

## 차 음료가 카드뮴 섭취 흰쥐의 카드뮴 축적과 배설에 미치는 영향

김태경 · 박범호<sup>1</sup> · 이상일<sup>2</sup> · 김순동<sup>1\*</sup>

서원대학교 차학과, <sup>1\*</sup>대구가톨릭대학교 식품외식산업학부, <sup>2</sup>계명문화대학 식품영양조리과

### Effects of Tea Beverages on Cadmium Accumulation and Excretion in Rats Given Cadmium

Tae-Kyung Kim, Bum-Ho Park<sup>1</sup>, Sang-Il Lee<sup>2</sup> and Soon-Dong Kim<sup>1\*</sup>

*Department of Tea, Seowon University, Cheongju 361-742, Korea*

<sup>1</sup>*Department of Food Science & Technology, Food Industrial Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Food Nutrition & Cookery, Keimyung College, Daegu 704-703, Korea*

#### Abstract

The effects tea beverages (TBs) prepared from powdered green tea (Gt), oolong tea (Ot), black tea (Bt), or pure tea (Pt) with lemon, orange, grenadine etc on cadmium toxicity in rats were investigated. Sensory evaluations of the TBs are better than those of each water extracted teas. Cadmium (50 ppm) was administered to experimental rats fed a basic diet, or a diet with various TBs (15%, w/v), for 5 weeks. Although body weight gains, feed intakes, and fecal weights in all Cd-treated groups were lower than those in the normal control group (NC), feed efficiency ratio, urine volumes, liver weights, and kidney weights did not differ significantly between groups. The serum ALT and AST levels in the Cd-treated control group (Cd-Co) were higher than those in the NC animals. Serum ALT and AST levels in all Cd-treated rats fed TB-supplemented diets were lower than in animals of the Cd-Co group. Tibia and femur weights in Cd-Co animals were lower than those in NC rats. Tibia and femur weights in Cd-treated rats fed TB-supplemented diets were higher than those in Cd-Co animals. There were no between-group differences in tibia lengths; animals in the NC and TB-supplemented diet groups showed femur lengths longer than those of Cd-Co rats. Although the contents of crude ash and cadmium in the femurs of Cd-Co rats was markedly higher than in the femurs of NC animals, the calcium content in femurs of Cd-Co rats was significantly lower than that in the femurs of NC animals. The changes in mineral levels caused by Cd administration were alleviated by every TB-supplemented diet tested. Whereas fecal calcium excretion by Cd-Co animals was significantly higher than that of NC rats, calcium excretion by Cd-treated rats fed TB-supplemented diets was significantly lower than that of Cd-Co animals. Fecal cadmium excretion by all Cd-treated rats fed TB-supplemented diets was significantly higher than that of Cd-Co animals. In conclusion, this study provides experimental evidence that various TBs may regulate cadmium-induced organ toxicity by reducing cadmium accumulation in tissues through the mechanism of increasing the fecal excretion of cadmium.

**Key words** : tea,, beverage, cadmium toxicity, green tea

#### 서 론

육우의 다경에는 BC 2700년경의 신농시대부터 차를 마

셨다고 기록되어 있으나 산다속(山茶屬)에 속하는 차나무의 식물학적인 기원은 중생대 말기에서 신생대 초기로 약 7천만년전으로 추정되고 있으며 신농의 「식경」(1)에는 차를 마시면 힘이 생기고 뜻을 즐겁게 한다는 기록이 있다. 또한 차는 몸의 독을 풀며(2), 예로부터 좋지 못한 음용수를 대신하는 음료로 이용되었다(3).

\*Corresponding author. E-mail : kimsd@cu.ac.kr,  
Phone : 82-53-850-3216, Fax : 82-53-850-3216

차는 그 제조방법에 따라 비발효차인 녹차와 반발효차인 오롱차, 발효차인 홍차, 후발효차인 보이차로 구분되고 그 품미는 산지의 토양, 기후, 품종 및 제조방법 등 여러 요인에 의해 영향을 받으며 성분, 색, 향기, 맛 및 체내 생리작용 등도 변화된다(4).

차에 함유되어 있는 대표적인 생리활성 물질인 카테킨류는 차 잎에 함유되어 있는 총 폴리페놀화합물의 75% 이상을 차지하며, 주요 카테킨류로는 (-)-epicatechin (EC), (-)-epicatechin gallate (ECG), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), gallic acid (GA) 등이 있다(5). 이들 카테킨류의 주요 생리활성으로는 항산화(6), 항암(7), 항노화(8), 혈압강화작용(9), 간 손상 보호 효과(10), 항콜레스테롤 및 항동맥경화(11), 항고지혈증(12), 항바이러스 및 항균(13), 항비만(14), 항당뇨(15) 등이 보고되어 있으며, 차의 발효과정 중에 생성되는 카테킨의 산화 중합체인 테이폴라빈도 항혈전, 항돌연변이 효과와 더불어 치석억제효과가 있는 것으로 보고되어 있다(16-18). 후발효차인 보이차는 홍차, 녹차와 달리 중국 운남의 대엽종 차잎에 미생물을 접종하여 발효시킨 차(19)로 본초강목에는 숙취해소와 소화를 돕고 가래를 제거하며 위를 깨끗하게 하고 갈증해소와 체지방 감소 등의 효과가 있는 것으로 기록하고 있다(20).

한편, cadmium은 자연에 널리 분포하는 중금속으로 미량 섭취로도 생체 내의 대사장애를 일으키며(21), 주로 신장 및 간에 축적되어 조직의 변성 및 섬유화를 유도하고(22), 빈혈(23), 고혈압(24), 가성골절(itai-itai병)(21), 불임 및 발암(25)의 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 식품이나 음용수를 통하여 체내에 축적된 cadmium을 제거하고자 하는 연구(26, 27)들이 이루어지고 있으며, 녹차의 중금속 제거 및 독성경감 효과에 관한 연구(28)도 보고되고 있다.

본 연구에서는 말차, 오롱차, 홍차 및 보이차를 이용하여 보다 기호성이 증진된 음료를 제조하고 이들 음료가 cadmium으로 중독된 흰쥐의 독성에 미치는 영향을 조사함과 동시에 calcium함량과의 관련성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

말차는 녹차잎 100%의 산초록가루녹차(한밭다원, 경남, 한국)를 한밭제다에서 구입하였으며, 우롱차는 수선(개척집단유한공사, 중국)을, 홍차는 기문홍차(개척집단유한공사, 중국)를, 보이차는 운남보이차(개척집단유한공사, 중국)를 각각 (주)에프제이인터내셔널에서 제공받았다. 그 외 생수(퓨리스, 하이트맥주주식회사, 충남, 한국), 레몬주스(아진식연, 군포, 한국), 오렌지주스(롯데칠성음료, 양산, 한국), grenadine (Monin Inc, Florida, USA) 및 비타민 C

(Weisheng Pharmaceutical Shijiazhuang Co. Shijiazhuang, China)를 구입하여 사용하였다. 슈가시럽은 설탕(백설 설탕, 인천, 한국)과 생수를 1 : 1의 비율로 혼합한 후 60°C에서 가열하여 얻었다.

### 음료의 제조

말차음료는 말차(Gt) 20 g에 생수 1000 mL을 가하여 현탁시킨 후 Table 1과 같이 차 음료를 제조하였으며, 오롱차(Ot), 홍차(Bt) 및 보이차(Pt) 음료는 각 20 g에 생수 1,000 mL을 가하여 1시간동안 끓여 추출한 후 면포로 여과하고 Table 1과 같이 차 음료를 제조하였다.

Table 1. Compositions of tea beverages

Ingredient	Gt-beverage	Ot-beverage	Bt-beverage	Pt-beverage
Powdered green tea <sup>1)</sup> (mL)	130	-	-	-
Oolong tea extract <sup>2)</sup> (mL)	-	130	-	-
Black tea extract <sup>3)</sup> (mL)	-	-	130	-
Puer tea extract <sup>4)</sup> (mL)	-	-	-	130
Lemon juice (mL)	65	65	65	65
Orange juice (mL)	508	380	380	380
Sugar syrup (mL)	40	40	40	40
Grenadine (mL)	-	128	128	128
Natural water (mL)	257	257	257	257
Total	743	743	743	743

<sup>1)</sup>20 g of the powdered green tea was suspended in 1000 mL of natural water.

<sup>2-4)</sup>20 g of the each tea were extracted with 1,000 mL of boiling natural water for 1 hour.

### 관능검사

말차, 우롱차, 홍차 및 보이차로 만든 음료를 차를 전공하는 대학생 50명을 대상으로 색깔, 향, 맛 및 종합적 기호도를 5점 채점법(29)으로 아주 나쁘다(1점), 나쁘다(2점), 보통이다(3점), 좋다(4점), 아주 좋다(5점)로 평가하였다. 대조구는 각 차의 추출물 또는 현탁액에 lemon juice, orange juice, sugar syrup 및 grenadine을 첨가하지 않은 것을 사용하였다.

### 실험군 및 실험식이의 조제

실험군은 정상식이군(NC), cadmium섭취 대조군(Cd-Co), Cd 섭취 말차음료 식이군(Cd-Gt), Cd 섭취 오롱차음료 식이군(Cd-Ot), Cd 섭취 홍차음료 식이군(Cd-Bt), Cd 섭취 보이차음료 식이군(Cd-Pt)의 6개 군으로 구분하였으며, NC 및 Cd-Co군은 증류수를, Cd-Gt군, Cd-Ot군, Cd-Bt군 및 Cd-Pt군은 각각 각각에 해당하는 음료를 식이에 15%(v/w)되게 첨가하여 pellet를 제조한 후 실온에서 48시간동안 건조하여 5주간 급여하였다. Cd (CdCl<sub>2</sub> 2½H<sub>2</sub>O)은 음용수에 50 ppm 수준으로 혼합하여 자유 공급하였다. 식이조성은 Table 2와 같다.

Table 2. Experimental plots and compositions of basal diet

Ingredient	(g)					
	NC <sup>7)</sup>	Cd-Co <sup>8)</sup>	Cd-Gt <sup>9)</sup>	Cd-Ot <sup>10)</sup>	Cd-Bt <sup>11)</sup>	Cd-Pt <sup>12)</sup>
Casein	180	180	180	180	180	180
Corn starch	668	668	518	518	518	518
Cellulose	50	50	50	50	50	50
Corn oil	50	50	50	50	50	50
AIN mineral mixture <sup>1)</sup>	40	40	40	40	40	40
AIN vitamin mixture <sup>2)</sup>	10	10	10	10	10	10
DL-Methionine	2	2	2	2	2	2
Powdered green tea beverage <sup>3)</sup>	-	-	150	-	-	-
Oolong tea beverage <sup>4)</sup>	-	-	-	150	-	-
Black tea beverage <sup>5)</sup>	-	-	-	-	150	-
Puer tea beverage <sup>6)</sup>	-	-	-	-	-	150
Total	1,005	998	1,000	1,000	1,000	850

<sup>1)</sup>AIN mineral mixture (g/kg): calcium lactate 620.0, sodium chloride 74.0, potassium phosphate di-basic 220.0, potassium sulfate 52.0, magnesium oxide 23.0, manganous carbonate 3.3, ferric citrate 6.0, zinc carbonate 1.0, cupric carbonate 0.2, potassium iodate 0.01, sodium selenite 0.01, chromium potassium sulfate 0.5, finely powdered to make 1,000 g.

<sup>2)</sup>AIN vitamin mixture (mg/kg): thiamin-HCl 600, riboflavin  $\pm$ 600, pyridoxine-HCl 700, nicotinic acid 3,000, D-calcium pantothenate 1,600, folic acid 200, D-biotin 20, vitamin B<sub>12</sub> 2.5, vitamin A400,000 IU, vitamin D3 100,000 IU, vitamin E 7,500 IU, vitamin K 75, finely powdered to make 1,000 g.

<sup>3-6)</sup>See Table 1.

<sup>7-12)</sup>Abbreviations: NC; normal control, Cd-Co; Cd control, Cd-Gt; green tea beverage and Cd intakes, Cd-Ot; oolong tea beverage and Cd intakes, Cd-Bt; black tea beverage and Cd intakes, Cd-Pt; puer tea beverage and Cd intakes.

### 실험동물 사육

(주) 오리엔트로부터 구입한 체중 120 g  $\pm$  15g의 5주령 숫컷 SD계 흰쥐를 각 실험군마다 7마리씩 총 42마리를 실험에 사용하였다. 환경에 적응시키기 위해 일반 배합사료(PMI Nutrition International, Ltd., MO, USA)로 1주일간 예비사육한 후 실험 식이를 급여하였다. 실험 식이와 물은 자유 공급하였다. 모든 실험군의 식이는 1주일에 한 번씩 제조하여 4°C에 냉장보관하면서 매일 신선한 식이를 공급하였다. 사육장은 stainless steel 장을 사용하였고, 노와 변의 채취를 위해 metabolic cage를 사용하였다. 온도 및 습도는 23 $\pm$ 2°C, 60 $\pm$ 5%로 조정하였고 명암은 6:00 AM~6:00 PM으로 명암 사이클을 유지하였다. 동물실험은 국제적으로 인정받고 있는 한국식품의약품(KFDA)의 실험동물 사용과 보호 지침에 준하여 행하였다.

### 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

체중, 식이섭취량은 전 실험기간을 통하여 매일 일정한 시간에 측정하였다. 식이효율(feed efficiency ratio, FER)은 같은 기간 동안의 체중 증가량을 동일 기간의 섭취량으로 나눈 값으로 하였다.

### 분뇨 및 변의 채취

분뇨와 변은 사육 3주부터 채취하였다. 뇨의 경우에는 이물질을 제거하기 위해 7,000 rpm에서 10 min동안 원심분리하여 중량과 부피를 측정된 후 상층액을 냉동 보관하면서 분석 시료로 사용하였고, 분변은 30°C에서 24시간동안 건조한 후 중량을 측정하였으며 냉동 보관하면서 분석시료로 사용하였다.

### 혈청의 분리와 시료의 채취

실험동물을 ether마취 하에서 복부 정중선을 따라 개복한 후 복부대동맥으로부터 혈액을 채취하고 빙냉의 생리식염수로 간을 관류한 다음 장기를 적출하였다. 적출한 장기는 여과지로 가능한 한 물기를 제거하여 중량을 측정하였다. 골 중량은 실험동물의 앞다리와 뒷다리의 비골, 경골 및 대퇴골을 적출하여 110°C의 건조기에서 12시간동안 건조 후 중량 및 길이를 측정하였다. 채취한 혈액은 실온에서 응고시킨 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 혈청을 취해 -70°C의 심온고에 보관하면서 시료로 사용하였다.

### 대퇴골과 분변의 Cd 및 Ca 함량 분석

채취한 쥐의 대퇴골과 분변을 AOAC법(30)에 준하여 건식분해하여 ICP (Optima 2100DV, Perkin Elmer, USA)로 Cd와 Ca함량을 측정하였다.

### 혈청 AST 및 ALT의 측정

혈청 alanine aminotransferase (ALT)와 aspartate aminotransferase (AST)의 활성은 kit 시약(Asan, Asan Co Ltd Korea)과 혈청 자동분석기(Biotron BTR 810 photometer, Biosystems S.A., Barcelona, Spain)를 이용하여 측정하였다.

### 통계처리

관능검사는 관능요원 50의 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 동물실험의 결과는 실험동물 7마리의 평균치와 표준편차로 나타내었으며, 유의성 검증은 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 13.0 SPSS Inc, Chicago, IL, USA) software package program을 이용하여 Duncan's multiple range test와 t-test를 행하였다.

## 결과 및 고찰

### 차 음료의 관능적 품질

말차, 오롱차, 홍차 및 보이차로 제조한 음료에 대한 관능 평가의 결과는 Table 3과 같다. 물에 현탁 혹은 물로 추출한 것에 비하여 색상, 향, 맛 및 종합적인 기호도가 전반적으로 크게 향상되었다. 색상에 대한 기호도는 우롱차 음료와 홍차음료가 4.11~4.38점으로 높았으며, 향에 대한 기호도는

3.55~3.97로 비슷한 값을 보였다. 또 맛에 대한 기호도는 말차, 오롱차 및 홍차음료가 보이차 음료에 비하여 높은 값을 나타내었으며 종합적 기호도는 오롱차 음료가 4.18점, 홍차음료가 4.14점으로 말차음료나 보이차 음료의 3.74~3.88점에 비하여 높았다.

**Table 3. Sensory evaluation of tea beverages**

(scores)					
Tea <sup>1)</sup>	Suspension, extract & beverages <sup>2)</sup>	Color <sup>3)</sup>	Flavor <sup>4)</sup>	Taste <sup>5)</sup>	Overall acceptability <sup>6)</sup>
Gt	Suspension	2.99±0.32 <sup>B,7)</sup>	2.83±0.26 <sup>B</sup>	3.08±0.17 <sup>B</sup>	3.02±0.28 <sup>B</sup>
	Beverage	3.83±0.28 <sup>A</sup>	3.62±0.20 <sup>A</sup>	4.03±0.26 <sup>A</sup>	3.88±0.34 <sup>A</sup>
Ot	Extract	3.07±0.27 <sup>B</sup>	2.87±0.14 <sup>B</sup>	2.90±0.16 <sup>B</sup>	3.10±0.19 <sup>B</sup>
	Beverage	4.38±0.38 <sup>A</sup>	3.94±0.28 <sup>A</sup>	4.23±0.30 <sup>A</sup>	4.18±0.32 <sup>A</sup>
Bt	Extract	2.88±0.25 <sup>B</sup>	3.04±0.19 <sup>B</sup>	3.15±0.22 <sup>B</sup>	3.07±0.29 <sup>B</sup>
	Beverage	4.11±0.40 <sup>A</sup>	3.97±0.28 <sup>A</sup>	4.28±0.36 <sup>A</sup>	4.20±0.43 <sup>A</sup>
Pt	Extract	2.42±0.26 <sup>B</sup>	2.68±0.14 <sup>B</sup>	2.07±0.20 <sup>B</sup>	2.30±0.25 <sup>B</sup>
	Beverage	3.85±0.43 <sup>A</sup>	3.55±0.26 <sup>A</sup>	3.73±0.29 <sup>A</sup>	3.74±0.32 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup>Abbreviations: Gt; powdered green tea, Ot; oolong tea, Bt; black tea, Pt; puer tea.  
<sup>2)</sup>See Table 1.  
<sup>3-6)</sup>Sensory scores were evaluated from very poor(1 point) to very good (5 points).  
<sup>7)</sup>Values are mean±standard deviations of 50 panels, different superscripts within a column (A-B) indicate significant differences at p<0.05.

**체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율**

Cd 투여 흰쥐에 말차, 오롱차, 홍차 및 보이차로 제조한 음료를 15%되게 함유한 실험식이로 5주간 사육한 결과 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 4와 같다. 주당 체중증가량은 정상군(NC)에 비하여 Cd를 투여한 모든 실험군에서 현저하게 감소하였으며 각 차 음료를 급여하여도 Cd에 의한 체중 감소를 회복시키지는 못하였다. 식이 효율(FER)의 경우에도 증체량과 유사한 결과를 나타내었다. 본 실험의 결과는 여타 Cd 투여 실험에서 나타난 체중감소현상과 유사하며(31, 32), 이러한 현상은 Cd이 에너지대사의 방해(33)와 식이섭취량을 감소시킴으로서 나타난 결과로 사료된다(34, 35).

또한, 차의 음용이 비록 Cd에 의한 체중감소를 완전하게 회복시키지는 못하나 Cd의 체외배설을 촉진시킴으로서 독성을 경감시키는 효과가 있다는 보고(21)를 고려할 때 Cd-Gt, Cd-Ot, Cd-Bt 및 Cd-Pt군에서 증체량이 낮은 현상이 Cd의 독성을 해소시키지 못하여 나타난 결과로만 해석할 수 없는 것으로 사료된다.

**Table 4. Dietary effect of tea beverages on the weight gain, feed intake, water intake and FER in Cd administered rat feed for 5 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Weight gain (g/week)	Feed intakes (g/week)	FER <sup>2)</sup>
NC	191.00±20.66 <sup>NS,3)</sup>	427.67±26.63 <sup>A,4)</sup>	47.33±3.65 <sup>A</sup>	187.87± 3.97 <sup>A</sup>	0.25±0.02 <sup>NS</sup>
Cd-Co	171.33±15.37	346.50±36.99 <sup>B</sup>	35.03±4.76 <sup>B</sup>	165.60± 6.07 <sup>B</sup>	0.21±0.02
Cd-Gt	182.00±17.00	354.00±55.45 <sup>AB</sup>	34.40±8.26 <sup>B</sup>	175.77±12.21 <sup>AB</sup>	0.19±0.04
Cd-Ot	198.33± 4.16	374.83±14.49 <sup>B</sup>	35.20±2.07 <sup>B</sup>	170.13± 4.56 <sup>B</sup>	0.21±0.02
Cd-Bt	178.00±33.15	361.33±17.27 <sup>B</sup>	36.67±3.81 <sup>B</sup>	171.87±13.72 <sup>AB</sup>	0.21±0.02
Cd-Pt	188.67± 4.16	364.67±48.84 <sup>AB</sup>	35.20±9.01 <sup>A<sup>B</sup></sup>	169.80±19.87 <sup>AB</sup>	0.21±0.02

<sup>1)</sup>See Table 2.  
<sup>2)</sup>Feed efficiency ratio: weight gain/feed intake.  
<sup>3)</sup>Not significant.  
<sup>4)</sup>Values are mean±SD of 7 rats. Different superscripts within a column (A-B) indicate significant differences (p<0.05).

**노량 및 분변량**

Cd 투여 흰쥐의 노량 및 분변량에 미치는 차 음료의 효과를 조사하기 위하여 차음료를 15% 함유하는 실험식이로 5주간 사육한 결과는 Table 5와 같다. 노량은 NC군, Cd-Co 군 및 모든 차음료 첨가 식이 실험군간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 분변량은 NC군에 비해 모든 Cd 섭취실험군에서 유의하게 감소되었으며, 각 실험군의 분변량은 유의차가 없었다. Cd의 투여가 노량 및 분변량에 미치는 영향에 관한 연구는 확인할 수 없었으나, Cd를 투여함으로써 대사활동이 저하된다는 다수의 연구 보고(31, 33, 34)와 본 실험에서 식이섭취량이 감소한 결과들을 고려해 볼 때, 분변량이 감소한 것은 Cd에 의한 식이섭취량 감소뿐만 아니라 대사활동 저하에 따라 나타난 것으로 사료되며 차 음료를 섭취함으로써 이러한 분변량의 감소가 다소 개선되는 것으로 생각된다.

**Table 5. Dietary effect of tea beverages on the amounts of urine and feces excretion in Cd administered rat feed for 5 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Urine (mL/day)	Feces (g/day)
NC	18.73±2.47 <sup>NS,2)</sup>	0.90±0.06 <sup>A,3)</sup>
Cd-Co	17.72±2.05	0.73±0.07 <sup>B</sup>
CD-Gt	17.88±2.00	0.74±0.03 <sup>B</sup>
CD-Ot	17.50±2.06	0.75±0.06 <sup>B</sup>
CD-Bt	17.53±1.82	0.78±0.05 <sup>B</sup>
CD-Pt	17.06±2.17	0.76±0.05 <sup>B</sup>

<sup>1)</sup>See Table 2.  
<sup>2)</sup>Not significant.  
<sup>3)</sup>Values are mean±SD of 7 rats. Different superscripts within a column (A-B) indicate significant differences (p<0.05).

**장기중량**

실험식으로 5주간 사육한 Cd 투여 흰쥐의 간과 신장의 중량을 측정된 결과는 Table 6과 같다. Cd-Co군의 체중당 간 중량(%)은 NC군에 비해 약 17%가 감소되었다. 차 음료를 식이한 Cd-Gt, Cd-Ot, Cd-Bt 및 Cd-Pt군의 체중당 간 및 신장의 중량은 유의적인 차이는 없었으나 Cd-Co군과는 차 음료를 식이한 모든 군에서 5% 수준에서 유의적인 차이를 나타내었다.

Kim 등(26)은 간과 신장이 체내 Cd의 주 해독기관으로 섭취한 Cd의 50~80%가 여기에 분포한다고 하였으며, Han 등(27)은 Cd에 의해 간 및 신장조직의 손상이 일어나게 되면 체중감소를 유발하고 이에 따라 간 및 신장의 중량감소를 동반한다고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 그러나, Choi 등(36)은 50 ppm의 Cd을 흰쥐에 공급한 경우 간과 신장의 기관비대현상으로 장기 중량이 증가된다고 하여 본 연구와 반대의 결과를 나타내었다. 따라서 Cd으로 중독시킨 흰쥐에 차 음료를 섭취시킴으로서 간과 신장의 중량이 다소 개선되는 현상은 차 음료가 Cd의 독성을 어느 정도 해독시키는 작용을 하는 것으로 사료된다.

**Table 6. Dietary effect of tea beverages on the organ weight in Cd administered rat feed for 5 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Liver weight (g/rat)	Liver weight/body weight (%)	Kidney weight (g/rat)	Kidney weight/body weight (%)
NC	14.60±2.48 <sup>A,2)</sup>	3.41±0.28 <sup>A</sup>	2.99±0.38 <sup>A</sup>	0.70±0.06 <sup>A</sup>
Cd-Co	9.47±0.49 <sup>C</sup>	2.73±0.25 <sup>B</sup>	2.04±0.25 <sup>B</sup>	0.50±0.03 <sup>B</sup>
CD-Gt	11.48±0.63 <sup>B</sup>	3.24±0.21 <sup>A</sup>	2.53±0.13 <sup>A</sup>	0.71±0.11 <sup>A</sup>
CD-Ot	12.87±2.16 <sup>AB</sup>	3.43±0.39 <sup>A</sup>	2.98±0.35 <sup>A</sup>	0.80±0.11 <sup>A</sup>
CD-Bt	11.73±1.15 <sup>AB</sup>	3.25±0.20 <sup>A</sup>	2.53±0.26 <sup>A</sup>	0.70±0.07 <sup>A</sup>
CD-Pt	12.17±1.24 <sup>AB</sup>	3.34±0.10 <sup>A</sup>	2.52±0.18 <sup>A</sup>	0.69±0.10 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup>See Table 2.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD of 7 rats. Different superscripts within a column(A-C) indicate significant differences(p<0.05).

**혈청 ALT 및 AST의 활성**

혈청 ALT 및 AST 활성에 미치는 차 음료의 효과를 조사한 결과는 Table 7과 같다. 혈청 ALT 활성은 Cd-Co군이 NC군에 비해 약 49% 증가하였으며 각 실험군에서는 NC군에는 미치지 못하는 못하지만 Cd-Co군에 비해 5%수준에서 유의적으로 감소되었다. 그리고 Cd-Co군의 AST 활성은 NC군과 비교하였을 때 약 14% 증가하였으며, 각 실험군(Cd-Gt, Cd-Ot, Cd-Bt 및 Cd-Pt군)에서는 NC군과 유의적인 차이는 인정되지 않았지만 그 값이 감소되었다. 그러나 각 차 음료 간에는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.

혈청 AST는 심장, 간, 골격, 신장, 췌장질환이 있을 경우에 증가하며, ALT는 간 특이성으로 만성감염, 급성감염,

지방간, 알코올성 간염 및 간암이 발생할 경우에 증가함으로서 간 및 신장의 손상을 나타나는 지표로서 사용된다(38, 39). Cd에 중독될 경우 간 및 신장에 주로 축적되어 조직을 손상시킴으로서 혈청 AST 및 ALT 활성이 높아지는 것으로 알려져 있다(19, 38, 40). 한편, 차는 Cd의 중독으로 인하여 간 및 신장의 손상으로 증가된 혈청 AST 및 ALT 활성을 감소시키는 작용(40)이 있는 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서 차 음료를 섭취한 경우도 동일한 효과가 나타나는 것으로 보아 Cd에 의한 간 및 신장의 손상을 경감시켜 나타난 결과로 생각된다. 그러나 차 음료의 종류에 따른 뚜렷한 차이는 나타내 보이지 않았다.

**Table 7. Dietary effect of tea beverages on serum AST and ALT activity in Cd administered rat feed for 5 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	(Karmen units/L)	
	AST	ALT
NC	151.97±7.48 <sup>B,2)</sup>	40.14±3.72 <sup>B</sup>
Cd-Co	177.47±9.25 <sup>A</sup>	59.68±4.61 <sup>A</sup>
Cd-Gt	156.93±8.33 <sup>B</sup>	45.42±3.40 <sup>B</sup>
Cd-Ot	148.70±7.23 <sup>B</sup>	45.72±3.30 <sup>B</sup>
Cd-Bt	159.43±8.16 <sup>B</sup>	43.14±3.52 <sup>B</sup>
Cd-Pt	161.87±8.89 <sup>AB</sup>	45.72±3.14 <sup>B</sup>

<sup>1)</sup>See Table 2.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD of 7 rats. Different superscripts within a column (A-B) indicate significant differences(p<0.05).

**경골과 대퇴골의 길이 및 중량**

Cd 투여 흰쥐의 경골과 대퇴골의 길이 및 중량에 미치는 5주간의 실험식이 결과는 Table 8과 같다. Cd-Co군과 NC군의 경골길이는 유의적인 차이가 없었으며 각 실험군과도 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 경골의 중량은 Cd-Co군이 NC군에 비해 약 14% 감소하였으며 차 음료를 섭취한 실험군들에서는 Cd-Co군과 유의적인 차이는 없으나 NC군과도 차이를 보이지 않아 Cd의 섭취로 감소된 중량이 개선되는 경향을 나타내었다. Cd 대조군인 Cd-Co군은 대퇴골의 중량에서는 정상군 및 차 음료 섭취군과 대등한 값을 보였으나 대퇴골의 길이에서 유의적으로 짧았다. 그러나 차 음료 섭취 실험군은 NC군과 유의차를 보이지 않을 정도로 개선되었다.

Choi 등(37)은 Cd이 체내에 일정량 이상으로 축적되면 간접적으로는 장내에서 Ca을 효과적으로 흡수하지 못하여 신장에서 재흡수 되어 노를 통해 배출된다고 하였다. Cd은 골수(bone marrow cell)에 작용하여 파골세포(osteoclast)의 분화를 유도하며, Ca 대신에 Cd이 뼈에 축적된다고 하였다. 또한 Kim 등(21)은 차의 섭취로 뼈에 축적된 Cd을 체외로 배설시킴으로서 Cd의 독성을 경감시킨다고 보고하고 있어 본 실험의 결과도 차 음료에 의한 Cd의 체외 배설이

측진됨으로써 나타난 결과로 사료된다. 그러나 차 음료의 종류에 따른 효과는 없었다.

**Table 8. Dietary effect of tea beverages on the bone and length and weight in Cd administered rat feed for 5 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Tibia		Femur	
	Length (mm)	Weight (g)	Length (mm)	Weight (g)
NC	4.00±0.10 <sup>A,2)</sup>	0.43±0.03 <sup>A</sup>	3.83±0.25 <sup>A</sup>	0.56±0.07 <sup>A</sup>
Cd-Co	3.87±0.06 <sup>AB</sup>	0.37±0.02 <sup>B</sup>	3.17±0.32 <sup>B</sup>	0.45±0.02 <sup>B</sup>
Cd-Gt	3.87±0.06 <sup>AB</sup>	0.39±0.03 <sup>AB</sup>	3.70±0.26 <sup>B</sup>	0.50±0.05 <sup>AB</sup>
Cd-Ot	3.93±0.06 <sup>AB</sup>	0.40±0.03 <sup>AB</sup>	3.90±0.10 <sup>A</sup>	0.52±0.06 <sup>AB</sup>
Cd-Bt	3.83±0.06 <sup>B</sup>	0.39±0.02 <sup>AB</sup>	3.77±0.12 <sup>A</sup>	0.51±0.04 <sup>AB</sup>
Cd-Pt	3.87±0.12 <sup>AB</sup>	0.38±0.02 <sup>AB</sup>	3.80±0.17 <sup>A</sup>	0.48±0.02 <sup>AB</sup>

<sup>1)</sup>See Table 2.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD of 7 rats. Different superscripts within a column (A-B) indicate significant differences (p<0.05).

**대퇴골의 회분, Cd 및 Ca 함량**

대퇴골의 회분, Cd 및 Ca 함량에 미치는 차 음료의 식이 효과를 조사한 결과는 Table 9와 같다. 대퇴골의 회분함량은 Cd-Co군에서 40.72%, 차음료 섭취 실험군에서는 35.31~37.02%, NC군에서 33.61%로 차음료 섭취 실험군이 Cd-Co군 보다 낮았으며 정상군과 비슷하게 회복되었다. Cd의 함량은 NC군에서는 0.08 ppm이었으나 Cd-Co군은 123.28 ppm, 실험식이군에서는 23.07~28.82 ppm으로 차음료의 섭취로 대퇴골에 축적된 Cd의 함량이 크게 감소되었다. Ca의 함량은 NC군에서 6700 ppm, Cd-Co군에서 3760 ppm, 실험식이군에서 4040~5420 ppm으로 Cd에 의하여 감소되는 양을 다소 개선시키는 효과가 나타났다.

Cd은 소화관에서 Ca의 흡수를 저해하며, 체내에서 Ca 대신에 Cd이 유입됨으로써 뼈에 Cd 함량은 높아지고 Ca 함량은 감소된다 하였다(37). 또한, 차는 축적된 Cd을 체외

**Table 9. Dietary effect of tea beverages on the Cd and Ca contents of femur in Cd administered rat feed for 5 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	(dry weight basis)		
	Crude ash (%)	Cd (ppm)	Ca (ppm)
NC	33.61±0.57 <sup>C,2)</sup>	0.08± 0.01 <sup>C</sup>	6700±830 <sup>A</sup>
Cd-Co	40.72±0.64 <sup>A</sup>	123.28±13.96 <sup>A</sup>	3760±470 <sup>B</sup>
Cd-Gt	37.02±1.02 <sup>B</sup>	28.82± 4.32 <sup>B</sup>	4040±490 <sup>B</sup>
Cd-Ot	35.31±1.67 <sup>BC</sup>	23.07± 2.09 <sup>B</sup>	5420±760 <sup>A<sup>B</sup></sup>
Cd-Bt	35.62±1.13 <sup>B</sup>	25.09± 3.26 <sup>B</sup>	4140±550 <sup>B</sup>
Cd-Pt	36.01±1.08 <sup>B</sup>	24.40± 2.76 <sup>B</sup>	4550±600 <sup>B</sup>

<sup>1)</sup>See Table 2.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD of 7 rats. Different superscripts within a column (A-C) indicate significant differences (p<0.05).

로 배출시킴으로서 뼈의 Cd 함량을 감소시킨다(21). 본 연구에서도 차 음료가 Cd의 대퇴골 축적을 저해함으로써 Ca 함량을 증가시킨 것으로 사료된다.

**분변의 회분, Cd 및 Ca 함량**

분변의 회분, Cd 및 Ca 배설량을 조사한 결과는 Table 10과 같다. 분변의 회분함량은 평균값으로는 홍차음료군 (Cd-Bt)이 14.80%로 가장 높았으며, 기타 음료군은 13.28~13.46%, Cd-Co군은 12.75%, NC군은 13.07%로 차 음료급여 실험군이 Cd-Co군보다 높았다.

분변의 Cd 함량은 NC군 0.12 ppm, Cd-Co군 2.06 ppm, 실험식이군 4.38~5.35 ppm으로 실험식이군이 Cd-Co군에 비하여 현저하게 높았다. 이와 대조적으로 분변의 Ca 함량은 NC군 146.24 ppm, Cd-Co군 276.08 ppm, 실험식이군 174.81~197.47 ppm으로 실험식이군이 Cd-Co군에 비하여 Ca의 배설량이 현저하게 낮았다.

체내에 축적된 Cd은 이와 친화력이 강한 flavonoid 등과 같은 물질과 결합하여 분변을 통해 배설된다(41)고 하였으며, Kim 등(21)도 차에 존재하는 flavonoid의 일종인 catechin이 Cd과 착화합물을 형성하여 분변으로 배설된다고 하였다. 그러므로 차음료 첨가 실험식이군의 분변에서 회분량이 높고, 배설되는 Cd의 양이 많으며 Ca의 배설량이 적은 현상은 Kim 등(21)과 Kim 등(41)의 결과와 일치하는 결과이다. 그러나 차 음료의 종류별에 따른 Cd의 배설량은 우롱차, 홍차 및 보이차가 말차에 비하여 우수한 것으로 나타났으나 Ca 배설량은 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.

**Table 10. Dietary effect of tea beverage on the Cd and Ca contents of feces in Cd administered rat feed for 5 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	(dry weight basis)		
	Crude ash (%)	Cd (ppm)	Ca (ppm)
NC	13.07±0.52 <sup>B,2)</sup>	0.02±0.12 <sup>D</sup>	146.24±19.69 <sup>C</sup>
Cd-Co	12.75±0.38 <sup>B</sup>	2.06±0.30 <sup>C</sup>	276.08±31.39 <sup>A</sup>
Cd-Gt	13.35±0.27 <sup>B</sup>	4.38±0.52 <sup>B</sup>	197.47±13.31 <sup>B</sup>
Cd-Ot	13.28±0.27 <sup>B</sup>	5.45±0.27 <sup>A</sup>	174.81±11.38 <sup>BC</sup>
Cd-Bt	14.80±0.59 <sup>A</sup>	5.35±0.29 <sup>A</sup>	182.37±14.04 <sup>B</sup>
Cd-Pt	13.46±0.42 <sup>B</sup>	5.40±0.40 <sup>A</sup>	178.96±13.34 <sup>BC</sup>

<sup>1)</sup>See Table 2.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD of 7 rats. Different superscripts within a column indicate (A-B) significant differences (p<0.05).

**요 약**

말차, 우롱차, 홍차 및 보이차로 제조한 음료가 Cd에 중독된 SD계 흰쥐의 해독에 미치는 영향을 조사하였다. 관능검

사 결과 일반 물 추출물에 비하여 색상, 향, 맛에 대한 기호도가 현저하게 향상되었으며, 종합적 기호도는 오롱차 음료가 4.18점, 홍차음료가 4.14점으로 말차음료나 보이차음료의 3.74~3.88점에 비하여 높았다. SD계 환취를 정상군(NC), Cd 대조군(Cd-Co), Cd투여 말차음료 15% 급여군(Cd-Gt), Cd투여 오롱차음료 15% 급여군(Cd-Ot), Cd투여 홍차음료 15% 급여군(Cd-Bt) 및 Cd투여 보이차음료 15% 급여군 식이군(Cd-Pt)의 6군으로 구분하여 5주간 사육하였다. 차 음료 식이군의 체중증가량은 NC군에 미치지지는 못하였으나 Cd에 의하여 감소된 현상을 상당히 개선하였다. 식이효율, 뇨량 및 분변량은 각 실험군간의 유의적인 차이가 없었다. Cd의 투여는 간과 신장의 중량, 경골의 중량 및 대퇴골의 길이를 감소시켰으나 차 음료의 섭취로 다소 개선되었다. 혈청 AST 및 ALT 활성은 모두 Cd 투여군에서 현저하게 증가하는 경향을 보였으나 차 음료 급여군에서는 5%수준에서 유의적으로 감소되었다. 대퇴골의 조회분 함량은 Cd-Co군에서 40.72%, Cd 투여-차 음료 급여군에서는 35.31~37.02%로 차음료의 급여에 의하여 5%수준에서 유의적으로 감소하였다. 대퇴골의 조회분 함량은 Cd-Co군에서 40.72%, Cd 투여-차 음료 급여군에서는 35.31~37.02%로 차음료의 급여에 의하여 유의적으로 감소하였다. 대퇴골의 Cd함량은 NC군에서는 0.08 ppm이었으나 Cd-Co군은 123.28 ppm, 실험식이군에서는 23.07~28.82 ppm으로 차음료의 급여로 현저하게 감소하였으며, Ca 함량은 NC군에서 6700 ppm, Cd-Co군에서 3760 ppm, 실험식이군에서는 4040~5420 ppm이었다. 분변의 회분함량은 Cd-Bt군이 14.80%로 높았으나 기타 음료군은 Cd-Co군과의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 분변의 Cd 함량은 NC군 0.02 ppm, Cd-Co군 2.06 ppm, 실험식이군 4.38~5.35 ppm으로 차음료 급여군에서 높았으며, 이와 대조적으로 Ca함량은 차음료 급여군에서 낮았다. 이상의 실험결과, 말차, 오롱차, 홍차 및 보이차로 제조한 음료는 상호간의 뚜렷한 차이는 없으나 모두 섭취한 Cd를 체외로 배설시킴으로써 Cd에 의한 장기 손상을 경감시켜 줄 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. 布目潮編 (昭和 62) 中國茶書全集, 上卷, 汲古書院 東京, p. 97
2. Trevisanato, S.I. and Kim, Y.I. (2000) Tea and health. *Nutr. Rev.*, 58, 1-10
3. Shin, M.K. (1994) Green tea science. *Korean J. Dietary Culture*, 9, 433-445
4. Choi, O.J. and Choi, K.H. (2003) The physicochemical properties of Korean wild teas (green tea, semi fermented tea, and black tea) according to degree of fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32, 356-362
5. Chen, Z.Y., Zhu, Q.Y., Wong, F.Y., Zhang, Z. and Chung, H.Y. (1998) Stabilizing effect of ascorbic acid on green tea catechins. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 2512-2516
6. Nagai, K., Jiang, M.H., Hada, J., Nagata, T., Yajima, Y., Yamamoto, S. and Nishizaki, T. (2002) (-)-Epigallocatechin gallate protects against NO stress-induced neuronal damage after ischemia by acting as an anti-oxidant. *Brain Res.*, 956, 319-322
7. Chung, F.L., Schwaetz, J., Herzog, C.R. and Yang, Y.M. (2003) Tea and cancer prevention: Studies in animals and humans. *J. Nutr.*, 133, 3268S-3274S
8. Skrzydlewska, E., Augustyniak, A., Michalak, K. and Farbiszewski, R. (2005) Green tea supplementation in rats of different ages mitigates ethanol-induced changes in brain antioxidant abilities. *Alcohol*, 37, 89-98
9. Hodgson, J.M., Puddey, I.B., Burk, V., Belin, L.J. and Jordan, N. (1999) Effects on blood pressure of drinking green and black tea. *J. Hypertension*, 17, 457-463
10. Abe, K., Suzuki, T., Ijiri, M., Koyama, Y., Isemura, M. and Kinoshita, N. (2007) The anti-fibrotic effect of green tea with a high catechin content in the galactosamine-injured rat liver. *Biomed. Res.*, 28, 43-48
11. Won, S.M., Park, Y.H., Kim, H.J., Park, K.M. and Lee, W.J. (2006) Catechins inhibits angiotensin II-induced cascular smooth muscle cell proliferation via mitogen-activated protein kinase pathway. *Exp. Mol. Med.*, 38, 525-534
12. Yeh, C.W., Chen, W.J., Chiang, C.T., Lin-Shiau, S.Y. and Lin, J.K. (2003) Suppression of fatty acid synthase in MCF-7 breast cancer cells by tea and tea polyphenols: A possible mechanism for their hypolipidemic effects. *Pharmacogenomics*, 4, 267-276
13. Chang, L.K., Wei, T.T., Chiu, Y.F., Tung, C.P., Chuang, Y.J., Huang, S.K., Li, C. and Liu, S.T. (2003) Inhibition of Epstein-Barr virus lytic cycle by (-)-epigallocatechin gallate. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 301, 1062-1068
14. Wolfram, S., Wang, Y. and Thielecke, F. (2006) Anti-obesity effects of green tea: from beside to bench. *Mol. Nutr. Food Res.*, 50, 176-187
15. Song, E.K., Hur, H. and Han, M.K. (2003) Epigallocatechin gallate prevents autoimmune diabetes induced by multiple low doses of streptozotocin in mice. *Arch. Pharm. Res.*, 26, 559-563
16. Hodgson, J.M., Puddey, I.B., Burke, V., Beilin, L.J., Mori, T.A. and Chan, S.Y. (2002) Acute effects of ingestion of black tea on postprandial platelet aggregation in human subjects. *Br. J. Nutr.*, 87, 141-145

17. Feng, Q., Torii, Y., Uchida, K., Nakamura, Y., Hara, Y. and Osawa, T. (2002) Black tea polyphenols, theaflavins, prevent cellular DNA damage by inhibiting oxidative stress and suppressing cytochrome p450 1A1 in cell cultures. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 213-220
18. Sarkar, S., Sett, P., Chowdhury, T. and Ganguly, D.K. (2000) Effect of black tea on teeth. *J. Indian Soc. Pedod. Prev. Dent.*, 18, 139-140
19. Kim, M.J., Hong, J.H. and Rhee, S.J. (2003) Effect of vitamin E on cadmium accumulation and excretion in chronic cadmium poisoned rats. *Korean J. Nutr.*, 36, 691-698
20. Song, I., Choi, I.S., Yoon, H.K., Koo, S.J. (2005) The effect of *Camellia sinensis* Linne on alcohol concentration and hangover in normal healthy students. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 21, 591-598
21. Kim, M.J. and Rhee, S.J. (1994) Effect of Korean green tea, oolong tea and black tea beverage on the removal of cadmium in rat. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 23, 784-791
22. Itokawa, Y., Abe, T., Tabei, R. and Tanaka, S. (1974) Renal and skeletal lesions in experimental cadmium poisoning: histological and biochemical approaches. *Arch. Environ. Health*, 28, 149-154
23. Bains, R.J., Pond, W.J., Wallker, E.F. and O'Goner, J.R. (1969) Dietary cadmium iron and zinc interaction in the growing rat. *Proc. Exp. Biol. Med.*, 130, 802-830
24. Perry, H.M., Erlanger, M., Yuince, S.E. and Perry, E.F. (1970) Hypertension and tissue metal levels following intravenous cadmium, mercury and zinc. *Am. J. Physiol.*, 210, 755-761
25. Neathery, M.W. and Miller, W.J. (1975) Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals. *J. Dairy Sci.*, 58, 1767-1781
26. Kim, M.J., Hong, J.H. and Rhee, S.J. (2003) Effect of vitamin E on cadmium accumulation and excretion in chronic cadmium poisoned rats. *Korean J. Nutr.*, 36, 691-698
27. Han, S.H., Shin, M.K. and Chung, Y.H. (2002) Effects of the Omija (*Schizandra chinensis* Baillon) extract on the metabolism and renal cadmium contents in cadmium administered rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 31, 1102-1106
28. Kim, M.J. and Rhee, S.J. (1994) Effects of Korean green tea, oolong and black tea beverage on the removal of cadmium in rat. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 23, 784-791
29. Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (1987) *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA. p. 39-112
30. A.O.A.C. (1990) *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, p. 237
31. Han, S.H., Shin, M.K. and Chung, Y.H. (2002) Effects of the Omija (*Schizandra chinensis* Baillon) extracts on the metabolism and renal cadmium contents in cadmium administered rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 31, 1102-1106
32. Jin, H.H., Yang, J.L., Chung, J.H. and Kim, Y.H. (2004) Hypocholesterolemic effects of green tea in cholesterol fed rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 33, 47-51
33. Bradley, L.B., Jacob, M., Jacobs, E.E. and Sanadi, D.R. (1956) Uncoupling of oxidative phosphorylation by cadmium ion. *J. Biol. Chem.*, 223, 147-156
34. Cousins, R.J., Barber, A.K. and Trout, J.R. (1973) Cadmium toxicity in growing swine. *J. Nutr.*, 96, 103-110
35. Torrason, M. and Foulkes, E.C. (1984) Interaction between calcium and cadmium in the 1,25-dihydroxy vitamin D3 stimulated rat duodenum. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 75, 98-104
36. Choi, S.I., Lee, J.H. and Lee, S.R. (1994) Effect of green tea beverage for the removal of cadmium and lead by animal experiments. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26, 745-749
37. Choi, S.J. and Kim, M.K. (2003) Effect of grape intake on cadmium metabolism of rats during aging. *Korean J. Nutr.*, 36, 997~1012
38. Lee, S.K., Yoo, Y.C., Yang, J.Y., In, S.W. and Chung, K.H. (1999) Concentration of survey heavy metals in normal Korean tissues. *Kor. J. Env. Hlth. Soc.*, 25, 7-14
39. Han, J.H., Lee, W.J., Jo, S.G., Lee, M.J., Jeong, M.R., Chon, J.W., Kim, U.Y. and Park, S.H. (2003) Nutritional characteristics and damage mitigation effects on heavy-metals exposure of peking-duck by-product extracts added with medicinal herbs: (II) Damage mitigation effects on heavy-metals exposure of peking-duck by-product extracts. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, 13, 293-304
40. Yoon, Y.H. and Rhee, S.J. (1994) Effects of Korean green tea, oolong tea and black tea beverage on the antioxidative detoxification in rat poisoned with cadmium. *Korean J. Nutr.*, 27, 1007-1017
41. Kim, H.J., Bae, K.H., Lee, H.J., Eun, J.B. and Kim, M.K. (1999) Effect of hesperidin extracted from tangerine peel on Cd and lipid metabolism, and antioxidative capacity in rats. *Korean J. Food Nutr.*, 32, 137-149

---

(접수 2007년 10월 2일, 채택 2007년 12월 28일)