

한국 고유의 산채류 첨가 식이가 흰쥐의 지방 대사 및 항산화능과 Cadmium 제독에 미치는 영향*

박진아·김미경

이화여자대학교 식품영양학과

Effect of Korean Native Plant Diet on Lipid Metabolism, Antioxidative Capacity and Cadmium Detoxification in Rats

Park, Jin Ah · Kim, Mi Kyung

Department of Food and Nutrition, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effects of Korean native plant diets on lipid and cadmium(Cd) metabolisms and also antioxidative enzyme activities in rats. Seventy male Sprague-Dawley rats weighing 210.3 ± 2.7 g were blocked into ten groups according to body weight. Rats were raised for four weeks with diets containing 0 or 0.04%(w/w) cadmium chloride and 5%(w/w) plant powder-Ssook(*Artemisia princeps* var. *orientalis* HARA), Chamchwi(*Aster scaber* THUNB.), Gomchwi(*Lingularia fischeri* TUBCZ.) or Soibeerum(*Portulaca oleracea* LINNE.). Food intake, weight gain, food efficiency ratio, and weights of liver, kidney, spleen and epididymal fat were significantly lower in Cd-exposed groups. Plasma total lipid level, liver total lipid, cholesterol and triglyceride concentrations, and fecal total lipid, cholesterol and triglyceride excretions were decreased by Cd administration. Total lipid and triglyceride concentrations in plasma and liver were lower in Chamchwi groups together with increased fecal total lipid and triglyceride excretions. Cholesterol concentrations in plasma and liver were lower in Gomchwi groups with increased fecal cholesterol excretions. Activities of red-blood-cell superoxide dismutase(SOD), and liver catalase, SOD and glutathione peroxidase (GSH-px) were decreased significantly by Cd administration. Thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) concentrations of plasma and liver were increased by Cd administration. Administration of plant diets decreased plasma and liver catalase, SOD and GSH-px activities in Cd-free diet groups and increased them in Cd-administered groups. Plasma and liver TBARS concentrations were decreased in animals fed plant diets, with Chamchwi showing the most effective antioxidative capacity. The concentration of Cd accumulated in blood and tissue decreased in Cd-exposed groups fed plant diets. Liver Cd concentrations were lower in the Chamchwi and Gomchwi groups, and kidney Cd levels were lower in the Ssook and Chamchwi groups. Feces weight, urinary and fecal Cd excretions were greater and Cd retention was lower in the plant-fed groups. Among them, Chamchwi was the most effective in Cd detoxification. In conclusion, Chamchwi and Gomchwi were effective in lowering tissue lipid levels, with Chamchwi having the greatest antioxidative and detoxifying effects. (*Korean J Nutrition* 32(4) : 353~368, 1999)

KEY WORDS : Korean native plant · lipid metabolism · antioxidative capacity · cadmium detoxification.

서론

1970년대 이후 한국 사회는 고도의 경제 성장기를 거치면서 영양부족 및 영양불량에서 오는 질환은 감소하는 반면 관상동맥질환, 대장암, 당뇨와 같이 영양과잉 혹은 불균형에서 오는 퇴행성 질환 및 오염된 생활환경으로 인한 질환은 지속적으로 증가하고 있다.^{1,2)} 이러한 식생활 및 질병의

양상 변화는 전통적으로 생존과 성장을 위한 식욕 충족 및 영양 공급으로 정의되던 식품의 기능을 인간의 기호를 충족시키는 기호성은 물론 노화와 질병을 예방하는 기능성으로까지 확장시켰다. 그리하여 과거에는 기호적 차원에서나 섭취되어오던 차, 향신료, 약용 식물은 물론, 최근에는 식품의 부산물 혹은 폐기물들도 새로운 기능성 식품의 소재로 주목받기에 이르렀다.³⁾ 이러한 추세에 일환으로 국내에서 자생하는 식용 및 약용 식물의 기능성에 대한 관심이 증가하고 있는데, 본 논문은 우리 나라 고유의 자생 식물 중에서 전통적으로 식용 및 약용으로 이용되어온 쑥, 참취, 곶취 및 석비름의 지방 축적 억제, 항산화능 및 중금속 제독 효과를 알

채택일 : 1999년 4월 14일

*This research was supported by the grant from National Agricultural Cooperative Federation(NACF).

아보고자 하였다.

쑥(학명: *Artemisia princeps* var. *orientalis* HARA), 참취(학명: *Aster scaber* THUNB.), 곰취(학명: *Lingularia fischeri* TUBCZ.)는 국화과(Compositae)에 속하는 다년생 초본들로 쑥은 소화불량, 만성 간염, 만성 위장염 등에, 참취와 곰취는 요통, 두통, 관절통 등에 약용으로 이용되어져 왔다. 쇠비름(학명: *Portulaca oleracea* LINNE.)은 전국 각지 어디서나 왕성하게 성장하는 다육질의 일년생 초본으로 한국보다는 중국에서 식용으로 애용되어져 왔으며 이뇨, 산혈, 해열 등의 효능이 알려져 있다.⁴⁾ 이들 산채류에서 연구의 관심이 되고 있는 기능성 성분으로는 건물기준 함량의 15~45%를 점유하는 것으로 알려진 식이 섬유⁵⁾와 rhamnose, glucose, rutinose 등의 당과 결합한 배당체의 형태로 여러 산채류에 존재하는 flavonoids⁶⁾를 비롯한 polyphenol류들이 있다.

1970년대부터 이미 그 생리적 기능이 주목받은 식이 섬유는 1976년 Trowell⁷⁾에 의해 인간의 소화효소에 의해 가수분해되지 않는 식물성 다당류와 lignin으로 정의되었다가 1991년 인간의 소화효소에 의해 소화되지 않는 난소화성 다당류의 총체로 재정의되면서⁸⁾ cellulose, hemicellulose, lignin, pectin, gums와 같은 식물성 성분뿐만 아니라 chitin, chitosan, chondroitin sulfates와 같은 동물성 다당류까지 포함하는 다양한 성분들을 지칭하기에 이르렀다. 이들의 생리적 효과는 물리화학적 특성에 따라 달라지는데 수용성 식이 섬유들은 소화기관에서 수화되면서 점도가 증가되거나 gel matrix를 형성하여 각종 영양 성분의 흡수를 감소시키고, 식이 cholesterol이나 담즙산과 결합하여 대변으로 배설됨으로써 혈청 cholesterol을 저하시켜¹⁰⁻¹¹⁾ 관상동맥질환을 예방하는 것으로¹²⁾ 알려져 있다. 이밖에도 glucose의 흡수를 저해하여¹³⁾¹⁴⁾ 당뇨병자의 glucose tolerance를 증진시키고,¹⁵⁾ 대장내 미생물에 의한 발효산물인 short chain fatty acid가 장내 pH를 낮추어 발암성 secondary 담즙산 생성을 억제시킴으로써 대장암을 예방한다고 한다.¹⁶⁾¹⁷⁾ 반면 불용성 식이 섬유들은 물을 흡수하여 팽창하며 대장내 미생물의 작용을 적게 받아 비발효 잔사로 식이 섬유의 matrix가 그대로 남게 되어 대변의 부피와 무게를 증가시키는 데 효과적이다.

Flavonoids는 1980년대부터 주목받기 시작한 담황색 또는 노란색을 띠고 있는 색소 화합물¹⁸⁾로서 항산화 효과를 나타내는 것으로 알려져 있으나 아직 그 이전에 대해서는 확실하게 밝혀져 있지 않다. 그러나, 이러한 항산화 효과는 low density lipoprotein(LDL)의 산화를 방지하고¹⁹⁾²⁰⁾ platelet의 응집을 억제함으로써²⁰⁾ 관상심장질환, 동맥경화

증, 혈전증, 고혈압을 예방하는 것으로 알려져 있으며 이밖에도 항암성, 항돌연변이성, 항염성, 항알레르기성 등 많은 기능성들이 보고되고 있다.

산업화로 인한 환경오염성 중금속 중의 하나인²¹⁾ cadmium(Cd)은 오염된 농작물이나 식수 섭취, 호흡을 통해 인체내에 축적되어 성장지연, 빈혈, 고혈압, 고혈당, 단백질 등의 독성을 나타내고 조직의 형태를 변화시켜 심장, 신장, 간, 골격 등에 질환을 유발한다.²²⁾ 경구 섭취된 Cd은 식이내 단백질,²³⁾ Ca,²⁴⁾ Zn,²⁵⁾ Cu,²⁶⁾ Fe,²⁶⁾ Se²⁷⁾과 같은 2가 금속이온, 식이 섬유와 같은 식이 인자에 의해 인체내로의 흡수에 많은 영향을 받는데 특히 양이온 교환능력으로 인해 Cu, Zn와 같은 미량 무기질의 생체 이용률에 영향을 미친다.²⁸⁾²⁹⁾ 식이 섬유는 Pb, Cd과 같은 중금속의 흡수 또한 억제함으로써 중금속 중독을 예방할 수 있다고 한다.³⁰⁾

이에 본 연구에서는 쑥, 참취, 곰취 및 쇠비름을 실험 재료로 동물 실험을 수행하여 이들 산채류가 흰쥐의 지방 대사 및 항산화능과 Cd 제독에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물의 사육 및 식이

생후 4주된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 70마리를 구입하여 실험 시작 전 1주일간 고품 배합 사료(삼양사료)로 적응시켰다. 적응 기간 후 체중이 210.33 ± 2.69 g된 쥐들을 체중에 따라 난괴법(randomized complete block design)에 의해 7마리씩 10군으로 분류하여 식이내 Cd(0%, 0.04%)과 산채류 급원(쑥, 참취, 곰취, 쇠비름)을 달리한 식이로 4주간 사육하였다.

실험 동물은 한 마리씩 분리하여 stainless steel cage에서 사육하였고, 식이와 탈이온 증류수를 제한 없이 먹게 하였다. 무기질의 오염을 방지하기 위하여 cage, 식이 그릇, 물병 등의 모든 기구를 0.4% EDTA 용액으로 세척한 후 탈이온 증류수로 헹구어 사용하였다.

본 실험에서 사용한 식이의 구성성분은 Table 1과 같았다.

식이의 탄수화물 급원으로는 전분(corn starch, 신동방)을, 지방 급원으로는 옥수수유(corn oil, 제일제당)를 사용하였으며, 단백질 급원으로는 casein(edible acid casein, Murry Goulburn Cooperative Co., Australia)을 사용하였다. 무기질과 비타민은 시약급을 사용하여 각각 식이 무게의 4%, 1% 수준으로, Cd은 cadmium chloride($CdCl_2$)를 식이 무게의 0.04%(400ppm, Cd으로는 245ppm) 수준으로 식이에 섞어 공급하였다.

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients\Groups	(g per kg diet)									
	NN	NS	NC	NG	NB	CdN	CdS	CdC	CdG	CdB
Corn starch	698	693	693	693	693	697.6	692.6	692.6	692.6	692.6
Casein	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Corn oil	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CdCl ₂	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Salt mixture	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Vitamin mixture	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Plant powder										
Ssook	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0
Cham Chi	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0
Gom Chi	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0
Soi Bee Rum	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5

1) AIN salt mixture(g/kg mixture) : Calcium phosphate, dibasic(CaHPO₄·2H₂O) 500, Sodium Chloride(NaCl) 74, Potassium citrate, monohydrate(K₂C₆H₅O₇·H₂O) 220, Potassium sulfate(K₂SO₄) 52, Magnesium oxide(MgO) 24, Manganous carbonate(45~48% Mn) 3.5, Ferric citrate (16~17% Fe) 6, Zinc carbonate(70% ZnO) 1.6, Cupric carbonate(53~55% Cu) 0.3, Potassium iodate(KIO₃) 0.01, Sodium selenite(Na₂SeO₃·5H₂O) 0.01, Chromium potassium sulfate(CrK(SO₄)₂·12H₂O) 0.55, Sucrose finely powdered, to make 1,000

2) AIN vitamin mixture(mg/kg mixture) : Thiamine HCl 600, Riboflavin 600, Pyridoxine · HCl 700, Nicotinic acid(Nicotinamide equivalent) 3,000, D-Calcium pantothenate 1,600, Folic acid 200, D-Biotin 20, Cyanocobalamine(vitamin B₁₂) 1, Retinyl palmitate(vitamin A) 120,000 retinol equivalents, DL- α -Tocopheryl acetate(vitamin E) 5,000 IU vitamin activity, Cholecalciferol 2.5(100,000IU, powder form), Menadione (vitamin K) 5.0, Sucrose finely powdered, to make 1,000

썩(예산산, 1997년산)과 참취(국내산, 1997년산)는 인근 소재 농협(신촌점)에서 구입하여 각각 3번 수세후 음건하였다. 곰취는 평창, 쇠비름은 김포에서 직접 채취하였는데 곰취는 3번 수세후 음건하고 쇠비름은 3번 수세후 40℃의 대류형 오븐(ND0600SD, EYELA)에서 1주일간 건조하였다. 이들은 각각 수분함량을 10% 이하로 낮추기 위하여 vacuum tray freeze-dryer(일신공업사)로 12시간 다시 냉동건조하여 infrared dryer(Sartorius)로 수분함량을 측정하였다. 썩은 ball-mill로, 썩을 제외한 나머지 산채류는 blender를 이용하여 20 mesh size의 체를 통과할 정도로 분말화하였으며 이 건분들은 각각 식이 무게의 5% 수준으로 식이에 섞어 공급하였다. 일부 건분들은 80 mesh(177 μ m)를 통과할 정도로 미세하게 분말화하여 식이 섬유 및 flavonoids 정량에 사용하였다.

식이 섭취량은 일주일에 3회 일정한 시각에 측정하였고, 체중은 일주일에 1회 같은 시각에 측정하였다. 식이 섭취에서 오는 갑작스런 체중의 변화를 막기 위하여 체중 측정 2시간 전에 식이 그릇을 빼주었다. 총 사육 기간의 체중 증가량을 같은 기간에 섭취한 식이량으로 나누어 식이 효율(food efficiency ratio, FER)을 계산하였다.

2. 뇨, 변, 혈액과 장기의 채취

Cadmium 공급군들의 Cd 보유율 측정을 위하여 실험 종료전 7일 동안 10,000ppm CdCl₂용액(Cd으로는 6.125ppm) 0.2ml를 하루에 한번 일정한 시각에 tube feeding하였다. 이

기간 동안 식이로의 Cd 공급을 중단하였으며, tube feeding으로 인한 stress를 고려하여 Cd 비공급군에게도 탈이온 증류수를 tube feeding하였다.

Cadmium을 tube feeding한지 3일째부터 뇨와 변을 채취하였다. 뇨와 변을 채취할 때는 식이에 의해 시료의 성분이 오염되는 것을 방지하기 위하여 식이 그릇을 대사장에 넣어주지 않았고, 탈이온 증류수는 제한 없이 공급하였다. 첫날에는 오전 8시부터 오후 8시까지, 둘째날에는 오후 8시부터 그 다음날 오전 8시까지 실험 동물을 대사장(metabolic cage)에 옮겨 뇨와 변을 채취하였고 이와 같이 채취한 뇨와 변을 1일간의 뇨와 변 배설량으로 간주하였다. 이 과정을 연속 2회 반복하여 2일간의 뇨와 변을 수거하여 분석에 이용하였다. 뇨와 변을 채취하지 않는 동안에는 원래의 사육장에 넣어 식이를 공급하였다. 뇨와 변으로의 Cd 배설량으로부터 Cd 공급군들의 Cd 보유율을 계산하였다.

뇨 채취 병은 무기질의 오염을 막기 위하여 0.4% EDTA 용액으로 세척한 후 탈이온 증류수로 헹구어 사용하였고, 뇨의 부패를 방지하기 위하여 소량의 toluene을 넣어주었다. 채취한 뇨는 탈이온 증류수로 80ml가 되도록 희석한 후 3,000rpm에서 30분간 원심 분리하여 상층액만 냉동 보관하였다가 Cd과 단백질 분석에 이용하였다. 변은 젖은 상태로 냉동 보관하였다가 105℃ drying oven에서 항량이 될 때까지 건조시켜 지방 및 Cd 분석에 이용하였다.

실험 기간이 종료된 실험동물을 12시간 절식시키고 diethyl ether로 마취시켜 개복한 후 3.8% sodium citrate

용액 0.1ml로 coating시킨 10ml 주사기를 이용하여 심장에서 혈액을 채취하였다. 혈액의 일부는 2% heparin으로 처리한 시험관에 받아 냉동 보관하였다가 Cd 농도를 측정하였고, 나머지 혈액은 EDTA로 coating된 polystyrene 원심분리관에 담아 ice bath에 20분간 방치한 후 원심분리기(Sorvall, RT 6000B)로 2,800rpm, 4°C에서 30분간 원심분리하여 아래층의 적혈구로부터 혈장을 분리하였다. 분리한 혈장은 혈장내 지질 및 지질과산화물의 양을 측정하기 위해 -70°C deep freezer에 보관하였다.

적혈구층은 동량의 ice cold saline을 첨가하여 원심분리기로 2,800rpm, 4°C에서 10분간 원심분리하는 세척과정을 3차례 반복하여 washed RBC를 얻었다. 이 RBC를 cell과 0.9% NaCl buffer의 부피비가 1:1이 되도록 희석하여 50% hematocrit suspension(RBC suspension)을 만든 후 항산화 효소의 활성을 측정하기 위해 -70°C deep freezer에 보관하였다.

혈액 채취 후 ice bath위에서 즉시 간을 적출하여 ice cold saline에 넣어 세척한 다음 무게를 측정하고 곧바로 -70°C deep freezer에 보관하여 지질 및 Cd 농도, 항산화 효소의 활성과 과산화물의 양을 측정하였다. 소장은 십이지장 시작 부위부터 회장 끝부분까지 분리해 내어 장내용물을 제거한 후 무게를 측정하고 Cd 분석전까지 -70°C deep freezer에 보관하였다. 신장 역시 적출하여 무게를 측정하고 Cd를 분석하기 위해 -70°C deep freezer에 보관하였다. 비장과 부고환지방은 적출하여 무게를 측정하였다. 장기 채취에 사용된 모든 기구들은 무기질의 오염을 방지하기 위하여 0.4% EDTA 용액으로 처리한 후 탈이온 증류수로 헹구어 사용하였다.

3. 생화학적 분석

혈장의 총지방 농도는 Frings법,³¹⁾ 간과 변의 총지방 농도는 Bligh & Dyer법³²⁾으로, 혈장과 간, 변의 cholesterol 농도는 Zak법³³⁾으로 측정하였다. 혈장과 간, 변의 중성 지방 농도는 lipoprotein lipase를 포함하는 효소법 kit(아산제약)를 이용하여 550nm의 spectrophotometer(Spectronic 301, Milton Roy)에서 비색정량하였다.

혈장의 thiobarbituric acid reactive substance(TBARS)농도는 Yagi법³⁴⁾으로 1, 1, 4, 4-tetramethoxypropane을 표준용액으로 excitation 515nm, emission 553nm의 luminescence spectrometer(Perkin Elmer, LS 50)로 정량하였다. 간의 TBARS 농도는 Buckingham법³⁵⁾을 변형하여 측정하였다.

적혈구와 간의 catalase 활성은 Johansson과 Hakan Borg법³⁶⁾으로 측정하였다. Superoxide dismutase(SOD) 활성은 Folcher등의 방법³⁷⁾과 남정혜의 방법³⁸⁾을 변형하여 측정하였는데 이 방법은 xanthine이 xanthine oxidase의 작용을 받아 superoxide를 생성하고 이 superoxide가 ferricytochrome C(Fe^{+++})를 ferrouscytochrome C(Fe^{++})로 환원시키는데 이때 SOD가 존재하면 이 반응이 저해되는 원리를 이용한 것이다. 적혈구와 간의 glutathione peroxidase(GSH-px)의 활성은 Pahlia등의 방법³⁹⁾과 Flohe 등의 방법⁴⁰⁾을 이용하여 측정하였다. Glutathione peroxidase는 H_2O_2 와 환원형 glutathione(GSH)의 반응에 관여하여 산화형 glutathione(GSSG)를 생성하고 이 GSSG는 glutathione reductase의 작용으로 NADPH를 NADP로 산화시키며 GSH로 다시 환원된다. 따라서, 본 실험에서는 분당 산화되는 NADPH의 흡광도를 30초 간격으로 4분간 측정하였다.

혈액과 뇨의 Cd 농도는 Zinterhofer법⁴¹⁾으로, 조직의 Cd 농도는 Yeager법⁴²⁾에 의하여 파장 228.8nm의 atomic absorption spectrophotometer(AAS, Model 2380, Perkin-Elmer Co.)로 정량하였다. 뇨의 단백질 배설량 및 효소원의 단백질은 Lowry법⁴³⁾으로 파장 660nm의 spectrophotometer에서 비색정량하였다.

4. 식이 섬유와 flavonoids의 정량분석

본 실험에서 사용한 산채류 급원의 식이 섬유 함량은 AOAC 공인 방법인 Lee 등의 방법⁴⁴⁾으로 정량하였다. 건조 시료 1g에 차례로 α -amylase, protease, amyloglucosidase를 첨가하여 여과한 후, crucible에 남은 residue는 그대로 건조하여 불용성 식이 섬유의 양으로 간주하고, 여과액은 95% ethanol로 침전시킨 후 재여과하고 이 때의 residue를 건조한 것을 수용성 식이 섬유의 양으로 간주하였다. 이렇게 하여 얻어진 수용성 식이 섬유와 불용성 식이 섬유의 양을 합하여 총 식이 섬유의 양으로 산출하였다. Flavonoids의 함량은 건조시료 1g에 50% methanol을 가하여 환류 추출한 것을 420nm의 spectrophotometer로 비색정량하는 강 등의 방법⁴⁵⁾을 사용하였다.

5. 통계 처리

본 연구의 모든 분석 결과는 실험군당 평균과 표준 오차를 계산하였고, $\alpha=0.05$ 수준에서 이원배치 분산분석(two-way analysis of variance)을 한 후 $\alpha=0.05$ 수준에서 Tukey's studentized range test에 의하여 각 실험군의 평균치간의 유의성을 검정하였다.

실험 결과

1. 식이 섬유와 flavonoids의 함량

본 실험에서 사용한 썩, 참취, 곰취 및 쇠비름 건분의 식이 섬유 및 flavonoids의 수율은 Table 2와 같았다.

각 산채류 급원의 수분 함량은 썩이 8.00%, 참취가 6.42%, 곰취가 6.46%, 쇠비름이 7.36%였다. 썩은 불용성 식이 섬유가 38.19%, 수용성 식이 섬유가 7.19%였고 이로부터 산출한 총 식이 섬유가 45.38%였다. 참취는 불용성 식이 섬유가 36.13%, 수용성 식이 섬유가 4.04%, 총 식이 섬유가 40.17%였으며, 곰취는 불용성 식이 섬유가 31.98%, 수용성 식이 섬유가 4.04%, 총 식이 섬유가 39.45%였다. 쇠비름은 불용성 식이 섬유가 32.41%, 수용성 식이 섬유가 7.44%, 총 식이 섬유가 39.85%였다. 총 flavonoids는 썩이 4.82%, 참취가 4.19%, 곰취가 2.65%, 쇠비름이 0.24%였다.

2. 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이 효율

실험 동물의 하루 평균 식이 섭취량, 실험 4주간의 체중 증가량 및 이로부터 계산한 식이 효율을 Table 3에 제시하였다.

식이 섭취량은 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들보다 유의적으로 높았다. 산채류 급원에 따른 유의적 차이는 관찰되지 않았으나 Cd 공급군들 내에서 썩과 참취군은 산채류 급원을 첨가하지 않은 대조군보다 높고, 곰취와 쇠비름군은 대조군보다 낮았다.

실험 기간 동안의 체중 증가량 및 식이 효율은 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들보다 높았다. 또한 산채류 급원의 영향도 있어 썩과 참취군이 산채류 급원을 첨가하지 않은 대조군보다 높고 곰취와 쇠비름군이 대조군보다 낮았다. 특히 Cd 공급군들 중에서 쇠비름군의 식이 효율이 현저하게 저하되어 Cd 공급으로 인한 영향을 다른 산채류 급원 첨가군들보다 더 많이 받

Table 2. Contents of moisture, dietary fibers and flavonoids in plant powders (%)

Constituent ¹⁾	Plant powder			
	Ssook	Cham Chwi	Gom Chwi	Soi Bee Rum
Moisture	8.00	6.42	6.46	7.36
Total dietary fibers ²⁾	45.38	40.17	39.45	39.85
Insoluble dietary fibers	38.19	36.13	31.98	32.41
Soluble dietary fibers	7.19	4.04	7.47	7.44
Total flavonoids	4.82	4.19	2.65	0.24

1) Mean of triplicate trials

2) Insoluble plus soluble dietary fibers

은 것으로 보인다.

3. 장기 무게

실험 동물의 간, 신장, 소장, 비장 및 부고환 지방의 무게는 Table 4과 같았다.

간, 신장, 비장 및 부고환 지방의 무게는 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들보다 높았으며 산채류 급원에 의한 유의적 영향은 관찰되지 않았다.

소장의 무게는 Cd 공급 유무 및 산채류 급원에 의한 유의적 영향은 받지 않았으나 다른 조직과는 달리 Cd 공급군들이 Cd를 공급받지 않은 군들보다 더 높은 경향을 보였다.

4. 혈장의 지질 농도

혈장의 지질 분석 결과는 Table 5와 같았다.

혈장의 총지방 농도는 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들보다 높았다. 산채류 급원에 의한 영향도 관찰되었는데 일반적으로 썩군은 산채류 급원을 첨가하지 않은 대조군과 유사한 반면 참취, 곰취, 쇠비름군은 이들보다 낮았으며 그 중에서도 쇠비름군이 가장 낮았다.

혈장의 cholesterol 농도는 Cd 공급 유무에 의한 유의적 영향은 관찰되지 않았다. 그러나, 산채류 급원에 의한 영향이 있어 혈장 총지방 농도처럼 썩군의 cholesterol 농도는 대조군과 유사한 반면, 참취, 곰취, 쇠비름군의 cholesterol 농도는 이들보다 낮았고, 그 중에서도 쇠비름군이 가장

Table 3. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio

Group	Food intake (g/day)	Body weight gain(g/4 weeks)	Food efficiency ratio
NN	122.43±0.86 ²⁾	136.23±4.72 ^a	0.260±0.009 ^a
NS	21.98±0.71 ^a	151.27±5.61 ^a	0.274±0.011 ^a
NC	21.89±0.34 ^a	141.68±4.22 ^a	0.276±0.006 ^a
NG	21.72±0.45 ^a	128.08±9.70 ^a	0.239±0.015 ^a
NB	22.90±0.62 ^a	128.25±6.04 ^a	0.241±0.012 ^a
CdN	14.41±0.47 ^{bc}	42.80±7.24 ^b	0.124±0.021 ^{bc}
CdS	15.22±0.66 ^b	46.40±5.25 ^b	0.149±0.011 ^b
CdC	15.27±0.55 ^b	64.33±4.73 ^b	0.165±0.010 ^b
CdG	12.90±1.11 ^c	37.93±5.35 ^b	0.126±0.007 ^{bc}
CdB	13.86±0.89 ^{bc}	25.58±3.69 ^b	0.072±0.015 ^c
Significant factor ³⁾	A	A, B	A, B

1) Mean ± SEM(n=7)

2) Values with different alphabet within the column are significantly different at α=0.05 by Tukey's studentized range test

3) Statistical significance of dietary factors was calculated by 2-way ANOVA and significant factor notations used are as follows : A : Effect of Cd administration was significant at α=0.05, B : Effect of plant variety was significant at α=0.05, AB : Effect of cadmium administration × plant variety interaction was significant at α=0.05

Table 4. Organ weights(g)

Groups	Liver	Small intestine	Kidney	Spleen	Epididymal fat
NN	¹⁾ 10.27±0.57 ^{ab2)}	5.63±0.42 ^{N5.4)}	2.26±0.08 ^a	0.57±0.02 ^{abc}	5.40±0.55 ^a
NS	10.70±0.66 ^a	5.86±0.31	2.28±0.06 ^a	0.54±0.03 ^{abc}	4.78±0.56 ^a
NC	10.35±0.64 ^a	5.99±0.34	2.25±0.10 ^{ab}	0.60±0.03 ^{ab}	5.65±0.79 ^a
NG	10.03±0.53 ^{ab}	5.53±0.30	2.13±0.07 ^{abc}	0.52±0.04 ^{abc}	4.22±0.44 ^{ab}
NB	10.52±0.53 ^a	5.72±0.43	2.47±0.16 ^a	0.69±0.12 ^a	4.63±0.43 ^a
CdN	7.39±0.47 ^c	6.34±0.35	1.65±0.06 ^c	0.44±0.04 ^{bc}	2.45±0.18 ^{bc}
CdS	7.84±0.57 ^{bc}	7.08±0.40	1.78±0.13 ^{cd}	0.41±0.03 ^{bc}	2.49±0.23 ^{bc}
CdC	7.23±0.37 ^c	6.77±0.28	1.82±0.07 ^{bcd}	0.43±0.03 ^{bc}	2.24±0.31 ^{bc}
CdG	7.49±0.48 ^c	6.40±0.49	1.70±0.05 ^{cd}	0.43±0.02 ^{bc}	1.87±0.20 ^c
CdB	6.53±0.52 ^c	6.72±0.29	1.58±0.09 ^d	0.36±0.02 ^{bc}	1.52±0.15 ^c
Significant factor ³⁾	A		A	A	A

1-3) See Table 3

4) Not significant at α=0.05 by Tukey's studentized range test

Table 5. Plasma total lipid, cholesterol and triglyceride concentrations (mg/100ml)

Groups	Plasma total lipid	Plasma cholesterol	Plasma TG
NN	¹⁾ 240.01±20.39 ^{a2)}	76.14±5.11 ^{N5.4)}	82.81±17.34 ^a
NS	213.60±13.38 ^{ab}	72.64±1.03	53.05±10.57 ^{ab}
NC	183.62±12.79 ^{abc}	67.48±5.11	45.33±3.57 ^{ab}
NG	190.94±10.85 ^{abc}	64.37±2.25	48.86±6.54 ^{ab}
NB	167.91±12.02 ^{bc}	58.77±4.18	41.74±3.91 ^b
CdN	207.00±15.00 ^{abc}	71.09±3.97	67.91±8.80 ^{ab}
CdS	202.89±13.14 ^{abc}	71.47±5.55	42.35±7.08 ^b
CdC	161.85±11.89 ^{bc}	65.03±4.13	31.70±5.43 ^b
CdG	169.88±5.35 ^{bc}	60.24±1.90	40.07±2.74 ^b
CdB	148.39±12.28 ^c	59.96±2.32	36.29±2.96 ^b
Significant factor ³⁾	A, B	B	B

1-3) See Table 3

4) See Table 4

낮았다.

혈장의 중성 지방 농도는 Cd 공급 유무에 의한 유의적 영향은 받지 않았으나 일반적으로 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들보다 높은 경향을 나타내었다. 반면 산채류 급원에 의한 유의적 영향이 관찰되었는데 Cd 공급 여부에 관계없이 산채류 급원 첨가군들의 중성 지방 농도가 대조군들보다 더 낮았으며 Cd 공급시에는 참취군이, Cd 비공급시에는 쇠비름군의 농도가 가장 낮았다.

5. 간의 지질 농도

간의 지질 분석 결과는 Table 6에 제시하였다.

간의 총지방 및 중성 지방 농도는 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들보다 높았다. 산채류 급원에 의한 영향도 관찰되었는데 일반적으로 산채류 급원 첨가군들이 대조군보다 낮았으며 그 중에서 썩군군의 총지방 및 중성 지방 농도가 대조군과 유사한 반면 참

Table 6. Liver total lipid, cholesterol and triglyceride concentrations (mg/g wet wt)

Group	Liver total lipid	Liver cholesterol	Liver TG
NN	¹⁾ 47.38±2.19 ^{a2)}	4.21±0.22 ^a	10.38±1.04 ^a
NS	42.10±3.09 ^{ab}	3.94±0.09 ^{ab}	9.58±1.24 ^a
NC	39.52±1.66 ^{ab}	3.75±0.24 ^{ab}	7.49±1.60 ^{abc}
NG	41.92±4.16 ^{ab}	3.67±0.14 ^{ab}	7.91±1.01 ^{ab}
NB	36.35±2.63 ^{ab}	3.66±0.18 ^{ab}	6.28±1.04 ^{abcd}
CdN	41.13±5.53 ^{ab}	3.38±0.09 ^b	4.75±0.97 ^{bcd}
CdS	35.02±2.44 ^{ab}	3.35±0.11 ^b	3.62±0.33 ^{bcd}
CdC	32.33±2.58 ^b	3.33±0.09 ^b	2.88±0.41 ^d
CdG	34.75±2.28 ^{ab}	3.26±0.23 ^b	3.46±0.74 ^{cd}
CdB	33.23±2.29 ^{ab}	3.24±0.16 ^b	2.69±0.34 ^d
Significant factor ³⁾	A, B	A	A, B

1-3) See Table 3

취, 곰취, 쇠비름군의 농도는 더 낮았다.

간의 cholesterol 농도는 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들보다 더 높게 나타났으나 산채류 급원에 의한 유의적 영향은 관찰되지 않았다.

6. 변의 지질 배설량

변의 무게 및 지질 분석 결과는 Table 7과 같았다.

변 무게의 경우 산채류 급원 첨가군에서 유의적으로 증가하였다. 산채류 급원을 첨가하지 않은 대조군들은 Cd 공급 유무의 영향을 받지 않았으나 산채류 급원 첨가군에서는 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들에 비하여 높았고, 그 중에서도 참취와 곰취군이 썩군, 쇠비름군에 비하여 높았다.

변의 총지방 배설량은 Cd 공급 유무에 따른 차이는 없었으나 산채류 급원의 영향을 받아 산채류 급원 첨가군들이 대조군들보다 높았으며 산채류 급원 첨가군들 중에서는 참취군이 가장 높고 곰취, 썩, 쇠비름의 순으로 감소하는 경향

Table 7. Feces weight, and fecal total lipid, cholesterol and triglyceride excretions

Groups	Fecal weight(g dry weight/day)	Fecal total lipid(mg/day)	Fecal cholesterol(mg/day)	Fecal TG(mg/day)
NN	¹⁾ 0.36±0.04 ^{ab2)}	35.80±2.38 ^b	0.60±0.04 ^{cd}	0.95±0.07 ^c
NS	0.98±0.05 ^{ab}	74.07±11.67 ^a	1.23±0.16 ^{ab}	3.11±0.40 ^{ab}
NC	1.09±0.10 ^a	75.25±8.94 ^a	1.24±0.08 ^{ab}	3.72±0.53 ^a
NG	1.10±0.08 ^a	74.95±8.37 ^a	1.54±0.23 ^a	3.42±0.64 ^{ab}
NB	0.95±0.06 ^{ab}	66.57±5.46 ^{ab}	1.04±0.10 ^{abc}	2.67±0.52 ^{abc}
CdN	0.40±0.05 ^d	42.53±4.06 ^{ab}	0.50±0.03 ^d	0.85±0.10 ^f
CdS	0.66±0.08 ^{bcd}	58.07±7.71 ^{ab}	1.01±0.14 ^{bcd}	1.84±0.20 ^{abc}
CdC	0.83±0.09 ^{abc}	67.40±9.24 ^{ab}	0.86±0.12 ^{bcd}	2.96±0.20 ^{ab}
CdG	0.73±0.05 ^{bc}	62.48±9.22 ^{ab}	1.07±0.14 ^{abc}	2.23±0.44 ^{abc}
CdB	0.61±0.05 ^{cd}	54.30±6.76 ^{ab}	0.73±0.03 ^{bcd}	1.61±0.25 ^{bc}
Significant factor ³⁾	A, B, AB	B	A, B	A, B

1-3) See Table 3

Table 8. Plasma TBARS level and antioxidative enzyme activities of erythrocyte in rat⁵⁾

Groups	TBARS	Catalase	Superoxide dismutase	Glutathione peroxidase
NN	¹⁾ 26.64±1.72 ^{ab2)}	256.71±17.36 ^{N.S.4)}	22.16±1.21 ^a	197.83±17.76 ^{N.S.5)}
NS	21.60±1.56 ^{ab}	237.37±25.06	19.21±1.74 ^{ab}	181.59± 8.44
NC	20.38±2.89 ^b	236.43±21.48	19.08±1.88 ^{ab}	176.06±11.74
NG	22.09±2.96 ^{ab}	239.01±25.18	19.93±0.64 ^{ab}	179.93±11.21
NB	24.02±2.36 ^{ab}	242.91±34.97	20.78±1.96 ^a	179.14± 6.99
CdN	35.78±2.66 ^a	189.25±22.75	11.61±1.38 ^c	148.73±10.16
CdS	29.37±4.10 ^{ab}	211.30±16.88	16.29±1.15 ^{abc}	166.69±11.17
CdC	26.10±0.98 ^{ab}	222.68±38.40	17.66±1.76 ^{abc}	171.84±14.42
CdG	30.37±2.46 ^{ab}	202.80±25.15	15.77±1.11 ^{abc}	163.01±10.61
CdB	33.34±5.25 ^{ab}	198.53±14.92	13.33±1.74 ^{bc}	145.92± 6.57
Significant factor ³⁾	A	A	A, AB	A

1-3) See Table 3

4) See Table 4

5) Thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) are expressed as nmoles per 100ml plasma. Catalase activities are expressed as nmoles formaldehyde utilized as standard per minute per mg protein. Superoxide dismutase(SOD) activities are expressed as Units per minute per mg protein(1 Unit is defined by the inhibition of cytochrome C reduction by 50%). Glutathione peroxidase(GSH-px) activities are expressed as nmoles NADPH oxidized per minute per mg protein

을 보였다.

변의 cholesterol 및 중성 지방 배설량은 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd를 공급받지 않은 군들이 Cd 공급군들보다 높았다. 산채류 급원에 의한 영향도 있었는데 산채류 급원 첨가군들이 대조군들보다 높았으며 cholesterol 배설량은 곰취군이, 중성 지방 배설량은 참취군이 가장 높았다.

7. 혈장의 과산화지질과 적혈구 항산화 효소들의 활성

혈장의 과산화지질(Thiobarbituric acid reactive substance, TBARS) 및 적혈구에 존재하는 항산화 효소들의 활성을 Table 8에 제시하였다.

혈장의 과산화지질 농도는 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급군들이 Cd를 공급하지 않은 군들보다 높았다(Fig. 1). 산채류 급원에 의한 유의적 영향은 나타나지 않았으나 Cd 공급 유무에 관계없이 쇠비름군의 혈장 과산화지질 농

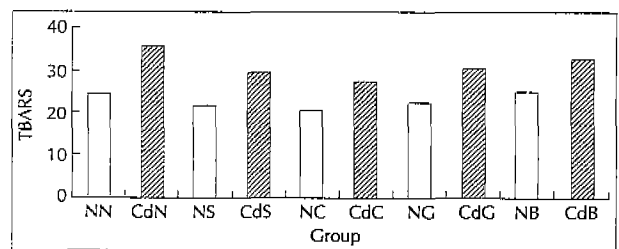


Fig. 1. Plasam TBARS level.

도가 산채류 급원을 첨가하지 않은 대조군과 비슷하였고, 곰취군, 쑥군 순으로 감소하여 참취군의 혈장 과산화지질 농도가 가장 낮았다.

적혈구 catalase와 GSH-px의 활성은 유의적 차이는 나타나지 않았으나 Cd 공급시 활성이 저하되는 경향을 나타내었다. 적혈구 SOD의 활성은 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급시 활성이 저하되었다(Fig. 2). 또한 Cd과 산채류

급원의 상호작용의 영향을 받아 Cd를 공급받지 않은 군에서는 대조군의 활성이 가장 높고 참취군의 활성이 가장 낮았으나 Cd 공급군에서는 대조군의 활성이 가장 낮고 참취군의 활성이 가장 높았다.

8. 간의 과산화지질과 항산화 효소들의 활성

간의 과산화지질 및 간에 존재하는 항산화 효소들의 활성을 Table 9에 제시하였다.

간의 과산화지질 농도는 Cd 공급 유무, 산채류 급원의 영향을 받아 Cd 공급군들이 Cd를 공급받지 않은 군들보다, 산채류 급원을 첨가하지 않은 대조군들이 첨가군들보다 더 높게 나타났다(Fig. 3). Cd 공급 유무에 관계없이 쇠비름 군들의 과산화지질 농도가 대조군들과 유사한 반면, 썩균, 곰취군의 순으로 감소하여 참취군의 농도가 가장 낮았다.

간 catalase와 SOD의 활성은 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급군들이 Cd를 공급받지 않은 군들보다 유의적으로 낮았다. 산채류 급원에 의한 유의적 영향은 나타나지 않았으나 Cd를 공급받지 않은 군에서는 대조군의 활성이 가장 높고, 참취군의 활성이 가장 낮은 반면 Cd 공급군에서는 대조군의 활성이 가장 낮고 참취군의 활성이 가장 높았다. 간 GSH-px의 활성은 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급군들의 활성이 비공급군들의 약 50% 수준으로 현저하게 저하

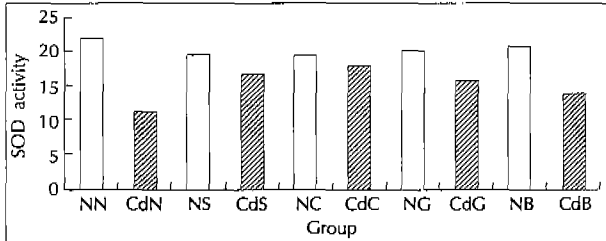


Fig. 2. SOD activity in erythrocyte.

되었다(Fig. 4). Cd 공급으로 인한 심각한 활성 저하로 산채류 급원간의 차이는 관찰되지 않은 것으로 추정된다.

간의 경우 앞에서 측정된 적혈구보다 항산화 효소들의 활성이 Cd 공급 유무, 산채류 급원에 더 민감하게 반응하는 것으로 보이며 Cd으로 인한 효소의 활성 저하가 간의 간의 과산화지질 농도를 증가시키는 것으로 추정된다.

9. 혈액과 소장, 간, 신장의 Cd 농도

혈액과 조직의 Cd 농도는 Table 10와 같았다.

혈액의 Cd 농도는 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급 군들이 Cd를 공급받지 않은 군들보다 높았으며 산채류 급원 및 Cd와 산채류 급원간의 상호 작용의 영향을 받아 Cd 공급군들에서는 산채류 급원을 첨가하지 않은 대조군이 첨가군들보다 유의적으로 높았으나 Cd를 공급받지 않은 군들에서는 유의적 차이가 없었다.

소장의 Cd 농도는 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급 군들이 Cd를 공급받지 않은 군들보다 높았다. 산채류 급원에 의한 유의적 차이는 나타나지 않았으나 대조군들이 첨가 군들보다 더 높은 경향을 나타내었다.

간과 신장의 Cd 농도는 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급군들이 Cd를 공급받지 않은 군들보다 높았으며 산채류 급원 및 Cd와 산채류 급원간의 상호 작용의 영향을 받아 Cd 공급군들에서는 대조군이 첨가군들보다 유의적으로 높았으나 Cd 비공급군들에서는 유의적 차이가 없었다. 산채류 급원의 첨가가 조직의 Cd 농도에 미치는 영향은 조직에 따라 틀려지는데 소장에서는 유의적 차이가 없었으며 간에서는 참취와 곰취군이, 신장에서는 썩과 참취군이 다른 산채류 급원 첨가군들보다 더 낮았다.

10. 뇨와 변의 Cd 배설량과 보유율

뇨의 단백질 배설량과 뇨와 변으로의 Cd 배설량 및 보유

Table 9. Liver TBARS level and antioxidative enzyme activities in rat¹⁾

Groups	TBARS	Catalase	Superoxide dismutase	Glutathione reductase
NN	¹⁾ 4.07 ± 0.28 ^{abc2)}	823.18 ± 50.13 ^a	41.66 ± 2.10 ^a	575.75 ± 45.93 ^a
NS	3.30 ± 0.17 ^{bc}	629.64 ± 49.33 ^{abc}	36.38 ± 1.42 ^{abc}	497.18 ± 25.81 ^a
NC	2.53 ± 0.09 ^c	616.15 ± 31.55 ^{bc}	35.87 ± 1.48 ^{abc}	489.65 ± 48.66 ^a
NG	3.64 ± 0.27 ^{bc}	661.13 ± 16.09 ^{abc}	37.08 ± 0.61 ^{abc}	556.54 ± 44.47 ^a
NB	3.72 ± 0.40 ^{bc}	798.07 ± 30.65 ^{ab}	40.36 ± 0.83 ^{ab}	569.58 ± 47.18 ^a
CdN	5.73 ± 0.86 ^a	483.07 ± 88.39 ^c	33.50 ± 2.21 ^c	203.69 ± 27.82 ^b
CdS	4.19 ± 0.48 ^{abc}	570.45 ± 22.46 ^c	34.20 ± 1.10 ^{bc}	254.33 ± 25.54 ^b
CdC	4.08 ± 0.16 ^{abc}	588.75 ± 36.73 ^c	34.79 ± 1.08 ^{bc}	282.45 ± 18.96 ^b
CdG	4.83 ± 0.22 ^{ab}	562.36 ± 34.51 ^c	33.86 ± 0.87 ^c	248.81 ± 44.16 ^b
CdB	5.07 ± 0.31 ^{ab}	549.85 ± 39.27 ^c	33.76 ± 1.20 ^c	245.10 ± 33.98 ^b
Significant factor ³⁾	A, B	A, AB	A	A

1-3) See Table 3

4) See Table 8

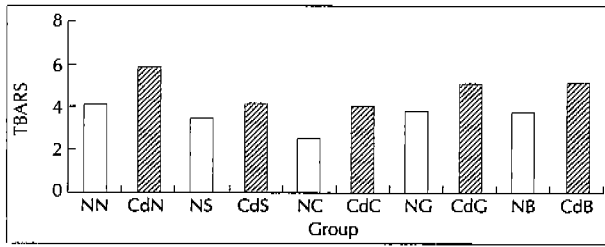


Fig. 3. Liver TBARS level.

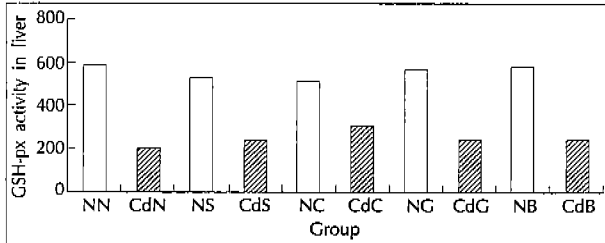


Fig. 4. GSH-px activity in liver.

을 Table 11에 제시하였다.

노와 변의 Cd 배설량은 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급군들이 Cd를 공급받지 않은 군들보다 높았다. 산채류 급원 및 상호 작용의 영향도 관찰되었는데 Cd를 공급받지 않은 군에서는 유의적 차이가 없는 반면 Cd 공급군들에서는 산채류 급원 첨가군들이 대조군들보다 유의적으로 더 높았으며 그 중에서 참취군이 가장 높았고 쇠비름군이 가장 낮았다. 이러한 결과는 노와 변의 Cd 배설량으로부터 계산하는 Cd 보유율에도 반영되어 산채류 급원 첨가군들이 대조군들보다 유의적으로 낮았으며 그 중 참취군이 가장 낮고 쇠비름군이 가장 높았다.

11. 뇨의 단백질 배설량(신장기능)

만성적인 Cd 중독의 target organ으로 알려진 신장의 기능 이상을 판단하기 위하여 뇨의 단백질 배설량을 측정하였다. 만성적인 Cd 중독시 신장에 Cd이 축적되어 신장 기

Table 10. Cadmium concentrations in blood, small intestine, liver and kidney

Groups	Blood Cd(µg/100ml)	Intestine Cd(µg/g wet wt)	Liver Cd(µg/g wet wt)	Kidney Cd(µg/g wet wt)
NN	¹⁾ 2.78±0.45 ^{cd2)}	2.73±1.48 ^a	0.99±0.14 ^c	1.82±0.11 ^c
NS	1.48±0.15 ^c	0.73±0.08 ^a	0.69±0.12 ^c	1.12±0.08 ^e
NC	1.41±0.15 ^c	0.73±0.02 ^a	0.73±0.17 ^c	0.96±0.12 ^e
NG	1.61±0.14 ^c	0.81±0.06 ^a	0.76±0.17 ^c	0.84±0.15 ^e
NB	1.65±0.23 ^c	0.83±0.04 ^a	0.77±0.10 ^c	0.98±0.09 ^e
CdN	34.32±2.68 ^a	13.09±0.62 ^b	37.13±3.37 ^a	70.44±4.69 ^a
CdS	22.11±3.07 ^b	10.58±1.56 ^b	28.30±2.07 ^{ab}	49.38±1.41 ^{cd}
CdC	19.51±2.23 ^b	11.29±1.15 ^b	25.75±3.49 ^b	42.96±2.46 ^d
CdG	22.38±2.12 ^b	11.52±1.37 ^b	21.12±1.79 ^b	56.30±5.08 ^{bc}
CdB	24.72±3.16 ^b	12.32±1.67 ^b	29.90±2.89 ^{ab}	62.62±4.58 ^{ab}
Significant factor ³⁾	A, B, AB	A	A, B, AB	A, B, AB

1-3) See Table 3

Table 11. Urinary protein, urinary and fecal Cd excretions and Cd retention ratio

Groups	Urinary protein(mg/day)	Urinary Cd(µg/day)	Fecal Cd(µg/day)	Cd retention ratio(%)
NN	¹⁾ 0.88±0.06 ^{abcd2)}	0.44±0.07 ^d	2.55± 0.37 ^a	-
NS	0.68±0.06 ^{cd}	0.83±0.09 ^d	8.48± 1.25 ^a	-
NC	0.62±0.07 ^d	0.83±0.13 ^d	9.15± 1.42 ^a	-
NG	0.68±0.11 ^{cd}	0.81±0.08 ^d	7.75± 0.32 ^a	-
NB	0.84±0.11 ^{bcd}	0.79±0.07 ^d	7.13± 1.74 ^a	-
CdN	1.15±0.03 ^a	3.70±0.19 ^c	345.7 ± 62.0 ^a	77.95±2.14 ^a
CdS	0.80±0.03 ^{cd}	6.38±0.22 ^{bc}	950.6 ±202.6 ^b	48.96±6.32 ^b
CdC	0.70±0.03 ^{cd}	8.71±0.91 ^a	1109.8 ± 99.3 ^b	43.59±3.56 ^{ab}
CdG	0.97±0.04 ^{abc}	5.10±0.47 ^{bc}	936.9 ±100.0 ^b	54.78±5.37 ^b
CdB	1.11±0.05 ^{ab}	4.38±0.55 ^c	843.4 ±146.6 ^b	57.57±7.27 ^b
Significant factor ³⁾	A, B	A, B, AB	A, B, AB	B

1-3) See Table 3

4) Cd retention ratio=[Tube administered Cd - {urinary Cd excretion(µg/day)+fecal Cd excretion(µg/day)}]/tube administered Cd×100

능에 이상을 가져오게 되고 결국 소변으로의 단백질 배설량이 증가하게 된다. 본 실험에서 뇨의 단백질 배설량은 Cd 공급 유무의 영향을 받아 Cd 공급군들이 Cd을 공급받지 않은 군들보다 높았다. 또한 산채류 급원의 영향을 받아 산채류 급원 첨가군들이 대조군들보다 낮았으며 그 중에서도 참취군이 가장 낮고 쇠비름군이 가장 높았다.

고 찰

본 연구에서는 식이 섬유와 flavonoids 및 기타 기능성 물질들을 함유한 썩, 참취, 곶취 및 쇠비름 건분을 첨가한 식이가 흰쥐의 성장, 지방 대사 및 항산화능과 Cd 제독에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

1. 흰쥐의 성장에 미치는 영향

썩, 참취, 곶취 및 쇠비름 건분 첨가 식이가 흰쥐의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험 동물의 식이 섭취량, 체중 증가량 및 각 장기의 무게를 측정하였다.

실험 동물의 식이 섭취량과 체중 증가량 및 식이 효율은 Cd공급으로 인하여 감소하였는데 이러한 성장 저하는 Cd 만성 중독시 나타나는 일반적인 증상이다. 이처럼 Cd이 성장을 저해하는 것은 Cd 중독으로 인해 식욕이 저하되어 식이 섭취량이 감소되거나 영양소의 흡수 및 대사에 영향을 주어 식이 효율을 저하시키는 것으로 생각된다.⁴⁶⁾

체중 증가량과 식이 효율은 산채류 급원에 의해서도 영향을 받아 썩과 참취군은 대조군보다 높았고, 곶취와 쇠비름군은 대조군보다 낮았다. 곶취와 쇠비름군의 식이 섭취량이 다른 군과 유사한 것을 고려할 때 곶취와 쇠비름이 영양소의 소화 및 흡수 억제에 보다 효과적인 것으로 생각되며 이러한 현상은 현재 영양과잉문제의 하나로 주목되고 있는 비만 치료 및 다이어트 식품 개발에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나, 이와 같은 산채류 급원으로 인한 체중 증가 및 식이 효율의 저하는 만성적인 Cd 독성에 효과적으로 대처할 능력을 상실시켜 Cd 공급시 곶취군의 체중 증가량 및 식이 효율은 대조군과 유사하였고 쇠비름군은 대조군보다 많이 저하되어 Cd으로 인한 식이 효율 저하 현상을 한층 더 악화시키는 것으로 나타났다. 반면 썩과 참취군은 Cd 공급시 체중 증가량과 식이 효율이 대조군보다 증가하여 Cd으로 인한 체중 증가량 및 식이 효율 저하 현상을 효과적으로 개선하는 것으로 나타났다.

일반적으로 식이 섬유는 음식물이 위에 머무르는 시간을 증가시켜 포만감을 주고⁴⁷⁾ 각종 영양소의 흡수 및 소화를 지연시켜 식이 섭취량 및 식이 효율을 저하시킨다. 또한 Cd과

같은 중금속의 흡수를 지연시키고 변으로 배설함으로써 중금속의 독성 또한 억제하는 것으로 알려져 있다.³⁰⁾ 그러나, 본 연구에서는 사용한 산채류 급원들은 그 식이 섬유의 함량이 약 40%로 비슷함에도 불구하고 Cd 공급시 곶취와 쇠비름은 식이 효율 저하 현상이 효과적으로 나타난 반면, 썩과 참취는 Cd으로 인한 식이 효율 저하를 개선하는 쪽으로, 그 기능이 서로 다름을 알 수 있다.

Cd의 주 흡수기관인 소장 무게는 Cd 공급에 따른 유의적인 영향을 받지 않았으나 Cd 공급으로 인하여 검은색으로 착색되고 무게가 증가하는 경향을 나타내었다. 반면 Cd의 주 해독기관인 간과 신장의 무게는 Cd 공급에 의하여 유의적으로 감소하였는데 이는 Cd에 의해 조직이 손상되었거나 실험 동물들의 체중이 감소함에 따라 기관의 무게 역시 감소하였기 때문으로 볼 수 있다. 면역기관인 비장의 무게 역시 Cd 공급시 유의적으로 감소하였는데 이것 역시 Cd으로 인해 면역 기능이 손상되었거나 실험 동물의 체중 감소에 따른 결과로 생각된다. 부고환 지방의 무게도 Cd 공급으로 인해 유의적으로 감소하였는데 이는 Cd으로 인한 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이 효율 저하의 부차적 결과로 생각할 수 있겠다.

비록 장기들의 무게에는 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 산채류 급원에 의한 영향도 관찰할 수 있었다. Cd을 공급하지 않았을 때 각 장기들의 무게는 유사한 가운데에 썩과 참취군은 대조군보다 약간 높았고, 곶취와 쇠비름군은 대조군보다 약간 낮았으며 그 중에서도 곶취군의 장기 무게가 가장 낮았다. 이러한 경향은 소장을 제외한 각 기관에서 Cd 공급시에도 동일하게 나타났으나 Cd 공급시에는 쇠비름 섭취군의 장기 무게가 가장 낮았다.

2. 흰쥐의 지방 대사에 미치는 영향

썩, 참취, 곶취 및 쇠비름 건분 첨가 식이가 흰쥐의 지방 대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험 동물의 혈장, 간, 변의 총 지방, cholesterol 및 중성 지방을 분석하였다.

혈장의 총지방 농도는 Cd 공급시 유의적으로 감소하였으며 cholesterol과 중성 지방 농도도 비록 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 Cd 공급으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 부고환 지방의 경우처럼 Cd으로 인한 식이 섭취량과 체중 증가량 및 식이 효율의 저하에 따른 이차적 결과로 보여진다.

혈장 총지방 및 중성 지방 농도는 산채류 급원의 유의적 영향을 받았는데 Cd 공급 유무에 관계없이 산채류 급원 첨가군들이 대조군들보다 낮았으며 그 중에서도 썩군은 대조군과 유사하거나 약간 낮은 반면 쇠비름군은 현저하게 낮았

다. 이처럼 산채류 급원 첨가군에게서 혈장 지질 수준이 낮은 것은 산채류 급원의 약 40%를 구성하는 식이 섬유 때문일 것으로 추정된다. 일반적으로 수용성 식이 섬유들이 소장에서 담즙산, cholesterol과 결합하여 micelle의 형성을 방해하고, 효소의 작용을 적게 받게 하며, 지방 흡수 표면의 기능을 변화시킴으로써 소장내 지질의 흡수를 저해하고, 혈중의 지질 수준을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 물론 불용성 식이 섬유들도 약간이나마 저지혈증 효과를 나타내는데 이는 소장에서 흡수를 저하시키기 때문이 아니라 대장에서 미생물의 작용을 적게 받아 비발효 잔사로 남게 되고 그 물리적 구조를 유지함으로써 지질의 배설을 증가시키기 때문이다.

또한 식이 섬유는 담즙산과 결합하여 담즙산의 배설량을 증가시키고,^{10,48)} 혈중 cholesterol을 간의 담즙산 재합성에 이용케 함으로써 혈중 cholesterol의 농도를 저하시키는 것으로 알려져왔다. 정제 식이 섬유만을 제공한 것이 아니라서 비록 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 위의 결과에서 혈장의 cholesterol 수준이 산채류 급원을 첨가하지 않은 대조군보다 첨가군에게서 낮게 나타나는 것은 산채류 급원내 식이 섬유의 hypocholesterolemic effect에 기인한다고 추정할 수 있겠다.

식이 섬유의 hypocholesterolemic effect는 주로 수용성 성분에 의해 나타나는 것으로 알려져 있는데 이는 수용성 식이 섬유들이 장내에서 수화되면서 점도가 높은 비소화성 중합체를 형성하고 이들이 지방을 비롯한 각종 영양소와 담즙산을 격리하여 확산을 억제시키기 때문이다. 또한 수용성 식이 섬유의 대장 내 발효 산물인 propionic acid가 3-hydroxy-3-methyl glutaryl CoA(HMGCoA) reductase의 inhibitor로 작용하여 혈청 cholesterol을 낮춘다는 보고도 있다.⁴⁹⁾ 그러나, flavonoids 역시 혈청 cholesterol 수준을 낮춘다는 연구결과들이 발표되고 있으며⁵⁰⁾ 산채류 급원에서 식이 섬유(40~45%)와 flavonoids(2.5~5%)를 제외한 나머지 55~60%를 점유하는 기타 다른 물질들이 저지혈증 효과를 나타낼 수도 있어 전적으로 식이 섬유 때문이라고 단정할 수는 없다.

본 연구에서 쪽군은 대조군에 비해 혈장의 지질 수준을 낮추지 못했고, 쇠비름은 그 저지혈증 효과가 식이 섬유의 조성보다 식이 효율 저하로 인한 부차적 효과로도 볼 수 있는데 Cd 공급시 그 독성을 개선하지 못했으므로 혈중 지질 수준을 낮추면서도 Cd 공급시에 그 독성을 완화시키는 참취와 곶취의 효용에 주목할 필요가 있을 것 같다.

간의 총지방, cholesterol 및 중성 지방 농도는 Cd 공급 유무에 따라 유의적 차이를 나타내었는데 이는 Cd 공급

로 인하여 식이 섭취량이 감소되었기 때문으로 생각된다.

간의 총지방 및 중성 지방 농도는 산채류 급원에 의하여 유의적 영향을 받았는데 산채류 급원 첨가군이 대조군보다 낮았으며 그 중에서도 쇠비름과 참취군이 가장 낮게 나타났다. 간의 cholesterol 농도 역시 유의적 영향을 받지 않았지만 유사한 경향을 나타내었다. 식이 섬유의 저지혈증 효과는 간과 같은 조직내의 지질 축적을 저하시킬 수 있으며, 식이 섬유의 포도당, 아미노산 및 지방산의 흡수 지연효과 또한 insulin의 분비를 감소시켜 간내 cholesterol 및 지방산의 합성을 감소시킨다.⁵¹⁾ 따라서, 쇠비름군의 간 지질 수준이 낮은 이유가 체중 증가 억제 및 식이 효율 저하 때문이라고 해석할 때 대조군보다 식이 효율이 높은 참취군에서 간의 지질 수준이 낮은 것은 식이 섬유 및 flavonoids와 같은 기능성 물질에 의한 것으로 판단할 수 있겠다.

변의 무게는 산채류 급원 첨가시 유의적으로 증가하였으며 대조군들은 Cd 공급 유무에 영향을 받지 않았으나 산채류 급원 첨가군들은 Cd 공급시 감소하였다. 산채류 급원 첨가시 변의 무게가 증가하는 것은 산채류 급원내에 대변의 부피감과 무게를 증가시키는 불용성 식이 섬유 때문으로 생각되어지며⁵²⁾ Cd 공급시 감소하는 것은 Cd 공급으로 인하여 식이 섭취가 감소하기 때문으로 보여진다.

변의 cholesterol 및 중성지방 배설량은 Cd 공급의 유의적인 영향을 받아 Cd 공급시 저하되었는데 이는 Cd 공급으로 인하여 식이 섭취가 감소하였거나 소화 흡수 능력이 저하되었기 때문으로 추측된다.

변의 총 지방, cholesterol 및 중성 지방 배설량은 산채류 급원에 유의적 영향을 받아 산채류 급원 첨가군들이 대조군보다 더 높게 나타났는데 이는 산채류 급원내에 함유된 식이 섬유가 소장 내 지질의 흡수를 억제하고 대변으로의 지질 배설량을 증가시키기 때문으로 생각되어진다. 산채류 급원 첨가군들 중에서는 참취군의 변내 총지방 및 중성 지방 배설량이 가장 높는데 참취군의 경우 혈장과 간의 총지방 및 중성 지방 농도도 쇠비름군 다음으로 가장 낮았다. 즉 변으로 많이 배설시킴으로써 혈장 및 간의 지질 농도가 낮아지는 경향을 보인 것으로 생각된다. 반면 쇠비름군은 변으로의 지질 배설량이 가장 낮으면서 동시에 혈장 및 간의 지질 농도도 가장 낮아 쇠비름군이 다른 산채류 급원 첨가군들보다 지질 수준을 더 낮추는 것이 아니라 체중의 저하로 지방대사 규모 자체가 더 작았던 것으로 파악된다.

한가지 주목할 것은 변으로의 cholesterol 배설량이 가장 높은 군이 Cd 공급 유무에 관계없이 곶취군이라는 점이다. 곶취군의 혈장 및 간의 cholesterol 농도 역시 쇠비름군 다음으로 낮아 곶취 섭취시 변으로의 cholesterol 배설이 증

가하고 이로 인해 혈장 및 조직의 농도가 낮아졌다는 설명이 가능하다. 혈중 내 cholesterol 농도가 관상동맥질환의 위험을 판정하는 중요한 인자⁵³⁾라는 점을 감안할 때 변으로의 cholesterol 배설을 증가시켜주는 곰취의 섭취는 관상동맥질환의 예방 차원에서 고려되어야 할 것으로 보인다.

본 실험 결과를 보면 썩은 대조군에 비해 지질 수준을 저하시키지 못하므로 관상동맥질환의 이환률을 낮추지 못할 것 같으나 임 등⁵⁴⁾은 썩은말과 썩추출물을 섭취한 쥐에게서 VLDL, LDL의 농도가 높음에도 불구하고 관상동맥질환의 위험 지표인 혈관 내피세포의 손상이 억제되었으며 이는 썩의 항산화물질, 혈관이완물질 때문이라고 보고하였다. 따라서, 썩의 섭취가 섭취 동물의 지질 수준을 저하시키는 못하지만 썩에 존재하는 다른 기능성 물질들로 인하여 관상동맥질환의 이환률을 낮추는 것이 가능함을 알 수 있다.

3. 원주의 항산화능에 미치는 영향

썩, 참취, 곰취 및 쇠비름 건분 첨가 식이가 원주의 항산화능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 적혈구와 간의 항산화 효소들의 활성과 혈장과 간의 TBARS 농도를 측정하였다. 생체내에는 자연발생적으로 생성되는 free radical로부터 세포막과 세포내 물질을 보호하기 위한 항산화 system이 존재하며 이러한 system 중의 하나가 catalase, SOD, GSH-px와 같은 항산화 효소들이다.⁵⁵⁾ Superoxide dismutase는 O_2 가 한개의 전자를 받아들여 불안전 산화된 superoxide anion(O_2^-)를 hydrogen peroxide(H_2O_2)로 환원시키는 작용을 하며 catalase는 대부분의 조직에 존재하는 peroxisome에서 H_2O_2 를 무독성의 H_2O 로 환원시킨다. Glutathione peroxidase는 H_2O_2 와 glutathione(GSH)으로부터 산화형 glutathione(GSSG) 및 물을 생성하는 반응과 기타 과산화물과 GSH로부터 GSSG, alcohol(ROH) 및 물을 생성하는 반응을 촉매함으로써 조직의 과산화적 손상을 방지한다. 일반적으로 이러한 항산화 효소들의 활성은 vitamin E나 β -carotene, flavonoids와 같은 항산화물질들이 존재할 경우 이들이 효소의 기능을 대체함으로써 저하되는 것으로 보이며,⁵⁶⁾ 음주,⁵⁷⁾ 노화,⁵⁸⁾ 감염,⁵⁹⁾ 비만,⁶⁰⁾ 고지방식이⁶¹⁾ 혹은 고(n-3) fatty acid 식이⁶²⁾와 같은 생체내 stress 상태에서는 stress 요인을 제거하기 위하여 일시적으로 활성이 증가하였다가⁶³⁾ stress가 장기화될 경우 활성이 저하되는 것으로 관찰되었다. 이처럼 항산화 효소들의 활성 저하로 미쳐 제거되지 못한 free radical들은 불포화 이중결합을 파괴하고, aldehyde, dialdehyde, short-chain hydrocarbon을 생성하는 연쇄반응을 개시하여 각 조직에 과산화지질을 축적시키게 된다.⁶⁴⁾

본 실험에서는 생체내 stress 조건을 만들기 위하여 Cd이라는 중금속을 이용하였는데, 이는 Cd이 직접적으로 free radical damage를 유발하기도 하지만 Cd이 cytosol에 존재하는 SOD의 구성성분인 Cu와 Zn, GSH-px의 active site에 존재하는 Se의 흡수 및 체내 이용에 강한 antagonist로 작용하여 이들 효소들의 활성을 저하시킬 것으로 기대되기 때문이다.

따라서, 본 실험은 산채류 급원들 특히 각 산채류 급원내에 존재하는 식이 섬유와 flavonoids를 비롯한 polyphenol류들이 Cd 독성으로 인한 효소들의 활성 저하를 완화시키고, 체내 과산화지질 축적을 방지하는지 알아보고자 한 것이다. 지방 대사에서의 hypocholesteolemic effect와 중금속 대사에서의 Cd 흡착 및 배설 효과로 이미 그 생리적 기능을 검증받은 식이 섬유는 Cd을 흡착 및 배설시킴으로써 Cd으로 저하된 항산화기능을 간접적으로 복원시킬 것으로 생각되어진다. 그러나, 식이 섬유들이 Cd과 마찬가지로 Zn, Cu, Se의 흡수를 저해하고 그 배설을 증가시킬 경우 Cd의 oxidative stress를 악화시킬 가능성 또한 배제할 수 없다.

Flavonoids는 free radical damage를 촉진하는 유리 상태의 Fe, Cu 이온과 안정적인 금속 이온 복합체를 형성함으로써⁶⁵⁾ 혹은 superoxide anion,⁶⁶⁾ hydroxy radical,⁶⁷⁾ peroxy radical⁶⁸⁾과 같은 free radical들을 자신이 직접 scavenging함으로써 항산화 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다. 따라서, flavonoids의 경우 직접 항산화 효소의 활성에 영향을 미친다기 보다는 flavonoids 자체가 vitamin E나 β -carotene과 같은 항산화 물질로 기능하여 지질 과산화물을 억제할 것으로 생각되어진다. 즉, Cd 중독으로 인해 저하된 항산화 효소들의 활성을 복원시킨다기 보다는 조직에 과산화지질의 축적을 저하시킬 것으로 기대된다. 그러나, 이 등은⁶⁹⁾ 한국산 녹차, 우롱차 및 홍차 중 catechin 함량이 가장 높은 녹차가 Cd 중독으로 인해 저하된 간의 SOD, GSH-px의 활성을 유의적으로 증가시켰다고 보고하였으며 superoxide anion을 생성하는 xanthine oxidase의 활성을 저하하는 것으로 알려져 flavonoids가 항산화 효소의 활성 복원에도 어느 정도 기여하는 것으로 보인다.

Cadmium으로 인해 유도된 체내의 metallothioneine (MT) 합성 역시 간접적으로 항산화 기능을 수행할 것으로 생각되어지고 있다.⁶²⁾ 체내로 유입된 Cd은 gastrointestinal system을 자극하여 Zn와 Cu의 흡수를 증가시켜 MT 합성을 유도한다. 또한 glucocorticoid 분비를 자극하여 흡수가 증가된 Cu와 Zn를 간으로 이동시켜 간과 신장에서의 Cu Zn 축적, 간에서의 Cu-Zn enzyme 합성을 증가시키는데⁷⁰⁾ 대표적인 항산화 효소중의 하나인 SOD가 Cu-Zn en-

zyme이다. 따라서, Cd 공급시 MT 합성을 위한 Cu, Zn의 흡수증가는 SOD의 활성을 증가시켜 항산화 기능이 심하게 저하되는 것을 방지할 것으로 보인다.

적혈구의 catalase, GSH-px의 활성은 비록 유의적인 차이가 나타나지는 않았지만 Cd 공급시 그 활성이 저하되는 경향을 나타내었고, SOD의 활성은 Cd 공급시 유의적으로 저하되었다. Catalase, SOD, GSH-px의 활성 모두 산채류 급원에 의한 유의적 차이는 관찰되지 않았으나 일반적으로 Cd 비공급군에서는 산채류 급원 첨가군의 활성이 대조군보다 낮았고, Cd 공급군에서는 산채류 급원 첨가군의 활성이 대조군보다 높아 산채류 급원들이 일반적인 조건에서는 항산화 효소들의 기능을 대체하여 활성을 낮추고, Cd 공급시에는 항산화 효소들의 활성 저하를 억제시키는 것으로 나타났다. 혈장의 과산화지질은 Cd 공급시 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 비록 유의적이지는 않지만 이러한 과산화지질의 축적은 산채류 급원 첨가군이 대조군보다 낮은 것으로 나타났으며 그 중에서 참취군의 과산화지질이 가장 낮았다.

간의 catalase, SOD, GSH-px의 활성은 Cd 공급시 그 활성이 유의적으로 저하되었다. 특히 GSH-px의 활성이 현저하게 저하되었는데 이는 체내 총 Se의 36%가 간에 존재하고 Se이 SOD의 Cu나 Zn에 비해 Cd의 흡수 및 이용 억제 작용을 가장 민감하게 받은 것이 아닌가 생각된다. 효소들의 활성에서 산채류 급원에 의한 유의적 차이는 관찰되지 않았지만 적혈구에 존재하는 효소들처럼 Cd 비공급군에서는 대조군이, Cd 공급군에서는 산채류 급원 첨가군들의 활성이 더 높은 경향을 나타내었으며 이러한 산채류 급원들의 효과는 참취군에서 가장 뚜렷하게 나타났다. 간의 과산화지질은 Cd 공급시 증가하였으며 산채류 급원의 영향을 보면 Cd 공급여부에 관계없이 참취군이 가장 낮고 쑥군, 곰취군, 쇠비름군 순으로 증가하여 참취군의 과산화 지질 축적 억제 효과가 가장 좋은 것으로 나타났다.

따라서, 적혈구와 간의 항산화 효소들의 활성은 Cd 공급시 저하되는 경향을 나타내었으며 혈장과 간의 TBARS는 Cd 공급시 유의적으로 증가하였다. 각 산채류 급원들은 Cd 비공급군에서는 항산화 효소의 기능을 대체하여 효소의 활성을 저하시켰으며 Cd 공급군에서는 저하된 항산화 효소들의 활성을 증진시켜 oxidative stress를 방지하고자 하였는데 그 중에서도 참취와 쑥군의 기능이 곰취와 쇠비름군보다 좋았다. 이러한 결과는 참취군과 쑥군의 항산화 기능을 수행하는 flavonoids 함량이 곰취군과 쇠비름군보다 더 많은 데에서 그 이유를 찾을 수 있겠지만 앞서 참취군과 쑥군에 비해 상대적으로 Cd 독성을 효과적으로 억제하지 못하는 것

으로 밝혀진 곰취군과 쇠비름군이 Cd으로 저하된 항산화 효소의 기능을 복원하지 못하는 것으로 관찰되어 식이 섬유 의 조성 또한 관계가 있는 것으로 생각된다.

4. 흰쥐의 카드뮴 제독에 미치는 영향

쑥, 참취, 곰취 및 쇠비름 건분 첨가 식이가 흰쥐의 Cd 제독에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험 동물의 혈액, 소장, 간, 신장의 Cd 농도와 뇨, 변으로의 Cd 배설량 및 보유율을 분석하였다. 또한 Cd 중독으로 인한 신장 기능의 이상을 알아보기 위하여 뇨의 단백질 배설량을 측정하였다.

Metallothionein은 정상 조건에서는 매우 낮은 농도로 존재하다가 Cd과 같은 유독성 중금속이 체내로 유입되었을 때 세포내에서 유도 합성되어 중금속을 격리시킴으로써 독성을 완화시키는 저분자성 단백질이다.⁶⁹⁾ 소장에서 흡수된 식이 Cd은 이처럼 Cd에 의하여 유도 합성된 MT에 의하여 Cd-MT의 비독성형태로 장세포내에 격리되어 존재하다가 세포 교체시 장관으로 배설되고 일부는 혈중으로 유리된다. 소장에서 방출된 Cd은 Cd-MT 혹은 Cd-albumin의 형태로 혈류를 돌다가 Cd-MT은 신장으로, Cd-albumin은 간으로 흡수된다.⁶⁹⁾ 신장의 사구체막을 통해 여과된 Cd-MT은 식음작용에 의해 신장관세포로 재흡수된 후 lysosome에서 분해되어 유독한 유리 Cd이 방출되고 이에 의해 신장관세포에서는 MT 합성을 시작하여 비독성형인 Cd-MT을 재형성한다. 간세포는 혈중의 MT 합성을 유도하는 glucocorticoid, cytokine, metal 등에 노출되어 있어 기본적인 MT 수준이 높은 반면 신장은 새로운 MT 합성 속도가 유리 Cd 생성속도를 증가하지 못하여 손상받기 쉽고 결국 만성적인 Cd 중독시 가장 손상되기 쉬운 기관은 신장이라고 한다.⁷⁰⁾

혈액, 소장, 간, 신장의 Cd 농도는 Cd 공급시 유의적으로 증가하였다. 식이 Cd의 체내 유입이 최초로 일어나는 소장의 경우 유독하지 않은 Cd-MT형으로 격리되어 있다가 상당량이 장관으로 배설되고 일부만 혈액으로 방출되기 때문에 본 연구에서 조사한 혈액과 조직 중에서 가장 낮은 Cd 농도를 나타내었으며 산채류 급원에 의한 유의적 차이도 나타나지 않았다.

Cd 공급시 증가하는 혈액, 간, 신장의 Cd 축적은 산채류 급원의 첨가로 억제되었으며 비록 유의적 차이가 나타나지는 않았지만 소장의 Cd 농도도 대조군보다 산채류 급원 첨가군에서 더 낮은 경향을 보였다. 산채류 급원의 Cd 축적 억제 효과는 조직의 종류에 따라서 다르게 나타났는데 간에서는 곰취와 참취군의 Cd 농도가 낮았고, 신장에서는 쑥과 참취군의 Cd 농도가 낮았다. 이러한 현상은 각종 영양소의 흡수를 지연 및 억제하는 것으로 알려진 식이 섬유가 Cd와

직접 결합하거나 gel matrix안에 격리함으로써 Cd의 흡수 또한 억제하기 때문으로 생각되어진다. 식이 섬유가 Cd의 흡수를 억제한다는 사실은 많은 실험들에 의해 증명되었는데 Schfer 등⁷¹⁾과 Moberg 등⁷²⁾은 밀겨가 장내 Cd 흡수를 억제함으로써 Cd 보유율을 낮추었다고 보고하였으며 Morio 등⁷³⁾은 쥐에게 lignin, cellulose, CM-cellulose를 제공한 결과 lignin과 CM-cellulose 섭취군에서 혈액과 조직의 Cd 함량이 감소됨을 관찰하였다. 김과 백⁷⁴⁾은 β -glucan 함량이 풍부한 보리를 제공한 결과 변으로의 Cd 배설이 현저히 증가되어 간과 신장의 Cd 농도가 감소되었음을 보고하였고 김과 정⁷⁵⁾은 감귤 껍질의 수용성 식이 섬유가 변으로의 Cd 배설을 증가시켜 조직의 Cd 축적을 억제하였음을 보여주었다.

변의 Cd 배설량은 Cd을 공급받지 않은 군들에서는 유의적 차이가 없었고, Cd 공급시 증가하였다. 또한 산채류 급원의 영향을 받아 산채류 급원 첨가군이 대조군보다 더 많이 증가하였으며 그 중에서도 참취군이 가장 높고 썩균, 곰취군, 쇠비름군의 순으로 낮아졌다. 반면 Cd 독성으로 증가하는 뇨의 단백질 배설량은 산채류 섭취시 그 증가 현상이 둔화되었으며 그 경향을 보면 참취군의 단백질 배설량이 가장 낮고 썩균, 곰취군, 쇠비름군의 순으로 증가하였다. 이는 변으로의 Cd 배설량이 많을수록 신장의 손상이 적어져 뇨의 단백질 배설량은 감소한 것으로 생각된다.

뇨의 Cd 배설량은 Cd을 공급 받지 않은 군에서는 유의적 차이를 나타내지 않았으나 Cd 공급시 유의적으로 증가하였다. 산채류 급원의 영향도 관찰되었는데 뇨의 단백질 배설량이 가장 적은 참취군이 가장 높고, 뇨의 단백질 배설량이 가장 많은 쇠비름군이 가장 낮음으로써 신장 기능의 손상이 적을수록 많이 배설되는 경향을 보였다. 결국 변의 Cd 배설량이 많을수록 신장의 기능 손상은 적어지고 상대적으로 뇨의 Cd 배설량은 증가하는 경향을 보인 것이다. 이러한 경향은 뇨와 변의 Cd 배설량으로부터 계산되는 Cd 보유율에도 적용되어 Cd 보유율은 쇠비름군이 가장 높고, 곰취군, 썩균, 참취군의 순으로 낮아졌다.

따라서, 본 연구에서는 산채류 급원 내의 식이 섬유가 뇨, 변으로의 Cd 배설을 촉진시켜 혈액과 조직의 Cd 농도, Cd 보유율 및 신장 기능의 이상을 효과적으로 저하시킴을 알 수 있었다. 이러한 Cd 제독 효과는 참취군, 썩균에서 가장 효과적으로 나타났으며 곰취군은 변으로의 Cd 배설량이 썩균과 거의 유사함에도 불구하고 흡수된 Cd의 상당량이 신장에 축적됨으로써 신장 기능이 손상되고 결국 뇨의 단백질 배설량은 증가하고 Cd 배설량은 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 쇠비름군은 뇨와 변으로의 Cd 배설 수준은 낮고

Cd 보유율 및 혈액과 조직의 Cd 농도는 높아 산채류 급원 중에서 Cd 제독 효과가 가장 낮은 것으로 나타났다.

요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 고유의 산채류가 갖는 체내 지방 축적 억제, 항산화능 및 Cd 제독 효과를 알아보기 위하여 썩, 참취, 곰취 및 쇠비름 건분 첨가식으로 동물실험을 수행하였다. 혈장, 간, 변의 총 지방, cholesterol 및 중성 지방을 분석하여 지질 대사를 알아보고, 혈장과 간의 TBARS 농도, 적혈구과 간의 catalase, SOD, GSH-px의 활성을 측정하여 항산화능을 알아보았다. Cd 제독 효과를 알아보기 위하여 혈액, 소장, 간, 신장 조직내의 Cd 농도, 뇨와 변으로의 Cd 배설량, 뇨의 단백질 배설량을 측정하였다.

식이 섭취량, 실험 기간 동안의 체중 증가량 및 식이 효율은 Cd 공급으로 유의적으로 감소하였다. 곰취군과 쇠비름군의 식이 섭취량은 다른 군과 유사한 반면 체중 증가량이 적어 식이 효율이 낮았다. 간, 신장, 비장 및 부고환 지방의 무게 역시 Cd 공급으로 유의적으로 감소하였으며 소장의 무게는 유의적이지는 않으나 Cd 공급으로 증가하는 경향을 보였다.

Cd 공급으로 인하여 혈장의 총지방 농도, 간의 총지방, cholesterol, 중성 지방 농도, 변의 무게 및 변의 cholesterol과 중성 지방 배설량이 유의적으로 감소하였다. 썩균은 산채류를 첨가하지 않은 대조군에 비하여 혈장과 간 및 변의 지질 수준을 유의적으로 저하시키지 않았으며 참취군은 총지방 및 중성지방을 많이 배설시켜 혈장 및 간의 수준을 낮추었고, 곰취군은 cholesterol을 많이 배설시켜 혈장 및 간의 수준을 낮추었다. 쇠비름군은 변의 지질 배설량은 물론 혈장 및 조직의 지질 수준이 가장 낮았다.

Cd 공급으로 인하여 적혈구의 SOD, 간의 catalase, SOD, GSH-px의 활성이 유의적으로 저하되었으며 적혈구의 catalase, GSH-px의 활성도 유의적이지는 않으나 저하되는 경향을 보였다. 반면 혈장 및 간의 TBARS 농도는 Cd 공급으로 인하여 유의적으로 증가하였다. Cd을 공급받지 않은 군에서는 산채류 첨가군에서 항산화 효소들의 활성이 저하되었으며 그 중에서도 참취군이 가장 많이 저하되어 항산화 효소들의 기능을 효과적으로 대체하였다. Cd 독성으로 항산화 효소들의 활성이 저하된 Cd 공급군에서는 산채류 급원 첨가군들의 활성이 대조군에 비해 높았으며 그 중에서도 참취군의 활성이 가장 높았다. 혈장 TBARS는 산채류 섭취시 저하되는 경향만을 보인 반면 간의 TBARS는 산채류 급원의 첨가로 그 수준이 유의적으로 저하되었으며 그 중에서도 참취군이 가장 낮았다. 따라서, 항산화 효소들

의 활성을 대체하고 혈장 및 조직내의 TBARS를 낮추는 항산화능은 참취균이 가장 좋았다.

혈액 및 조직의 Cd 농도는 Cd 공급시 유의적으로 증가하였는데 산채류 섭취시 이 현상이 효과적으로 억제되었다. 소장에서는 산채류 급원간의 유의적 차이가 나타나지 않았고, 간에서는 참취와 곰취균이, 신장에서는 썩과 참취균이 Cd 축적을 효과적으로 억제하였다. 쇠비름균은 혈액 및 조직에서의 Cd 농도와 Cd 보유율이 높을 뿐 아니라 노로의 단백질 배설량 역시 높게 나타나 산채류 급원 중에서 Cd 제독 효과가 가장 낮은 것으로 나타났다.

지방 대사, 항산화능 및 Cd 제독에 대한 산채류 급원들의 효과는 각각 달라 썩은 항산화 효소 활성 대체 및 Cd 제독에는 효과적이었으나 혈액과 간의 지질 수준은 유의적으로 저하시키지 못했으며, 곰취는 변으로 cholesterol을 많이 배설시켜 혈장 및 간의 cholesterol 수준을 저하시켰다. 쇠비름은 식이 효율이 낮아 혈액 및 간의 지질 수준은 저하시켰으나 Cd 축적을 효과적으로 억제하지는 못하였다. 참취는 변으로의 지질, Cd 배설량을 증가시켜 혈액과 조직의 지질 및 Cd 수준을 낮추어주었을 뿐 아니라 Cd 공급으로 저하된 적혈구와 간의 항산화 효소들의 활성도 효과적으로 증진시켜 적혈구와 간의 TBARS 축적을 억제하였다. 따라서, 본 연구에서 사용한 산채류 급원 중 참취가 흰쥐의 지방 대사 및 항산화능과 Cd 제독에 가장 효과적이었다고 할 수 있다.

Literature cited

- 1) Guen TW, Kang SK. Development of Food Industry and Our Food Life. Korean Food Culture Academy Autumn Scholarship Conference, 1993
- 2) The Bureau of Statistics. Statistical annual report of mortality cause, pp. 37, 1996
- 3) Hendrich S, Lee KW, Xu X, Wang HJ, Murphy PA. Defining food components as new nutrients. *J Nutr* 124 : 1789S, 1994
- 4) Kim TJ. Resource Plant of Korea, Seoul University Publisher, 1996
- 5) Lee KS. Content analysis, intake estimation and physiological function of dietary fibers in Korean food. Ewha womans university. Thesis for philosophy's degree, 1997
- 6) Singleton VL. Naturally occurring food toxicants : phenolic substances of plant origin common in foods. *Adv Fd Res* 27 : 149-242, 1981
- 7) Trowell H, Southgate DAT, Wolever TM, Leeds AR, Gassull MA, Jenkins DJA. Dietary fibre redefined. *Lancet* 1 : 967, 1976
- 8) Trowell H. Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain disease. *Am J Clin Nutr* 29 : 417-427, 1976
- 9) Nishimune T, Sumimoto T, Yakusiji T, Kunita N. Determination of total dietary fiber in Japanese foods. *J Assoc Off Anal Chem* 74(2) : 350-359, 1991
- 10) Arjmandi BH, Ahn J, Nathani S, Reeves RD. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentration and fecal sterol excretion in rats. *J Nutr* 122 : 246-253, 1992

- 11) Garcia-Diez F, Garcia-Mediavilla V, Bayon JE, Gonzalez-Gallego J. Pectin feeding influences fecal 담즙산 excretion, hepatic bile acid and cholesterol synthesis and serum cholesterol in rats. *J Nutr* 126 : 1766-1771, 1996
- 12) Miettinen TA. Dietary fiber and lipids. *Am J Clin Nutr* 45 : 1237-1242, 1987
- 13) Groop PH, Aro A, Stenman S, Groop L. Long-term effects of guar gum in subjects with non-insulin dependent diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 68 : 623-518, 1993
- 14) Feldman N, Norenberg C, Voet H, Manor E, Berner Y, Madar Z. Enrichment of an Israeli ethnic food with fibers and their effects on the glycaemic and insulinaemic responses in subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Br J Nutr* 74 : 681-688, 1995
- 15) Granfeldt Y, Liljeberg H, Drews A, Newman R, Bjorck I. Glucose and insulin responses to barley products : Influence of food structure and amylose-amylopectin ratio. *Am J Clin Nutr* 59 : 1075-1082, 1994
- 16) Roberfroid M. Dietary fiber, inulin and oligofructose : A review comparing their physiological effects. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 33(2) : 103-148, 1993
- 17) Van Munster IP, Nagengast FM. The role of carbohydrate fermentation in colon cancer prevention. *Scand J Gastroenterol* 28(Suppl 200) : 80-86, 1993
- 18) Cook NC, Samman S. Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources. *J Nutr Biochem* 7 : 66-76, 1996
- 19) Hertog MC, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease : The Zutphen Elderly Study. *Lancet* 342(8878) : 1007-1011, 1993
- 20) Demrow HS, Slane PR, Folts JD. Administration of wine and grape juice inhibits in vivo platelet activity and thrombosis in stenosed canine coronary arteries. *Circulation* 91(4) : 1182-1188, 1995
- 21) Ryan JA, Pahren HR, Lucas JB. Controlling cadmium in the human food chain : A review and rationale based in health effects. *Environ Res* 28 : 251-302, 1982
- 22) Endo T, Shaikh ZA. Cadmium uptake by primary cultures of rat renal cortical epithelial cells : Influences of cell density and other metal ions. *Toxicol Appl Pharmacol* 121 : 203-209, 1993
- 23) Revis NW, Osborne TR. Dietary protein effects on Cadmium and Metallothionein accumulation in the liver and kidney of rats. *Environ Health Perspect* 54 : 83-91, 1984
- 24) Bae KH. The Effect of dietary calcium level on cadmium toxicity in growing rats. Ewha Woman's University, Thesis for master's degree, 1989
- 25) Lefevre M, Heng H, Rucker RB. Dietary Cadmium, Zinc and Copper : Effects on chick lung morphology and elastin cross-linking. *J Nutr* 112 : 1344-1352, 1982
- 26) Wing AM, Wing K, Tidehag P, Hallmans G, Sjström R. Cadmium accumulation from diets with and without wheat bran in rats with different iron status. *Nutr Res* 12 : 1205-1215, 1992
- 27) Meyer SA, House WA, Welch RM. Some metabolic interrelationships between toxic levels of Cadmium and nontoxic levels of Selenium fed to rats. *J Nutr* 112 : 954-961, 1982
- 28) Claye SS, Idouraine A, Weber CW. In vitro mineral binding capacity of five fiber sources and their insoluble components for copper and zinc. *Plant Foods for Human Nutrition* 49(4) : 257-269, 1996
- 29) Behall KM, Scholfield DJ, Lee K, Powell AS, Moser FB. Mineral balance in adult men : Effect of four refined fibers. *Am J Clin Nutr* 46 : 307-314, 1987
- 30) Scafer L, Anderson O, Nielsen JB. Effects of dietary factors on G.I. Cd absorption in mice. *Acta Pharmacol Toxicol* 59(7) : 549-552, 1986
- 31) Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipid based on the sulfuric-phospho-vanillin reaction. *Am J Clin Nutr* 53 : 89, 1970
- 32) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37 : 911-917, 1959

- 33) Zak B. Total and free cholesterol. *Std Med of Clin Chem*
- 34) Yagi K. Assay for blood plasma or serum. In : *Method in enzymology*. Academic press 105 : 328-331, 1984
- 35) Buckingham KW. Effect of dietary polyunsaturated/saturated fatty acid ratio and dietary vitamin E on lipid peroxidation in the rat. *J Nutr* 115 : 1425-1435, 1985
- 36) Johansson LH, Hankan Borg LA. A spectrophotometric method for determination of catalase activity in small tissue samples. *Analytical Biochem* 174 : 331-336, 1988
- 37) Flohe L, Becker R, Brigelius R, Lengfelder E, Otting F. Convenient assays for superoxide dismutase. In : Miquel J, Quintanilha AT, Weber H. eds. *CRC handbook of free radicals and antioxidants in biomedicine*, pp.287-288, 1992
- 38) Nam JH. Effect of Dietary w-3 and w-6 fatty acid on serum lipid composition and platelet function. Korean food culture research institution theses, pp.533-551
- 39) Paglia DE, Valentine WN. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 70(1) : 158-169, 1967
- 40) Fliche L, Gunzler WA. Assays of glutathione peroxidase. In : Lowenstein ed. *Methods in enzymology*. Academic Press Inc NY 105 : 114-126, 1967
- 41) Zinterhofer LJM, Jatlow PI, Fappiano A. Atomic absorption determination of lead in blood and urine in the presence of EDTA. *J Lab Clin Med* 78 : 664-674, 1971
- 42) Yeager DW, Cholak J, Henderson EW. Determination of lead in biological and related material by atomic absorption spectrophotometry. *Environ Sci Technol* 5 : 1020-1022, 1971
- 43) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193 : 265-275, 1951
- 44) Lee SC, Prosky L, DeVries JW. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in food-enzymatic gravimetric method, MES-TRIS buffer : Collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem* 75 : 395-416, 1992
- 45) Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. Effects of Pine Needle extracts on serum and liver lipid contents in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Nutr* 25(3) : 367-373, 1996
- 46) Itokawa Y, Abe T, Tabei R, Tanaka S. Renal and skeletal lesions in experimental cadmium poisoning : Histological and biological approaches. *Arch Environ Health* 28 : 149-154, 1974
- 47) Torsodottir I, Alpsten M, Holm G, Sandberg AS, Tolf J. A small dose of soluble alginate-fiber affects postprandial glycemia and gastric emptying in humans with diabetes. *J Nutr* 121(6) : 795-799, 1991
- 48) Lia A, Hallmans G, Sandberg A, Sundberg B, man P, Anderson H. Oat β -glucan increases bile acid excretion and a fiber-rich barley fraction increases cholesterol excretion in ileostomy subjects. *Am J Clin Nutr* 62 : 1245-1251, 1995
- 49) Anderson H. Suggested sterol-binding mechanisms of dietary fibre based on ileostomy studies. *Eur J Clin Nutr* 49(Suppl 3) : S173-S177, 1995
- 50) Igarashi K, Ohnuma M. Effects of isorhamnetin, rhamnetin and quercetin on the concentrations of cholesterol and lipoperoxide in the serum and liver and on the blood and liver antioxidative enzyme activities of rats. *Biosci Biotech & Biochem* 59(4) : 595-601, 1995
- 51) Chen WJL, Anderson JW, Jennings D. Propionate may mediate the hypocholesterolemic effect of certain soluble plant fiber in cholesterol-fed rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 175 : 215, 1984
- 52) Cummings JH. Constipation, dietary fibre and the control of large bowel function. *Postgrad Med J* 60 : 811-819, 1984
- 53) Shaper AG. *Coronary heart disease : Risk and reasons, current medical literature, in association with Duncan*. Flockhart & Co Limited, 1988
- 54) Lim SS, Lee JH. Effect of *Artemisia Princeps* var *Orientalis* and *Circum Japonicum* var *Ussuriense* on serum lipid of hyperlipidemic rat. *Korean J Nutr* 30(1) : 12-18, 1997
- 55) Harris ED. Regulation of antioxidant enzymes. *J Nutr* 122 : 625-626, 1992
- 56) Shirley RB, Lynnard S, James A, Elaine VK. Effects of β -carotene and retinyl palmitate on corn oil-induced superoxide dismutase and catalase in rats. *J Nutr* 118 : 152-158, 1988
- 57) Sheri ZC, Charles HH, Katherine LO, Ann MR, Carl LK. The effect of chronic alcohol ingestion on free radical defense in the miniature pig. *J Nutr* 120 : 213-217, 1990
- 58) Connye K, Barbara CP. Changes in colonic antioxidant status in rats during long-term feeding of different high fat diets. *J Nutr* 121 : 1562-1569, 1991
- 59) Robert AD, Julianna TM. Effects of inflammation and copper intake on rat liver and erythrocyte Cu-Zu superoxide dismutase activity levels. *J Nutr* 120 : 1223-1227, 1990
- 60) Joseph RP, Lorentz EW, Edwin WH. Influence of genetic obesity, food intake and adrenalectomy in mice on selected trace element-dependent protective enzymes. *J Nutr* 118 : 739-746, 1988
- 61) Mary RL, Keith DT, Joyce LBR. Dietary(n-3) fatty acids affect rat heart, liver and aorta protective enzyme activities and lipid peroxidation. *J Nutr* 121 : 1331-1340, 1991
- 62) Keun C, Nadia R, Don T, Carl LK, Kenjie A, Robert R. Role of copper in the regulation and accumulation of superoxide dismutase and metallothionein in rat liver. *J Nutr* 118 : 859-864, 1988
- 63) Isabelle M, Gerard L, Paascale C, Odile S, Nicole P, Pierre B, Pierre C, Josiane C. Antioxidant and iron-chelating activities of the flavonoids catechin, quercetin and diosmetin on iron-loaded rat hepatocyte culture. *Biochem Pharmacol* 45 : 13-19, 1993
- 64) Jadwiga R, Ryszard JG. Flavonoids are scavengers of superoxide anions. *Biochem Pharmacol* 37 : 837-841, 1988
- 65) Husain SR, Cillard J, Cillard P. Hydroxy radical scavenging activity of flavonoids. *Phytochem* 26 : 2489-2491, 1987
- 66) Torel J, Cillard J, Cillard P. Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical. *Phytochem* 25 : 383-385, 1986
- 67) Lee SJ, Kim MJ, Youn YH. Heavy metal exclusion and detoxification of Korean green tea, woolong tea and tea. The third international Green Tea symposium presentation papers, pp.21-38, 1995
- 68) Cherian MG, Nordberg M. Cellular adaptation in metal toxicology and metallothionein. *Toxicol* 28 : 1-15, 1983
- 69) Ohta H, Cherian M. Gastrointestinal absorption of cadmium and metallothionein. *Toxicol Appl Pharmacol* 107 : 63-73, 1991
- 70) Dorian C, Gatto VH, Gattone E, Klaassen CD. Accumulation and degradation of protein moiety of Cd-MT in the mouse kidney. *Toxicol Appl Pharmacol* 117 : 242-248, 1992
- 71) Schfer L, Anderson O, Nielsen JB. Effects of dietary factors on G.I. Cd absorption in mice. *Acta Pharmacol Toxicol* 59(7) : 549-552, 1986
- 72) Moberg A, Hallmans G, Sjstrm R, Wing KR. The effect of wheat bran on the absorption and accumulation of cadmium in rats. *Br J Nutr* 58 : 383-391, 1987
- 73) Morio K, Motohiro M, Sumiko N, Kazuyo M, Yoshihiro T, Fumie M, Mitsuo N, Shoji K. Studies on poisonous metals. IX. Effects of dietary fibers on absorption of cadmium in rats. *Chem Pharm Bull* 30(12) : 4494-4499, 1982
- 74) Kim MK, Paek JE. Effect of Dietary Fibers in Rice and Barley on Lipid and Cadmium Metabolism in the Rat. *Korean J Nutrition* 30(3) : 252-265, 1997
- 75) Kim MK, Jung HS. Effect of Dietary Fibers Isolated from Tangerine Peels on Lipid and Cadmium Metabolism in the Rat. *Korean J Nutrition* 30(3) : 229-243, 1997