

식품(과일 및 한약재) 폐기물에 의한 물 중 Cd²⁺, Pb²⁺ 제거 효과

김주영 · 오경철* · 백승화**

원광보건대학 식품과학과, *호원대학교 식품공학과, **충북도립 옥천대학 식품공업과

Effect of Food(Fruit and Oriental Herb's) Waste Materials on Removability of Cd²⁺, Pb²⁺ Ion in Water

Joo-Young Kim, Kyeung-Chul Oh* and Seung-Hwa Baek**

Department of Food Science, Wonkwang Health College, Ik-san, 570-750, Korea

**Department of Food Technology, Division of Engineering, Hwon University, Kur-san, 573-400, Korea*

***Department of Food Engineering, Okchon Provincial College, Okchon, 373-800, Korea*

Abstract

To investigate Cd and Pb removability by the waste materials of fruit and oriental herb's (apple peel, fruit of Chinese quince, chestnut-endoderm, ginseng, kiwi peel, Jujube after boiling, powder after brew coffee) in the heavy metal solution, Cd and Pb removability of seven kinds of fruit and oriental herb's waste was investigated in the various conditions: particle size of fruit and oriental herb's waste(20, 40, 70 mesh), concentration of heavy metal(25, 50, 100 ppm) and reaction temperature(20, 30, 50°C).

The removabilities by the fruit and oriental herb's waste solids were increased as the particle size decreased in except of apple peel powder, concentration of heavy metal increased, and reaction temperature increased. The Cd removal content at the condition of particle size, concentration and temperature by ginseng waste was highest that the range were 3.506 to 4.659mg/g, 1.929 to 3.800mg/g, 3.800 to 5.091mg/g, respectively. The Pb removal content at the condition of particle size, concentration and temperature by chestnut-endoderm waste was highest that the range were 9.189 to 9.582mg/g, 0.930 to 9.3685mg/g, 9.368 to 9.613mg/g, respectively. Of the seven kinds of fruit and oriental herb's waste materials, Cd and Pb removability by ginseng waste after boiling, chestnut-endoderm waste was highest, respectively.

Key words: Cd and Pb removal, ginseng waste after boiling, chestnut-endoderm waste, fruit and oriental herb's waste.

서 론

산업의 다양화, 집단화는 생활을 풍요롭게 해준 반면 환경을 파괴시키는 매연, 폐기물 및 오폐수를 대량 배출시키는데 그 속에는 유기·무기 독성물질이 함유되어 있으므로 인간이 이용하여야 할 식품, 물, 공기, 토양 등을 점차 오염시켜 인류의 생존을 위협하고 있다. 오염된 환경을 자연상태로 회복하기 위해서는 오랜 세월이 흘러야 되며 인위적으로 오염을 제거하는 데는 막대한 경비가 소요되기 때문에 오염방지를 위

한 노력이 절실하게 요구되고 있다. 이러한 유해물질은 미량이라 할지라도 여러 경로를 통하여 장기간 동안 노출되면 생체 내에 축적되는 특성이 있어 대사장애를 수반한다^{1,2)}. 이러한 까닭에 오염 물질을 제거하고자 동물, 식물, 미생물, 토양, 고분자 합성물질 등을 이용하려는 연구가 진행되었다³⁻¹⁷⁾.

한편, 식물체에 함유된 성분 중 단백질¹⁸⁻²⁰⁾, 폴리페놀계 화합물²¹⁾, 섬유소^{4,21-24)}, allyl화합물^{6,25,26)} 등이 금속이온과 반응하여 쉽게 착물을 만들 수 있는 것으로 알려져 평상시 먹거리로 이용하는 과일 및 한약재

* Corresponding author : Seung-Hwa Baek

폐기물에도 중금속과 반응하여 착물을 만들 수 있는 유용한 물질이 존재할 것으로 생각할 수 있다. 이러한 사실과 관련지어 현재까지 기호식품을 직접 이용하여 중금속을 제거하려고 한 연구는 있었으나^{7-11,25-29)}, 식품으로 이용한 후 버려지는 폐기물인 사과껍질, 모과, 밤내피(밤 친 껍질), 인삼, 키위껍질, 대추, 커피원두 가루를 이용하여 중금속을 제거하려 한 보고는 없었다.

따라서 본 연구에서는 중금속인 Cd, Pb 용액에 사과껍질, 모과, 밤내피(밤 친 껍질), 인삼, 키위껍질, 대추, 원두커피가루 등의 폐기물을 분쇄한 가루를 첨가하여 반응토록 하면 중금속 제거재로 이용할 수 있을 것이라는 가설하에 폐기물의 입자크기 및 반응온도 별 및 반응용액의 농도를 다르게 처리한 후 Cd, Pb 제거량을 조사하여 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

과일 및 한약재로 이용한 후 버려지는 폐기물인 사과껍질, 모과, 밤내피(밤 친 껍질), 인삼, 키위껍질, 대추, 원두커피가루 등을 실험실에서 건조시켜 20, 40, 70mesh로 분쇄하여 이용하였다.

중금속 용액의 조제는 Cd(NO₃)₂ · 4H₂O, Pb(CH₃COO)₂ · 3H₂O의 특급시약(일본, Wako Pure Co.)을 이용하여 각각 20, 50 100ppm으로 만들어 이용하였다.

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

결과 및 고찰

1. 입도에 따른 과일 및 한약재 폐기물의 중금속 제거 효과

입도별 과일 및 한약재 폐기물의 Cd, Pb의 제거 정도를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Cd 제거량은 과일 및 한약재 폐기물의 입도가 작아 질수록 증가하는 경향이었으나 예외적으로 사과껍질은 감소하였다.

Cd을 가장 많이 제거한 시료는 인삼 70mesh로 46, 59±3.1ppm 이었는데 제거량이 제일 적었던 20mesh

Table 1. Effect of particle size on heavy metals removal from waste materials after using of fruit and oriental herb's in Cd and Pb solution at 20°C

Fruit and oriental herb's	Particle (mesh)	Heavy metals	
		Cd	Pb
Apple peel	20	38,150±2.0 ^{cd}	27.71 ±1.5 ^{gh}
	40	32,690±1.8 ^{fgh}	26.182±1.4 ^{gh}
	70	31,270±1.7 ^{gh}	12.770±1.0 ⁱ
Chinese quince fruit	20	30,180±1.6 ^h	45,969±3.0 ^{ei}
	40	33,290±1.8 ^{efgh}	66,215±4.0 ^{ci}
	70	37,122±2.0 ^{cds}	80,310±6.0 ^{bi}
Chestnut endoderm	20	31.61±1.7 ^{gh}	91.895±6.5 ^a
	40	35.56±1.9 ^{cdef}	94.643±6.8 ^a
	70	36.74±2.0 ^{cde}	95.852±6.9 ^a
Ginseng after boiling	20	35.06±1.9 ^{cdefg}	24.480±1.3 ^h
	40	42.55±3.0 ^b	26.531±1.4 ^{gh}
	70	46.59±3.1 ^a	30.32 ±1.7 ^{fgh}
Kiwi peel	20	29.78±1.6 ^h	33.162±1.8 ^{fg}
	40	31.61±1.7 ^{gh}	37.054±2.0 ^f
	70	34.26±1.9 ^{efg}	49.552±3.2 ^{de}
Jujube after boiling	20	31.61±1.7 ^{gh}	43.769±3.0 ^e
	40	34.89±1.8 ^{defg}	54.297±3.5 ^d
	70	38.856±2.0 ^c	65.068±4.0 ^c
Coffee after boiling	20	32.786±1.8 ^{fgh}	47.976±3.1 ^{de}
	40	38.43±2.0 ^{cd}	70.231±5.5 ^c
	70	42.33±3.0 ^b	71.966±5.6 ^c

^g 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.

키위껍질보다 1.6배 더 제거하는 효과를 보였다. 이는 인삼의 함유성분들 중 용출되지 않고 남아 있는 다당류, 조 사포닌, 폴리페놀산류들과의 반응이 이루어져 제거된 것으로 생각되었다.

Pb 제거량은 모든 과일 및 한약재 폐기물의 입자의 크기가 작아질수록 증가하는 경향을 보였으나 예외적으로 Cd와 같이 사과껍질 폐기물에서 반대 경향이었으며 입자의 크기에 따른 Pb 제거량의 유의성($p < 0.01$)은 모든 폐기물에서 인정할 수 있었으며, 밤 친껍질(밤내피)의 제거율이 가장 좋았는데 이는 밤 친껍질(밤내피)중에 함유된 tannin류인 gallic acid, ellagic acid가 Pb이온과 결합되거나 전분 또는 섬유소에 흡착되었기 때문으로 생각되었다. Pb와 결합하는 성분은 입도에 의한 흡착뿐만 아니라 밤내피에 함유된 물질의 분자와 Pb이온의 전기음성도(1.8)가 결합에 영향을 미치는 것으로 추정되었으며 가장 많이 제거한 것은 70mesh로 95.85 ± 6.9 ppm으로 가장 적게 제거한 70mesh 사과껍질의 12.77 ± 1.0 ppm보다 7.50배 많이 제거하였다.

중금속이 과일 및 한약재 폐기물의 입자 크기에 따라 흡착 제거되는 과정은 물리적인 요인으로 입자의 표면적과 공극 면적의 증가를 들 수 있고 화학적인 요인으로 식품폐기물의 화학성분, 중금속의 이온반경, 전자의 친화력, 전기음성도, 이온의 산화상태 등이 복합적으로 상호작용하는 것으로 생각할 수 있어 중금속간에 흡착 제거되는 경향이 다른 것으로 추정되었다.

한편 김과 백¹²⁾은 소나무박 입자의 크기가 클수록 Cu^{2+} 와 Cd^{2+} 이온 제거량이 증가하였으나 신갈나무에서 입자크기가 작아짐에 따라 Cu^{2+} 와 Cd^{2+} 제거량이 증가하였다고 보고하였는데^{13~16)} 본 실험에서 과일 및 한약재 폐기물에 의한 Cd와 Pb의 제거량은 모두 증가하는 경향을 보였다.

본 연구에서 입자별 중금속의 제거량은 70mesh에서 제거능이 가장 높았으나 입자크기별 제거량을 통제치리한 결과 Cd는 인삼과 대추, Pb는 키위껍질, 사과껍질에서만 40mesh와 70mesh간 유의성($P < 0.01$)이 인정되어 입자의 크기가 흡착력에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어 40mesh로 제거 실험을 하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

2. 중금속 농도에 따른 과일 및 한약재 폐기물의 중금속 제거 효과

중금속 농도에 따른 과일 및 한약재 폐기물 종류별 Cd, Pb의 제거량을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Effect of concentration on heavy metals removal from waste materials after using of fruit and oriental herb's in Cd and Pb solution at 20°C

Fruit and oriental herb's	Concentration (ppm)	Heavy metals	
		Cd	Pb
Apple peel	25	9.029 ± 0.5^{ij}	12.128 ± 0.7^{jk}
	50	20.029 ± 1.2^{efgh}	13.301 ± 0.8^{ij}
	100	32.113 ± 1.8^{bc}	29.241 ± 1.7^e
Chinese quince fruit	25	9.934 ± 0.5^i	8.956 ± 0.5^k
	50	21.024 ± 1.2^{efg}	33.496 ± 1.8^d
	100	30.261 ± 1.7^c	65.093 ± 4.0^b
Chestnut endoderm	25	11.050 ± 0.6^j	9.302 ± 0.5^{jk}
	50	21.503 ± 1.2^{ef}	47.388 ± 3.0^c
	100	32.955 ± 1.8^b	93.688 ± 6.8^a
Ginseng after boiling	25	19.293 ± 1.0^{fgh}	14.769 ± 0.9^{lm}
	50	25.374 ± 1.3^d	17.771 ± 1.0^h
	100	38.005 ± 2.0^a	23.422 ± 1.3^g
Kiwi peel	25	7.478 ± 0.4^l	14.995 ± 0.9^{lm}
	50	18.665 ± 1.1^{gh}	24.721 ± 1.2^{fg}
	100	30.757 ± 1.6^c	28.438 ± 1.5^{ef}
Jujube after boiling	25	17.854 ± 1.0^{hj}	12.705 ± 0.7^{jk}
	50	19.955 ± 1.1^{efgh}	29.906 ± 1.7^{de}
	100	24.752 ± 1.3^d	44.367 ± 2.8^c
Coffee after boiling	25	19.560 ± 1.1^{fghj}	15.092 ± 1.0^{lm}
	50	20.545 ± 1.2^{efg}	28.975 ± 1.5^e
	100	22.152 ± 1.3^e	67.588 ± 4.0^b

^a Mean \pm 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.

과일 및 한약재 폐기물을 Cd 용액에 넣어 20°C 조건에서 잘 교반한 후 1시간 동안 흡착 및 반응시킨 결과 Cd의 제거량은 농도가 높아질수록 증가되는 경향이 나 중금속 제거효율 면에서 보면 100ppm보다 25ppm과 50ppm Cd를 함유한 중금속 용액의 경우가 높은 경향을 보였는데 이는 용액 중 존재하는 중금속 이온의 함량과 관계가 있는 것으로 생각되었다.

50ppm 용액에서 Cd의 제거량 순위를 살펴보면 키위껍질 < 대추 < 사과껍질 < 모과 < 밤친껍질 < 원두커피 < 피가루 < 인삼의 순서였으며 polyphenol 화합물을 함유한 과일 및 한약재 폐기물들의 Cd 제거율이 높았던

것으로 판단되었다.

과일 및 한약재 폐기물을 Pb 용액에 넣어 잘 교반하여 20°C 조건에서 1시간 동안 흡착 및 반응시킨 결과 Pb의 제거량은 농도가 높아질수록 증가되는 경향을 보이나 제거효율은 Cd와 마찬가지로 25ppm과 50ppm에서 역시 높은 경향이였다.

한편 소나무박, 신갈나무박 양파껍질, 땅콩껍질을 이용하여 Cd²⁺, Cu²⁺을 흡착시키거나 Ni²⁺, Fe²⁺을 흡착시킬 경우에도 농도 증가는 제거율을 감소시킨다고 하였고^{12,13)}, 전¹⁰⁾은 음료수 중에서 중금속에 대한 녹차 잎의 흡착능 연구결과에서 농도증가에 따라 Cu²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺의 제거효율이 감소한다고 하였는데, 본 연구의 결과 Cd과 Pb의 경우 시료의 종류에 따라서 감소 또는 증가하는 경향을 보여 시료에 함유된 성분과 Cd 및 Pb이온들간의 수화이온의 크기, 전기 음성도, 이온의 산화 상태에 따른 상호 반응성 차이에 의한 영향으로 생각되었다.

3. 온도에 따른 과일 및 한약재 폐기물의 중금속 제거 효과

중금속 용액의 온도에 따른 과일 및 한약재 폐기물 종류에 따라 Cd, Pb 제거량을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

온도 상승에 따라 과일 및 한약재 폐기물에 의한 용액 중에 함유된 Cd의 제거량은 증가되는 경향이였다.

일반적으로 폐수를 처리시 온도는 상온 조건하에서 이루어지므로 20°C에서 제거된 Cd량을 기준으로 보았을 때 인삼이 3,800 mg/g으로 모든 폐기물 중 제거량이 우수함을 알 수 있었다. 20°C 조건에서는 모과<키위껍질<사과껍질<밤친껍질<원두커피가루<대추<인삼, 30°C조건에서는 사과껍질<키위껍질<대추<모과<밤친껍질(밤내피)<원두커피가루<인삼, 50°C조건에서 Cd 제거량의 순서는 키위껍질<사과껍질<밤친껍질<모과<대추<원두커피가루<인삼 순으로 온도가 상승함에 따라 밤친껍질(밤내피) 폐기물 중에 함유된 polyphenol 화합물들이 30°C까지는 Cd와 반응속도를 증가시키나 50°C에서는 일부 성분은 감소하는 것으로 생각되었으나 원두커피가루 폐기물은 온도 증가에 따라 Cd 제거량의 증가가 이루어졌다. 또한, 온도 상승에 관계없이 인삼폐기물 가루가 제일 많이 제거함을 알 수 있었다.

과일 및 한약재 폐기물과 중금속용액을 혼합시킨 경우 온도 상승에 따라 제거량이 증가되는 경향이 있었으나 50°C에서 제일 낮은 5,596 mg/g 제거량을 보인 키위껍질보다 인삼의 제거량은 1.4배 높았다.

Table 3. Effect of temperature on heavy metals removal from waste materials after using of fruit and oriental herb's in Cd and Pb solution

Fruit and oriental herb's	Temperature (°C)	Heavy metals	
		Cd	Pb
Apple peel	20	32.113±1.8 ^h	29.241±1.7 ^h
	30	33.271±1.9 ^{gh}	39.064±2.8 ^g
	50	35.801±2.0 ^{feh}	41.493±3 ^{fg}
Chinese quince fruit	20	30.261±1.7 ^l	65.093±4.0 ^d
	30	36.322±2.7 ^{efgh}	67.337±4.0 ^{cd}
	50	42.362±3.0 ^{cd}	77.732±4.5 ^b
Chestnut endoderm	20	32.955±1.8 ^{hu}	93.688±5.8 ^e
	30	38.174±2.9 ^{def}	95.598±6.0 ^a
	50	40.644±3.0 ^{cde}	96.135±6.0 ^a
Ginseng after boiling	20	38.005±2.9 ^{defg}	23.422±1.2 ^h
	30	47.097±3 ^{ab}	29.640±1.6 ^h
	50	50.916±3.5 ^e	46.766±3.2 ^f
Kiwi peel	20	30.757±1.7 ^l	28.438±1.6 ^h
	30	32.449±1.9 ^{hu}	45.671±3.1 ^{fg}
	50	34.749±2.5 ^{ghu}	55.969±3.7 ^e
Jujube after boiling	20	34.123±2.5 ^{ghu}	44.367±3.0 ^{fg}
	30	35.648±2.7 ^{feh}	64.228±4.0 ^d
	50	44.531±3.0 ^{bc}	60.924±3.8 ^{de}
Coffee after boiling	20	33.291±1.9 ^{ghu}	67.588±4.0 ^{cd}
	30	43.561±3.0 ^{bc}	72.875±4.3 ^{bc}
	50	44.899±3.0 ^{bc}	76.664±4.5 ^b

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.

반응 온도 증가는 모든 과일 및 한약재 폐기물에서 Pb 제거량이 증가하였고 폐기물 종류에 따른 제거량 순위를 보면 20°C에서 사과껍질<인삼<키위껍질<대추<모과<원두커피가루<밤친껍질(밤내피), 30°C에는 인삼<사과껍질<키위껍질<대추<모과<원두커피가루<밤친껍질(밤내피), 50°C에서 사과껍질<인삼<키위껍질<대추<원두커피가루<모과<밤친껍질 순이어서 Cd의 흡착량이 제일 많았던 인삼폐기물과는 다른 경향을 보였었고, 특히 밤 친 폐기물(밤내피)이 다른 폐기물보다 많은 Pb를 제거하였는데 이는

가루 입자내 공극 사이에 흡착되는 양과 페놀성 화합물인 gallic acid 및 ellagic acid와의 반응성이 증가되기 때문에 판단되었으며 제거량은 9.368~9.613 mg/g 이었다.

홍¹¹⁾등의 연구결과 녹차의 경우는 40°C에서 각각 80, 74%의 최대 흡착율을 나타내었으나 온도가 상승하여도 Cd, Pb의 흡착율의 경우 큰 변화가 없었다고 하였는데 최 등⁸⁾은 녹차와 홍차 그리고 보리차를 70°C와 95°C에서 반응시키면 95°C에서 Cd와 Pb의 제거량이 약간 감소되었다고 하였으나 본 연구는 과일 및 한약재 폐기물을 이용하여 폐수 중에 함유된 중금속을 제거할 목적이었기 때문에 50°C까지 온도를 상승시키면서 흡착 및 결합에 의한 제거량을 조사한 바 모든 폐기물에서 Cd, Pb는 증가하는 경향을 보였다. 따라서 폐기물의 종류들간 흡착량을 다중분석한 결과 온도별 유의성이 인정되었으나(P<0.01) 경제적인 측면에서 30°C에서 흡착시키는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

요 약

과일 및 한약재 폐기물을 이용하여 중금속 제거력을 조사하기 위하여 Cd, Pb 용액에서 사과껍질, 모과, 밤내피(밤 친 껍질), 인삼, 키위껍질, 대추, 원두커피 가루의 입자별, 농도별, 온도별 흡착 정도를 조사한 결과는 다음과 같다.

입자의 크기가 작아질수록 사과껍질을 제외한 모든 폐기물에 있어서 중금속 흡착력은 증가되었고, 중금속별 제거량은 Cd는 인삼폐기물이 3.506~4.659mg/g, Pb는 밤 친 껍질이 9.189~9.582mg/g으로 다른 과일 및 한약재 폐기물보다 높았다.

농도별 중금속 흡착량은 중금속의 농도가 높을수록 증가하였는데 Cd는 인삼 폐기물이 1.929~3.800mg/g, Pb는 밤 친 껍질이 0.930~9.3685mg/g으로 다른 과일 및 한약재 폐기물보다 높았다.

온도별 중금속 흡착량은 온도가 높아질수록 증가하여 Cd는 인삼폐기물이 3.800~5.091mg/g, Pb는 밤 친 껍질이 9.368~9.613mg/g으로 다른 과일 및 한약재 폐기물보다 증가하였다.

이상의 결과로부터 물에 함유된 중금속을 제거하는데 과일 및 한약재 폐기물을 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 원광보건대학 연구비 지원에 의하여 이루어진 결과로 학교당국에 감사드립니다.

참고문헌

1. Page, A. L. and Chang, A. C.: Cadmium, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.
2. 승정자 : 극미량 원소의 영양. 민음사, 317~334 (1984).
3. 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.
4. 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).
5. 엄순택, 송동빈, 차철환 : 백납의 카드뮴 중독시 BAL 및 DMSA와 마늘의 방어효과에 대한 비교연구, *고대의대논문집*, 23, 109 (1986).
6. 이영옥, 차철환 : 백납의 카드뮴 중독시 마늘, D-penicillamine 및 N-acetyl-D,L-penicillamine의 방어효과에 관한 연구, *고대의대논문집*, 23, 43 (1986).
7. 김미지 : 한국산 녹차, 우롱차 및 홍차 음료의 Cadmium 제거 작용에 관한 연구, 호성여자대학교대학원 석사학위 논문 (1994).
8. 최성민, 이정희, 이서태 : 막투과법에 의한 녹차음료의 카드뮴 및 납 제거효과, *한국식품과학회지*, 26(6), 740 (1994).
9. 김창수 : 다류에 의한 중금속 제거효능, 태평양 기술연구소자료 (1991).
10. 전혜옥 : 수중에서 녹차잎의 Cd(II), Cu(II), 및 Pb(II) 이온들에 대한 흡착능, 석사학위논문, *한양대학교 환경과학연구소 연구보고*, 제13권 (1992).
11. 홍순영, 권이열, 이동섭, 김미경, 전혜옥 : 수용액중의 중금속에 대한 녹차의 흡착성질, *한양대학교 환경과학연구소 연구보고*, 제13권 (1992).
12. 백기현, 김경식 : 수피에 의한 중금속 흡착효과(2), 소나무와 신갈나무 수피에 의한 Cu²⁺와 Cd²⁺의 흡착효과, *목재공학회지*, 14(4), 1 (1986).
13. 김경식, 백기현 : 수피에 의한 중금속 흡착효과(1), 수피를 이용한 폐수 중 Fe²⁺와 Ni²⁺의 제거효과, *한국경농학회지*, 5(1), 55 (1986).
14. 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).
15. 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).
 16. Kumar, P., and Dara, S.S. Utilization of agriculture wastes for decontaminating industrial domestic waste-waters from toxic metals. *Agric. Wastes*, 4, 213 (1982).
 17. 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).
 18. 이해영, 김미경 : 식이내 Cadmium과 단백질 수준이 흰쥐의 체내 단백질 대사 및 Cadmium 중독에 미치는 영향, *한국영양학회지*, 21(6), 410 (1988).
 19. 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).
 20. 권오란 : 식이 단백질과 Calcium 수준이 흰쥐의 Cadmium 중독 및 해독에 미치는 영향, 이화여자대학교 대학원 박사학위논문 (1992).
 21. Rose, H. E., and Quarterman, J. : Effects of dietary phytic acid on lead and cadmium uptake and depletion in rat, *Environmental Research*. 35, 482 (1984).
 22. Rose H. E., and Quarterman J. : Dietary Fiber and Heavy Metal Retention in the Rat, *Environmental Research*, 42, 166 (1987).
 23. 김운성, 이철호, 김성조, 이주돈, 문광현, 백승화 : 알로에 첨가 식이가 흰쥐의 카드뮴 독성에 미치는 영향, *한국식품과학회지*, 27(4), 555 (1995).
 24. 김은경 : 식이내 섬유소와 Zn 첨가 수준이 흰쥐의 체내 Zn 대사에 미치는 영향, 중앙대학교대학원 가정학과 석사학위논문 (1988).
 25. 김성조, 이내택, 백승화, 이주돈, 김운성, 남궁승박, 문광현, 강경원 : 농산폐기물인 Allium 屬 뿌리를 이용한 수용액 중의 Cd, Zn 및 Cu 이온 제거. *원광대 생명자원과학연구*, 20, 98 (1998).
 27. 김중만, 백승화, 박성수 : 찻물에서의 Cd와 Pb 이온 제거에 관한 차 입자의 효과, *한국식품영양학회지*, 11(5), 521 (1998).
 26. 김성조, 백승화, 김운성, 문광현 : 농산폐기물인 Allium 屬 뿌리를 이용한 Ni와 Pb 이온제거, *한국식품영양학회지*, 11(6), 595 (1998).
 28. 백승화 : 찻물에서의 Ni와 Zn 이온 제거에 관한 차류의 효과, *충청북도립 옥천대학 산업과학기술연구소 논문집*, 1, 120 (1999).
 29. Fox MRS: Effects of vitamin C and Fe, Cd metalism, *Ann. NY Acad. Sci.*, 355 (1980).

(1999년 12월 15일 접수)