율을 측정하기 위하여 실험종료 5일전에 diet로의 Cd공급을 중단하고 600ppm의 Cd을 1일 1ml씩, Cd 비공급군에는 동량의 증류수를 각각 tube feeding 하였다. 뇨

Table 2. Classification of experimental groups

Group	Cd (40ppm Cd/kg diet)	Drinking water
Control	-	d-H <sub>2</sub> O
CD <sup>1)</sup>	+	d-H <sub>2</sub> O
BT <sup>2)</sup>	+	Black tea
OT <sup>2)</sup>	+	Oolong tea
GT <sup>2)</sup>	+	Green tea

<sup>1)</sup> Experimental and control groups were fed with or without 40 ppm Cd (CdCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O) in the diet, respectively

<sup>2)</sup> Preparation of tea extract solution : 5 grams of dry tea leaves were added to 100ml hot distilled water in a beaker and extracted at 85°C for 3min. Control and CD groups were given distilled water and BT, OT, and GT groups were given black tea, oolong tea, and green tea extract solution as drinking water, respectively

Table 3. Composition of basal diet (g/kg diet)

Ingredients	Amount
Corn starch <sup>1)</sup>	668
Casein <sup>2)</sup>	180
DL-methionine <sup>3)</sup>	2
Corn oil <sup>4)</sup>	50
Salt mix <sup>5)</sup>	40
Vitamin mix <sup>6)</sup>	10
Cellulose <sup>7)</sup>	50
kcal/g	3.85

<sup>1)</sup> Pung Jin Chem. Co

<sup>2)</sup> Latic Casein, 30mesh, New Zealand Dairy Board, Wellington, N.Z.

<sup>3)</sup> Sigma Chem. Co

<sup>4)</sup> Dong Bang Oil Co

<sup>5)</sup> According to Haper's<sup>23)</sup>

<sup>6)</sup> According to National Research Council

<sup>7)</sup> Sigma Chem. Co

와 변은 마지막 3일간 채취하였다.

#### 체중증가량 및 식이효율

식이 및 식수 섭취량은 매일, 그리고 체중은 전 실험 기간을 통하여 일주일에 두번씩 일정한 시간에 측정하였으며 식이 효율은 전 체중 증가량을 같은 기간 동안의 식이 섭취량으로 나누어 줌으로써 계산하였다.

#### 시료채취

##### 혈액 및 장기 채취

쥐를 12시간 절식 시킨 후 ethyl ether로 가볍게 마취시켜 복부 대동맥으로 부터 혈액을 채취하여 heparin 처리된 용기에 담아 hemoglobin 함량과 hematocrit치 측정에 사용하였고, 간, 신장, 경골, 대퇴골 등은 적출하여 무게를 측정 한 후 110°C의 drying oven에서 말린 후 desiccator에 보관하였다.

##### 노 및 변의 채취

노와 변은 희생하기 전 3일간 채취하여 변은 젖은 상태로 보관하였고, 노는 7000rpm에서 10분간 원심분리시킨 후 상층액을 냉동보관하여 분석시료로 사용하였다.

#### 생화학적 분석

##### Hemoglobin 함량 및 Hematocrit치 측정

Hemoglobin 측정은 cyanmethemoglobin법<sup>23)</sup>으로 측정하였다. 즉, cyanide solution 5ml에 0.02ml의 혈액을 가하고 잘 혼합한 다음 spectrophotometer를 사용하여 540nm에서 비색 정량하였다. Hematocrit치는 혈액을 채취한 직후 heparin으로 처리된 모세관을 이용하여 2/3 정도 채운 다음 11,000rpm에서 5분간 원심 분리시킨 후 packed red cell volume의 백분율을 측정하였다.

##### 각조직 및 변의 Cd 함량 분석

간, 신장, 경골, 대퇴골 및 변의 Cd 함량은 A.O.A.C. 법<sup>24)</sup>에 준하여 측정하였다. 즉, 시료의 일정량을 취하여 500°C의 muffle furnace에서 건식 분해시켜 10% HCl로 녹인 후 건조시켜 5% HNO<sub>3</sub>으로 녹여낸 것을 ICP (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry : BAIRD 2070)로 228.8nm에서 측정하였다<sup>25)</sup>.

##### 노의 Cd 함량 분석

노의 Cd 함량은 A.O.A.C.법<sup>24)</sup>에 준하여 시료의 일정량을 취하여 Kjeldahl flask에 넣고 습식 분해시켜 0.5 N HNO<sub>3</sub>에 녹여 ICP로 228.8nm에서 측정하였다<sup>25)</sup>.

#### 체내 Cd 흡수율 및 보유율

Cd의 체내 흡수율 및 보유율은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Cd 흡수율(\%)} = \frac{1 \text{ 일 동안의 Cd 경구 투여량}(\mu\text{g}) - 1 \text{ 일 동안의 변배설량}(\mu\text{g})}{1 \text{ 일 동안의 Cd 경구 투여량}(\mu\text{g})} \times 100$$

$$\text{Cd 보유율(\%)} = \frac{1 \text{ 일 동안의 Cd 보유량}(\mu\text{g})}{1 \text{ 일 동안의 Cd 경구 투여량}(\mu\text{g})} \times 100$$

#### 통계처리

모든 자료의 분석은 SPSS를 이용하여 평균치와 표준편차를 산출하였고, 각 실험군의 평균치간의 검증은 일원분석과 Tukey's multiple range test로 검증하였다.

## 결 과

#### 각 시료종의 catechin함량 분석결과

HPLC로 차음료의 catechin을 분석한 결과는 Fig. 1과 같이 epigallocatechin (EGC), epicatechin (EC), epigallocatechin gallate (EGCG), epicatechin gallate (ECG) 등 4가지의 peak를 얻을 수 있었으며 그 함량 비교는 Table 4와 같다.

차음료의 catechin 함량은 비 발효차인 녹차가 가장 많고, 반 발효차인 우롱차, 발효차인 홍차 순으로 많았다. 이는 차 제조과정 중 발효과정을 거치면서 catechin이 다른 화합물질로 변환하였기 때문으로 생각된다.

#### 체중증가량 및 식이효율

체중 증가와 식이 효율은 Fig. 2와 Fig. 3에 나타난 바와 같이 대조군에 비해 Cd를 투여한 실험군에서 유의적으로 감소하였다.

#### 각 조직의 무게 및 뼈의 길이와 무게

Cd을 정량한 각 조직의 무게는 Table 5와 같으며 대조군과 각 실험군 사이에 유의적 차이는 없었다. 뼈는 대퇴골과 경골로 나누어 길이와 무게를 측정 한 결과는

**Table 4. Catechin contents of Korean teas**  
(g/100ml of tea extracted solution)

	Black tea	Oolong tea	Green tea
EGC	0.0586	0.1444	0.2302
EC	0.0252	0.0140	0.0686
EGCG	0.0152	0.1134	0.2248
ECG	0.0070	0.0128	0.0284
Total	0.1060	0.2846	0.5220

EGC : Epigallocatechin

EC : Epicatechin

EGCG : Epigallocatechin gallate

ECG : Epicatechin gallate

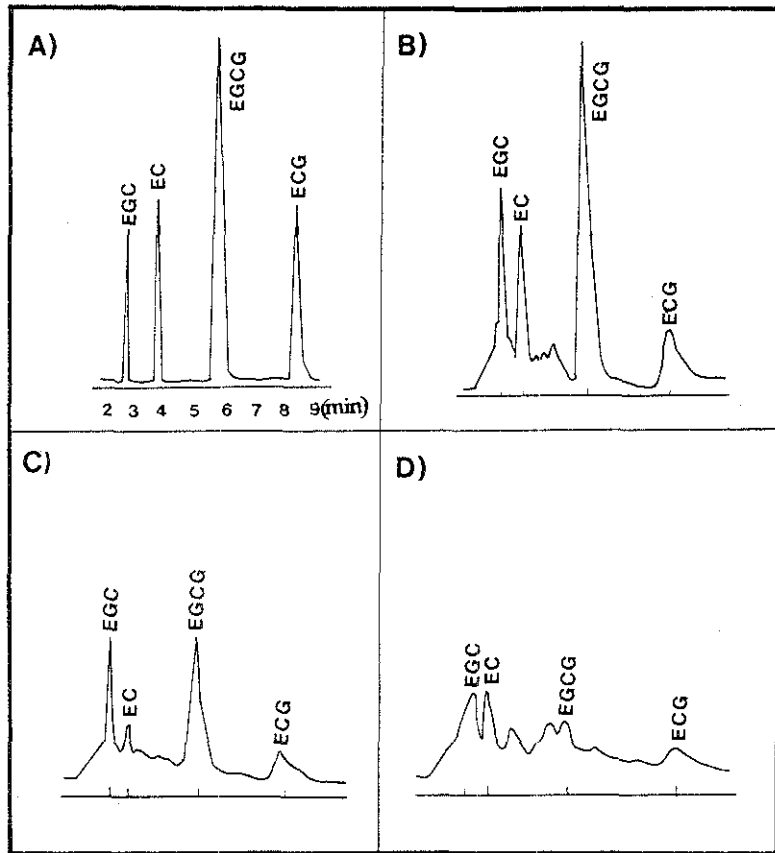


Fig. 1. HPLC chromatogram of catechins of standard (A), green tea (B), oolong tea (C) and black tea (D).  
EGC : Epigallocatechin, EGCG : Epigallocatechin gallate, ECG : Epicatechin gallate, EC : Epicatechin

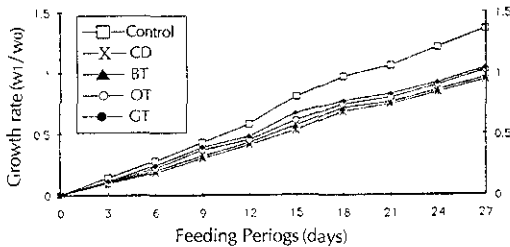


Fig. 2. Growth curve of experimental rats.  
W<sub>1</sub>/W<sub>0</sub> : ratio of the body weight (W<sub>1</sub>) to initial body weight (W<sub>0</sub>)

Table 6과 같으며 대조군 및 각 실험군 사이에 유의적 차이는 없었다.

**Hemoglobin 함량과 Hematocrit치**

Hemoglobin 함량과 hematocrit치를 측정 한 결과는

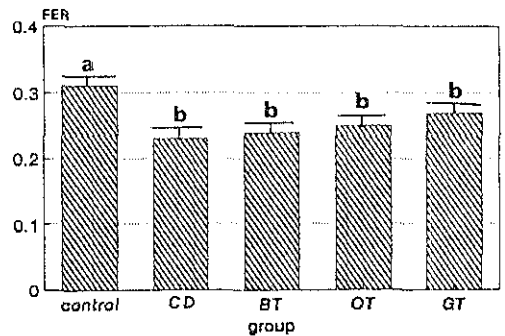


Fig. 3. FER of experimental rats.  
1. All values are mean  $\pm$  SE (n=10)  
2. Values within a column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Tukey's test.  
3. Control groups and CD group were given distilled water and BT, OT, GT groups were given black tea, oolong tea and green tea extract solution as drinking water.

Table 7과 같다. Hemoglobin 함량은 대조군에 비해 Cd

투여 실험군 중 증류수를 투여한 CD군과 홍차 투여군인 BT군에서 함량이 유의적으로 낮게 나타났다. Hematocrit치는 대조군에 비해 Cd 투여 실험군에서 모두 유의적으로 낮게 나타났으며 차용용에 의한 차이는 나타나지 않았다.

#### 간, 신장 및 뼈중의 Cd 함량

간 및 신장 중의 Cd 함량은 Table 8과 같다. 간중의 Cd 함량의 경우 대조군은 Cd 축적이 거의 없었으나 Cd를 투여한 실험군에서 Cd 함량이 높게 나타났고, Cd 공급 실험군 중 식수로 증류수를 공급한 군(CD군)에 비해 홍차를 공급한 BT군은 유의적 차이가 없었으나 우롱차, 녹차를 공급한 OT, GT군에서 축적량이 유의적으로 낮았으며 특히 GT군에서 가장 낮았다. 신장의 경우 대조군에 비해 Cd를 투여한 실험군에서 현저히 높았으나 실험군 간의 차이 역시 간장에서의와 비슷한 경향을

나타내었다. 즉, 증류수를 공급한 군에 비해 홍차를 공급한 군은 차이가 없었으나 녹차, 우롱차를 공급한 군에서의 Cd 축적량은 25.19%, 18.38%씩 감소하였다.

뼈에서의 Cd 함량은 Table 9에서와 같이 경골의 경우 CD군에서 그 함량이 높았으나 BT, OT 및 GT군 모두가 감소되었으며 특히 OT, GT군에서는 56.76%, 67.57%씩 감소되었다. 대퇴골도 같은 경향이였다.

#### 뇨와 변을 통한 Cd 배설량

뇨와 변을 통한 배설량은 Table 10과 같다. 뇨를 통한 배설에서 Cd 비투여식이군인 대조군에 비해 Cd 투여 실험군에서 유의적으로 증가하였다. 홍차, 우롱차를 공급한 군에서는 유의적인 차이는 없었으나 녹차를 공급한 GT군은 Cd 배설이 유의적으로 증가하였다. Cd

**Table 5. Organ weight of experimental rats** (g)

Group	Liver	Kidney
Control	10.59±0.58 <sup>ns</sup>	2.38±0.29 <sup>ns</sup>
CD	11.29±0.98	2.16±0.13
BT	10.08±0.42	2.03±0.14
OT	9.99±0.27	1.95±0.06
GT	10.05±0.28	2.65±0.17

\*All values are mean±SE (n=10)

<sup>ns</sup>not significant at p<0.05 by Tukey's test

**Table 6. Bone length and weight of experimental rats**

Group	Bone length (cm)		Bone weight (g)	
	Femur	Tibia	Femur	Tibia
Control	2.69±0.17 <sup>ns</sup>	3.61±0.07 <sup>ns</sup>	0.84±0.05 <sup>ns</sup>	0.78±0.03 <sup>ns</sup>
CD	2.65±0.14	3.74±0.06	0.86±0.05	0.90±0.03
BT	2.45±0.10	3.61±0.09	0.82±0.06	0.78±0.07
OT	2.31±0.04	3.46±0.06	0.77±0.07	0.74±0.02
GT	2.39±0.15	3.59±0.05	0.78±0.07	0.77±0.05

All values are mean±SE (n=10)

<sup>ns</sup>not significant at p<0.05 by Tukey's test

**Table 7. Hemoglobin content and hematocrit value of experimental rats**

Group	Hemoglobin (g/100ml)	Hematocrit (%)
Control	11.68±1.12 <sup>a</sup>	42.63±2.43 <sup>a</sup>
CD	9.07±0.85 <sup>b</sup>	37.30±0.80 <sup>b</sup>
BT	8.88±0.43 <sup>b</sup>	37.34±2.01 <sup>b</sup>
OT	12.53±1.02 <sup>ac</sup>	37.41±2.01 <sup>b</sup>
GT	12.74±0.96 <sup>ac</sup>	37.70±4.00 <sup>b</sup>

\*All values are mean±SE (n=10)

<sup>a</sup>Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test

**Table 8. Cadmium contents in liver and kidney of cadmium administered rats** (µg/g wet weight)

Group	Liver	Kidney
Control	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.02 <sup>a</sup>
CD	9.82±0.60 <sup>b</sup>	7.78±0.68 <sup>b</sup>
BT	7.91±0.68 <sup>bc</sup>	7.35±0.40 <sup>b</sup>
OT	7.11±0.63 <sup>c</sup>	6.35±0.55 <sup>c</sup>
GT	6.55±0.23 <sup>c</sup>	5.82±0.39 <sup>d</sup>

<sup>a</sup>All values are mean±SE (n=10)

<sup>a</sup>Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test

**Table 9. Cadmium contents in bone of cadmium administered rats** (µg/g wet weight)

Group	Tibia	Femur
Control	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.02±0.02 <sup>a</sup>
CD	0.37±0.02 <sup>b</sup>	0.49±0.02 <sup>b</sup>
BT	0.25±0.03 <sup>c</sup>	0.34±0.03 <sup>c</sup>
OT	0.16±0.02 <sup>d</sup>	0.22±0.02 <sup>d</sup>
GT	0.12±0.02 <sup>d</sup>	0.16±0.02 <sup>d</sup>

\*All values are mean±SE (n=10)

<sup>a</sup>Values with a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test

**Table 10. Urinary and fecal excretion of cadmium in cadmium administered rats** (µg/day)

Group	Urine	Feces
Control	2.29±0.10 <sup>a</sup>	2.36±0.21 <sup>a</sup>
CD	16.06±0.53 <sup>b</sup>	237.51±48.27 <sup>b</sup>
BT	17.19±0.86 <sup>bc</sup>	407.59±21.54 <sup>c</sup>
OT	18.10±1.82 <sup>bc</sup>	498.64±15.88 <sup>d</sup>
GT	18.54±0.65 <sup>c</sup>	564.90±17.76 <sup>c</sup>

\*All values are mean±SE (n=10)

<sup>a</sup>Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test

의 주된 배설경로인 변중의 Cd 함량은 대조군에 비해 Cd 투여 실험군에서의 함량이 크게 증가되었으며 실험군 중 증류수를 공급한 군 보다 홍차, 우롱차, 녹차를 공급한 군에서의 Cd 배설이 각각 1.7, 2.1, 2.4배씩 증가하였다.

Cd의 체내 흡수율 및 보유율

Cd의 체내 흡수율 및 보유율은 증류수를 공급한 Cd 군에 비해 홍차, 우롱차 및 녹차를 공급한 식이군에서의 흡수율이 유의적으로 감소하였으며 따라서 체내보유율 역시 홍차, 우롱차, 녹차 순으로 낮게 나타나는 것으로 보아 catechin 함량이 많은 차일수록 중금속 흡착능력이 뛰어나음을 알 수 있었다.

고 찰

본 연구는 다엽(茶葉)의 체내에서의 Cd 흡착 제거 능력을 검토하기 위한 목적으로 실시되었다. 본 실험에서 체중 증가량, 식이 효율은 대조군에 비해 Cd 투여군이 유의적으로 감소를 하였으며, 차음용에 의한 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이는 Fox 등<sup>26)</sup>이 Cd를 투여했을 때 체중이 현저하게 감소되었다는 보고 및 이 등<sup>27)</sup>의 보고와 일치하며 이러한 체중 감소 및 식이 효율의 감소는 Cd 투여로 인한 흡수장애 및 대사 저하에 기인한다고 한다<sup>26-28)</sup>. Hemoglobin 함량은 Cd 투여 실험군 중 증류수를 투여한 CD군과 홍차 투여군인 BT군에서 유의적으로 낮았으며 hematocrit치는 대조군에 비해 Cd 투여군 모두 유의적으로 낮았는데 이는 Cd 투여로 인하여 Fe의 흡수가 저해되기 때문으로 생각된다<sup>3)</sup>. Cd은 아직까지 기능이 잘 알려지지 않은 미량의 중금속으로 비교적 유독한 것으로만 알려졌을 뿐 Cd의 대사 과정과 initial target 등은 확실히 밝혀지지 않고 있다. 단지 metallothionein이라 불리는 cystein이 풍부하며 방향족 아미노산이나 소수성 아미노산 잔기가

적은 저분자성 단백질이 해독과정에 관여한다는 정도가 알려져 있으며<sup>29-31)</sup> 일반적으로 Cd은 간, 신장 등의 조직에 주로 축적된다고 한다<sup>10,32)</sup>.

본 실험에서도 체내의 Cd 축적량을 관찰한 결과 간과 신장에서 많이 축적된 것으로 나타났다. 간의 Cd 함량은 catechin 함량이 많은 차일수록 Cd 축적량이 감소하는 경향을 보였는데, 이는 차엽의 tannin 성분 중의 하나인 catechin이 Cd과 착화합물을 형성하여 흡수를 저해하기 때문으로 사료된다. 전 등<sup>15)</sup>의 *in vitro* 실험에서도 차엽 중에 가장 많이 함유된 polyphenol 성분이 중금속 이온과 착물형성 혹은 화학흡착에 의해 수중에서 중금속을 흡착 제거한다고 보고하고 있다. 뼈에서의 Cd 함량은 다른 조직에 비해 그 함량은 낮았으나 간, 신장 등에서도 같이 catechin 함량이 많은 차일수록 축적량이 유의적으로 감소함을 볼 수 있었다. Cd의 주된 배설 경로인 변을 통한 Cd 배설은 다류(茶類)를 공급한 군에서 유의적으로 높았으며 특히 녹차의 경우는 증류수를 공급한 군에 비해 2.4배 증가하였고, 뇨중 배설량도 타군에 비해 높았는데 이는 차엽의 tannin 성분 중의 하나인 catechin이 Cd과 착화합물을 형성하여 Cd의 장내 흡수를 저해하고 대변으로의 배설량을 증가시키기 때문으로 생각되며 따라서 다른 실험군에 비해 간, 신장 및 기타 비조직의 함량이 낮았다. 뇨를 통한 Cd 배설량도 다류(茶類)를 공급한 군에서 많을 것으로 예상하였으나 녹차를 공급한 군에서만 유의적으로 증가하였고 홍차, 우롱차를 공급한 군에서는 Cd 배설이 약간 증가하였으나 기대 하였던 효과는 볼 수 없었다.

본 실험 중에 사용된 차엽 중의 catechin은 발효과정을 거치는 동안 theaflavin 및 기타 다른 물질로 변하게 되므로 발효차인 홍차와 반 발효차인 우롱차는 비 발효차인 녹차에 비해 catechin 함량이 적었다<sup>34-37)</sup>. 따라서 Cd과 같은 중금속의 흡착능력도 떨어지게 되는 것으로 보아 polyphenol 성분 중의 하나인 여러 종류의 catechin이 착물형성 혹은 화학흡착에 의해 침전을 일으켜 중금속을 제거하는 것으로 생각된다<sup>38)</sup>. 즉, catechin은 장내에서 불용성 금속염을 형성하여 체내 흡수 단계에서 방어하여 그대로 Cd를 배출시키므로써 중금속의 독성으로부터 보호할 수 있다고 본다<sup>7,13,14)</sup>. 따라서 본 연구 결과 다류(茶類)를 공급한 군에서 간, 신장, 뼈 등에서의 Cd 축적량은 catechin 함량에 반비례하고, 뇨와 변을 통한 배설량은 비례하므로써 Cd의 체내 흡수율 및 보유율이 감소되는 경향이었으며 특히 녹차를 투여한 군에서 가장 현저하였다. 그러므로 우리가 일상적인 기호 음료로 마시고 있는 차를 이용하므로써

Table 11. Cadmium absorption ratio and retention ratio of experimental rats (%)

Group	Absorption ratio	Retention ratio
Control	-	-
CD	60.40±2.43 <sup>a</sup>	57.80±2.21 <sup>a</sup>
BT	35.99±0.91 <sup>b</sup>	29.20±0.73 <sup>b</sup>
OT	16.54±0.87 <sup>c</sup>	13.54±0.71 <sup>c</sup>
GT	10.28±1.45 <sup>d</sup>	5.70±0.8 <sup>d</sup>

<sup>a)</sup> All values are mean ± SE (n=10)  
<sup>b)</sup> Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Tukey's test

Cd과 같은 중금속의 독성을 효과적으로 완화시킬 수 있다고 생각된다.

## 요 약

본 연구는 Cd으로 오염된 식이를 흰쥐에 공급하면서 동시에 녹차, 우롱차, 홍차를 음료로 공급하여 다류(茶類)의 Cd 제거능력을 검토하고자 실시하였다. 체중이  $143 \pm 3.2g$ 되는 Sprague-Dawley 중 수컷 흰쥐를 식이내 Cd를 첨가하지 않은 대조군과 40ppm의 Cd를 식이에 넣고 식수로 증류수를 공급한 군(CD군), 홍차(BT군), 우롱차(OT군), 녹차(GT군)를 공급한 군의 실험군으로 나누어 4주간 사육하였다. 실험 종료 5일 전 실험 동물을 metabolic cage에 넣고 Cd 600ppm을 1ml씩 tube feeding 하였고 3일간의 뇨와 변을 채취하여 간, 신장 및 뼈에 축적된 Cd 함량과 뇨와 변을 통해 배설된 Cd 함량을 측정하였다. Catechin 함량은 녹차, 우롱차, 홍차의 순으로 많았다. 체중 증가량, 식이 효율은 대조군에 비해 Cd 투여군이 유의적으로 감소하였으며, 차 음용에 의한 유의적인 차이는 없었다. Hemoglobin 함량은 대조군에 비해 Cd투여 실험군 중 증류수 투여군인 CD군과 홍차 투여군인 BT군에서 그 함량이 유의적으로 낮게 나타났으며, hematocrit치는 대조군에 비해 Cd 투여한 CD군에서 유의적으로 낮게 나타났으며 차 음용에 의한 유의적인 차이는 없었다. 간과 신장에서의 Cd 축적량은 대조군에 비해 Cd 투여군이 현저히 높았고 CD군 보다 OT, GT군에서 Cd 축적량이 유의적으로 감소하였으며 특히 GT군에서 가장 현저하였다. 뼈에서의 Cd 축적량은 대조군에 비해 CD군에서 현저히 많았으며, Cd 투여군 중 증류수를 공급한 군(CD군) 보다 GT, OT, BT 식이군에서 낮았다. 뇨중의 Cd 배설량은 대조군에 비해 Cd 투여한 전실험군이 현저히 많았으며, Cd 투여 실험군 중 CD군에 비해 BT, OT군은 유의성은 없었으나 GT군에서는 증가되었다. 변을 통한 배설량은 대조군에 비해 Cd 투여 실험군이 현저히 많았으며, CD군에 비해 BT, OT, GT군에서 1.7, 2.1, 2.4 배씩 증가되었다. Cd의 체내 흡수율은 CD군에 비해 GT, OT, BT군의 순위로 낮았으며, 보유율은 Cd군에 비해 BT, OT, GT군이 각각 50, 77, 90%씩 감소되었다. 결론적으로 Cd으로 중독된 흰쥐의 체내 Cd 제거율은 catechin 함량이 높은 녹차가 홍차나 우롱차 보다 더 효과적인 것으로 볼 수 있다.

## 문 헌

1. Page, A. I. and Chang, A. C. : Cadmium Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, p.33(1986)
2. 정규철, 박정덕, 조병희 : 급성 카드뮴 중독의 치사량과 혈액 및 간조직에 미치는 영향. 중양의대지, **13**, 31(1989)
3. 송정자 : 극미량 원소의 영양. 민음사, p.317(1983)
4. Frank, N. K. and Cartis, D. K. : Cadmium in the environment. John wileys & Sons II, p.595(1981)
5. Murakami, M., Cain, K. and Webb, M. : Cd-metallothionein induced nephropathy, a morphological and autoradiographical study of Cd distribution, the development of tubular damage and subsequent cell regeneration. *J. Appl. Toxicol.*, **5**, 237(1983)
6. Sato, S. I., Hosokawa, Y., Nizeki, S., Tojo, H. and Yamaguchi, K. : Effect of dietary zinc and cadmium on tissue selenium concentration and glutathione peroxidase activity in rats fed DL-selenomethionine and sodium selenite. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **37**, 29(1991)
7. Hamilton, D. L. and Valberg, L. S. : Relationship between Cd and Fe absorption. *Am. J. Physiol.*, **227**, 1033(1974)
8. Hill, C. H., Martrone, G., Daoyne, W. O. L. and Barber, C. W. : *In vivo* interactions of cadmium with copper, zinc and iron. *J. Nutr.*, **80**, 227(1963)
9. 김혜진, 조수열, 박종민 : 카드뮴 투여 흰쥐의 혈청 및 간장 성분에 미치는 식이성 vitamin E와 단백질의 영향. 한국영양학회지, **19**, 27(1990)
10. 권오란, 김미경 : 식이 단백질과 Ca 수준이 흰쥐의 Cd 중독과정 중 metallothionein과 조직의 형태 변화에 미치는 영향. 한국영양학회지, **25**, 360(1991)
11. 김영배, 강명희, 이단래 : 카드뮴의 장내흡수에 미치는 해조 다당류의 영향. 한국영양학회지, **10**, 18(1977)
12. 조수열, 허성일, 이숙화 : 갈슘 및 비타민 D가 카드뮴 중독에 미치는 영향. 한국영양학회지, **13**, 27(1984)
13. 김인수 : 생물질 재료에 의한 음용수 중의 중금속 제거. 동아대학교 환경문제연구소 연구보고, p.13(1990)
14. 木村 優 : 生物質材料による水中の捕集除去. 公害と對策, **19**, 341(1983)
15. 전혜옥 : 수중에서 녹차엽의 카드뮴(II), 구리(II) 및 납(II) 이온들에 대한 흡착능. 한양대 환경과학대학원 석사논문(1991)
16. 池ヶ賢次郎, 高柳博次, 河南豊正 : 茶の分析法. 茶葉研究報告, 第71號, p.43(1990)
17. Stagg, G. V. and Millin, D. J. : The nutrition and therapeutic value of tea-A review. *J. Sci. Fd Agric.*, **26**, 1439(1975)
18. 森孝夫, 渡邊泰三, 土 哲也, 干畑一郎, 岩野君夫, 市川彌太郎 : 固定化タンニンによる重金屬イオンの吸着. 日酸協誌, **76**, 111(1981)
19. 木村 優, 長井彌生 : 綠茶の粒子表面での水銀(II)イオンの吸着-綠茶を吸着劑する水中の微量水銀(II)イオンの捕集除去. 分析化學, **36**, 666(1987)
20. 木村 優, 山下博美, 駒田順子 : 綠茶を吸着劑として

- 用いる水中の各種重金屬類の捕集除去法. 分析化學, **35**, 400(1986)
21. 竹尾忠一: 茶幼植物における重金屬類の吸収と轉流. 農化, **48**, 145(1974)
  22. 毛利和子: タンニンと共存物質との相互作用の効果(第2報)重金屬イオンの元および浸漬の可用化. 日本藥學雜誌, **102**, 735(1982)
  23. Davidshon, I. and Nelson, D. A.: Clinical diagnosis by laboratory methods. Saunders. Co., Philadelphia, p.125(1969)
  24. A.O.A.C.: *Official methods of analysis*. 15th ed., Association of official analytical Chemists, p.237(1990)
  25. 보건사회부: 식품공전, 유해성 금속시험법. p.466(1991)
  26. 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 cuturnix. *J. Nutr.*, **101**, 1295(1971)
  27. 이영옥, 신주준: 카드뮴이 백서에 미치는 영향과 수은과의 상호작용에 관한 실험적 연구. 고대의지, **14**, 151(1977)
  28. Morita, S.: Defense mechanisms against cadmium toxicity. I. A biochemical and histological study of the effects of pretreatment with cadmium on the acute oral toxicity of cadmium in mice. *Japan. J. Pharmacol.*, **35**, 129(1984)
  29. Feldeman, S. L. and Cousins, R. J.: Influence of cadmium on the metabolism of 25-hydroxy cholecalciferol in chicks. *Nutr. Rep. Int.*, **8**, 251(1975)
  30. Kagi, J. H. R. and Vallee, B. L.: Metallothionein a cadmium and zinc containing protein from equine renal cortex. *J. Biol. Chem.*, **235**, 395(1985)
  31. Rhee, S. J. and Huang, P. C.: Metallothionein accumulation in CHO Cd cells in response to lead treatment. *Chem. Biol. Internations*, **72**, 347(1989)
  32. 이해영, 김미경: 식이내 cadmium과 단백질 수준이 흰쥐의 체내 단백질 대사 및 cadmium 중독에 미치는 영향. 한국영양학회지, **21**, 410(1988)
  33. Roels, H. A., Lauwerys, R. R. and Buchet, J. P.: *In vivo* measurements of liver and kidney cadmium in workers exposed to this metal. *Environ. Res.*, **26**, 217(1981)
  34. 나효환, 백순옥, 한상빈, 목진영: 녹차종자의 일반 성분. 한국농화학회지, **35**, 272(1992)
  35. 나효환, 백순옥, 한상빈, 목진영: 녹차의 카테킨류의 분석법. 한국농화학회지, **35**, 276(1992)
  36. 최성희, 이병호, 최홍대: 시판 녹차종 카테킨의 함량 분석. 한국영양식량학회지, **21**, 386(1992)
  37. 김관: 다엽의 성분에 관한 연구. 한국식품과학회지, **9**, 10(1977)
  38. 田文雄: 茶ホリフェノル物質の藥理作用. 茶業試驗場論文, **27**, 102(1979)

(1994년 5월 19일 접수)