

차水中的의 Cd과 Pb 이온 제거에 관한 차입자의 효과

김종만 · 백승화* · 박성수**

원광대학교 생명자원과학대학, *충북도립 옥천대학 식품공업과,
**송원대학 식품영양과

Effect of Some Tea on Removability of Cd and Pb Ion in Solution

Joong-Man Kim, Seung-Hwa Baek* and Seong-Soo Park**

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

*Dept. of Food Engineering, Chungbuk Provincial Okchon College, Okchon 373-800, Korea

**Dept. of Food Nutrition, Song Won College, Kwangju 502-210, Korea

Abstract

Removabilities of heavy metals(Cd and Pb) by the tea materials (barley-tea, corn-tea, jasmin-tea, brown rice-green tea, black-tea, cassia tora-tea, persimmon peel-tea, orange peel-tea and rice-tea) in the tea-water were studied in the various conditions ; particle size of tea(20, 40, 70 mesh), concentration of heavy metal(25, 50, 100 ppm) and extraction temperature(20, 30, 50, 100℃). The removabilities by the tea solids were increased as the particle size decreased, concentration of heavy metal increased, and extracting temperature increased. Of the nine kinds of tea, Cd and Pb removability by jasmin-tea was highest. In addition, heavy metal removability by cassia tora tea was better than that of other tea as extraction temperature was increased.

Key words : Cd and Pb removal, 9 kinds of tea.

서 론

과학기술의 발달에 따른 도시화와 산업화로 유해물 질인 중금속이 식품, 물, 대기, 토양 등을 오염시켜 인체는 각종 유해 중금속에 노출되어 있다. 중금속은 미량이라 할지라도 장기간 섭취되면 축적되어 대사장애로 인한 만성 질환을 일으킨다¹⁾.

중금속 중독 사고를 예방하고 치료하는 효과를 목적으로 한 대상 물질로는 천연물은 단백질²⁻⁴⁾, 합황아미노산 및 peptide⁵⁻⁶⁾, 식이섬유⁷⁻⁹⁾, 비타민¹⁰⁾, phytin¹¹⁾, phenolic 화합물¹²⁾, penicillamin¹³⁾, 합성 화학물질은 BAL(British Anti Lewisite ; 2,3-dimercapto-1-propanol)¹⁴⁾, Ca-EDTA¹⁵⁾, DMSA (2,3-dimercapto-succinic acid)¹⁶⁾ 등이 있다.

오염된 중금속을 천연자원에 이용하여 제거시키려는 연구¹⁷⁻²⁷⁾들이 있다. 이는 식물체에 함유된 여러

가지 물질 중 폴리페놀계 화합물 등이 금속이온과 결합되어 착물을 만들기 때문이다. 우리들이 평상시 마시고 있는 차의 재료에도 중금속과 작용하는 물질이 있을 것으로 예상된다.

현재까지 녹차, 홍차, 우롱차, 보리차에 대한 중금속 흡착결과는 있었으나¹⁷⁻¹⁹⁾, 자스민차, 쌀차, 현미녹차, 감귤질차, 결명자차 등에 대해서는 보고된 바 없다.

본 연구는 중금속으로 오염된 물을 음용수로 이용할 경우, 물에 넣어 끓인 후 건져 내고 마시는 차류에서 중금속이 흡착될 것이라는 가설하에 Cd과 Pb 용액에 보리차, 옥수수차, 자스민차, 현미녹차, 홍차, 결명자차, 말린 감귤질차, 말린 귤질차, 누룽지를 넣었을 때 이들 중금속 제거능력을 입자, 농도, 온도를 달리하여 제거량을 분석한 결과이다.

Corresponding author : Seung-Hwa Baek

재료 및 방법

보리차(동서식품), 옥수수차(동서식품), 자스민차(중국산), 현미녹차(태평양), 홍차(태평양)는 시중에서 유통되는 것을 구입하였고 결명자차, 감귤질차, 귤껍질차, 누룽지는 실험실에서 건조시켜 만든 것으로 모든 시료를 20, 40, 70mesh로 분쇄하여 이용하였다.

중금속 용액의 조제는 $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, $Pb(CH_3COO) \cdot 3H_2O$ 의 특급시약(Wako Pure Co. 일본)를 이용하여 각각 20, 50 100ppm으로 만들어 이용하였다.

중금속 제거를 위하여 입자크기별 제거실험은 20, 40, 70mesh로 분쇄하여 50℃에서 24시간 건조하여 보관한 시료를, 그 외의 모든 실험은 40mesh로 분쇄한 시료를 이용하였다. 농도별 제거실험은 25, 50, 100ppm용액으로 만들어, 온도별 제거실험은 25, 30, 50, 100℃(단, 100℃의 실험은 50℃에서 1시간 흡착시키고 정확히 3분 끓인 후)로 조절하여 100ppm 중금속 용액 100ml에 시료 1g씩을 가하여 온도별 실험을 제외하고 20℃ 각각의 조건으로 1시간 동안 흡착시킨 후 여과(No. 5B)한 여액을 원자 흡광 분광 광도계(Model Varian spectrAA 300)을 이용하여 아래와 같은 조건으로 분석하였다. 즉, Cd은 lamp current ; 3.5mA, wavelength ; 228.8nm, spectral band pass ; 0.5nm, optimum working range ; 0.01~3.0 μ g/ml, fuel ; acetylene, support gas ; air, flame stoichiometry ; oxidizing 조건에서 Pb은 lamp current ; 5.0mA, wavelength ; 217.0nm, spectral band pass ; 1.0nm, optimum working range ; 0.2~30.0 μ g/ml, fuel ; acetylene, support gas ; air, flame stoichiometry ; oxidizing 조건에서 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 차의 입도에 따른 차 종류별 중금속 제거 효과 비교

차의 종류와 입자별 찻물중 중금속을 제거 정도를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Cd제거량은 차의 입자가 작아질수록 증가하는 경향이였으나 예외적으로 보리차는 감소하였다.

이들 가운데 유의성($p < 0.01$)이 인정된 차종류는 자스민차, 홍차, 결명자차, 감귤질차이었는데 이것은

함유성분중 polyphenol계 화합물과 반응할 수 있는 반응표면적이 증가하였기 때문으로 생각된다.

찻물중 Cd을 가장 많이 제거한 차는 70mesh 결명자차로 61.363 ± 9.215 ppm 이었는데 제거량이 제일 적었던 20mesh 누룽지의 18.565 ± 0.415 보다 3.3배 더 제거효과가 컸다.

Pb제거량은 모든 차의 입자의 크기가 작아질수록 증가하는 경향을 보였으나 입자의 크기에 따른 Pb제거량은 유의성($p < 0.01$)은 인정할 수 없었으며 자스민차의 제거율이 가장 좋았다. Pb와 결합하는 성분은 입자의 크기보다는 전기음성도(1.8)가 더 결합에 영향을 끼치는 것으로 추정되었으며 가장 많이 제거한 것은 70mesh의 자스민차(75.578 ± 14.607 ppm)로 가장 적게 제거한 20mesh 옥수수차(7.757 ± 1.676 ppm)보다 9.74 배 많이 제거하였다.

중금속이 차의 입자 크기에 따라 흡착 제거되는 과정은 물리적인 요인으로 입자의 표면적과 공극면적의 증가를 들 수 있고 화학적인 요인으로 차류의 화학성분, 중금속의 이온반경, 전자의 친화력, 전기음성도, 이온의 산화상태 등이 복합적으로 상호작용하는 것으로 생각할 수 있어 중금속간에 흡착 제거되는 경향이 다른 것으로 추정되었다.

한편 김과 백²²⁾은 소나무박 입자의 크기가 클수록 Cu^{2+} 와 Cd^{2+} 이온제거량이 증가하였으나 신갈나무에서 입자크기가 작아짐에 따라 Cu^{2+} 와 Cd^{2+} 제거량이 증가하였다고 보고하였는데²³⁻²⁶⁾ 본 실험에서 Cd와 Pb는 모두 입자의 크기가 작아짐에 따라 제거량이 증가하는 경향을 보였다.

본 연구에서 40mesh와 70mesh간의 중금속 제거량에 대한 유의성을 검정한 결과 Cd에서는 홍차, 자스민차, 결명자차, 감귤질차 만이 $P < 0.01$ 수준에서 인정되었고 Pb는 유의성을 인정할 수 없었기에 이후의 농도 및 온도에 따른 제거능 실험에는 모두 입자 크기를 40mesh로 하였다.

2. 중금속 농도에 따른 차 종류별 중금속 제거효과 비교

찻물의 중금속 농도에 따른 차 종류별 중금속 Cd, Pb의 제거량을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

찻물중에 함유된 Cd의 제거량은 농도가 높아질수록 증가되는 경향이거나 중금속 제거효율 면에서 보면 50ppm Cd을 함유한 찻물의 경우가 모든 차류에서 높았다. 25, 50ppm농도에서 Cd제거량은 차류들 간의 유의성을 인정할 수 없었으나 100ppm Cd함유 찻물에서는 보리차, 옥수수차, 현미녹차, 누룽지와 자스

Table 1. Effect of particle size of various teas on heavy metal removal Cd and Pb solution (ppm)

Tea name	Particle (mesh)	Heavy metals	
		Cd	Pb
Barley tea	20	@28.095 ± 3.225 ^{hijk#}	20.320 ± 3.588 ^{hi}
	40	25.968 ± 1.430 ^{ijkl}	22.721 ± 1.479 ^{hi}
	70	22.637 ± 2.985 ^{kl}	25.816 ± 2.271 ^{gh}
Corn tea	20	20.580 ± 0.590 ^{kl}	7.757 ± 1.676 ⁱ
	40	24.032 ± 0.170 ^{kl}	7.950 ± 1.677 ⁱ
	70	25.379 ± 0.335 ^{ijkl}	12.122 ± 5.097 ⁱ
Jasmin tea	20	46.533 ± 0.720 ^{bc}	67.845 ± 12.161 ^{abcd}
	40	54.227 ± 5.665 ^{ab}	73.853 ± 3.223 ^a
	70	59.309 ± 9.000 ^a	75.578 ± 14.607 ^{abc}
Brown rice-green tea	20	29.167 ± 1.265 ^{ghu}	59.681 ± 2.361 ^{abcde}
	40	34.303 ± 1.850 ^{efgh}	64.056 ± 3.281 ^{abc}
	70	36.308 ± 1.345 ^{defg}	66.157 ± 1.150 ^{ab}
Black tea	20	39.016 ± 1.685 ^{cdef}	35.326 ± 10.054 ^{fgh}
	40	46.750 ± 1.000 ^{bc}	41.366 ± 11.009 ^{efg}
	70	50.361 ± 2.965 ^b	50.249 ± 2.904 ^{bodef}
Cassia tora tea	20	32.534 ± 3.450 ^{fgh}	43.616 ± 7.981 ^{def}
	40	39.810 ± 4.302 ^{cd}	49.549 ± 11.474 ^{bodef}
	70	61.363 ± 9.215 ^a	54.454 ± 12.379 ^{bodef}
Persimon peel tea	20	29.386 ± 0.135 ^{ghu}	47.359 ± 4.239 ^{bcd}
	40	40.363 ± 2.020 ^{cdef}	57.935 ± 8.663 ^{cdef}
	70	51.503 ± 2.350 ^b	55.827 ± 8.596 ^{abcde}
Orange peel tea	20	39.016 ± 0.165 ^{cdef}	52.609 ± 10.141 ^{bodef}
	40	40.726 ± 0.985 ^{cde}	56.274 ± 7.902 ^{abcde}
	70	41.977 ± 1.920 ^{cde}	59.565 ± 9.210 ^{abcde}
Rice tea	20	18.565 ± 0.415 ⁱ	10.467 ± 4.037 ⁱ
	40	19.486 ± 0.335 ⁱ	12.154 ± 2.331 ⁱ
	70	20.070 ± 0.750 ⁱ	12.896 ± 1.688 ⁱ

@ Mean ± SD of three times measurement. # Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

민차, 홍차, 결명자, 감귤질차, 귤껍질차에서 유의성이(p<0.01) 인정되었다. 차의 원료에 전분이 많은 경우가 비교적 Cd 제거량이 낮았으며 25ppm 농도에서 순위는 자스민차>홍차>감귤질차>결명자차>귤껍질차>현미녹차>보리차>옥수수차>누룽지의 순서가, 50ppm에서는 결명자차>감귤질차, 100ppm에서는 결명자차>귤껍질>감귤질 순위였다.

차물 중에 함유된 Pb의 제거량은 농도가 높아질수록 증가되는 경향을 보이거나 제거효율은 옥수수차, 홍차, 결명자차, 감귤질차에서 일반적으로 감소되었는데 비하여 보리차, 자스민차, 현미녹차에서는 증가되는 경향을 보였고 귤껍질차와 누룽지는 변화가 거의 없어 차류와 농도사이에 제거된 Pb량은 유의성(p<0.01)이 인정되었다. 그러나 차의 종류에 따른 Pb제거량은 농도별로 차의 원료가 전분질 함량이 많은 옥수수차, 누룽지, 보리차만이 비교적 낮게 제거하는 경

향을 보였으나 그 외의 차류는 제거량 순위가 일정한 경향을 볼 수 없었으며, 25ppm 농도에서 제일 적은 제거량을 보였던 누룽지보다 결명자차가 4.75배, 50ppm농도에서는 제일 적은 제거량을 보인 옥수수차보다 귤껍질차가 5.84배, 100ppm 농도에서는 제일 적은 제거량을 보인 옥수수보다 자스민차가 10.83 배 이었다. 따라서 Pb의 경우 농도 변화에 따른 제거효율이 일정치 않아 좀더 깊이 있는 연구가 필요한 것으로 생각된다.

한편 백과 김^{22,23)}은 소나무박, 신갈나무박, 양파껍질, 땅콩껍질을 이용하여 Cd²⁺, Cu²⁺을 흡착시키거나 Ni²⁺, Fe²⁺을 흡착시킬 경우에도 농도 증가는 제거율을 감소시킨다고 하였고, 전²⁰⁾은 음료수 중에서 중금속에 대한 녹차잎의 흡착능 연구결과에서 농도 증가에 따라 Cu²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺의 제거효율이 감소한다고 하였는데, 본 연구의 결과와 비교하였을 때 Cd

Table 2. Effect of heavy metal concentration on heavy metals removal of various teas from Cd and Pb solution (ppm)

Tea name	Concentration (ppm)	Heavy metals	
		Cd	Pb
Barley tea	25	@ 7.262 ± 0.631 ^{hij#}	4.196 ± 1.498 ^k
	50	18.972 ± 1.646 ^{def}	13.532 ± 6.853 ^{hjk}
	100	23.021 ± 2.921 ^{cde}	20.506 ± 3.466 ^{gh}
Corn tea	25	4.590 ± 0.235 ^{ij}	4.967 ± 0.934 ^{jk}
	50	15.925 ± 0.948 ^{defgh}	5.908 ± 0.370 ^{jk}
	100	22.965 ± 2.642 ^{cde}	6.465 ± 0.507 ^{jk}
Jasmin tea	25	12.088 ± 3.776 ^{ghij}	6.415 ± 1.700 ^{jk}
	50	25.174 ± 5.783 ^{cd}	22.115 ± 1.785 ^{gh}
	100	48.150 ± 2.390 ^a	70.037 ± 2.649 ^a
Brown rice-green tea	25	8.538 ± 2.116 ^{ghij}	5.130 ± 3.751 ^{jk}
	50	18.604 ± 1.841 ^{befg}	19.448 ± 6.579 ^{gh}
	100	31.777 ± 3.584 ^{bg}	59.712 ± 2.044 ^b
Black tea	25	11.847 ± 4.207 ^{ghij}	14.501 ± 1.158 ^{hij}
	50	22.614 ± 4.799 ^{cde}	22.395 ± 2.293 ^{gh}
	100	43.493 ± 4.821 ^a	34.325 ± 11.559 ^{ef}
Cassia tora tea	25	10.847 ± 1.818 ^{ghij}	18.352 ± 1.717 ^{ghij}
	50	23.887 ± 2.305 ^{cde}	25.730 ± 5.122 ^{fg}
	100	40.805 ± 11.537 ^{ab}	37.821 ± 2.071 ^{de}
Persimon peel tea	25	11.054 ± 3.053 ^{ghij}	16.587 ± 1.204 ^{ghij}
	50	22.399 ± 3.146 ^{cde}	25.444 ± 3.292 ^{fg}
	100	38.916 ± 9.964 ^{ab}	45.312 ± 2.069 ^{cd}
Orange peel tea	25	9.982 ± 1.709 ^{ghij}	13.993 ± 5.796 ^{hjk}
	50	19.501 ± 5.539 ^{def}	34.537 ± 6.070 ^{ef}
	100	39.549 ± 0.627 ^{ab}	47.058 ± 4.114 ^c
Rice tea	25	2.970 ± 0.288 ^j	3.617 ± 1.743 ^k
	50	14.500 ± 0.169 ^{efghi}	8.744 ± 1.565 ^{ijk}
	100	18.872 ± 0.631 ^{def}	16.788 ± 1.140 ^{ghij}

@ Mean±SD of three times measurement, # Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

은 일치하는 경향이었으나 Pb의 경우 차의 종류에 따라서 감소 또는 증가하는 경향을 보였는데, 이는 차에 함유된 성분에 의한 영향으로 생각된다.

3. 추출 온도에 따른 차 종류별 중금속 제거 효과 비교

차물에 함유된 중금속 Cd, Pb가 온도에 따른 차의 종류에 따라 제거량을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

온도 상승에 따라 차물에 함유된 Cd의 제거량은 증가되는 경향이였다. 모든 차 중에서 온도에 따른 중금속 제거량 차이는 결명자차만 유의성($p < 0.01$)을 인정할 수 있었으며, 서로 다른 차들간에는 유의성($p < 0.01$)이 인정되었다.

일반적으로 차를 끓이는 온도는 100℃이므로 50℃

에서 제거된 Cd량을 기준으로 보았을 때 굴껍질차의 경우만 2.89% 감소된 것을 제외하고는 모든 차에서 제거량이 증가됨을 알 수 있었다. 100℃조건에서 Cd 제거량의 순서는 결명자차 > 자스민차 > 홍차 > 굴껍질차 > 감껍질차 > 현미녹차 > 누룽지 > 보리차 > 옥수수차 순이었다.

차물에 함유된 Pb는 온도 상승에 따라 증가되는 경향이 현저하여 보리차, 옥수수차, 홍차, 결명자차, 감껍질차, 굴껍질차, 누룽지에서 온도에 따른 제거량은 유의성($p < 0.01$)이 인정되었으나 자스민차와 현미녹차의 경우 제거량은 높으나 온도 차이에 따른 제거량은 유의성을 인정할 수 없었다.

100℃조건에서 차의 종류에 따른 Pb제거량 순위를 보면 결명자차 > 자스민차 > 굴껍질차 > 현미녹차 > 감껍질차 > 홍차 > 보리차 > 누룽지 > 옥수수차 순이

Table 3. Effect of leaching temperature on heavy metals removal of various teas from Cd and Pb solution (ppm)

Tea name	Temperature (°C)	Heavy metals	
		Cd	Pb
Barley tea	20	@23.021 ± 2.291 ^{ijk##}	20.506 ± 3.466 ^{ijk}
	30	16.462 ± 2.295 ^{fgtjk}	25.398 ± 2.333 ^{hijk}
	50	31.399 ± 1.654 ^{efghijk}	29.251 ± 6.121 ^{zhjk}
	100	31.593 ± 3.734 ^{fghtjk}	48.783 ± 9.997 ^{cdefg}
Corn tea	20	22.965 ± 2.642 ^{ijk}	6.465 ± 0.507 ^k
	30	23.695 ± 2.315 ^{hijk}	12.087 ± 4.432 ^{jk}
	50	28.620 ± 1.517 ^{ghijk}	14.674 ± 3.670 ^{jk}
	100	29.599 ± 2.884 ^{ghijk}	32.135 ± 20.800 ^{defgh}
Jasmin tea	20	48.150 ± 2.390 ^{bcdef}	70.038 ± 2.650 ^{abc}
	30	58.486 ± 10.598 ^{bc}	74.812 ± 5.495 ^{ab}
	50	65.394 ± 9.175 ^b	75.753 ± 15.878 ^{abcde}
	100	68.629 ± 2.525 ^{bcde}	77.631 ± 4.332 ^{ab}
Brown rice-green tea	20	31.777 ± 3.584 ^{efghijk}	59.712 ± 2.045 ^{bcdef}
	30	34.747 ± 15.305 ^{fghtjk}	66.883 ± 4.666 ^{abcde}
	50	38.981 ± 2.675 ^{cdefghijk}	74.357 ± 1.577 ^{ab}
	100	41.246 ± 5.036 ^{cdefghu}	74.565 ± 12.394 ^{abcde}
Black tea	20	43.493 ± 5.398 ^{cdefghu}	34.325 ± 17.736 ^{efgh}
	30	47.258 ± 6.328 ^{bcdef}	50.302 ± 14.445 ^{bcdef}
	50	59.133 ± 3.361 ^{bc}	69.923 ± 1.367 ^{abc}
	100	64.123 ± 2.051 ^{cdefgh}	72.428 ± 3.857 ^{abcd}
Cassia tora tea	20	40.805 ± 11.050 ^{cdefghij}	37.821 ± 2.069 ^{fghu}
	30	51.332 ± 17.624 ^{bcde}	60.591 ± 4.990 ^{bcdef}
	50	55.588 ± 4.774 ^{bcdefg}	82.402 ± 2.995 ^a
	100	77.995 ± 29.756 ^a	83.994 ± 19.610 ^{abcdef}
Persimon peel tea	20	38.916 ± 9.964 ^{cdefghijk}	45.312 ± 2.069 ^{efgh}
	30	41.918 ± 12.172 ^{cdefghu}	59.435 ± 6.781 ^{bcdef}
	50	42.836 ± 10.872 ^{cdefghu}	66.430 ± 5.126 ^{abcde}
	100	43.244 ± 2.089 ^{cdefghijk}	73.375 ± 5.530 ^{ab}
Orange peel tea	20	39.548 ± 0.627 ^{cdefghijk}	47.058 ± 4.114 ^{defgh}
	30	41.597 ± 2.359 ^{cdefghu}	65.240 ± 3.141 ^{abcde}
	50	64.287 ± 11.928 ^{bcd}	68.796 ± 5.849 ^{abcd}
	100	62.497 ± 0.660 ^{cdefghi}	74.664 ± 26.208 ^{bcdef}
Rice tea	20	18.872 ± 0.631 ^k	9.215 ± 1.398 ^{jk}
	30	19.876 ± 0.953 ^{jk}	14.095 ± 2.616 ^{jk}
	50	25.628 ± 0.305 ^{ghijk}	21.317 ± 1.126 ^{ijk}
	100	34.018 ± 7.305 ^{defghijk}	44.746 ± 8.841 ^{abcde}

@ Mean±SD of three times measurement. # Means with the same lettered superscripts in a column's are not significantly different at the 1% level by Duncan's multiple range test.

었다. 50°C에서보다 100°C에서 제거량은 곡류를 이용한 차류가 차나무 잎사귀나 과일 껍질류로 만든 차들보다 낮은 제거량을 보이고 있는데 이러한 결과는 김¹⁹⁾등의 결과와 일치하는 경향을 나타내 Pb의 제거에 차나무 잎사귀 또는 과일 껍질을 이용하여 만든 차가 효과적인 것으로 생각되었다.

한편, 홍²⁰⁾등의 연구결과 녹차의 경우 온도가 상승하여도 Cd, Pb의 흡착율의 경우 큰 변화가 없었다고

하였으며 40°C에서 각각 80, 74%의 최대 흡착율을 보고하였고 최 등¹⁸⁾은 녹차와 홍차 그리고 보리차를 70°C와 95°C에서 반응시키면 95°C에서 Cd와 Pb의 제거량이 약간 감소되었다고 하였으나 본 연구 결과는 모든 차에서 Cd, Pb는 증가하는 경향이였다.

이상의 결과로 부터 맹물로 끓여마시는 것보다는 각종 차를 이용하여 차트물을 만들어 마시면 음용수에 함유된 중금속을 제거하는데 도움이 될 것으로 생각

된다.

요약

차재료를 찻물에 담근 후 차건테기를 건져내고 마시는 차류의 중금속 제거력을 조사하기 위하여 Cd와 Pb 용액에서 보리차, 옥수수차, 차스민차, 현미녹차, 홍차, 결명자차, 감귤질차, 귤껍질차, 누룽지의 입자별, 농도별, 온도별 제거 정도를 조사한 결과는 다음과 같다.

입자의 크기가 작아질수록 모든 차에 있어서 중금속 제거력은 증가되었고, 금속별 제거량은 Cd는 결명자차(3.253~6.136mg/g)가, Pb는 차스민차(6.784~7.557mg/g)가 높았다.

농도별 중금속 제거량은 중금속의 농도가 증가할수록 증가하였는데 Cd와 Pb는 차스민차(1.209~4.815mg/g, 0.642~7.004mg/g)가 제거력이 높았다. 농도별 중금속의 제거작용은 모든 차류에서 증가되었으나 옥수수차는 Pb에서 0.497~0.647mg/g로 제일 낮았다.

온도별 중금속 제거량은 온도가 높아질수록 증가하여 Cd는 결명자차가 4.080~7.799mg/g, Pb는 차스민차가 7.003~7.763mg/g으로 증가하는 경향을 보였다.

참고문헌

- Page, A.L. and Chang, A.C. : *Cadmium*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.
- 송정자 : *크미량 원소의 영양*, 민음사, 140 (1984).
- 이혜영, 김미경 : 식이내 Cadmium과 단백질 수준이 흰쥐의 체내 단백질 대사 및 Cadmium 중독에 미치는 영향, *한국영양학회지* 21(6), 410. (1988).
- Revis, N.W. and Osborne, T.R. : Dietary protein effects on cadmium and metallothionein accumulation in the liver and kidney in rats, *Environ. Health Persp.*, 54, 83 (1984).
- 권오란 : 식이 단백질과 Calcium 수준이 흰쥐의 Cadmium 중독 및 해독에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문 (1992).
- Rakesh K. Singhal, Mary E. Anderson, and Allton Meister : A first line of defense against cadmium toxicity. Department of Biochemistry, Cornell University Medical College, New York, New York 10021, USA.
- Joes, S.G., Holscher, M.A., Basinger, M.A., and Jones, M.M. : Dependence on chelating agent properties of nephrotoxicity and testicular damage in male mice during cadmium decorporation. *Toxicology*, 53, 135. (1988).
- Rose, H.E., and Quarterman, J. : Dietary Fiber and Heavy Metal Retention in the Rat. *Environ. Res.* 42, 166 (1987).
- 김운성, 이철호, 김성조, 이주돈, 문광현, 백승화 : 알로에 첨가식이 흰쥐의 카드뮴 독성에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 27(4), 555. (1995).
- 김은경 : 식이내 섬유소와 Zn 첨가 수준이 흰쥐의 체내 Zn 대사에 미치는 영향. 중앙대학교대학원 가정학과 석사학위논문 (1988).
- Fox, MRS : Effects of vitamin C and Fe, Cd metalolism, *Ann NY Acad Sci.*, 355 (1980).
- Rose, H.E., and Quarterman, J. : Effects of dietary phytic acid on lead and cadmium uptake and Depletion in Rate. *Environ. Res.*, 35, 482(1984).
- 엄순택, 송동빈, 차철환 : 백납의 카드뮴 중독시 BAL 및 DMSA와 마늘의 방어효과에 대한 비교연구. *고대의대논문집*, 23, 109. (1986).
- Casaret and Doull : *Toxicology*. 2nd ed, Macmillan Pub. Co., 415 (1975).
- Paul, B. B. : *Text book of Medicin*. W. B. Saunders Co., 77 (1979).
- 이영옥, 차철환 : 백납의 카드뮴 중독시 마늘, D-penicillamine 및 N-acetyl-DL-penicillamine의 방어효과에 관한 연구. *고대의대논문집*, 23, 43 (1986).
- 김미지 : 한국산 녹차, 우롱차 및 홍차 음료의 Cadmium 제거 작용에 관한 연구. 효성여자대학교대학원 석사학위 논문 (1994).
- 최성인, 이정희, 이서래 : 막투과법에 의한 녹차음료의 카드뮴 및 납 제거효과. *한국식품과학회지*, 26(6), 740 (1994).
- 김창수 : 다류에 의한 중금속 제거효능. 태평양 기술연구소 자료 (1991).
- 전혜옥 : 수중에서 녹차잎의 Cd(II), Cu(II), 및 Pb(II) 이온들에 대한 흡착능. 석사학위논문, 한양대학교 (1991).
- 홍순영, 권이열, 이동섭, 김미경, 전혜옥 : 수용액중의 중금속에 대한 녹차의 흡착성질. 한양대학교 환경과학연구소 연구보고 제 13권, 19 (1992).
- 백기현, 김경식 : 수피에 의한 중금속 흡착효과(2), 소나무와 신갈나무 수피에 의한 Cu⁺⁺와 Cd⁺⁺의 흡착효과. *목재공학회지*, 14(4), 1 (1986).
- 김경식, 백기현 : 수피에 의한 중금속 흡착효과(1). 수피를 이용한 폐수중 Fe⁺⁺와 Ni⁺⁺의 제거효과. *한국경농학회지*, 5(1), 55 (1986).
- Henderson, R.W., Andrew, D.S., and Lightsey, G.R. : Reduction of mercury, copper, nickle, cadmium, and zinc levels in solution by competitive adsorption onto peanut hulls, and raw and aged bark. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 17(3), 355 (1977).
- Poonawals, N.A., Lightsey, G.R., and Henderson, R.W. : Removal of heavy metals from wastewater and sludge by adsorption onto solid wastes. Proc. 2nd National. Conf. on Complete Water

Reuse, Chicago, May 48, 241 (1975).
26. Kumar, P., and Dara, S.S. : Utilization of agriculture wastes for decontaminating industrial domestic waste-waters from toxic metals, *Agric. Wastes*, 4, 213 (1982).
27. Randall, J. M., Hautala, E., and McDonald, G. :

Binding of heavy metal ions by formaldehyde-polymerized peanut skins, *J. Appl. Polym. Sci.*, 22, 379. (1978).

(1998년 10월 2일 접수)