

## Allium속의 Cd 및 Zn 흡착력

김성조 · 백승화 · 문광현

원광대학교 생명자원과학대학 농화학과

### Studies on the Adsorption Capacity of Cd and Zn by Genus *Allium* Powder in aqueous solution

Seong-Jo Kim, Seung-Hwa Baek and Kwang-Hyun Moon

Dept. of Agriculture Chemistry, College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University,  
Iksan Cheonbuk, 570-749, Korea

#### 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 Cd by *Allium* in the aqueous solution was apparently higher than that of Zn by them. The larger the particle size of welsh onion and shallot was, the higher the adsorption of Cd 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 Cd by wild garlic, Zn by garlic decreased. Adsorption of Cd and Zn to *Allium* was not affected by the various pH. 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 radical (-SH) and vitamin B<sub>2</sub>.

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

#### 서 론

경제수준의 향상에 따라 삶의 질을 높이기 위해 자연 환경의 보전과 오염물질에 의한 생활공간 오염을 최소화하려는 연구가 많이 이루어지고 있다. 매년, 분진, 농약, 도시 하수 및 공장폐수로 인해 대기, 물, 토양 등이 오염되기 때문에 처리하여 배출하고 있으나 방출, 배기와 배수 중에는 배출허용 기준 이하이긴 하지만 중금속 물질 및 유기성 화학물질 등의 오염물질이 함유되어 있다. 실제로 농산물 중에는 Cd, Zn 등이 상당량 함유<sup>1-6)</sup>되어 있어서 섭취하면 인체 및 동물기관에 축적되어 해를 끼치게 된다. 이들 중금속 물질들이 체내에 들어오면 음식물 중의 단백질이나 함황 아미노산과 결합하여 metallothionein을 만들어 독성이 약화되거나 무독화되어 체외 배설되어 축적량이 감소된다<sup>7)</sup>, Rakesh 등<sup>8)</sup>은 글루타티온이 Cd의 독성을 완화시킬 수 있다고 하였다. 중금속과 반응할 수 있는 성분으로는 섬유소<sup>9-11)</sup>, 비타민<sup>12)</sup>, 단백질<sup>13-15)</sup>, 함황 펩티드류<sup>8,16)</sup>, 함황 아미노

산<sup>8)</sup>, phytin<sup>17)</sup>, 페놀 화합물(BAL, DMSA)<sup>18)</sup>, Ca-EDTA<sup>19)</sup>, penicillamin<sup>20)</sup> 등이 알려져 있다. 마늘<sup>21-24)</sup>, 양파<sup>25-27)</sup>, 부추<sup>28,29)</sup> 등의 *Allium*속 식물성분의 섬유소, 함황 아미노산, 비타민, 단백질 등은 중금속과 반응하여 장내에서 흡수되기 어려운 상태로 변하는 것으로 보고되고 있다<sup>30-32)</sup>. 김과 백<sup>33,34)</sup>은 흡착제로 소나무와 신갈나무 수피(樹皮)를 사용하여 폐수중 Cd, Cu, Ni, Fe 등을 제거하여 환경에 배출되는 중금속량을 줄이려고 한 바 있다.

이런 연구결과는 유해한 중금속들이 인축의 장기를 통과하는 과정에서 섭취 식품의 분해산물이나 난분해성 성분들과 반응하여 장기 축적량이 감소될 가능성을 나타내고 있다.

본 연구는 *in vitro*에서 *Allium*속의 함유성분들이 중금속을 흡착 하거나 제거하는 효과와 메카니즘에 대한 자료를 얻기 위하여 시료의 입자크기, 중금속 농도, 수용액 온도와 pH를 달리하여 Cd, Zn 용액과 대파, 쪽파, 마늘, 달래, 부추, 양파 등과 혼합하여 비교 분석한

결과이다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료 및 시약의 조제

실험에 이용한 *Allium*속의 시료는 전보<sup>35)</sup>와 같으며 잎, 줄기, 괴경으로 나누어 열풍건조(50℃±1)한 후 20, 40, 70mesh로 분쇄하여 실험에 사용하였다. 중금속 용액의 조제는 Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O의 특급시약을 이용하여 10,000ppm으로 만든 후 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℃, pH별 흡착실험은 5, 7, 9로 조절된 100ppm 용액 100ml에 시료 1g씩을 가하여 온도별 실험을 제외하고는 20℃에서 각기 1시간 동안 흡착시켜 여과(No. 5B)한 여액을 원자흡광광도계(Model : Varian SpectrAA 300/400)로 분석하여 흡착량을 구하였다.

### 3. 통계처리

실험 자료를 SAS프로그램으로 분산분석(analysis of variance ; ANOVA) 및 다중분석(Duncan's multiple range test ; DMRT)하여 유의성을 검증하였다. *Allium* 속의 일반 성분함량과 중금속 흡착력 사이의 상관관계는 전보<sup>35)</sup>의 자료를 이용하여 Pearson<sup>36)</sup>방법으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 중금속별 흡착량

*Allium* 6종의 주식용 부위 조직을 대상으로 중금속 농도 25ppm 용액 중에서의 각 중금속별 흡착량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

*Allium*속에 Cd가 Zn보다 많이 흡착되었다. 이것은 수용액상에서의 Cd 이온반경은 5Å이고 Zn은 6Å이어서 이온반경이 작은 Cd가 더 많이 흡착되기 때문으로 보인다<sup>37)</sup>. 이 결과는 흡착 시료의 함유 성분에 따라 동일 중금속이라도 흡착량이 달라 질 수 있는 것을 보여주고 있다. 6종의 시료중에서는 대파가 Cd, Zn 모두 가장

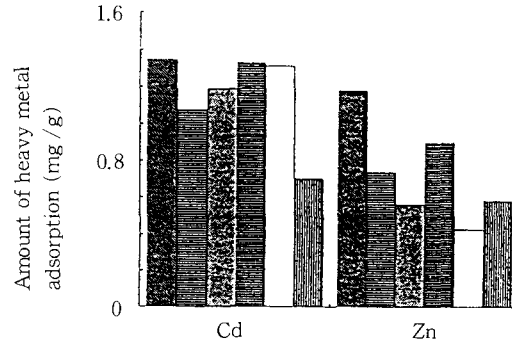


Fig. 1. Comparison of heavy metal adsorption from the aqueous solution of 25ppm by edible parts of *Allium*. ▨ : Welsh onion, ▩ : Shallot, ▤ : Garlic, ▥ : Wild garlic, □ : Leek, ▧ : Onion.

많이 흡착하여, *Allium*속의 종별, 중금속 종류에 따라 흡착력에 차이가 나타났다. 이들 식품 성분표의 함유성분 중 탄수화물, 칼슘, 인, 비타민 B<sub>2</sub>, 그리고 비타민 C 등이 흡착에 관여한 것으로 보인다. Zn 보다 Cd의 흡착량이 많은 것은 수용액중의 이온크기의 영향 때문으로 판단된다.

### 2. 입자크기에 따른 중금속 흡착량

각 중금속 100ppm 용액에 시료를 입자별로 혼합한 후 Cd와 Zn에 대한 흡착량을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

대파 및 쪽파는 70메시 크기 입자를 흡착제로 이용하였을 경우 Cd 흡착력이 컸고, 마늘은 오히려 20메시에서 흡착력이 가장 높았다. 부추, 양파는 입자별 흡착량의 차이가 나타나지 않았다. *Allium*속의 중금속 흡착력은 Cd의 경우 마늘의 줄기>부추≈달래<대파 줄기 순으로 3.8~7.0 mg/g 범위의 흡착력을 나타내었다.

Zn의 경우 흡착력은 입자별 또는 *Allium*속의 종별 차이가 거의 없었다. 이는 Zn이 Cd보다 *Allium* 속에 대한 흡착 효과가 적기 때문으로 볼 수 있다. 전체적으로 Zn의 흡착력은 대파 줄기≥달래≥마늘 줄기 순으로 3.2~4.4 mg/g 범위였다. 이것은 Cd 흡착량의 2/3의 수준이다.

*Allium*속 흡착 재료들의 중금속 흡착력은 중금속의 종류, 재료에 함유된 성분, 물리 화학적 요인에 의하여 영향을 받는다<sup>34)</sup>. 그래서 입자에 따른 중금속 흡착력은 *Allium*속의 종별로 차이를 나타냈다. 중금속을 잘 흡착한 경우는 입자가 증가할 수록 흡착량이 많아지는 반면 흡착량이 작을 때 금속의 종류에 관계없이 입자의 크기

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

| Tissue                | Particle<br>(mesh) | Allium             |                    |                     |                     |                    |                    |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
|                       |                    | Welsh onion        | Shallot            | Garlic              | Wild garlic         | Leek               | Onion              |
| ..... Cd mg / g ..... |                    |                    |                    |                     |                     |                    |                    |
| Leaf                  | 20                 | 3.482 <sup>c</sup> | 3.806 <sup>b</sup> | 6.170 <sup>a</sup>  | —                   | 5.624 <sup>b</sup> | —                  |
|                       | 40                 | 5.162 <sup>a</sup> | 3.886 <sup>b</sup> | 5.594 <sup>b</sup>  | —                   | 5.146 <sup>c</sup> | —                  |
|                       | 70                 | 4.912 <sup>b</sup> | 4.964 <sup>a</sup> | 5.698 <sup>ab</sup> | —                   | 5.802 <sup>a</sup> | —                  |
| Stem &<br>Bulb        | 20                 | 4.226 <sup>b</sup> | 3.584 <sup>c</sup> | 6.612 <sup>a</sup>  | 5.854 <sup>a</sup>  | —                  | 2.862 <sup>b</sup> |
|                       | 40                 | 3.954 <sup>c</sup> | 4.218 <sup>b</sup> | 6.096 <sup>b</sup>  | 5.366 <sup>b</sup>  | —                  | 3.068 <sup>a</sup> |
|                       | 70                 | 6.968 <sup>a</sup> | 5.524 <sup>a</sup> | 6.244 <sup>b</sup>  | 5.492 <sup>b</sup>  | —                  | 3.224 <sup>a</sup> |
| ..... Zn mg / g ..... |                    |                    |                    |                     |                     |                    |                    |
| Leaf                  | 20                 | 3.270 <sup>a</sup> | 3.232 <sup>b</sup> | 3.358 <sup>a</sup>  | —                   | 3.108 <sup>a</sup> | —                  |
|                       | 40                 | 3.308 <sup>a</sup> | 3.298 <sup>b</sup> | 3.314 <sup>ab</sup> | —                   | 3.362 <sup>a</sup> | —                  |
|                       | 70                 | 3.248 <sup>a</sup> | 3.434 <sup>a</sup> | 3.206 <sup>b</sup>  | —                   | 3.184 <sup>a</sup> | —                  |
| Stem &<br>Bulb        | 20                 | 3.962 <sup>b</sup> | 3.184 <sup>a</sup> | 3.320 <sup>b</sup>  | 3.858 <sup>ab</sup> | —                  | 3.184 <sup>a</sup> |
|                       | 40                 | 3.548 <sup>c</sup> | 3.304 <sup>a</sup> | 3.320 <sup>b</sup>  | 4.156 <sup>a</sup>  | —                  | 3.232 <sup>a</sup> |
|                       | 70                 | 4.320 <sup>a</sup> | 3.314 <sup>a</sup> | 3.482 <sup>a</sup>  | 3.402 <sup>b</sup>  | —                  | 3.292 <sup>a</sup> |

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.

에 따른 흡착력의 차이는 나타나지 않았다. 이 경우는 반응표면적의 증가보다는 흡착재료에 따른 Allium속의 함유성분이 흡착력에 더 영향을 끼치는 것으로 보인다. 이 결과는 흡착량이 많은 경우는 Ni를 제외한 Cd, Cu, Fe에 대해 수피(樹皮)입자 크기가 작을수록 흡착률이 높다는 보고와 유사하다<sup>38,39)</sup>.

이와 같은 현상은 Allium속의 입자가 작을수록 표면적이 넓어지기 때문에 중금속이 Allium속의 함유소<sup>9-11)</sup>, 비타민<sup>12)</sup>, sulfhydryl group(-SH)<sup>8,16)</sup>와 결합

기회가 많아져서 더 많이 흡착되었기 때문으로 생각된다.

### 3. 농도에 따른 중금속 흡착량

40메시의 Allium속 시료를 각 중금속 농도별로 혼합한 후 이들의 Cd와 Zn 흡착량을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

Allium속의 부위별 Cd 흡착력은 Cd농도에 비례하여 증가하였다. 그 경향은 시료에 대한 흡착력이 높을 경우

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

| Tissue                | Aqueous<br>solution(ppm) | Allium             |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                       |                          | Welsh onion        | Shallot            | Garlic             | Wild garlic        | Leek               | Onion              |
| ..... Cd mg / g ..... |                          |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Leaf                  | 25                       | 1.387 <sup>b</sup> | 1.208 <sup>b</sup> | 1.512 <sup>c</sup> | —                  | 1.311 <sup>c</sup> | —                  |
|                       | 50                       | 2.452 <sup>b</sup> | 2.221 <sup>b</sup> | 2.944 <sup>b</sup> | —                  | 2.762 <sup>b</sup> | —                  |
|                       | 100                      | 4.661 <sup>a</sup> | 4.608 <sup>a</sup> | 3.999 <sup>a</sup> | —                  | 5.276 <sup>a</sup> | —                  |
| Stem &<br>Bulb        | 25                       | 1.347 <sup>c</sup> | 1.078 <sup>c</sup> | 1.190 <sup>b</sup> | 1.331 <sup>c</sup> | —                  | 0.702 <sup>c</sup> |
|                       | 50                       | 2.259 <sup>b</sup> | 2.109 <sup>b</sup> | 2.905 <sup>a</sup> | 2.785 <sup>b</sup> | —                  | 1.526 <sup>b</sup> |
|                       | 100                      | 3.486 <sup>a</sup> | 4.058 <sup>a</sup> | 3.228 <sup>a</sup> | 5.326 <sup>a</sup> | —                  | 2.100 <sup>a</sup> |
| ..... Zn mg / g ..... |                          |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Leaf                  | 25                       | 0.561 <sup>c</sup> | 0.562 <sup>c</sup> | 0.558 <sup>c</sup> | —                  | 0.427 <sup>c</sup> | —                  |
|                       | 50                       | 1.638 <sup>b</sup> | 1.633 <sup>b</sup> | 1.646 <sup>b</sup> | —                  | 1.565 <sup>b</sup> | —                  |
|                       | 100                      | 2.903 <sup>a</sup> | 2.839 <sup>a</sup> | 2.729 <sup>a</sup> | —                  | 2.673 <sup>a</sup> | —                  |
| Stem &<br>Bulb        | 25                       | 1.179 <sup>c</sup> | 0.736 <sup>c</sup> | 0.563 <sup>c</sup> | 0.900 <sup>c</sup> | —                  | 0.586 <sup>c</sup> |
|                       | 50                       | 1.971 <sup>b</sup> | 1.661 <sup>b</sup> | 1.687 <sup>b</sup> | 1.975 <sup>b</sup> | —                  | 1.618 <sup>b</sup> |
|                       | 100                      | 3.549 <sup>a</sup> | 2.935 <sup>a</sup> | 2.771 <sup>a</sup> | 3.133 <sup>a</sup> | —                  | 2.657 <sup>a</sup> |

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.

매우 뚜렷하였다. 대파, 쪽파, 달래, 마늘 및 부추의 Cd 흡착량은 1.1~5.3 mg/g 범위인 반면 양파는 0.7~2.1 mg/g 수준으로 다른 시료보다 Cd 흡착량이 낮았다. 이는 김과 백<sup>33)</sup>이 폐수용액으로 부터 Cd 흡착량이 나무의 종에 따라 다르다고 보고한 결과와 유사하다. Cd 농도별로 시료 흡착 양을 분산분석 및 다중검정 한 결과 마늘, 쪽파, 대파에서는 부위별 흡착 양이 비교적 일정한 비율로 경향을 나타냈고, 줄기와 잎 또는 피경을 사용한 달래, 부추, 양파의 경우는 흡착 경향이 일정하지 않았다.

농도에 따른 흡착 경향은 중금속의 농도가 증가함에

따라 흡착량이 증가하였으나 흡착율은 일정하지 않았다<sup>38,39)</sup>. 흡착 경향이 일치하지 않는 것은 각 *Allium* 속들의 구성 성분과 중금속의 농도에 따른 반응성 차이로 보이며 이에 대하여는 좀 더 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

#### 4. 온도에 따른 중금속 흡착량

각 중금속 100ppm 용액에 *Allium* 속 시료를 혼합하여 온도별로 일정 시간 방치하였다가 조사한 Cd와 Zn 흡착량은 Table 3과 같다.

20℃에서 Cd 흡착량은 2.1~5.3mg/g, 30℃에서는

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

| Tissue                | Temperature (°C) | <i>Allium</i>       |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                       |                  | Welsh onion         | Shallot            | Garlic             | Wild garlic        | Leek               | Onion              |
| ..... Cd mg / g ..... |                  |                     |                    |                    |                    |                    |                    |
| Leaf                  | 20               | 4.661 <sup>b</sup>  | 4.608 <sup>b</sup> | 3.999 <sup>b</sup> | —                  | 5.276 <sup>b</sup> | —                  |
|                       | 30               | 7.268 <sup>ab</sup> | 6.458 <sup>a</sup> | 4.227 <sup>b</sup> | —                  | 6.228 <sup>a</sup> | —                  |
|                       | 50               | 8.008 <sup>a</sup>  | 6.990 <sup>a</sup> | 5.712 <sup>a</sup> | —                  | 6.354 <sup>a</sup> | —                  |
| Stem & Bulb           | 20               | 3.486 <sup>c</sup>  | 4.058 <sup>b</sup> | 3.228 <sup>b</sup> | 5.326 <sup>a</sup> | —                  | 2.100 <sup>c</sup> |
|                       | 30               | 5.253 <sup>b</sup>  | 6.479 <sup>a</sup> | 3.817 <sup>b</sup> | 5.073 <sup>a</sup> | —                  | 2.913 <sup>b</sup> |
|                       | 50               | 6.338 <sup>a</sup>  | 6.779 <sup>a</sup> | 5.705 <sup>a</sup> | 4.996 <sup>a</sup> | —                  | 3.694 <sup>a</sup> |
| ..... Zn mg / g ..... |                  |                     |                    |                    |                    |                    |                    |
| Leaf                  | 20               | 2.903 <sup>a</sup>  | 2.839 <sup>a</sup> | 2.729 <sup>a</sup> | —                  | 2.673 <sup>a</sup> | —                  |
|                       | 30               | 2.903 <sup>a</sup>  | 2.967 <sup>a</sup> | 2.801 <sup>a</sup> | —                  | 2.680 <sup>a</sup> | —                  |
|                       | 50               | 3.005 <sup>a</sup>  | 2.989 <sup>a</sup> | 2.793 <sup>a</sup> | —                  | 2.715 <sup>a</sup> | —                  |
| Stem & Bulb           | 20               | 3.549 <sup>a</sup>  | 2.935 <sup>a</sup> | 2.771 <sup>a</sup> | 2.733 <sup>b</sup> | —                  | 2.657 <sup>a</sup> |
|                       | 30               | 3.632 <sup>a</sup>  | 3.156 <sup>a</sup> | 2.982 <sup>a</sup> | 2.990 <sup>a</sup> | —                  | 2.710 <sup>a</sup> |
|                       | 50               | 3.742 <sup>a</sup>  | 3.330 <sup>a</sup> | 3.134 <sup>a</sup> | 3.031 <sup>a</sup> | —                  | 2.851 <sup>a</sup> |

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 powder of *Allium***

| Tissue                | pH | <i>Allium</i>      |                     |                    |                    |                    |                    |
|-----------------------|----|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                       |    | Welsh onion        | Shallot             | Garlic             | Wild garlic        | Leek               | Onion              |
| ..... Cd mg / g ..... |    |                    |                     |                    |                    |                    |                    |
| Leaf                  | 5  | 5.126 <sup>a</sup> | 5.173 <sup>a</sup>  | 4.523 <sup>a</sup> | —                  | 4.438 <sup>a</sup> | —                  |
|                       | 7  | 5.412 <sup>a</sup> | 5.130 <sup>a</sup>  | 4.165 <sup>a</sup> | —                  | 4.716 <sup>a</sup> | —                  |
|                       | 9  | 5.549 <sup>a</sup> | 5.596 <sup>a</sup>  | 4.459 <sup>a</sup> | —                  | 5.070 <sup>a</sup> | —                  |
| Stem & Bulb           | 5  | 4.852 <sup>a</sup> | 4.999 <sup>a</sup>  | 3.029 <sup>b</sup> | 4.485 <sup>a</sup> | —                  | 3.776 <sup>a</sup> |
|                       | 7  | 5.006 <sup>a</sup> | 4.686 <sup>a</sup>  | 3.872 <sup>a</sup> | 4.474 <sup>b</sup> | —                  | 3.883 <sup>a</sup> |
|                       | 9  | 5.382 <sup>a</sup> | 5.301 <sup>a</sup>  | 4.110 <sup>a</sup> | 2.179 <sup>a</sup> | —                  | 3.870 <sup>a</sup> |
| ..... Zn mg / g ..... |    |                    |                     |                    |                    |                    |                    |
| Leaf                  | 5  | 3.819 <sup>a</sup> | 3.757 <sup>ab</sup> | 3.414 <sup>a</sup> | —                  | 3.254 <sup>b</sup> | —                  |
|                       | 7  | 3.703 <sup>a</sup> | 3.540 <sup>b</sup>  | 3.392 <sup>a</sup> | —                  | 3.269 <sup>b</sup> | —                  |
|                       | 9  | 3.540 <sup>b</sup> | 4.244 <sup>a</sup>  | 3.908 <sup>a</sup> | —                  | 4.283 <sup>a</sup> | —                  |
| Stem & Bulb           | 5  | 5.204 <sup>a</sup> | 4.024 <sup>a</sup>  | 3.486 <sup>b</sup> | 4.657 <sup>a</sup> | —                  | 3.068 <sup>a</sup> |
|                       | 7  | 5.011 <sup>a</sup> | 3.950 <sup>a</sup>  | 3.563 <sup>b</sup> | 3.908 <sup>b</sup> | —                  | 3.393 <sup>a</sup> |
|                       | 9  | 4.531 <sup>a</sup> | 4.716 <sup>a</sup>  | 4.081 <sup>a</sup> | 3.799 <sup>b</sup> | —                  | 3.424 <sup>a</sup> |

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

|                     | Methio-<br>nine | Cyst-<br>ine | Histi-<br>dine | Vit.<br>B <sub>1</sub> | Vit.<br>B <sub>2</sub> | Vit.<br>C | Cd<br>25ppm | Cd<br>50ppm | Cd<br>100ppm | Zn<br>25ppm | Zn<br>50ppm | Zn<br>100ppm | Total<br>amino<br>acid |
|---------------------|-----------------|--------------|----------------|------------------------|------------------------|-----------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|------------------------|
| Methionine          | -               |              |                |                        |                        |           |             |             |              |             |             |              |                        |
| Cystine             | 0.355           | -            |                |                        |                        |           |             |             |              |             |             |              |                        |
| Histidine           | 0.965**         | 0.285        | -              |                        |                        |           |             |             |              |             |             |              |                        |
| Vit. B <sub>1</sub> | -0.695**        | -0.890**     | -0.574*        | -                      |                        |           |             |             |              |             |             |              |                        |
| Vit. B <sub>2</sub> | 0.561*          | -0.173       | 0.382          | -0.267                 | -                      |           |             |             |              |             |             |              |                        |
| Vit. C              | -0.436          | -0.874**     | -0.254         | 0.930**                | -0.276                 | -         |             |             |              |             |             |              |                        |
| Cd 25ppm            | 0.398           | -0.715**     | 0.429          | 0.346                  | 0.620*                 | 0.512     | -           |             |              |             |             |              |                        |
| Cd 50ppm            | -0.071          | -0.839**     | -0.139         | 0.546                  | 0.661*                 | 0.473     | 0.791**     | -           |              |             |             |              |                        |
| Cd 100ppm           | -0.213          | -0.955**     | -0.081         | 0.851**                | 0.065                  | 0.940**   | 0.766**     | 0.706**     | -            |             |             |              |                        |
| Zn 25ppm            | 0.980**         | 0.411        | 0.989**        | -0.687**               | 0.386                  | -0.390    | 0.319       | -0.220      | -0.223       | -           |             |              |                        |
| Zn 50ppm            | 0.999**         | 0.327        | 0.974**        | -0.667*                | 0.549                  | -0.397    | 0.423       | -0.061      | -0.177       | 0.983**     | -           |              |                        |
| Zn 100ppm           | 0.985**         | 0.191        | 0.959**        | -0.569*                | 0.627*                 | -0.302    | 0.548       | 0.083       | -0.053       | 0.952**     | 0.989**     | -            |                        |
| Total amino acid    | 0.799**         | 0.824**      | 0.694**        | -0.987**               | 0.337                  | -0.870**  | -0.205      | -0.479      | -0.758**     | 0.791**     | 0.776**     | 0.691**      | -                      |
| Protein             | -0.517          | -0.891**     | -0.350         | 0.964**                | -0.279                 | 0.994**   | 0.471       | 0.500       | 0.927**      | -0.482      | -0.481      | -0.384       | -0.916**               |

(N=12, \* : p&lt;0.05, \*\* : p&lt;0.01)

2.9~7.3mg/g, 50℃에서는 3.7~8.0mg/g으로 반응 온도 상승에 따라 Cd 흡착력이 증가하고 있다. 달래는 온도 상승에 따라 오히려 약간 감소하는 등 일정하지 않은 결과도 있었다.

Zn의 경우 온도에 따른 Zn의 흡착량 변화는 달래의 경우 Cd와 달리 온도 증가에 따라 흡착량이 증가되었다. 이는 가열에 의하여 *Allium*속 입자의 공극이 커지기 때문에 Cd이온의 용출이 일어나고 입자의 틈이 커져 Zn이온들이 끼어들어 가기 때문으로 생각된다. 그 외에 *Allium*속의 종류 및 부위에 관계없이 온도에 따른 Zn 흡착량의 변화는 나타나지 않았다.

### 5. pH에 따른 중금속 흡착량

각 중금속 100ppm 용액에 시료를 혼합하여 pH 5~9에서 일정시간 후 Cd와 Zn 흡착량을 조사하여 Table 4의 결과를 얻었다.

pH의 영향은 Cd의 경우 유의적인 관계가 나타나지 않아 pH는 Cd 흡착에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 보인다. 달래만 pH 증가에 따라 Cd의 흡착력이 감소되고 마늘 줄기는 pH 증가에 따라 흡착량이 약간 증가한 것 외에는 pH의 영향을 받지 않았다. Zn 역시 용액의 pH에 따른 흡착량 변화가 미미하였다. 대체로 달래는 pH 증가에 따라 Zn의 흡착이 감소되었고, 대파 및 쪽파의 잎, 마늘의 줄기, 부추는 pH 증가로 Zn 흡착량이 약간 증가하였다. 그러나 대파 및 쪽파의 줄기, 마늘의 잎 그리고 양파는 pH가 Zn의 흡착량에 영향을 크게 미치지 않았다.

전반적으로 pH에 따른 중금속의 흡착정도는 일정한 경향을 찾기 어려웠고, pH에 큰 영향을 받지 않았다. 김과 백<sup>33)</sup>, Randall 등<sup>40)</sup>, Kumar<sup>41)</sup>은 중금속의 최적 흡착 pH는 중성이라고 하였고, Davis와 Leckie<sup>42)</sup>는 알칼리 영역에서 중금속의 흡착량이 높은 것은 유기금속 착화합물을 형성하기 때문이라고 보고하였다.

### 6. 아미노산 및 비타민 함량과 중금속 흡착량의 상관관계

*Allium*속의 줄기중의 아미노산 및 비타민 함량과 중금속 흡착량과의 상관관계는 Table 5와 같다.

중금속의 흡착에 함황아미노산 인 메티오닌, 시스틴, 히스티딘의 함량에 따른 Cd의 흡착량은 반복 실험하면 유의성을 인정할 가능성이 있다. Zn은 메티오닌, 히스티딘의 증가에 따라 흡착량이 증가되어 유의성이 나타났다. 전반적으로 *Allium*속의 중금속 흡착력은 함황 아미노산의 함량이 큰 영향을 미쳤다. 또 비타민 B<sub>2</sub>의 중금속 흡착력이 큰 것은 비타민 B<sub>2</sub>가 고리구조여서 중금

속과 착화합물을 쉽게 형성하기 때문으로 생각된다. 또한 100ppm Cd구에서는 비타민 C함량 증가에 따라 흡착량이 증가되어 유의성이 나타났다. 이것은 Friedrich<sup>43)</sup>가 비타민 C는 Pb, Hg, Cd, Sr과 결합하여 효과적으로 체외로 배설된다고 한다고 한 결과와 일치한다.

## 요 약

본 연구는 *Allium*속의 중금속 흡착력을 구명하고자 식물체의 식용부위별, 시료의 입자별, 중금속의 농도별, 용액의 온도별, pH별 실험 결과이다. *Allium*속에 의한 중금속의 흡착량은 *Allium*속의 종류에 관계 없이 Cd이 Zn보다 훨씬 많았다. 대파, 쪽파는 입자가 클수록 Cd 흡착이 잘 되었으나 Zn은 입자별 차이가 나타나지 않았다. 농도별 중금속 흡착력은 용액중의 농도가 높을수록 증가하였으나 증가율은 일정하지 않았다. 온도에 따른 중금속의 흡착력은 온도 증가에 따라 증가하였으나, 예외적으로 달래는 Cd 흡착량이 감소하였다. pH에 따른 중금속의 흡착량은 두 금속 모두 큰 영향을 받지 않았다. 중금속의 흡착에 미치는 *Allium*속 성분함량간의 관계는 함황 아미노산과 비타민 B<sub>2</sub>에서 유의성이 인정되었다.

## 참고문헌

1. Dean, J. G., Bosgui, F. L. and Lenovette, K. H. : Removing heavy metals from wasted water, *Environ. Sci. Technol.*, **6**, 518 (1972).
2. Boon, D. Y. and Soltanpour, P. N. : Lead, cadmium, and zinc contamination of aspen garden soils and vegetation, *J. Environ. Qual.*, **21**, 82 (1992).
3. 김성조, 백승화 : 담토양에서 부엽토가 수도의 Cd흡수에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, **18**(1), 99 (1985).
4. 김성조, 백승화, 국중화 : 식이내 Cadmium 수준차이에 따른 생쥐 체내에서의 Cadmium 축적에 관한 연구, 한국환경농학회지, **10**(1), 77 (1991).
5. 김성조, 백승화 : 장항제련소 지역의 토양과 수도체중 Cd 및 Zn 함량의 변화, 한국환경농학회지, **13**(2), 131 (1994).
6. 김성조, 백승화, 김운성, 윤기운, 문광현, 강경원 : 만경강 유역의 토양과 수도체중 Cd 및 Zn 함량의 변화, 한국환경농학회지, **13**(2), 142 (1994).
7. 송정자 : 크미량 원소의 영양, 민음사, p.140 (1984).
8. 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 U.S.A.* (1987).
9. Rose, H. E. and Quarterman, J. : Dietary fiber and heavy metal retention in the rat, *Environ. Res.*, **42**, 166 (1987).
10. 김운성, 이철호, 김성조, 이주돈, 백승화, 문광현 : 알로에 첨가식이이 환취의 카드뮴 독성에 미치는 영향, 한국식품과

- 학회지 27(4), 555 (1995).
11. 김은경 : 식이내 섬유소와 Zn 첨가 수준이 흰쥐의 체내 Zn 대사에 미치는 영향, 중앙대학교 대학원 가정학과 석사학위논문 (1988).
  12. Fox MRS : Effects of vitamin C and Fe, Cd metabolism, *Ann. Acad. Sci.*, 355, 249 (1980).
  13. 이혜영, 김미경 : 식이내 Cadmium과 단백질 수준이 흰쥐의 체내 단백질 대사 및 Cadmium 중독에 미치는 영향, 한국영양학회지, 21(6), 410 (1988).
  14. Nathanie, W. R. and Tanya, R. O. : Effects of dietary protein in cadmium and metallothionein accumulation in the liver and kidney of rats, *Environ. Heal. Pers.*, 54, 83 (1984).
  15. 권오관 : 식이 단백질과 Calcium 수준이 흰쥐의 Cadmium 중독 및 해독에 미치는 영향, 이화여자대학교 대학원 박사학위논문 (1992).
  16. 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).
  17. 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).
  18. 엄순택, 송동빈, 차철환 : 백납의 카드뮴 중독시 BAL 및 DMSA와 마늘의 방어효과에 대한 비교연구, 고대의대는분집, 23, 109 (1986).
  19. Paul, B. B. : Text book of medicin, *W. B. Saunders Co.*, 77 (1979).
  20. Casaret and Doull : Toxicology 2nd ed, Macmillan *Pub. Co.*, 415 (1975).
  21. 이영옥, 차철환 : 백납의 카드뮴 중독시 마늘, D-penicillamine 및 N-acetyl-DL-penicillamine의 방어효과에 관한 연구, 고대의대논문집, 23, 43 (1986).
  22. 이태자 : 마늘 첨가식이 백서의 성장 및 혈액성분에 미치는 영향, 영남대학교 대학원 식품영양학과 석사학위논문 (1987).
  23. 최윤옥 : 마늘 첨가급식이 흰쥐의 성장 및 체성분 함량에 미치는 영향, 계명대학교 대학원 가정학과 석사학위논문 (1981).
  24. 이진현 : Sodium selenite와 마늘이 유기수은 중독에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 서울대학교 보건대학원 보건학과 석사학위논문 (1987).
  25. Jaramillo, A. and Sonnenfeld, G. : Effect of amorphous and crystalline nickel sulfide on induction of interferons- $\alpha/\beta$  and  $\gamma$  and interleukin-2, *Environ. Res.*, 48, 275 (1989).
  26. 임현지 : 양파즙(Onion juice)이 성장기 흰 쥐의 납 흡수 억제 및 간 해독작용에 미치는 영향, 조선대학교 대학원 식품영양학과 석사학위논문 (1991).
  27. 김소희, 서명자 : 수은이 *Lactobacillus bulgaricus*의 젖산 생성과 생육 저해작용에 대한 양파 추출물의 효과, 생화학회지, 18(1), 34 (1987).
  28. 안령미 : 부추(*Allium odorum* L.)가 카드뮴독성 흰쥐의 혈청 테스토스테론과 고환에 미치는 영향, 同大論叢 第 21 輯, 333 (1991).
  29. 안령미, 김환태, 이희성 : 카드뮴 독성에 관한 부추(*Allium odorum* L.)의 방어 효과, 한국위생학회지, 17(2), 102 (1991).
  30. 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).
  31. Onosaka, S., Kawakami, D., Min, K. S., Oo-Ishi, K. and Tanaka, K. : Induced synthesis of metallothionein by ascorbic acid in mouse liver, *Toxicology*, 43 (3), 251 (1987).
  32. Webb, M., and Cain, K. : Functions of methallothionein, *Biochem. Pharmacol.* 31, 137 (1982).
  33. 김경식, 백기현 : 수피에 의한 중금속 흡착효과. - I. 수피를 이용한 폐수중  $Fe^{2+}$ 과  $Ni^{2+}$ 의 제거 효과, 한국환경농학회지, 5(1), 55 (1986).
  34. 백기현, 김경식 : 수피에 의한 중금속 흡착효과(2). - 소나무와 신갈나무 수피에 의한  $Cu^{2+}$ 와  $Cd^{2+}$ 의 흡착효과, 목재공학, 14(3), 1 (1986).
  35. 김성조, 백승화, 김운성, 문광현, 김승화, 이승현, 장광호, 문상현, 김양희, 박윤주, 김수진 : Allium속의 Ni, Cu 및 Pb 흡착력, 한국식품영양학회지, 9(3), 299 (1996).
  36. Wilkinson, L. : SYSTAT, in Chapter 12 correlation, The system, for statistics, Evanstone, IL : SYSTAT, Inc., corr 1~6 (1987).
  37. Dean, J. A. : Lange's Handbook of Chemistry, in section 5, An alytical chemistry, Approximate Effective ionic radii in aqueous solutions at 25°C, 11 edition, Mc GRAW-HILL Book Company, 5-5 (1973).
  38. Henderson, R. W., Andrew, D. S. and Lightsey, G. R. : Reduction of mercury, copper, nickel, cadmium, and zinc levels in solution by compactive adsorption on to peanut hulls, and aged bark, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 17(3), 355 (1977).
  39. 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).
  40. Randall, J. M., Hantala, E. and Waiss Jr, A. A. : Modified barks as scavengers for heavy metal ions, *For. Prod. J.*, 26(8), 46 (1976).
  41. Kumar, P. and Dara, S. S. : Utilization of agriculture wastes for decontaminating industrial/domestic wastewaters from toxic metals, *Agric. wastes.*, 4, 213 (1982).
  42. 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).
  43. Friedrich, W. : "Vitamins" in 14. Vitamin C, Walter de Gruyter & Co, Berlin : New York, 978 (1988).