

## 결명자 첨가식이가 흰쥐의 체내 카드뮴 축적에 미치는 영향

김성조 · 백승화<sup>1\*</sup> · 허종욱 · 김운성<sup>2</sup> · 이주돈<sup>2</sup> · 강경원<sup>3</sup> · 박성혜<sup>4</sup> · 한종현<sup>4</sup> · 정성윤 · 이승현

원광대학교 생명자원과학대학, 충북과학대학 식품생명과학과<sup>1</sup>, 한국보건산업진흥원<sup>2</sup>,  
한국식품연구소<sup>3</sup>, 원광대학교 한의학전문대학원 한약자원개발학과<sup>4</sup>

### Effect of *Cassia tora* L. Powder Added-Diets on the Accumulation of Cadmium in Rat

Kim Seong Jo, Baek Seung Hwa<sup>1\*</sup>, Heo Jong Wook, Kim Un Seong<sup>2</sup>, Lee Joo Don<sup>2</sup>, Kang Gyeong Won<sup>3</sup>,  
Park Seong Hye<sup>4</sup>, Han Jeong Hyon<sup>4</sup>, Jeong Seong Yun, Lee Seung Hyun

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

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University of Science and Technology,

Okchon Chungbuk, 373-800, Korea,

<sup>2</sup>Korea Health Industry Development Institute, Seoul, 156-050, Korea,

<sup>3</sup>Korea Advanced Food Research Institute, Seoul, 137-060, Korea,

<sup>4</sup>Dept. of Herbal Resources, Professional Graduate School of Oriental Medicine,

Wonkwang University, Iksan Chonbuk, 570-749, Korea

#### Abstract

The purpose of this study is to investigate the effect of raw *Cassia tora* L. powder added-diets on reducing cadmium accumulation in rats. The experimental animals were Sprague-Dawley family(♂, 4 weeks) which was classified into normal group CN, compared group CS, Cd-added group C1 and groups C2, C3, C4 in which 0.5, 1.0 and 1.5% of the *Cassia tora* L. powder are added, respectively. The growth rate and food efficiency ratio, and the amounts of accumulated cadmium in rats for 8 weeks were measured and analyzed.

The results are as follows;

1. The rates of weight gain decreased in the order of C3>C2>C4>Cn>Cs>C1 groups, and C1 group to which only cadmium water had been fed was the lowest among them. The correlation between groups C1 and C3 was significantly different at the 1% level.
2. Food efficiency ratio(FER) decreased in the order of C3>C2>Cs>Cn>C4>C1, and the FERs of C3, C2, CS, CN and C4 are greater than that of C1 by 22.87, 19.89, 18.54, 14.20 and 13.17%, respectively.
3. As for the *Cassia tora* L. powder-added groups, the amounts of cadmium accumulated in organs and tissues,

---

\*본 연구 논문은 2000년도 원광대학교 교내연구비 지원에 의하여 이루어졌기에 감사를 표합니다.

that is, the brain, heart, spleen, liver, lungs, testicles, kidney, femoral muscle and leg bones were  $0.45 \pm 0.04$  to  $0.83 \pm 0.04$ ,  $1.68 \pm 0.02$  to  $2.16 \pm 0.02$ ,  $3.26 \pm 0.05$  to  $4.62 \pm 0.27$ ,  $37.82 \pm 0.09$  to  $47.71 \pm 0.73$ ,  $1.07 \pm 0.10$  to  $1.66 \pm 0.04$ ,  $1.04 \pm 0.06$  to  $1.24 \pm 0.08$ ,  $36.79 \pm 0.20$  to  $39.61 \pm 0.53$ ,  $0.87 \pm 0.02$  to  $1.00 \pm 0.02$  and  $0.65 \pm 0.17$  to  $1.27 \pm 0.06$   $\mu\text{g/g}$ , respectively.

4. The accumulated Cd content for C4 was the lowest among *Cassia tora* L. powder-added groups. When the results for C4 are compared with those for C1, it is observed that each cadmium content accumulated in the brain, heart, spleen, liver, lungs, testicles, kidney, femoral muscle and leg bones is dropped by 49.03, 22.56, 36.02, 35.75, 41.75, 36.20, 37.00, 22.77 and 56.67 %, respectively. On the other hand, the accumulated Cd content increased in the order of brain <leg bones <femoral muscle <testicles <lungs <heart <spleen <kidney <liver.
5. The average Cd accumulation rate in organs and tissues relative to the total Cd intake was 7.14% for C1, while they are 4.91, 4.81 and 4.50% for *Cassia tora* L. powder-added groups C2, C3 and C4, respectively.
6. The Cd content accumulated in the hair for C1 was the highest, and those for *Cassia tora* L. powder-added groups gradually increased until 6 weeks and decreased after that. 7. The Cd content accumulated in the feces for C4 was the highest, and those for the groups other than C3 and C4 gradually decreased until 6 weeks and increased after that.

Key words : *Cassia tora* L., cadmium accumulation, organs, tissues.

## I. 서 론

카드뮴의 독성은 생체 내의 총 잔류량과 깊은 관계가 있으며, 역치(threshold)를 넘을 때에 발생하는데 그 증상은 소화기관 장애, 호흡곤란을 수반하는 폐수종, 화학성 폐렴, 냄새를 제대로 맡을 수 없고, 코 점막에 궤양, 치아의 황변 현상, 근위세뇨관 장애, 칼슘의 흡수저해, 비타민 D의 활성화 저해, 저혈색소성 빈혈, 정소의 괴사, 마우스에서 최기형성, 뼈에 병변(골연화증, 골다공증, 특발성 골절), 육종, 전립선암, 환경호르몬의 유기 등이 알려져 있다<sup>1)</sup>. 생체에서 Cd의 대표적인 축적장기는 신장, 폐 및 간장이며, Cd의 배출 경로는 분변 및 신장기능장애가 생기면 뇨 중으로의 배출량이 급격히 증가하는 것으로 알려져 있으며 이외에도 체모, 타액, 유즙 등으로 배출된다<sup>1)</sup>.

카드뮴의 천연부존량은 광산촌 지역을 제외하고는 낮은 농도로 분포되어 있으며, 비오염지역의 자연수에는 1ppb 이하이나 미국의 경우 도시 하수에는 1ppm까지 오염되어 있다고 한다<sup>1)</sup>. 카드뮴은 생체내에 유입되면 쉽게 배설되지 않고 축적되며 생물학적 반감기가 30년 이상인 것으로 알려진 독작용이 강한 중금속이다. 경구로 섭취된 경우 소화과정에서 섭취된 카드뮴 양의 약 5% 정도가 흡수되고, 미립자(분

진 또는 증기)를 흡입하였을 경우 폐에 침착하는 정도는 입자의 크기에 따라 다르나 약 10~40% 수준인 것으로 알려져 있다. 예를 들면 담배 한 개피 중에는 1~2 $\mu\text{g}$ 의 카드뮴이 함유되어 있고 그 중 10~20%가 흡연에 의해 축적되어진다<sup>1)</sup>.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives는 성인의 경우 식품의 형태로 섭취 가능한 카드뮴의 허용 범위를 1인당 57~71  $\mu\text{g/day}$ 로 설정하였다<sup>2)</sup>. 우리나라에서는 전국적인 카드뮴의 식이 섭취량에 대한 보고가 아직 없으나 지역별 카드뮴의 섭취실태 조사<sup>3~5)</sup>에 의하면 1인당 평균 55~84  $\mu\text{g/day}$ 로 보고되고 있다. 미국, 유럽, 뉴질랜드, 일본 등에서의 조사 보고에 따르면 카드뮴의 식이 섭취량은 1인당 평균 25~75  $\mu\text{g/day}$ 로 추정되고 있는데 이는 주로 야채류, 감자, 곡류의 섭취에서 비롯된다고 한다<sup>6)</sup>.

식용 또는 약용으로 이용한 결명자는 신진대사와 혈액순환을 왕성하게 할 뿐 만 아니라 간 질환에 의해 올랐던 간열을 내리게 하는 해열작용(淸肝)과 눈을 밝게 하며, 고혈압, 간 경변으로 인한 복수, 간염에 효과가 있으며, 이수(利水)하고 통변(通便)하는 효능<sup>7)</sup>이 있다고 하였다. 이는 결명자에 anthraquinone 배당체류, free anthraquinone 유도체류, naphthaline 유도체류, anthrone 유도체류, flavone, D-mannose, vitamin 등이 보고되어 있다<sup>8,9)</sup>.

한편 결명자에 대한 국내 연구 동향은 인스턴트 차 제조<sup>10)</sup>, 간장 질환의 개선 효과<sup>11)</sup>, brassinosteroid 활성물질<sup>12)</sup>, 균체증식에 미치는 영향<sup>13)</sup>, 아질산염 소거작용<sup>14,15)</sup>, 볶음조건에 따른 향기 성분 변화<sup>16)</sup>, 항당뇨 효과<sup>17)</sup>, 임 등<sup>18)</sup>의 결명자의 수용성 추출물의 타감성 지해 작용에 대한 생·이화학적 기작에 대한 연구, 관능적 품질특성<sup>19)</sup>, 산화적 스트레스 억제 효과 및 항염색체 손상 효과 등이 보고되어 있다<sup>20)</sup>.

따라서 결명자에는 금속 이온들과 쉽게 결합 가능한 구조를 가지는 chrysophanol, emodin, aloe-emodin, physcion, rhein, obtusifolin, aurantio-obtusin, chryso-obtusin, torosachryson, gluco-obtusin, glucoaurantio-obtusin, glucochryso-obtusin, rubrofusarin, cassiaside, questin, toralactone 등이 함유<sup>9)</sup>되어 있음에도 불구하고 중금속 독성 완화를 위한 연구가 이루어지지 않은 점에 착안하여 Cd 축적 방지를 위하여 결명자의 이용 가능성을 구명하고자 Cd를 음용수에 혼합하고, 사료에 날 결명자를 0.5, 1.0, 1.5% 수준으로 섞어 흰 쥐가 자유롭게 섭취케 하여 성장 특성 및 조직에 축적된 Cd 함량 변화를 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 사료

생후 4주된 Sprague-Dawley계(♂) 흰쥐 30마리(다물사이언스, 평균체중 110g분양)를 1주간 고품사료(삼양 Co.)로 적응시킨 뒤 체중(군별 평균체중 :  $122.0 \pm 6.701g$ )에 의해 Table 1에서와 같이 5마리씩 6군으로 나누었다. 사료(삼양 Co.)에 첨가할 결명자(*Cassia tora* L., 1999년 무주지역에서 재배 수확)를 시중에서 구입하여, 결명자를 분쇄하여 분말로 사료에 첨가하여 균일하게 섞었다.

### 2. 카드뮴 용액(음용수)

카드뮴[ $Cd(NO_3)_2$ 로 Sigma Co.] 용액은 카드뮴 함량이 100mg/L 되도록 증류수에 녹여 사용하였으며, 사용된 모든 기구는 오염을 방지하기 위하여 10mM EDTA(Ethylene Diamine Tetra Acetic acid)용액으로 세척한 후 탈 이온증류수로 헹구어 사용하였다.

Table 1. Contents of *Cassia tora* L. in experimental diets and cadmium in drinking water given each group of male rat.

Components	Group					
	CN	CS	C1	C2	C3	C4
Basal diet(%)	100	99.5	100	99.5	99.0	98.5
Raw <i>Cassia tora</i> L.(%)	-	0.5	-	0.5	1.0	1.5
Cd in water(ppm)	0	0	100	100	100	100

### 3. 식이의 구성 및 방법

결명자 분말을 0.5, 1.0, 1.5% 수준으로 사료에 첨가하여 잘 섞었고, 물(탈이온 증류수)과 식이는 제한 없이 먹게 하였고, 사육하는 동안 매일 갈아주어 신선도가 유지되도록 하였으며, 카드뮴의 함량은 100 mg/L로 정하였다. 이에 따른 식이 구성은 Table 1과 같다.

### 4. 식이 섭취에 따른 체중증가와 식이 효율

식이 섭취량과 물 섭취량은 매일 같은 시간에 측정을 하여 총 식이 섭취량과 총 물섭취량을 구하였고, 체중의 측정은 7일마다 같은 시간에 측정하여 총 체중 증가량 및 평균 체중을 구하였으며, 식이 섭취에서 오는 갑작스런 체중 변화를 막기 위하여 체중 측정 2시간 전에 식이 그릇을 빼주었다.

식이효율[Food Efficiency Ratio(F.E.R.=Weight gain(g)/Food intake(g))은 실험 기간 동안의 체중 증가량을 같은 기간 동안의 섭취한 사료 양으로 나누어 구하였다.

### 5. 장기의 무게 측정

장기의 적출을 위하여 ethyl ether로 마취한 후 복부를 절개하여 간, 신장, 비장, 심장, 허파, 고환, 뇌, 대퇴부 근육, 다리뼈를 적출하여 4°C 생리식염수로 세척하여 여과지로 물기를 제거한 후 무게를 측정하고, 냉동(-20°C) 보관하여 분석용 시료로 사용하였다.

### 6. 결명자의 성분분석

결명자 분말의 수분, 회분, 지질, 단백질, 탄수화물 등은 식품공전 일반성분 실험법<sup>21)</sup>에 준하여 분석하였다.

7. 카드뮴 함량측정

조직의 카드뮴 정량을 위해 습식분해법<sup>22)</sup>을 이용하여 분해하였다. 즉, 동결된 생체시료 1g을 분해용 시험관에 취하여 HNO<sub>3</sub> : HClO<sub>4</sub>(2:1)을 4ml를 가한 뒤 hot plate에서 서서히 가온하여 최종온도 70°C로 유지하여 내용물이 무색이 되었을 때 분해를 종료하였다. 분해가 완료된 시료는 냉각 후 3차 증류수 40ml로 정용하여 분석 시료로 하였으며, 공시험용액 (blank solution)에 대해서도 같은 조작을 행하여 시험용액을 보정한 후 A.A.S.(Atomic Absorption Spectrophotometer ; Varian SpectraAA-300 Plus, Australia)로써 즉, 광원은 Cd hollow cathod lamp, 음극관 전류는 5mA, 연료는 acetylene gas, support gas는 air, 파장은 228.8nm, slit의 폭은 0.5nm의 조건에서 Cd 표준용액 (Junsei Chemical Co.)을 이용 정량하였다.

8. 통계처리

각 실험군별 결과는 SAS(Statistical Analysis System) s/w Package를 이용하여 Duncan's Multiple Range Test(DMRT)를 행하여 p<0.05 및 p<0.01 수준에서 각 군별 평균값 사이의 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 결명자의 성분분석

식에 사용한 결명자 분말의 성분 분석 결과는 Table 2와 같다.

2. 식이 섭취에 따른 체중증가와 식이 효율

흰쥐에 카드뮴이 든 음용수를 자유롭게 섭취토록 하면서 사료에 날결명자 분말을 첨가량을 달리하여 8주 동안 사육한 후 체중 증가량, 성장률, 사료 섭취량, 1일 카드뮴 섭취량, 음용수 섭취량, 식이효율을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

Table 2. Chemical composition of the raw *Cassia tora* L. extracts

Constituents														
Moisture	Ash	Crude lipid	Protein	Carbohydrates	Total sugar	Crude fiber	Calcium	Phosphorus	Iron	Vitamin				
										Niacin	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>6</sub>	C
			g/100g			mg/100g								
68.68	28.32	0.19	2.311	0.379	1.02	0.12	14.12	31.58	0.82	0.48	65.19	0.51	5.87	18.02

Table 3. Effect of experimental diets on body weight gain, growth rate, food intake, cadmium intake, water intake and food efficiency ratio of rat feeding for 8 weeks

Group <sup>1)</sup>	Body weight(g)		Weight gain (g/day)	Growth rate(%)	Food intake (g/day)	Cadmium intake (mg/day)	Water intake (ml/day)	F. E. R. (weight gain/feed)
	Initial	Final						
Cn	122.0±4.47	333.3±11.55 <sup>a)bc)</sup>	3.810±0.21 <sup>a)b)</sup>	273.20(100.00) <sup>a)b)</sup>	22.55	0.00	28.94	0.169
Cs	122.0±4.47	326.7±11.55 <sup>a)bc)</sup>	3.690±0.21 <sup>a)b)</sup>	267.79(96.91) <sup>a)b)</sup>	20.75	0.00	33.17	0.178
C1	122.0±4.47	300.0±0.000 <sup>c)</sup>	3.155±0.10 <sup>b)</sup>	245.90 (82.84) <sup>b)</sup>	21.83	3.195	31.95	0.145
C2	122.0±8.37	353.3±11.55 <sup>a)bc)</sup>	4.167±0.10 <sup>a)</sup>	289.59(109.38) <sup>a)</sup>	23.07	3.539	35.39	0.181
C3	122.0±8.37	366.7±30.55 <sup>a)bc)</sup>	4.345±0.74 <sup>a)</sup>	300.57(114.07) <sup>a)</sup>	23.12	3.454	34.54	0.188
C4	122.0±8.37	340.0±26.46 <sup>a)bc)</sup>	3.869±0.37 <sup>a)bc)</sup>	278.69(101.59) <sup>a)bc)</sup>	23.23	3.228	32.28	0.167

<sup>1)</sup> Cn; Basal diet, B.D, Normal, Cs; B.D+0.5% Raw Cassia, C1; B.D+100ppm Cd water, C2; B.D+100ppm Cd water+0.5% Raw Cassia, C3; B.D+100ppm Cd water+1.0% Raw Cassia, C4; B.D+100ppm Cd water+1.5% Raw Cassia.

<sup>2)</sup> Mean ± SD.

<sup>3)</sup> Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

체중 증가율은 사료만 섭취시킨 Cn군과 낱 결명자 분말 0.5% 첨가한 Cs군서 초기보다 각각 273.20, 267.79%, 사료와 카드뮴 음용수만 섭취시킨 C1군은 초기체중에 비하여 245.90% 증가하여 실험군들중 가장 낮은 체중 증가율을 보였다. C1군에 비하여 낱결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 체중 증가율은 278.69~300.57%으로 100ppm 카드뮴 섭취에 의한 체중 증가율의 감소현상이 낱결명자 분말을 첨가한 식이의 섭취로 정상적으로 회복되고 있음을 알 수 있었다. 체중증가율은 모든 실험군중 C1군에 대하여 C2군과 C3군간만 유의성이 인정될 뿐이었다( $p>0.01$ ). 이러한 결과는 Cd를 음용수 형태로 섭취케 하면서 식이에 aloe 분말<sup>22)</sup>, calcium<sup>23)</sup>, 청국장 분말<sup>24)</sup>의 첨가량이 증가할 수록 체중 증가율이 정상으로 회복되었던 결과와 유사하였다.

식이 평균 섭취량은 낱결명자 분말의 첨가량이 많아질수록 다소 증가한 사실은 첨가량이 많아질수록 식이 중 일반 영양소의 감소가 일어나므로 이를 보상하기 위한 것으로 생각될 뿐 아니라 결명자에 함유된 chrysophanol, emodin과 같은 성분이 있어 카드뮴 축적을 억제할 뿐 만 아니라 배변작용이 원활하였기 때문으로 생각되었다. 이는 식이에 calcium<sup>23)</sup>, 철분<sup>25)</sup>의 첨가량이 많아질수록 식이 섭취량이 증가하였다고 한 결과와 유사하였다.

식이효율(F.E.R)은 카드뮴만을 섭취한 C1군이 가

장 낮았으며, 낱결명자 분말 섭취한 C2, C3, C4군은 C1군보다는 높았으며,  $C3>C2>Cs>Cn>C4>C1$  순으로 감소되었다. 김과 서<sup>26)</sup>는 식이에 400 ppm Cd과 단백질원으로 casein과 I.S.P.(분리 대두 단백질) 첨가 수준을 다르게 하여 사육한 결과 첨가량이 많아질수록 식이효율이 낮아져 본 연구결과와 유사하였으나, 안<sup>27)</sup>의 흰쥐를 10주 동안 사육하면서 Cd를 음용수 형태로 섭취케 하고 식이에 부추분말 첨가량을 달리 한 결과 부추의 첨가량이 증가할 수록 식이 효율이 증가하였다는 보고와는 상반되었다.

Cd 섭취량은 C1군이 3.195 mg/day이었던데 반하여 결명자 분말을 첨가한 실험군(C2~C4)간의 평균 Cd 섭취량이 3.407 mg/day로 약간 높았으며, 이중 C2군과 C3군이 각각 3.539 mg/day, 3.454 mg/day로 다른 실험군보다 약간 높았다.

물 섭취량은 C1군이 Cn군보다 증가하였으나, 낱결명자 분말을 섭취한 C2, C3, C4 군보다는 감소하였다. 낱결명자 분말 섭취 군간의 물 섭취량이 결명자 첨가량이 많을수록 증가하였는데 이는 Zenick<sup>28)</sup>가 흰쥐에 카드뮴을 투여할 경우 대조군에 비해 물 섭취량이 감소한다고 보고한 내용과 상반된 결과였다.

### 3. 장기의 중량 및 다리 골격 길이

사료에 낱결명자 분말 첨가량 수준을 달리하여 8주 동안 사육한 후 적출 뇌, 심장, 비장, 간, 폐, 고환,

Table 4. Effect of experimental diets on weight of each organs and bone in rat (unit : g)

Group <sup>1)</sup>	Brain	Heart	Spleen	Liver	Lung	Testicle	Kidney	Femoral region muscle	Leg bone	
									Weight(g)	Length(cm)
Cn	1.66±0.23 <sup>ns</sup>	1.26±0.23 <sup>ns</sup>	0.56±0.07 <sup>ab)</sup>	9.26±1.53 <sup>ns</sup>	1.98±0.11 <sup>ns</sup>	3.29±0.60 <sup>ns</sup>	2.54±0.30 <sup>ns</sup>	13.32±1.49 <sup>ns</sup>	2.39±0.39 <sup>ns</sup>	7.68±0.42 <sup>ns</sup>
Cs	1.85±0.16 <sup>ns</sup>	1.05±0.09 <sup>ns</sup>	0.56±0.06 <sup>ab)</sup>	8.53±0.67 <sup>ns</sup>	1.80±0.17 <sup>ns</sup>	3.27±0.20 <sup>ns</sup>	2.39±0.21 <sup>ns</sup>	12.78±1.63 <sup>ns</sup>	2.41±0.16 <sup>ns</sup>	7.90±0.50 <sup>ns</sup>
C1	1.77±0.29 <sup>ns</sup>	1.24±0.21 <sup>ns</sup>	0.65±0.06 <sup>a)</sup>	10.11±1.31 <sup>ns</sup>	2.06±0.50 <sup>ns</sup>	3.19±0.24 <sup>ns</sup>	2.52±0.15 <sup>ns</sup>	14.04±3.03 <sup>ns</sup>	2.39±0.19 <sup>ns</sup>	7.66±0.50 <sup>ns</sup>
C2	1.85±0.08 <sup>ns</sup>	1.22±0.14 <sup>ns</sup>	0.52±0.03 <sup>b)</sup>	9.82±1.99 <sup>ns</sup>	1.66±0.34 <sup>ns</sup>	3.32±0.22 <sup>ns</sup>	2.38±0.43 <sup>ns</sup>	15.38±2.51 <sup>ns</sup>	2.68±0.17 <sup>ns</sup>	7.88±0.50 <sup>ns</sup>
C3	1.73±0.31 <sup>ns</sup>	1.09±0.16 <sup>ns</sup>	0.50±0.11 <sup>b)</sup>	9.55±2.32 <sup>ns</sup>	1.89±0.53 <sup>ns</sup>	3.10±0.32 <sup>ns</sup>	2.44±0.51 <sup>ns</sup>	14.47±2.49 <sup>ns</sup>	2.44±0.47 <sup>ns</sup>	7.58±0.62 <sup>ns</sup>
C4	1.70±0.31 <sup>ns</sup>	1.10±0.16 <sup>ns</sup>	0.53±0.06 <sup>ab)</sup>	10.03±1.27 <sup>ns</sup>	1.73±0.09 <sup>ns</sup>	3.12±0.27 <sup>ns</sup>	2.60±0.34 <sup>ns</sup>	15.69±2.70 <sup>ns</sup>	2.81±0.48 <sup>ns</sup>	8.14±0.35 <sup>ns</sup>

ns : not significantly.

<sup>1)</sup> Cn; Basal diet, B.D, Normal, Cs; B.D+0.5% Raw Cassia, C1; B.D+100ppm Cd water, C2; B.D+100ppm Cd water+0.5% Raw Cassia, C3; B.D+100ppm Cd water+1.0% Raw Cassia, C4; B.D+100ppm Cd water+1.5% Raw Cassia.

<sup>2)</sup> Mean ± SD.

<sup>3)</sup> Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

신장, 그리고 대퇴부 근육, 다리뼈 중량 및 길이는 Table 4와 같다.

뇌, 대퇴부근육의 중량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn군보다 6.64%, 5.36% 높았으며, 결명자 첨가군(C2~C4)의 평균 무게는 C1군보다 0.34%, 7.54%가 낮아 뇌, 대퇴부 근육의 중량 변화에 대한 유의성을 인정할 수 없었다.

심장 중량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 낄결명자 분말을 첨가한 실험군(C2~C4)의 평균 중량보다 8.35% 높았으나 Cn군의 심장중량보다 1.90% 낮아져 낄결명자 분말 첨가량에 따라 심장의 중량이 낮아지는 경향을 보이나 유의성은 없었다.

비장의 중량은 C1군이 Cn군보다는 16.85% 높았고 낄결명자 첨가군(C2~C4)의 평균 중량보다 25.87% 높은 경향을 보이며 C1군과 C2, C3군 사이에서 유의성이 인정되었다(p>0.01).

간, 폐의 중량은 C1군이 Cn군보다는 9.25%, 3.63% 높았고 낄결명자 첨가군(C2~C4)의 평균 중량보다 3.21%, 16.82% 높은 경향을 보이나 유의성은 없었다. 그러나 카드뮴 섭취하면 간의 중량이 증가한다는 Pharikal 등<sup>29)</sup>의 보고와 유사하였다.

고환, 신장의 중량은 C1군이 Cn군보다는 2.92%, 0.87% 낮았으나 낄결명자 첨가군(C2~C4)의 평균

중량보다는 0.35%, 1.90% 높았다. 신장에서의 결과는 김과 백<sup>23)</sup>의 calcium 첨가량이 증가할 수록 신장의 중량이 증가한다는 보고와는 상반되었으나, 이 등<sup>30)</sup>의 CdCl<sub>2</sub>를 0.45mg/kg을 복강투여한 후 농축된 인진쑥 추출물을 희석하여 사료섭취량/1일의 1% 수준으로 복강에 투여한 경우 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 군보다 인진쑥 추출물을 투여한 군이 신장의 중량이 낮았던 연구결과와 유사하였다.

다리뼈 중량은 대퇴골과 경골을 합한 중량으로 C1군은 Cn군보다 0.33% 낮았고, 결명자 첨가군(C2~C4)의 평균 중량보다 9.69% 낮았다. 이는 결명자 또는 calcium 첨가 수준이 다리뼈 중량 변화에 영향을 끼칠 정도가 아님을 시사하고 있는 것으로 판단되어 더욱 깊이 있는 연구가 필요하였다.

다리길이는 대퇴골의 길이와 경골의 길이를 합한 것으로 Cn군보다 C1군이 약간 짧았으나, 결명자 첨가군(C2~C4)의 평균이 다리길이가 길어지는 경향을 보였다. 이는 결명자에 함유된 칼슘의 함량수준이 다리뼈의 발육에 영향을 끼칠 수 있음을 시사하고 있는데 김과 백<sup>23)</sup>의 calcium을 첨가하여 사육하면 다리뼈 길이가 늘어난다는 결과와 비슷하였다.

흰쥐의 체중을 100g으로 환산하였을 때 각 장기와 다리뼈 중량 및 길이의 상대적 중량을 구한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Relative weight of experimental diets on weight of each organs and bone in rat (g/100g body weight)

Group <sup>1)</sup>	Brain	Heart	Spleen	Liver	Lung	Testicle	Kidney	Femoral region muscle	Leg bone	
									Weight(g)	Length(cm)
Cn	0.50±0.10 <sup>ns</sup>	0.38±0.05 <sup>3)</sup>	0.17±0.02 <sup>b)</sup>	2.76±0.34 <sup>ns</sup>	0.60±0.04 <sup>ns</sup>	0.99±0.19 <sup>ns</sup>	0.76±0.06 <sup>ns</sup>	4.02±0.71 <sup>ns</sup>	0.70±0.12 <sup>ns</sup>	2.32±0.35 <sup>ns</sup>
Cs	0.57±0.04 <sup>ns</sup>	0.32±0.01 <sup>b)</sup>	0.17±0.01 <sup>b)</sup>	2.62±0.11 <sup>ns</sup>	0.55±0.08 <sup>ns</sup>	1.01±0.10 <sup>ns</sup>	0.73±0.04 <sup>ns</sup>	3.94±0.58 <sup>ns</sup>	0.74±0.08 <sup>ns</sup>	2.44±0.29 <sup>ns</sup>
C1	0.53±0.08 <sup>ns</sup>	0.37±0.03 <sup>3)</sup>	0.20±0.02 <sup>3)</sup>	3.05±0.34 <sup>ns</sup>	0.64±0.21 <sup>ns</sup>	0.97±0.16 <sup>ns</sup>	0.76±0.08 <sup>ns</sup>	4.17±0.29 <sup>ns</sup>	0.72±0.08 <sup>ns</sup>	2.33±0.40 <sup>ns</sup>
C2	0.53±0.05 <sup>ns</sup>	0.35±0.02 <sup>3)</sup>	0.15±0.01 <sup>b)</sup>	2.77±0.40 <sup>ns</sup>	0.47±0.09 <sup>ns</sup>	0.95±0.08 <sup>ns</sup>	0.68±0.12 <sup>ns</sup>	4.35±0.53 <sup>ns</sup>	0.77±0.08 <sup>ns</sup>	2.25±0.24 <sup>ns</sup>
C3	0.52±0.08 <sup>ns</sup>	0.33±0.02 <sup>b)</sup>	0.15±0.02 <sup>b)</sup>	2.83±0.26 <sup>ns</sup>	0.57±0.11 <sup>ns</sup>	0.95±0.22 <sup>ns</sup>	0.73±0.05 <sup>ns</sup>	4.36±0.58 <sup>ns</sup>	0.73±0.11 <sup>ns</sup>	2.31±0.36 <sup>ns</sup>
C4	0.50±0.07 <sup>ns</sup>	0.32±0.02 <sup>b)</sup>	0.16±0.03 <sup>b)</sup>	2.95±0.50 <sup>ns</sup>	0.51±0.08 <sup>ns</sup>	0.91±0.09 <sup>ns</sup>	0.76±0.13 <sup>ns</sup>	4.57±0.65 <sup>ns</sup>	0.82±0.12 <sup>ns</sup>	2.39±0.27 <sup>ns</sup>

Relative weight: weight of organs in rats calculated in terms of 100g of rat weight.

ns : not significantly.

<sup>1)</sup> Cn; Basal diet, B.D, Normal, Cs; B.D+0.5% Raw Cassia, C1; B.D+100ppm Cd water, C2; B.D+100ppm Cd water+0.5% Raw Cassia, C3; B.D+100ppm Cd water+1.0% Raw Cassia, C4; B.D+100ppm Cd water+1.5% Raw Cassia.

<sup>2)</sup> Mean ± SD.

<sup>3)</sup> Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 5에서 보는 바와 같이 실험군들간 분산분석과 다중검정을 행한 결과 심장, 비장을 제외한 나머지 장기에서 실험군간에 유의성을 인정할 수 없었으나 뇌, 심장, 비장, 간, 폐, 고환, 신장에서 사료와 카드뮴 음용수를 섭취시킨 C1군이 결명자 첨가군(C2~C4)보다 무거운 경향을 보였으나, 대퇴부근육, 다리뼈 중량에서는 가벼운 경향을 보였다. 또한 다리뼈 길이에서는 C2, C3군은 C1군보다 가벼웠으나, C4군은 무겁게 나타났다. 이러한 결과는 Kozuma 등<sup>31)</sup>이 연구한 Long-Evans 흰쥐의 2, 4개월 사육한 후 적출한 각 장기의 중량을 본 연구결과와 비교해 보면 뇌, 심장, 고환에서 4개월 사육한 흰쥐와 비슷한 수준이었으나, 비장은 가벼웠으며, 간, 폐, 신장에서는 무거웠다.

#### 4. 조직중의 카드뮴함량 분포 비교

카드뮴이 든 음용수를 흰쥐가 자유롭게 섭취토록 하면서 사료에 날 결명자 분말 첨가량을 달리하여 8주 동안 사육한 후 각 조직 중에 축적된 Cd 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다.

뇌에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 3.0, 4.7 배 높았으며, 결명자를 첨가한 C2, C3, C4군의 Cd 함량은 C1군에 비하여 각각 5.18, 24.18 및 96.18% Cd 축적 억제에 효과를 보였으며, 시험군들 간에 유의성을 인

정할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 100 ppm Cd를 음용수 형태로 섭취케 하면서 식이에 aloe 분말<sup>22)</sup>과 청국장 분말<sup>23)</sup>을 섭취시킨 결과 뇌에 축적된 Cd 함량이 0.50~0.56 ppm과 5.32 ppm 수준이었던 점을 기초로 뇌에 축적되는 카드뮴의 억제효과는 알로에 분말  $\geq$  날결명자분말 > 청국장 순임을 알 수 있었다.

심장에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 8.4, 9.8배 높았으나 날결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 경우 각각 0.28, 0.93, 29.13% Cd 축적 억제에 효과를 보여 시험군들 간에 유의성을 인정할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 김 등<sup>22)</sup>은 100 ppm Cd를 음용수 형태로 섭취케 하면서 식이에 aloe 분말을 첨가하여 사육한 경우 심장에 축적된 Cd 함량 수준과 유사하였으며, 청국장 분말을 첨가하여 사육한 후 심장에 축적된 Cd 함량이 평균 6.078 ppm이었던 결과<sup>24)</sup>보다는 훨씬 낮은 수준의 축적량이었다. 또 이와 김<sup>32)</sup>은 식이에 고형분으로 3% 수준의 두충열수 추출액을 먹는 물 대신에 공급하고 Cd농도를 50, 100ppm되게 음용수에 첨가하여 4주간 사육한 경우 Cd만 섭취한 군보다 각각 23.60, 38.19%의 축적 감소율을 보여, 본 연구결과와 비교하면 50ppm Cd과 두충열수 추출액을 섭취한 군과는 비슷하였고 100 ppm Cd과 두충열수 추출액을 섭취한 군보다는 축적 감소율이 높았다.

비장에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수

Table 6. Effect of experimental diets on cadmium contents in organs of rats

(unit :  $\mu\text{g/g}$ )

Group <sup>1)</sup>	Brain	Heart	Spleen	Liver	Lung	Testicle	Kidney	Femoral region muscle	Leg bone
Cn	0.29±0.01 <sup>d)</sup>	0.26±0.03 <sup>c)</sup>	0.21±0.02 <sup>c)</sup>	0.81±0.01 <sup>e)</sup>	0.16±0.02 <sup>d)</sup>	0.32±0.01 <sup>d)</sup>	0.96±0.00 <sup>d)</sup>	0.31±0.01 <sup>e)</sup>	0.06±0.01 <sup>c)</sup>
Cs	0.20±0.01 <sup>e)</sup>	0.22±0.01 <sup>c)</sup>	0.16±0.01 <sup>c)</sup>	0.77±0.01 <sup>e)</sup>	0.12±0.02 <sup>d)</sup>	0.27±0.01 <sup>d)</sup>	0.85±0.01 <sup>d)</sup>	0.28±0.03 <sup>c)</sup>	0.04±0.01 <sup>c)</sup>
C1	0.87±0.01 <sup>a)</sup>	2.16±0.14 <sup>b)</sup>	5.10±0.77 <sup>a)</sup>	58.72±0.63 <sup>a)</sup>	1.84±0.05 <sup>a)</sup>	1.63±0.02 <sup>a)</sup>	58.40±0.40 <sup>a)</sup>	1.12±0.01 <sup>a)</sup>	1.50±0.15 <sup>a)</sup>
C2	0.83±0.04 <sup>j)</sup>	2.16±0.02 <sup>a)</sup>	4.62±0.27 <sup>j)</sup>	47.71±0.73 <sup>b)</sup>	1.66±0.04 <sup>a)</sup>	1.24±0.08 <sup>b)</sup>	39.61±0.53 <sup>b)</sup>	1.00±0.02 <sup>b)</sup>	1.27±0.06 <sup>a)</sup>
C3	0.70±0.02 <sup>b)</sup>	2.14±0.08 <sup>a)</sup>	4.51±0.32 <sup>a)</sup>	44.75±0.98 <sup>c)</sup>	1.27±0.15 <sup>b)</sup>	1.17±0.09 <sup>bc)</sup>	39.56±1.29 <sup>b)</sup>	0.94±0.03 <sup>c)</sup>	0.66±0.47 <sup>b)</sup>
C4	0.45±0.04 <sup>c)</sup>	1.68±0.02 <sup>b)</sup>	3.26±0.05 <sup>b)</sup>	37.82±0.09 <sup>d)</sup>	1.07±0.10 <sup>c)</sup>	1.03±0.06 <sup>c)</sup>	36.79±0.20 <sup>c)</sup>	0.87±0.02 <sup>d)</sup>	0.65±0.17 <sup>b)</sup>

ns : not significantly.

<sup>1)</sup> Cn; Basal diet, B.D, Normal, Cs; B.D+0.5% Raw Cassia, C1; B.D+100ppm Cd water, C2; B.D+100ppm Cd water+0.5% Raw Cassia, C3; B.D+100ppm Cd water+1.0% Raw Cassia, C4; B.D+100ppm Cd water+1.5% Raw Cassia.

<sup>2)</sup> Mean  $\pm$  SD.

<sup>3)</sup> Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 24.3, 31.8배 높았으며, 낱결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 경우 각각 10.28, 12.97, 56.29% Cd 축적 억제에 효과를 보였다. 이는 결명자 함유 성분과 Cd가 결합하여 흡수가 억제될 뿐 아니라 배설이 촉진된 결과로 생각되며, 실험군들 간에 유의성을 인정할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 최 등<sup>25)</sup>의 50 ppm Cd을 장기간 투여하면서 철분을 식이에 6, 40 ppm 되게 첨가하여 사육한 후 비장에 축적된 Cd 함량수준이 4.90~5.22 ppm으로 본 연구결과 보다 높은 수준의 축적량을 보였으며, 이와 김<sup>32)</sup>이 행한 연구결과는 45.13~57.02%의 축적 감소율을 나타내 본 연구결과와 비슷한 축적 억제율을 보였다.

간에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 72.2, 76.0배 높았으며, 낱결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 경우 각각 23.07, 31.23, 55.27% 축적 억제 효과를 보였으며 시험군들 간에 유의성을 인정할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 최 등<sup>33)</sup>이 90°C로 가열한 탈이온증류수 1L에 20g의 녹차를 넣고 교반한 후 5, 50 ppm Cd을 첨가하여 음용수 형태로 섭취케 하여 사육한 경우간의 Cd 축적 억제율은 각각 21.93과 22.14%이었고, 안<sup>27)</sup>은 식이에 부추분말을 첨가하여 5, 10주간 사육한 경우의 Cd 축적 억제율을 본 연구결과와 비교해 보면 5주간 사육한 경우 낮았으나 10주간 사육한 경우에는 축적 억제율이 28.40~30.80% 수준으로 본 연구결과의 축적 억제 범주임을 알 수 있었다. 이와 김<sup>32)</sup>은 Cd을 50, 100ppm되게 두충열수 추출액에 첨가하여 먹는 물 대신에 공급하면서 4주간 흰쥐를 사육한 경우 카드뮴만 섭취한 군보다 50, 100 ppm Cd 첨가군에서 각각 82.54, 94.08%의 축적 감소율을 보여 본 연구결과보다 축적 감소율이 높았다.

폐에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 11.3, 15.7배 높았으며, 낱결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 경우 각각 10.66, 44.99, 71.68% Cd 축적 억제에 효과를 보여 시험군들 간에 유의성을 인정할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 이와 김<sup>32)</sup>의 식이에 고품분으로

3% 수준의 두충열수 추출액을 먹는 물 대신에 공급하고 Cd농도를 50, 100 ppm되게 음용수에 첨가하여 4주간 사육한 경우 흡수 축적율이 감소되었던 결과와 유사하였다.

고환에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 5.1, 6.2배 높았으며, 낱결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 Cd 함량은 각각 31.77, 39.32, 58.25% 축적 억제에 효과를 보여, 시험군들 간에 유의성을 인정할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 안<sup>27)</sup>이 행한 100 ppm Cd을 음용수 형태로 섭취케 하면서 식이에 부추분말 1, 3, 5%를 첨가하여 5, 10주간 사육한 결과 고환의 Cd 축적 억제율은 5주간 사육한 실험군은 40.19~52.87%, 10주간 사육한 실험군은 37.34~50.91%라는 축적 억제율을 보여 본 연구 결과와 유사함을 알 수 있었다.

신장에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 61.0, 68.7배 높게 나타났으며, 낱결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 경우 각각 47.44, 47.60, 58.73% Cd 축적 억제에 효과를 보여 시험군들 간에 유의성을 인정할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 최 등<sup>33)</sup>의 90°C로 가열한 탈이온증류수 1L에 20g의 녹차를 넣고 교반한 후 5, 50 ppm Cd을 첨가하여 음용수 형태로 섭취케 하여 사육한 결과 50 ppm Cd을 첨가한 군에서는 녹차+Cd를 섭취한 군이 Cd만을 섭취군보다 신장중에 3.96 ppm 높은 Cd 함량을 보였으나, 5 ppm Cd을 첨가군에서는 9.85% 축적 억제율을, 이 등<sup>30)</sup>의 CdCl<sub>2</sub>를 체중 kg당 0.45mg 복강내 투여하고 농축된 인진 썩 추출물을 희석하여 일일사료섭취량의 1% 수준으로 복강내에 투여하여 사육한 후 신장에 Cd 축적 억제율 5.85%의 낮은 축적 억제율을 보인 결과보다 본 연구결과 신장의 Cd 축적 억제율이 월등히 높았다. 또 김 등<sup>34)</sup>은 40 ppm Cd을 식이에 넣고 국내에서 시판되고 있는 인스턴트 녹차, 우롱차, 홍차의 tea bag을 일반상복상태로 추출하여 음용수에 첨가하여 사육한 후 신장에 축적된 Cd 함량수준은 5.82~7.35 ppm이라는 보고, 안<sup>27)</sup>의 100 ppm Cd을 음용수로 섭취케 하면서 식이에 부추분말 1, 3, 5%를 첨가하여 5, 10주간 사육한 결과 카드뮴만을 섭취시킨 실험군



의 신장중 Cd 함량에 비해 부추분말 첨가군의 Cd 축적 억제율은 5주간 사육한 실험군에서는 각각 13.15, 10.88, 42.32%이었고, 10주간 사육한 실험군에서는 각각 23.72, 31.37, 52.55%라는 보고와 유사하며, 식이에 첨가되는 천연먹거리 소재에 따라 신장의 Cd 축적에 미치는 영향이 달랐다. 최 등<sup>25)</sup>은 50 ppm Cd를 장기간 투여하면서 철분을 식이에 6, 40 ppm 되게 첨가하여 사육한 후 신장에 축적된 Cd 함량이 34.47~53.19 ppm 수준이었던 보고는 본 연구결과와 비슷한 수준의 축적량을 보였고, 이와 김<sup>32)</sup>은 식이에 고형분으로 3% 수준의 두충열수 추출액을 먹는 물 대신에 공급하고 Cd농도를 50, 100ppm되게 음용수에 첨가하여 4주간 사육한 경우 카드뮴만 섭취한 군보다 50, 100 ppm Cd 첨가군에서 축적 감소율이 각각 73.94, 46.18%로 본 연구결과 보다 높았으며, 류와 김<sup>35)</sup>은 Cd를 음용수로 섭취케 하면서 식이에 cysteine 첨가량이 증가할 수록 신장에 축적되는 Cd 함량이 증가한다는 결과는 본 연구결과와 상반되는 결과였다.

대퇴부 근육에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 3.6, 4.0 배 높게 나타났으며, 낱결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 경우 각각 12.34, 19.79, 29.48% Cd 축적 억제에 효과를 보여 시험군들 간에 유의성을 인정할 수 있었다( $p < 0.01$ ).

다리뼈에 축적된 Cd 함량은 사료와 카드뮴 음용수만을 섭취시킨 C1군이 Cn, Cs군 보다 25.0, 40.5배 높게 나타났으며, 낱결명자 분말을 첨가한 C2, C3, C4군의 경우 각각 17.83, 129.00, 130.77% Cd 축적 억제에 효과를 보여 시험군들 간에 유의성을 인정할 수 있었다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 식이내 400 ppm Cd과 단백질원으로 casein과 I.S.P.(분리 대두 단백질)을 15, 40% 수준으로 첨가, cysteine 0.06, 0.45, 0.90%를 첨가하여 사육한 경우 단백질원 첨가량이 증가할 수록 다리뼈에 축적되는 Cd 함량이 증가한 결과와 상이하였으나<sup>26,35)</sup>, 식이내 중량비로 계산하여 0.02% 수준의 Cd과 단백질을 7, 15, 40%수준으로 첨가하여 사육한 후 다리뼈에 축적된 Cd 함량은 각각 14.77, 4.18, 3.99 ppm으로 단백질 첨가량이 증가할 수록 축

적량이 감소되는 결과<sup>36)</sup>는 본 연구결과와 유사하였다.

이상의 결과를 종합하면 각 장기에 축적된 Cd 함량 순서는 간>신장>비장>심장>폐>고환>대퇴부 근육>다리뼈>뇌의 순이었으며, 각 장기별로 대조군(C1) 함량을 기준으로 볼 때 감소율은 다리뼈>폐>신장>고환>간>뇌>대퇴부 근육>비장>심장 순이었다. 이러한 결과는 Suzuki 등<sup>37)</sup>의 보고에서 조직 내 카드뮴의 축적은 신장, 간 및 고환에 많이 축적된다고 한 결과와 간과 신장에서 일치하였다.

결명자 섭취군인 C2~C4군의 모든 조직에서 C1군보다 Cd의 축적량이 감소되어 결명자가 조직 내 Cd 축적을 억제하는 것으로 나타났다. 이는 결명자에 함유된 vitamin류, free anthraquinone유도체류(chryso-phenol, emodin, physcion, aloe-emodin, rhein, obtusin, chryso-obtusin, aurantioobtusin, obtusifolin), anthraquinone 배당체류(chrysophanic acid, 1-gentiobioside), naphthaline 유도체류 [rubrofusarin, norrubrofusarin (cassiaside B; 5, 6, 8-Trihydroxy-2-methyl-4H-naphtho 2, 3-bipyran-4-one), rubrofusarin, 6-gentiobioside, torachryson, toralactone (cassiaside C)], anthrone유도체류 (chryso-phenol, 9-anthrone),  $\alpha$ -D-Galactopyranosyl-(1→6) $\beta$ -D-mannopyranosyl-(1→4)-D-mannose,  $\beta$ -D-Glucopyranosyl-(1→6)- $\beta$ -D- $\beta$ -D-glucopyranosyl-(1→4)-mannose, 3, 3', 4', 5, 5, 8-Hexa hydroxyflavone 등의 성분들이 쉽게 Cd 이온과 반응하여 체외로 배설되기 때문으로 생각되었는데, 이러한 결과는 어성초 메탄올 추출물을 chloroform과 ethyl acetate로 분획한 추출물의 복강 투여시 간과 신장 조직에 카드뮴 축적을 억제하였다는 결과와 일치하였는데 이 분획추출물에 함유된 성분들과 같은 유사한 구조를 지니는 성분들에 기인된 것으로 판단되어 앞으로 이에 대한 깊은 연구가 요구되었다<sup>38,39)</sup>.

흰쥐에 카드뮴이 든 음용수를 자유롭게 섭취토록 하면서 사료에 낱결명자의 첨가량을 달리하여 8주 동안 사육하는 동안 4회 체모 및 변을 채취하여 경시적으로 카드뮴이 체모에 축적된 정도와 변을 통하여 체외로 배출되는 정도를 분석한 결과이다.

Fig. 1에서 체모의 카드뮴 함량은 전 사육 기간동

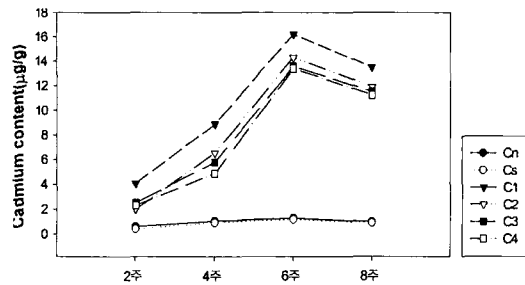


Fig. 1. Cadmium content in hair of rats fed experimental diets for 8 weeks.

Footnotes are the same as Table 1.

안 사료와 카드뮴만을 섭취시킨 C1군이 가장 높았고, 결명자 첨가군들의 Cd 함량은 사육기간이 길어 질수록 모든 시험군에서 증가하는 경향을 보였고, 사육 2주째부터 증가하여 4주 이후에서 6주에 이르기 까지 급격히 증가하였으며, 6주 이후에는 감소되는 경향을 보였다. 이는 낱결명자 분말에 함유된 성분들이 카드뮴과 결합하여 배설을 쉽게 하여 축적량을 감소시키는 것으로 판단되었다.

Fig. 2에서 분변 중 카드뮴 함량은 전 사육 기간 동안 사료에 결명자 1.5% 첨가군인 C4군이 가장 높았고, 카드뮴 섭취군과 결명자 첨가군들의 Cd 함량은 C3군과 C4군을 제외한 나머지 군들에서 4주까지는 완만하게 증가하는 경향을 보였으며, 6주째에 Cd 함량이 감소되는 경향을 보였다가 6주 이후에 다시 Cd 함량이 증가하는 경향을 보였는데 체모중 Cd 축적량 감소와 역상 관계를 나타냄을 알 수 있었다. 이는 낱

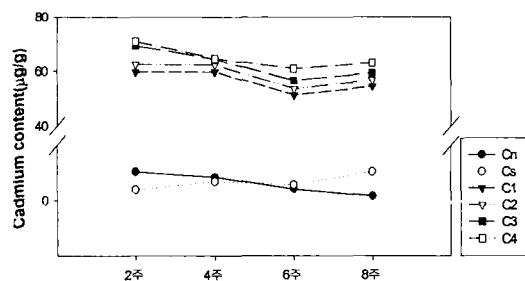


Fig. 2. Cadmium content in feces of rats fed experimental diets for 8 weeks.

Footnotes are the same as Table 1.

결명자 분말첨가 사료 섭취량의 증가로 분변으로 Cd가 많이 배출되기 때문으로 판단되었다.

#### IV. 요약

본 연구는 식이에 결명자 분말 첨가가 흰쥐 체내의 카드뮴 축적작용에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다. 실험 동물은 Sprague-Dawley계(4주령, ♂) 5마리씩 한 군으로 정상군(Cn), 대조군(Cs), 카드뮴 첨가군(C1), 결명자(C2, C3, C4) 분말을 각각 0.5, 1.0, 1.5% 수준으로 첨가한 군으로 나누어 8주간 실험을 수행하여 성장률, 식이 효율, Cd 축적량을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 체중 증가 경향은 C3>C2>C4>Cn>Cs>C1군 순이었으며, 카드뮴만을 섭취한 C1군이 가장 낮았으며, C1군과 C3군 사이에 1%수준에서 유의성이 인정되었다.
2. 식이 효율은 C3>C2>Cs>Cn>C4>C1군 순이었으며, 식이 효율이 가장 낮은 C1군보다 각각 22.87, 19.89, 18.54, 14.20, 13.17% 높은 식이 효율을 보였다.
3. 낱결명자 분말을 첨가한 군의 각 장기 즉, 뇌, 심장, 비장, 간, 폐, 고환, 신장, 대퇴부근육, 다리뼈에 축적된 카드뮴 함량은 각각  $0.45 \pm 0.04 \sim 0.83 \pm 0.04$ ,  $1.68 \pm 0.02 \sim 2.16 \pm 0.02$ ,  $3.26 \pm 0.05 \sim 4.62 \pm 0.27$ ,  $37.82 \pm 0.09 \sim 47.71 \pm 0.73$ ,  $1.07 \pm 0.10 \sim 1.66 \pm 0.04$ ,  $1.030 \pm 0.06 \sim 1.24 \pm 0.08$ ,  $36.79 \pm 0.20 \sim 39.61 \pm 0.53$ ,  $0.87 \pm 0.02 \sim 1.00 \pm 0.02$ ,  $0.65 \pm 0.17 \sim 1.27 \pm 0.06$  µg/g 범위였다.
4. 낱결명자 분말첨가군 각 조직에 축적된 카드뮴 함량이 제일 낮았던 C4를 C1과 비교한 결과 뇌, 심장, 비장, 간, 폐, 고환, 신장, 대퇴부근육, 다리뼈에 각각 49.03, 22.56, 36.02, 35.75, 41.75, 36.20, 37.00, 22.77, 56.67 %의 감소를 보였으며, 각 장기의 함량은 뇌<다리뼈<대퇴부 근육<고환<폐<심장<비장<신장<간 순이었다.
5. 카드뮴 총 섭취량으로 장기 및 조직의 카드뮴 평균함량에 대한 축적율은 카드뮴만 섭취한 군(C1)의 경우 7.14%이었으며, 결명자 분말 첨가군인

C2, C3, C4군의 경우 각각 4.91, 4.81, 4.50 %이었다.

6. 체모의 카드뮴 함량은 C1군이 가장 높았고, 결명자 첨가군들의 카드뮴 함량은 6주째까지 모든 시험군에서 증가하는 경향을 보였으며, 6주 이후에는 감소되는 경향을 보였다.
7. 분변 중 카드뮴 함량은 C4군이 가장 높았고, 결명자 첨가군들의 카드뮴 함량은 C3군과 C4군을 제외한 나머지 군들에서 완만하게 증가하는 경향을 보였으며, 6주째에 카드뮴 함량이 감소되는 경향을 보였다가 6주 이후에 다시 카드뮴 함량이 증가하는 경향이었다.

## V. 참고문헌

1. 北川晴雄, 佐藤哲男, 上野芳夫, 増田康輔, 齊藤晴夫, 柳浦才三, 黒岩幸雄, 佐佐木健一, 加藤 仁, 酒井 健, 吉田武美(1982) : 毒性學. pp 213 南江堂 東京.
2. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(1972) : Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. WHO Tech Rep Ser 505:1-32.
3. 엄용태, 배은상, 윤배중(1980) : 농작물 중 중금속 오염도와 1일 섭취량 및 허용기준 설정에 대한 연구, 대한예방의학회지, 13(1): 3-122.
4. 송미란, 이서래(1986) : 서울시내 대중식사로부터 중금속의 총섭취량 평가, 한국식품과학회지, 18(6): 458-467.
5. 김정현, 조남준, 박성배(1989) : 대중음식 중 중금속 함량, 한국영양식량학회지, 18(3): 316-320.
6. Scheuhammer AM(1988) : The dose-dependent of cadmium into organs of Japanese quail following oral administration. Toxicol Appl Pharmacol 95 (1): 153-161.
7. 지형준, 이상인 편저(1994) : 대한약전의 한약(생약) 규격집 주해서, 한국메디칼인텍스사, pp 459.
8. 淺野正義, 原田正敏, 鹿野美弘, 木村正康, 難波恒雄, 大塚恭男, 齋藤 洋, 柴田 丸, 庄 司順三, 高木 敬次郎, 脇功 巳, 渡辺和夫, 渡辺裕司, 吉崎正雄 (1980) : 和漢藥物學. pp 132-133 南山堂.
9. 常新全, 丁麗霞 主編(2002) : 中藥活性成分分析手冊, 上卷, pp. 801-806 學苑出版社.
10. 김중만, 김형태, 황신목(1990) : 결명자로부터 인스턴트차 제조, 한국식품과학회지, 22(3): 241-247.
11. 장대자, 주현규, 조영자(1989) : 결명자가 사염화탄소로 유발된 흰쥐의 간장해에(肝障害) 미치는 방어효과, 분석과학회지, 2(2): 331-335.
12. 박근영, 김선재, 현규환(1993) : 결명자의 brassinosteroid 활성물질, 한국농화학회지, 36(2): 99-104.
13. 주현규, 윤종범, 김경구, 사동민, 이영택(1997) : 열처리가 결명자의 화학성분 변화 및 추출물의 균체증식에 미치는 영향, 한국농화학회지, 40(6): 472-477.
14. 도정룡, 김선봉, 박영호, 박영범, 최재수, 김동수 (1993) : 결명자의 아질산염 소거작용, 한국식품과학회지, 25(5): 526-529.
15. 박영범, 이태기, 김외경, 도정룡, 여생규, 박영호, 김선봉(1995) : 결명자 추출물의 아질산염 소거인자의 특성, 한국식품과학회지, 27(1): 124-128.
16. 김종국, 허우덕, 하재호, 문광덕, 정신교(1995) : 결명자 종실의 볶음조건에 따른 향기성분 변화, 한국식품과학회지, 27(5): 736-741.
17. 임숙자, 한혜경(1997) : 결명자 분획물이 당노 유발 흰쥐의 혈당에 미치는 영향, 한국조리과학회지, 13(1): 23-29.
18. 임선욱, 문경환(1993) : 결명자의 수용성 추출물의 타감성 저해 작용에 대한 생이화학적 기작, 한국도양비료학회지, 26(3): 189-196.
19. 김종국, 문광덕, 강우원, 김귀영(1995) : 볶음조건에 따른 결명자차의 관능적 품질특성에 관한 연구, 한국식생활문화학회지, 10(4): 241-245.
20. 김수희, 최재수, 허문영(1998) : 결명자추출물과 노르-루브로푸사린의 산화적 스트레스 억제효과 및 항염색체 손상 효과, 한국식품위생학회지, 13(4): 394-399.
21. 식품공전, 식품공업협회, 1992.
22. 김운성, 이철호, 김성조, 이주돈, 문광현, 백승화

- (1995) : 알로에 첨가식이 흰쥐의 카드뮴 독성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, 27(4): 555-563.
23. 김미경, 백승민(1996) : 식이내 Calcium 수준이 흰쥐의 카드뮴가 납중독에 미치는 영향, 한국영양학회지, 29(9): 958-970.
24. 강경원(1997) : 카드뮴 및 청국장 첨가식이 흰쥐의 생육과 체내 카드뮴 분포에 미치는 영향. 건국대학교 석사학위논문.
25. 최미경, 김애정, 전예숙, 김화남, 노숙령, 승정자(1994) : 카드뮴의 장기 중독시 철분의 섭취 수준이 흰쥐의 체내 카드뮴 축적에 미치는 효과, 한국영양학회지, 27(7): 709-716.
26. 김미경, 서명숙(1996) : 식이내 단백질의 수준과 종류가 흰쥐의 Cadmium 중독에 미치는 영향, 한국영양학회지, 29(6): 578-589.
27. 안영미(1990) : 흰쥐의 카드뮴 독성에 대한 부추 (*Allium odorum* L.)의 방어효과에 관한 연구. 명지대학교 박사학위 논문.
28. Zenick H, Hastings L, Goldsmith M, Niewenhuis RJ(1982) : Chronic cadmium exposure: relation to male reproductive toxicity and subsequent fetal outcome. *J Toxicol Envir Health* 9(3): 377-387.
29. Pharikal K, Das PC, Dey CD, Dasgupta S(1988) : Tissue ascorbate as a metabolic marker in cadmium toxicity. *Int J Vit Nutr Res* 58(3): 306-311.
30. 이치호, 한규호, 최일신, 김충용, 조진국(1999) : 인진쑥의 열수 추출물이 흰쥐의 카드뮴 독성에 미치는 영향, 한국축산식품학회지, 19(2): 188-197.
31. Kozuma CK, Weisbroth SH, Stratman SL, Conejeros M(1969) : Normal biological values for Long-Evans rats, *Lab Anim Care* 19(5): 746-755.
32. 이인규, 김종규(2000) : 흰쥐의 장기에서 납과 카드뮴의 감소에 미치는 두충 추출물의 효과, 대한보건협회학술지, 26(1): 22-28.
33. 최성인, 이정희, 이서래(1994) : 동물실험에 의한 녹차음료의 카드뮴 및 납 제거효과, 한국식품과학회지, 26(6): 745-749.
34. 김미지, 이순재(1994) : 한국산 녹차, 우롱차 및 홍차 음료의 Cadmium 제거작용에 관한 연구, 한국영양식품학회지, 23(5): 784-791.
35. 류정미, 김미경(1996) : 식이내 Cysteine 수준이 흰쥐의 카드뮴과 납중독에 미치는 영향, 한국영양학회지, 29(6): 597-607.
36. 이혜영, 김미경(1988) : 식이내 Cadmium과 단백질 수준이 흰쥐의 체내 단백질 대사 및 Cadmium 중독에 미치는 영향, 한국영양학회지, 21(6): 410-420.
37. Suzuki Y(1980) : Cadmium metabolism and toxicity in rats after long-term subcutaneous administration. *J Toxicol Envir Health* 6(3): 469-482.
38. 이정우(2001) : 어성초로부터 활성성분의 분리와 약리효과, 원광대학교 한의학전문대학원 박사학위논문, pp. 212,.
39. Kinne RKH, Schutz H, Kinne-Saffran E(1995) : The effect of cadmium chloride in vitro on sodium-glutamate cotransport in brush border membrane vesicles isolated from rabbit kidney, *Toxicol and Applied Pharmacology* 135(2): 216-221.