

*Allium*속의 Ni, Cu 및 Pb 흡착력

김성조 · 백승화 · 김운성* · 문광현 · 김승화
이승현 · 장광호 · 문상현 · 김양희 · 박윤주 · 김수진
원광대학교 생명자원과학대학 농화학과, *한국식품위생연구원

Studies on the Adsorption Capacity of Ni, Cu, and Pb by Genus *Allium* in Aqueous Solution

Seong-Jo Kim, Seung-Hwa Baek, Un Seung Kim*, Kwang-Hyun Moon, Seung-Hwa Kim,
Seung-Hyun Lee, Kwang-Ho Jang, Yang-Hee Kim, Yun-Joo Park and Su-Jin Kim

Dept. of Agricultural Chemistry, College of Life Science and Natural Resources,
Wonkwang University, Iksan Cheonbuk, 570- 749, Korea, * Korea Institute of Food Hygiene

Abstract

The study was performed under the various conditions, such as the edible parts and particle sizes of *Allium*, the concentrations, the temperatures, and the pH of heavy metal solutions to investigate their adsorption capacity of heavy metals by genus *Allium*. The adsorption amount of Pb by *Allium* in the aqueous solution was apparently higher than that of Ni and Cu by them. The larger the particle size of welsh onion and shallot was, the higher the adsorption of Cu was. The adsorptions of Cu, Ni and Pb by *Allium* were not much different between. The higher the concentration was, the more the adsorption was. But the adsorption ratio was not different. As the temperature increased, the amount of heavy metal adsorption increased in general, but the adsorption of Ni by welsh onion and wild garlic and leek, Cu by wild garlic, Pb by shallot, wild garlic and leek decreased. Adsorption of Pb to *Allium* was not affected by the different values of pH, and adsorptions of Ni and Cu were greatly affected by those of pH. Especially, the higher the pH was, the greater the Ni adsorption to *Allium* was, and the lower the pH was, the higher the Cu adsorption was. The correlation between the amount of components in edible parts of *Allium* and that of adsorption of heavy metals was significantly high in amino acids containing sulfhydryl group(-SH) and vitamin B₂.

Key words : *Allium*, heavy metal, adsorption capacity, aqueous solution, amino acid, vitamin

서 론

최근 환경오염 물질을 줄여 인간을 공해물질의 노출로부터 보호하여 쾌적한 자연환경 및 주거환경으로 바꾸려는 연구가 많이 이루어지고 있다. 매연, 분진, 농약, 도시 하수 및 공장폐수로 인해 대기, 물, 토양 등이 오염되기 때문에 처리하여 배출하고 있으나 방출, 배기와 배수 중에는 배출허용기준 이하이긴 하지만 중금속 물질과 유기화학물질 등의 오염물질이 함유되어 있다. 실제로 농산물 중에는 Ni, Cu, Pb 등이 상당량 함유¹⁻⁵⁾되어 있어서 섭취하면 인체 및 동물 등의 조직에 축적되어 해를 끼치게 된다.

이들 중금속 물질들이 체내에 들어오면 음식물 중의 단백질이나 함황 아미노산과 결합하여 metallothio-

nein을 만들어 독성이 약화되거나 무독화되어 체외배설되어 축적량이 감소된다.⁶⁾ 중금속과 반응하는 성분으로는 섬유소⁷⁻⁹⁾, 비타민¹⁰⁾, 단백질¹¹⁻¹³⁾, 함황 펩티드^{14,15)}, 함황 아미노산¹⁴⁾, phytin¹⁶⁾, 페놀 화합물(BAL, DMSA)¹⁷⁾, Ca-EDTA¹⁸⁾, penicillamin¹⁹⁾ 등이 알려져 있다. 마늘²⁰⁻²³⁾, 양파²⁴⁻²⁶⁾, 부추^{27,28)}와 같은 *Allium*속 성분의 섬유소, 함황 아미노산, 비타민, 단백질 등은 중금속과 반응하여 장내에서 흡수되기 어려운 상태로 변하는 것으로 보고되고 있다²⁹⁻³¹⁾. 김과 백^{32,33)}은 흡착제로 소나무와 신갈나무 수피(樹皮)를 사용하여 폐수중 Cd, Cu, Ni, Fe 등을 제거하여 환경에 배출되는 중금속량을 줄이려고 한 결과가 있다.

이상의 연구결과는 섭취한 음식 성분이 인체의 장내에서 유해 중금속의 흡수를 억제시킬 가능성을 시사하

고 있다.

본 연구는 *in vitro*에서 *Allium*속의 함유성분들이 중금속을 흡착하거나 제거하는 효과와 메카니즘에 대한 자료를 얻기 위하여 시료의 입자크기, 중금속 농도, 수용액 온도와 pH를 달리하여 Ni, Cu, Pb 용액과 대파, 쪽파, 마늘, 달래, 부추, 양파 등과 혼합하여 흡착효과를 비교 분석한 결과이다.

재료 및 방법

1. 시료 및 시약의 조제

*Allium*속의 시료는 잎, 줄기, 피경으로 나누어 열풍건조(50°C ± 1) 한 후 20, 40, 70mesh로 분쇄하여 흡착실험에 사용하였다. 중금속 용액은 Cu(NO₃)₂ · 3H₂O, Ni(NO₃)₂ · 6H₂O, Pb(CH₃COO)₃ · 3H₂O의 특급시약을 10,000ppm으로 조제하여 실험시 희석하여 사용하였다. pH는 HCl, NaOH와 Tris(hydroxymethyl)aminomethane을 사용하여 조절하였다.

2. 흡착실험

입자 크기별 흡착실험은 20, 40, 70메시로 분쇄한 시료를, 다른 실험은 40메시로 분쇄한 시료를 사용하였다. 농도별 흡착실험은 25, 50, 100ppm 용액, 온도별 흡착실험은 20, 30, 50°C, pH별 흡착실험은 5, 7, 9로 조절된 100ppm 용액 100ml에 시료 1g씩을 가하여 온도별 실험을 제외하고는 20°C에서 1시간 동안 흡착시킨 후 여과(No. 5B)한 여액을 원자흡광광도계(Model : Varian SpectraAA 300/400)로 분석하였다.

3. 통계처리

실험 자료는 SAS프로그램으로 분산분석(analysis of variance ; ANOVA) 및 다중분석(Duncan's multiple range test ; DMRT)하여 유의성을 검증하였다. *Allium*속의 일반성분함량과 중금속 흡착력 사이의 관계는 안²⁷⁾과 농촌진흥청 농촌영양개선 연구원³⁴⁾의 자료를 이용하여 Pearson방법³⁵⁾으로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 중금속별 흡착량

*Allium*속 시료 6종의 중금속별 흡착량은 Fig. 1과 같다.

전반적으로 Pb의 흡착량이 가장 높았고 다음으로 Cu였다. 시료의 함유 성분에 따라 동일 중금속도 흡착량이 달라지는 것으로 나타났다. 달래, 양파, 대파 등의

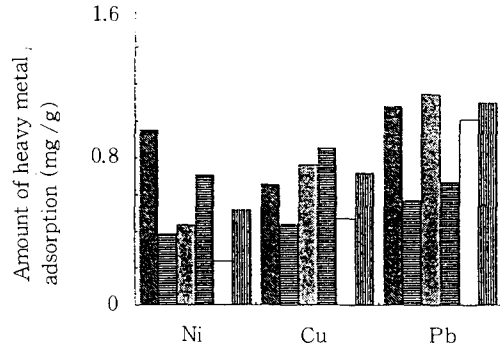


Fig. 1. Comparison of heavy metal adsorption from the aqueous solution of 25ppm by edible parts of *Allium*. ▨ : Welsh onion, ▩ : Shallot, ▧ : Garlic, ▣ : Wild garlic, □ : Leek, ▧ : Onion.

Pb흡착력이 높은 것은 *Allium*속의 종별, 중금속 종류에 따라 수화이온의 크기와 이온의 활동계수 차이가 흡착력의 차이로 나타나기 때문이다.

2. 시료 입자크기에 따른 중금속 흡착량

각 중금속 100ppm 용액중에 시료를 입자별로 구분하여 혼합한 후 Ni, Cu, Pb에 대한 흡착량을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Ni에 대한 흡착력은 다른 금속에 비하여 적었고, 입자별 차이도 나타나지 않았다. Ni에 대한 흡착은 대파의 줄기 > 달래 ≥ 양파의 순으로, 3.2~5.8 mg/g 흡착하였다. Cu에 대한 흡착력은 대파의 줄기, 쪽파의 잎, 마늘의 잎, 줄기 부위는 70메시에서 가장 컸다. 달래, 쪽파의 줄기 및 양파는 20메시, 대파의 줄기는 40메시에서 가장 높았다. 부추는 Cu에 대한 흡착량이 가장 낮고, 입자에 따른 차이는 없었다.

시료 입자별로 볼 경우 Pb흡착량은 쪽파의 줄기외에는 다른 중금속들보다 전반적으로 높았다. Pb에 대한 흡착량이 클 경우 입자가 증가할 수록 Pb의 흡착량이 증가하였다.

흡착제의 중금속 흡착력은 중금속의 종류, 재료에 함유된 성분 및 물리 화학적 요인에 의하여 영향 받는다³³⁾. 그래서 입자에 따른 중금속 흡착력은 *Allium*속의 종별로 차이를 나타냈다. 입자의 크기가 작아질수록 중금속의 흡착력이 커졌으나 흡착량이 작을 때는 금속의 종류에 관계없이 입자의 크기에 따른 흡착력의 차이는 나타나지 않았다. 이는 Ni을 제외한 Cd, Cu, Fe에 대해 수피(樹皮)입자 크기가 작을수록 흡착률이 높다는 보고와 유사하다^{36,37)}.

이와 같은 현상은 *Allium*속의 입자가 작을수록 표면

Table 1. Effect of particle size of samples on adsorption of heavy metals from the aqueous solution by Allium

Samples tissue	Particle (mesh)	Allium					
		Welsh onion	Shallot	Garlic	Wild garlic	Leek	Onion
..... Ni mg / g							
Leaf	20	1.860 ^b	1.822 ^c	2.190 ^b	—	1.426 ^b	—
	40	2.010 ^a	2.576 ^a	2.360 ^{ab}	—	1.530 ^{ab}	—
	70	1.850 ^b	2.282 ^b	2.472 ^a	—	1.576 ^a	—
Stem & Bulb	20	4.258 ^c	2.332 ^a	2.114 ^a	4.378 ^a	—	3.660 ^b
	40	5.132 ^b	2.256 ^a	2.190 ^a	4.228 ^b	—	3.214 ^c
	70	5.766 ^a	2.096 ^b	2.090 ^a	4.258 ^{ab}	—	4.000 ^a
..... Cu mg / g							
Leaf	20	2.200 ^c	1.378 ^c	2.392 ^b	—	1.306 ^b	—
	40	3.494 ^a	2.570 ^b	2.830 ^a	—	1.772 ^a	—
	70	3.016 ^b	3.128 ^a	3.008 ^a	—	1.632 ^a	—
Stem & Bulb	20	3.494 ^b	3.178 ^a	2.352 ^b	3.662 ^a	—	3.444 ^a
	40	3.522 ^b	2.600 ^b	2.588 ^{ab}	2.684 ^b	—	2.886 ^b
	70	4.972 ^a	2.334 ^c	2.622 ^a	2.576 ^b	—	2.166 ^c
..... Pb mg / g							
Leaf	20	6.046 ^c	3.614 ^c	4.744 ^c	—	3.774 ^b	—
	40	7.828 ^b	6.458 ^b	5.882 ^b	—	6.472 ^a	—
	70	8.600 ^a	7.776 ^a	6.484 ^a	—	6.552 ^a	—
Stem & Bulb	20	6.246 ^b	0.278 ^b	4.584 ^c	3.322 ^b	—	1.632 ^c
	40	5.674 ^c	1.188 ^c	5.276 ^b	3.242 ^b	—	4.306 ^b
	70	7.588 ^a	1.728 ^a	7.616 ^a	3.458 ^a	—	4.492 ^a

a, b, c : Means with the same lettered superscripts in a column of each tissue are not significantly different above 5% level by Duncan's multiple range test.

적이 넓어지기 때문에 중금속이 Allium속의 섬유소⁷⁻⁹⁾, 비타민¹⁰⁾, sulfhydryl group(-SH)^{14,15)}과 접촉할 기회가 많아져서 더 많이 흡착되기 때문으로 생각된다.

3. 농도에 따른 중금속 흡착량

40메시의 Allium속 시료를 중금속 농도별 조건에서 Ni, Cu, Pb 흡착량을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

Ni는 25ppm의 저농도 용액에서 다른 중금속, 특히 Pb보다 아주 낮은 흡착량을 보인 반면 Ni 농도가 높아짐에 따라 흡착량도 증가하여 25ppm : 50ppm : 100ppm으로 농도가 높아지는데 따라 Ni 흡착량은 1 : 3 : 9배로 증가하였다. 100ppm 농도에서는 Ni에 대한 Allium속의 흡착력은 매우 높았다. 100ppm의 Ni 용액 중에서 대파의 줄기, 달래, 부추는 5mg/g 이상의 높은 흡착량을 보였다. Table 2의 일반성분함량과 같이 대파는 당, 비타민 C, 달래는 단백질, 당, 비타민 C, 부추는 단백질, 비타민 B₁, 비타민 C, 엽산등이 다른 Allium속보다 많이 함유되었기 때문으로 생각된다.

중금속 중 Allium속에 대한 Cu흡착량은 Ni과 Pb에 비하여 낮았다. 농도 증가에 따른 Cu흡착량은 쪽파의 줄기, 부추 등에서 다소 예외적으로 증가하였으나 Cu 농도가 높아질수록 흡착량이 증가하였다. Cu흡착량은

마늘의 잎과 달래에서 높았고, Cu 100ppm 농도에서 이들의 흡착량은 4mg/g 이상이였다.

Pb는 Allium속의 종류에 관계없이 잘 흡착하였고 용액의 농도 증가에 따라 흡착량이 변하였다. 25ppm에서의 흡착력도 컸지만 50ppm, 100ppm으로 농도가 증가함에 따라 흡착량의 변화 내지 차이가 분명하게 나타났다. 이는 시료의 함유 성분과 Pb²⁺이 100ppm에서도 이온의 활동이 유지되는 것을 시사하고 있다.

Pb의 흡착량이 Ni, Cu보다 많은 것은 수화이온의 크기가 작기 때문으로 생각된다³⁸⁾. 마늘의 줄기와 양파의 경우 100ppm에서 Pb흡착량은 2.4~4.0mg/g으로 예외적이었으나 Allium속은 부위에 관계없이 5.6~9.6mg/g의 높은 흡착량을 보였다.

전반적으로 농도에 따른 흡착량은 중금속의 농도가 증가에 따라 증가하였으나 흡착율은 일정하지 않았다³⁶⁾. 흡착 경향이 일치하지 않은 것은 각 Allium속들의 구성 성분과 중금속의 농도에 따른 반응성의 차이로 보이며 이에 대하여는 좀 더 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

4. 온도에 따른 중금속 흡착량

각 중금속 100ppm 용액에서의 Allium속의 Ni, Cu,

Table 2. Effect of heavy metal concentration on adsorption of heavy metals from the aqueous solution by *Allium*

Samples	Particle	<i>Allium</i>					
		Welsh onion	Shallot	Garlic	Wild garlic	Leek	Onion
	 Ni mg / g					
Leaf	25	0.339 ^b	0.356 ^c	0.502 ^c	—	0.238 ^c	—
	50	0.953 ^b	1.104 ^b	1.170 ^b	—	0.755 ^b	—
	100	4.562 ^a	4.667 ^a	4.964 ^a	—	5.201 ^a	—
Stem & Bulb	25	0.952 ^c	0.388 ^b	0.437 ^c	0.711 ^c	—	0.520 ^c
	50	2.527 ^b	1.114 ^b	1.066 ^b	2.144 ^b	—	1.813 ^b
	100	7.676 ^a	4.949 ^a	4.740 ^a	5.853 ^a	—	4.708 ^a
	 Cu mg / g					
Leaf	25	0.773 ^b	0.888 ^b	0.769 ^b	—	0.472 ^b	—
	50	1.451 ^b	1.352 ^b	1.375 ^b	—	0.785 ^b	—
	100	3.411 ^a	3.857 ^a	4.031 ^a	—	2.992 ^a	—
Stem & Bulb	25	0.660 ^c	0.443 ^b	0.763 ^b	0.855 ^b	—	0.720 ^b
	50	1.390 ^b	1.180 ^b	1.303 ^b	1.487 ^b	—	1.416 ^b
	100	3.190 ^a	3.164 ^a	3.280 ^a	4.470 ^a	—	2.722 ^a
	 Pb mg / g					
Leaf	25	1.831 ^b	0.821 ^b	1.332 ^c	—	1.007 ^c	—
	50	3.746 ^b	2.975 ^b	2.913 ^b	—	2.800 ^b	—
	100	9.573 ^a	7.084 ^a	6.233 ^a	—	9.190 ^a	—
Stem & Bulb	25	1.082 ^c	0.572 ^c	1.146 ^b	0.671 ^c	—	1.101 ^c
	50	2.527 ^b	2.199 ^b	2.841 ^a	1.670 ^b	—	1.738 ^b
	100	5.620 ^a	6.167 ^a	2.396 ^a	9.228 ^a	—	4.050 ^a

a, b, c : Means with the same lettered superscripts in a column of each tissue are not significantly different above 5% level by Duncan's multiple range test.

Pb 흡착량은 Table 3과 같다.

Ni의 경우 온도에 따른 시료 흡착량 변화는 나타나지 않았다. 쪽파와 마늘을 제외하고, 대파, 달래 및 부추는 온도 증가에 따라 흡착량이 작아졌다.

Cu는 달래, 마늘 줄기, 부추 및 양파 등은 온도 증가에 따른 흡착량 증가는 나타나지 않았으나, 대파 및 쪽파, 마늘잎은 온도증가 따라 Cu의 흡착량도 증가하였다.

Pb에 대한 흡착력은 쪽파 줄기, 달래, 부추등은 온도의 증가에 따라 약간씩 감소하였고 대파와 마늘, 쪽파 잎, 양파 등은 증가하였다. 전체적으로 20℃에서의 흡착량 보다 30, 50℃이 흡착량은 온도 증가에 따른 변화가 심했으며, 대체로 온도 변화와 흡착량의 양적 변화 관계는 적었다.

5. pH에 따른 중금속 흡착량

각 중금속 100ppm 용액에 시료를 혼합하여 pH 5~9에서 일정시간 후 Ni, Cu, Pb 흡착량을 조사하여 Table 4의 결과를 얻었다.

Ni의 경우 pH 증가에 따라 *Allium*속은 Ni에 대한 흡착력이 증가하였다. 마늘을 제외하고는 pH 5보다 pH 9에서 Ni흡착량이 1.5~2배 높았다.

흡착량이 중간 정도였던 Cu의 경우는 Ni과 달리 pH 증가에 따라서 흡착력이 감소되었다. 이 결과는 쪽파의 잎, 부추와 양파에서 유의성을 인정할 수 없었다. 다른 시료에서는 용액의 pH 증가에 따라 Cu흡착력이 낮아졌다.

Pb의 경우, pH는 Pb흡착량에 거의 영향을 미치지 않았다. 그러나 대파의 줄기, 달래 및 부추는 pH증가로 흡착력이 감소되었다. 달래는 pH 5일때 6.8mg /g흡착하였으나 pH 9에서 2.4mg /g으로 흡착량이 크게 감소되었다.

전반적으로 pH에 따른 중금속의 흡착량은 일정한 경향을 나타내지 않았다. Pb는 pH에 거의 영향을 받지 않았고, Ni, Cu는 영향을 많이 받았다. Ni은 pH 증가에 따라 흡착량이 증가되었고, Cu는 감소되었다. 이는 pH에 따른 중금속 이온들의 활성도 차이에 의한 것으로 생각된다.

김과 백³²⁾, Randall 등³⁹⁾, Kumar 등⁴⁰⁾은 중금속의 최적 흡착 pH는 중성이라고 하였다. 이는 *Allium*속의 함유성분의 OH기의 H⁺가 수용액으로 쉽게 용출되어 중금속 이온이 흡착되기 때문이라고 하였다. Davis와 Leckie⁴¹⁾는 알칼리 영역에서 중금속의 흡착량이 높은 것은 수산화 중금속 및 유기금속 착화합물을 형성하기

Table 3. Effect of temperatures on adsorption of heavy metals from the aqueous solution by *Allium*

Samples tissue	Temperature (°C)	<i>Allium</i>					
		Welsh onion	Shallot	Garlic	Wild garlic	Leek	Onion
..... Ni mg / g							
Leaf	20	5.666 ^a	4.667 ^b	4.964 ^a	—	5.201 ^a	—
	30	5.334 ^a	5.255 ^{ab}	5.069 ^a	—	4.459 ^b	—
	50	4.562 ^a	5.820 ^a	5.374 ^a	—	4.388 ^b	—
Stem & Bulb	20	7.676 ^a	4.949 ^b	4.740 ^b	5.853 ^a	—	4.495 ^a
	30	6.961 ^{ab}	6.108 ^{ab}	5.839 ^a	5.452 ^a	—	4.618 ^a
	50	5.926 ^b	6.582 ^a	4.959 ^b	5.300 ^a	—	5.187 ^a
..... Cu mg / g							
Leaf	20	3.411 ^b	3.857 ^b	4.031 ^b	—	2.992 ^a	—
	30	5.184 ^{ab}	4.933 ^a	4.725 ^{ab}	—	3.279 ^a	—
	50	5.474 ^a	4.947 ^a	5.142 ^a	—	3.502 ^a	—
Stem & Bulb	20	3.190 ^b	3.774 ^b	3.243 ^a	4.470 ^b	—	2.502 ^a
	30	3.647 ^b	4.307 ^{ab}	4.432 ^a	7.391 ^a	—	2.610 ^a
	50	5.408 ^a	4.616 ^a	4.460 ^a	5.251 ^b	—	2.924 ^a
..... Pb mg / g							
Leaf	20	8.573 ^{ab}	7.084 ^b	6.233 ^b	—	9.190 ^a	—
	30	7.730 ^{ab}	8.372 ^a	7.188 ^{ab}	—	8.596 ^{ab}	—
	50	9.795 ^a	8.564 ^a	7.680 ^a	—	7.387 ^b	—
Stem & Bulb	20	5.620 ^a	6.167 ^a	2.396 ^c	9.228 ^a	—	4.050 ^b
	30	5.898 ^a	5.405 ^a	4.829 ^b	8.677 ^{ab}	—	4.405 ^{ab}
	50	6.144 ^a	3.745 ^b	6.723 ^a	8.320 ^b	—	4.793 ^a

a, b, c : Means with the same lettered superscripts in a column of each tissue are not significantly different above 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Effect of pH on adsorption of heavy metals from the aqueous solution by *Allium*

Samples tissue	pH	<i>Allium</i>					
		Welsh onion	Shallot	Garlic	Wild garlic	Leek	Onion
..... Ni mg / g							
Leaf	5	3.037 ^b	2.705 ^b	3.292 ^b	—	2.794 ^b	—
	7	3.182 ^b	2.908 ^b	3.393 ^b	—	2.794 ^b	—
	9	4.837 ^a	4.738 ^a	3.646 ^a	—	4.749 ^a	—
Stem & Bulb	5	4.076 ^b	3.414 ^b	3.227 ^b	3.482 ^b	—	3.320 ^b
	7	4.187 ^b	3.499 ^b	3.370 ^a	3.531 ^b	—	3.426 ^b
	9	6.168 ^a	7.129 ^a	3.196 ^b	5.686 ^a	—	6.515 ^a
..... Cu mg / g							
Leaf	5	3.507 ^a	1.975 ^a	2.779 ^a	—	2.004 ^a	—
	7	2.175 ^b	1.887 ^a	2.311 ^b	—	1.782 ^a	—
	9	2.008 ^b	2.064 ^a	2.225 ^b	—	1.981 ^a	—
Stem & Bulb	5	2.572 ^a	2.744 ^a	2.689 ^a	3.546 ^a	—	2.097 ^a
	7	2.020 ^b	1.978 ^b	2.138 ^b	2.525 ^b	—	2.213 ^a
	9	1.989 ^b	2.109 ^b	2.110 ^b	2.294 ^b	—	1.981 ^a
..... Pb mg / g							
Leaf	5	7.774 ^a	5.403 ^b	3.761 ^a	—	4.910 ^a	—
	7	7.908 ^a	6.858 ^{ab}	3.939 ^a	—	3.249 ^b	—
	9	8.423 ^a	7.025 ^a	3.713 ^a	—	2.184 ^c	—
Stem & Bulb	5	4.832 ^a	4.311 ^a	3.596 ^a	6.760 ^a	—	2.710 ^a
	7	3.136 ^b	4.558 ^a	3.156 ^a	4.882 ^b	—	2.741 ^a
	9	2.627 ^b	5.190 ^a	3.612 ^a	2.449 ^c	—	2.069 ^a

a, b, c : Means with the same lettered superscripts in a column of each tissue are not significantly different above 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 5. Correlation coefficients between components in edible parts and absorbed heavy metal contents of *Allium* in solution

	Methionine	Cystine	Histidine	Vit. B ₁		Vit. C	Ni 25ppm	Ni 50ppm	Ni 100ppm	Cu 25ppm	Cu 50ppm	Cu 100ppm	Pb 25ppm	Pb 50ppm	Pb 100ppm	Total amino acid
				B ₁	B ₂											
Methionine	-															
Cystine	0.355	-														
Histidine	0.965**	0.285	-													
Vit. B ₁	-0.698**	-0.890**	-0.574*	-												
Vit. B ₂	0.561*	-0.173	0.382	-0.267	-											
Vit. C	-0.436	-0.874**	-0.254	0.930**	-0.276	-										
Ni 25ppm	0.956**	0.580*	0.943**	-0.812**	0.332	-0.549	-									
Ni 50ppm	0.834**	0.726**	0.854**	-0.832**	0.064	-0.575*	0.959**	-								
Ni 100ppm	0.896**	0.093	0.974**	-0.378	0.328	-0.030	0.847**	0.750**	-							
Cu 25ppm	0.320	0.747**	0.098	-0.827**	0.390	-0.970**	0.387	0.377	-0.124	-						
Cu 50ppm	0.577	0.917**	0.435	-0.987**	0.234	-0.975**	0.706**	0.742**	0.223	0.896**	-					
Cu 100ppm	0.523	-0.380	0.389	-0.073	0.970**	-0.043	0.260	-0.025	0.289	0.156	0.018	-				
Pb 25ppm	0.285	0.605*	0.040	-0.735**	0.520	-0.909**	0.300	0.245	-0.171	0.981**	0.809**	0.300	-			
Pb 50ppm	0.078	-0.832**	0.034	0.498	0.690**	0.494	-0.216	-0.475	0.148	-0.343	-0.542	0.828**	-0.168	-		
Pb 100ppm	-0.232	-0.656*	0.006	0.742**	-0.433	0.926**	-0.247	-0.246	0.221	-0.990**	-0.824**	-0.204	-0.993**	0.256	-	
Total amino acid	0.799**	0.824**	0.694**	-0.987**	0.337	-0.870**	0.890**	0.883**	0.515	0.756**	0.950**	0.167	0.670	-0.406	-0.663*	-
Protein	-0.517	-0.881**	-0.350	0.964**	-0.279	0.994**	-0.633*	-0.658*	-0.131	-0.943**	-0.993**	-0.053	-0.872	0.501	0.886**	-0.916**

(N=12; * : p<0.05, ** : p<0.01)

때문이라고 하였다.

6. 아미노산 및 비타민의 함량과 중금속 흡착량의 상관관계

Allium속 줄기중의 아미노산 및 비타민함량과 줄기중의 중금속 흡착량과의 상관관계는 Table 5와 같다.

Ni는 메티오닌, 시스틴, 히스티딘 등과 반응하여 흡착할 가능성이 크다. Cu는 메티오닌, 시스틴이 흡착에 관여한다. Pb는 시스틴, 히스티딘과 관계가 있다.

전반적으로 볼 때 Allium속의 중금속 흡착력은 염기성 아미노산인 히스티딘을 예외로, 함황 아미노산의 함량이 큰 영향을 미쳤다.

또 비타민 B₂의 중금속 흡착력간의 유의성은 비타민 B₂그룹이 고리구조여서 착화합물을 쉽게 형성하기 때문으로 생각된다. 특히 리보플라빈과 FMN은 이가 금속이온(Cu²⁺, Zn²⁺, Co²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Cd²⁺)들과 쉽게 킬레이트화합물을 만든다고 한 Cooperman and Lopez 결과⁴²⁾와 일치하였다.

요 약

본 연구는 Allium속의 중금속 흡착력을 구명하고자 식물체의 식용부위별, 시료의 입자별, 중금속 농도별, 용액의 온도별, pH별 실험 결과이다. Allium속에 의한 중금속의 흡착량은 Allium속의 종류에 관계 없이 Pb이 Ni, Cu보다 훨씬 많았다. 대과, 쪽과는 Cu에 대하여 시료 입자가 클 수록 흡착이 잘 되었으나 Ni, Pb은 차이가 나타나지 않았다. 농도별 중금속 흡착력은 농도가 높을 수록 증가하였으나 증가율은 일정하지 않았다. 온도에 따른 중금속의 흡착력은 온도 증가에 따라 증가하였으나, Ni은 대과, 달래, 부추에서 Pb은 쪽과, 달래, 부추에서 감소하였다. Pb의 흡착력은 pH에 따른 영향을 받지 않았다. Ni 및 Cu는 pH 영향을 많이 받았다. Ni은 pH증가에 따라 흡착량이 증가되었고, Cu는 오히려 감소되었다. 중금속들의 흡착에 미치는 Allium속 성분 함량사이의 관계는 함황 아미노산과 비타민 B₂에서 유의성이 인정되었다.

참고문헌

- Dean, J. G., Bosgui, F. L. and Lenovette, K. H. : Removing heavy metals from wasted water, *Environ. Sci. Technol.*, 6, 518 (1972).
- Boon, D. Y. and Soltanpour, P. N. : Lead, cadmium, and zinc contamination of aspen garden soils and vegetation, *J. Environ. Qual.*, 21, 82 (1992).
- 김성조, 백승화, 정동진 : 경작지내 도시하수 Sludge의 처리가 작물중 Cu 및 Pb 함량에 미치는 영향, *한국환경농학회지*, 11(1), 9 (1992).
- 김성조, 류택규, 이만상, 양창휴, 전경수, 백승화 : 만경강 유역의 토양과 수도체중 Pb함량의 변화에 관한 연구, *한국환경농학회지*, 11(3), 177 (1992).
- 김성조, 이만상, 류택규, 김운성, 윤기운, 백승화 : 만경강 유역의 논토양과 수도체 중 Cu함량의 변화, *한국환경농학회지*, 13(1), 10 (1994).
- 송정자 : 극미량 원소의 영양, 민음사, 140 (1984).
- 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, 중앙대학교 대학원 가정학과 석사학위논문 (1988).
- Fox MRS : Effects of vitamin C and Fe, Cd metabolism, *Ann. Acad. Sci.*, 355, 249 (1980).
- 이혜영, 김미경 : 식이내 Cadmium과 단백질 수준이 흰쥐의 체내 단백질 대사 및 Cadmium 중독에 미치는 영향, *한국영양학회지*, 21(6), 410 (1988).
- Nathanie, W. R. and Tanya, R. O. : Effects of dietary protein in cadmium and metallothionein accumulation in the liver and kidney of rats, *Environ. Health Perso.* 54, 83 (1984).
- 권오란 : 식이 단백질과 Calcium 수준이 흰쥐의 Cadmium 중독 및 해독에 미치는 영향, 이화여자 대학교 대학원 박사학위 논문 (1992).
- Rakesh, K. S., Mary, E. A. and Allton M. : A first line of defense against cadmium toxicity. Dept. of Biochemistry, Cornell University Medical College, New York, New York 10021, USA (1987).
- Jones, 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. : Effects of dietary phytic acid on lead and cadmium uptake and depletion in rat, *Environ. Res.*, 35, 482 (1984).
- 염순택, 송동빈, 차철환 : 백납의 카드뮴 중독시 BAL 및 DMSA와 마늘의 방어효과에 대한 비교연구, *고대의대논문집*, 23, 109 (1986).
- Paul, B. B. : Text book of medicin, *W. B. Saunders Co.*, 77 (1979).
- Casaret and Doull. : Toxicology 2nd ed, *Macmillan pub. Co.*, 415 (1975).
- 이영옥, 차철환 : 백납의 카드뮴 중독시 마늘, D-penicillamine 및 N-acetyl-DL-penicillamine의 방어효과에 관한 연구, *고대의대논문집*, 23, 43 (1986).
- 이태자 : 마늘 첨가식이 백서의 성장 및 혈액성분에 미치는 영향, 영남대학교 대학원 식품영양학과 석사학위논문 (1978).
- 최유옥 : 마늘 첨가급식이 흰쥐의 성장 및 체성분 함량에 미치는 영향, 계명대학교 대학원 가정학과 석사학위논문 (1981).
- 이진현 : Sodium selenite와 마늘이 유기수은 중독에 미

- 치는 영향에 관한 실험적 연구, 서울대학교 보건대학원 보건학과 석사학위논문 (1987).
24. Jaramillo, A. and Sonnenfeld, G. : Effect of amorphous and crystalline nickel sulfide on induction of interferons- α/β and γ and interleukin-2, *Environ. res.*, **48**, 275-286 (1989).
 25. 임현지 : 양파즙(Onion juice)이 성장기 흰 쥐의 납 흡수 억제 및 간 해독작용에 미치는 영향, 조선대학교 대학원 식품영양학과 석사학위논문 (1991).
 26. 김소희, 서명자 : 수은이 *Lactobacillus bulgaricus*의 젖산 생성과 생육 저해작용에 대한 양파 추출물의 효과, *생화학회지*, **18**(1), 34 (1987).
 27. 안령미 : 부추(*Allium odorum* L.)가 카드뮴독성 흰쥐의 혈청 테스토스테론과 고환에 미치는 영향, *同大論叢* 第 21 輯, 333 (1991).
 28. 안령미, 김완태, 이희성 : 카드뮴 독성에 관한 부추(*Allium odorum* L.)의 방어 효과, *한국위생학회지*, **17**(2), 102 (1991).
 29. Lee, Y. H., Suaikh, Z. A. and Tohyama, C. : Urinary metallothionein and tissue metal levels of rats injected with cadmium, mercury, lead, copper or zinc, *Toxicology*, **27**(3,4), 337 (1983).
 30. Onosaka, S., Kawakami, D., Min, K. S., Oo-lshi, K. and Tanaka, K. : Induced synthesis of metallothionein by ascorbic acid in mouse liver, *Toxicology*, **43** (3), 251-259.
 31. Webb, M., and Cain, K. : Functions of methallothionein, *Biochem. Pharmacol.* **31**, 137 (1982).
 32. 김경식, 백기현 : 수피에 의한 중금속 흡착효과 - I. 수피를 이용한 폐수중 Fe^{2+} 과 Ni^{2+} 의 제거 효과, *한국환경농학회지*, **5**(1), 55 (1986).
 33. 백기현, 김경식 : 수피에 의한 중금속 흡착효과(2) - 소나무와 신갈나무 수피에 의한 Cu^{2+} 와 Cd^{2+} 의 흡착효과, *목재공학*, **14**(3), 1 (1986).
 34. 농촌진흥청 농촌영양개선 연구원 : 식품성분표(제4개정 판), 52-72 (1991).
 35. Wilkinson L. : SYSTAT, in Chapter 12 correlation, The system, for statistics, Evanstone, IL : SYSTAT, Inc., corr 1~6(1987).
 36. Henderson, R. W., Andrew, D. S. and Lightsey, G. R. : Reduction of mercury, copper, nickel, cadmium, and zinc levels in solution by competitive adsorption on to peanut hulls, and aged bark, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **17**(3), 355 (1977).
 37. 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 Resue*, Chicago, May 48, 241 (1975).
 38. Dean, John A. : Lange's Handbook of Chemistry, in section 5, Analytical chemistry, Approximate effective ionic radii in aqueous solutions at 25°C, 11 edition, Mc GRAW-HILL Book Company, 5-5 (1973).
 39. Randall, J. M., Hantala, E., and Weiss Jr, A. A. : Modified barks as scavengers for heavy metal ions, *For. Prod. J.*, **26**(8), 46 (1976).
 40. Kumar, P. and Dara, S. S. : Utilization of agriculture wastes for decontaminating industrial /domestic wastewaters from toxic metals, *Agric. Wastes.*, **4**, 213 (1982).
 41. Davis, J. A., and Leckie, J. O. : Effect of adsorbed complexing ligands on trace metal uptake by hydrous oxides, *Environ. Sci. Tech.*, **12**, 1309 (1978).
 42. Cooperman, J. M. and Lopez, R. : Handbook of Vitamins, in 7. Riboflavin, Edited by Machlin, L. J., Marcel Dekker, Inc. New York and Basel. 299 (1984).

(1996년 9월 5일 접수)