

Chintin, Chitosan, Cellulose 및 混合 Beads의 중금속 이온 흡착특성에 관한 연구

全秀眞·兪炳泰

서울市保健環境研究院

Study on the adsorption of Heavy Metals by Chitin, Chitosan, Cellulose and its Composite Beads

Su Jin Jeon·Byong Tae Yu

Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment

Abstract

Under accelerated industrial development, environment pollution comes out to be very serious. Especially the ions of heavy metal from wastewater, even if they are minimal, accumulated in ecology circle and do finally injury to human health. The general process for removal of heavy metals include coagulation and following sedimentation, ion-exchange and active carbon adsorption and sedimentation that applied in popular, needs the expense of coagulant the additional treatment of sludge on the general process of coagulation and sedimentation. It is also a serious problem that the second pollution caused by coagulant. However chelating adsorption that uses natural chelating high-molecular compound has not pollution problem. Among chelating high-molecules, the diminishing chitin that contained in crustaceans as crawfish and crab in our country with affluent water resources are easy to get. So it is advantageous to use this ubiquitous material for removing heavy metals because we could reuse natural resource.

In this research, the author tested the effectiveness of the adsorption and removal of heavy metal ions by chitin and its derivatives. Chitin and cellulose became beads and used as flocculant, in this test. The results are as follows: First, bead showed higher removal ratio

than powder in the comparative test on adsorbents such as chitin, chitosan and cellulose. Secondly, in the variety test by the kinds of adsorbent and time, chitosan bead and cellulose bead that showed the highest removal ratio. One hour need to remove the ions of heavy metal. Thirdly, the results of the adsorption degree test by pH revealed high removal ratio adsorption of chitin, cellulose and chitosan bead in alkaline condition but chitosan bead in acidic condition.

I. 서 론

오늘날 우리의 환경은 대량 소비와 대량 생산 활동을 통해 다양해진 산업구조 속에서 다량으로 배출되는 오염물질들을 효율적으로 제거 처리해야 하는 문제들을 안고 있다. 특히 산업폐수로 배출되는 중금속이온들은 하천과 바다를 통해 생태계에 축적됨으로써 최종적으로 인간의 건강에 악영향을 미치는 결과를 가져오게 되었다. 예를 들어 카드뮴은 이따이 이따이 병으로 잘 알려져 있으며 카드뮴의 오염원은 황산, 제련, 도금, 합금, 안료 등의 폐수에 의해 오염되며 카드뮴이 체내에 일정량 이상 축적된 사람은 갈습의 유출이 일어나 골연화증, 자연골절 등의 증상과 더불어 심한 통증을 수반하는 공해병을 일으킨다. 수은은 중추신경계 질환을 유발시켜 언어장애, 보행장애, 시야협착 등을 야기시키는데 수은의 오염원은 광산, 가성소다, 염소공업, 농약, 의약품 등의 폐수에 의해 발생된다.¹⁾

납은 납축전지의 극판재료로 주로 사용되므로 배터리 공업, 안료 합성수지공업, 전자제조업 등의 폐수에 의해 배출되며 이에 오염되면 근육과 관철 등의 장애를 가져온다. 구리의 주요 배출원은 동 제련소, 전선공장 등의 폐수에서 배출되며 접촉성 피부염이나 간과 폐 등에 악성종양을 유발시킬 수 있다.²⁾

우리나라의 경우, 중금속으로 인한 오염을 방지하기 위한 1977년 공포된 환경보전법에 의하여 전 수역에 배출되는 카드뮴, 납, 수은, 크롬과 같은 중금속의 농도를 규제하게 되었으며, 이에 따른 공장폐수의 오염물질에 대한 처리문제가 대두되고 있다.³⁾ 1994년 1월 낙동강의 오염문제는 영남지방 식수원을 오염시켜 사회적으로 큰 문제를 야기시키는 등 그 대책이 시급하게 요구되고 있는 실정이다. 기존의 산업계에서 적용되는 폐수처리장치의 중금속 제거방법은 크게 응집침전법, 이온교환법, 활성탄흡착법, 킬레이트흡착법을 들 수 있다.^{4,5)} 그 중에서 응집침전법이 가장 많이 사용되고 있으나 응집제 비용과 응집 침전 분리후 발생하는 슬러지 처리에 부수적인 공정이 필요하며 응집제에 의한 2차 오염이 문제가 된다.⁶⁾ 그러나 천연 킬레이트 고분자를 이용한 흡착법은 그 자체가 전혀 공해문제를 일으키지 않으며 금속이온들을 함유하고 있는 용액에서 금속이온이 chelating되는 기능성 고분자의 이용 가능성은 많은 주목을 끌고 있다.

이러한 천연 킬레이트 고분자로서 대표적인 것이 chitin과 cellulose로서, 특히 자연계에 biomass로서 가장 많이 존재하는 cellulose는 자연계에 존재하는 탄수화물로서 다른 유기화합물보다 가장 많이 존재하며 식물의 대부분을 차지한다. 식물 세포벽의 반 이상을 차지하

고 있는 cellulose는 β -D-glucose의 polymer 형태로 구성되어 있다.^{7,8)} 또한 chitin은 지구상에 cellulose 다음으로 풍부하게 존재하는 biomass로서 게, 새우, 곤충 등의 갑각류 절족동물의 외골격과 균류나 조류같은 고등식물의 세포벽 등에 다량 함유되어 있으며 β -D-glucose의 C-2 hydroxyl기가 acetyl amino기로 치환된 N-acetyl-D-glucosamine이 β -1,4 결합에 의해 구성된 화합물이며 분자량이 100만 이상되는 천연고분자 물질이며,^{9,10,11)} 그 구조는 α , β , γ 형태의 세 종류가 있다고 알려져 있다. α -chitin은 자연계에 가장 풍부하게 존재하는 것으로서 2개의 chain이 서로 반대 방향으로 규칙적으로 배열되어 있으며 β -chitin은 각 chain이 같은 방향으로 일정하게 배열되어 있는 형태로서 α -chitin보다 견고성이 떨어지며 물분자의 침투성이 보다 용이한 구조를 갖고 있다. γ -chitin은 3개의 chain이 가운데 chain을 중심으로 양쪽에 위치한 chain이 반대 방향으로 나열되어 있다는 것만이 알려지고 있다.¹²⁾ 그러나 chitin은 chain끼리의 수소결합 때문에 일반적인 화학반응이 진행되기 어려워 대부분 폐기되고 있는 실정이다.^{13,14)} 한편 chitin의 탈 아세틸화된 chitosan도 폐수처리의 응집제로서 이용되어질 수 있다.^{15,16)} 계껍질과 기타 chitin질의 해양쓰레기가 섬유산업에 중요한 역할을 하는데 북 캐롤라이나 주립대학의 두 연구자에 의해 여과물질로 대량의 분말 chitin질을 사용하는 작은 규모의 폐수처리 시설을 설치하였는데 이 처리시설은 섬유를 염색하는 플랜트에서 염료가 함유된 액체 폐기물 중의 다양한 염료를 제거할 수 있다. Chitin질 분말로 채워진 통기성 bag속으로 염료가 들어오도록 한 후 chitin질이 그 색깔을 흡수하도록 하였는데 탈

색된 물의 분석을 통해서 chitin질이 대부분의 염료를 여과시켜 깨끗한 물만을 남게 한다는 것을 보여 주었다.¹⁷⁾ 이처럼 chitin, cellulose와 chitosan의 활용은 수자원이 풍부한 우리나라의 여건상 유리하다고 생각되며 어류가공업체의 폐자원인 계껍질의 재 이용면에서 효과적이라 생각된다.

본 연구에서는 자연계에 많이 산재해 있으나 그 이용이 별로 없어 대부분 폐기되고 있는 chitin과 cellulose를 적당한 용매에 용해시켜 응집제로서 사용하여 Cu, Pb, Hg 등의 중금속 이온들의 제거효과를 검토하고, 이 응집제의 pH와 응집제로서의 cellulose와 chitin, chitosan간의 혼합비율에 따른 중금속 제거 효율에 관한 분석을 수행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

본 실험에서 사용된 중금속 함유용액은 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, KMnO_4 , HgCl_2 의 일본 순정화학의 특급시약을 사용하였고 N,N-Dimethylacetamide(DMAc), lithium chloride(LiCl), acetic acid, hydrochloric acid, sodium hydroxide도 일본 순정화학의 특급시약을 사용하였으며, methanol은 분석용을 사용하였다. Chitin은 게로부터 추출한 Sigma Co. 제품이고, cellulose도 목질에서 추출한 Sigma Co. 제품으로 사용하였다.

2. 시료제조

폐수의 수질기준에 제시되어 있는 건강상 유해물질 기준으로서 Pb, Cu, Hg, Mn, Zn을 유해 중금속으로 채택하여 실험을 행하였다. 50% 질산에 녹인 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 원액, 50% 질산

에 녹인 $Pb(NO_3)_2$, 50% 황산에 녹인 $KMnO_4$ 원액, 50% 질산에 녹인 $HgCl_2$ 원액, 50% 질산에 녹인 금속아연 원액을 사용하였다.

3. 실험방법

(1) Chitin과 α -cellulose의 전처리

Sigma Co. 제품의 chitin과 cellulose는 DMAc/LiCl용매계에 용해시키기 전에 Fig. 1, 2와 같은 방법으로 전처리를 하였다.

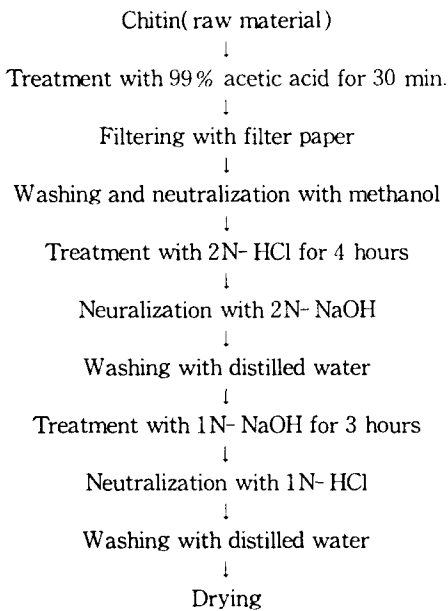


Fig. 1. Pretreatment of chitin.

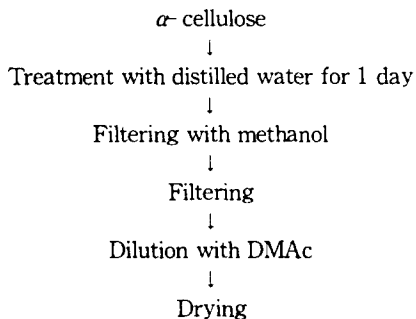


Fig. 2. Pretreatment of α -cellulose.

(2) Chitosan의 제조

Sigma Co. 제품의 chitin을 Fig. 3.과 같이 탈아세틸화 시킴으로써 chitosan을 제조한다.

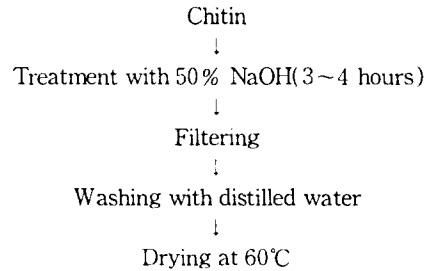


Fig. 3. Chitosan production by NaOH treatment from chitin.

(3) Bead원액의 제조

계 껍질로부터 추출한 Sigma Co. 제품의 chitin분말을 2N- 염산수용액으로 실온에서 4 시간동안 처리하고 1N- 수산화나트륨으로 중화하여 충분한 증류수로 수세한 다음 여과하여 건조시킨다. 이 chitin을 DMAc solution (6% LiCl)에 1.5% 정도로 용액화하였다. Cellulose는 증류수에 24시간 침지시킨 다음 여과하여 methanol에 4시간 침지하여 팽윤시킨다. 이 팽윤된 cellulose를 chitin을 녹인 것과 같은 용매인 DMAc solution(6% LiCl)에 1.5% 정도로 용액화하였다. Chitosan은 50% NaOH 1L에 50 g chitin을 60°C, 3-4hr동안 탈아세틸화 시킴으로써 제조되며 chitosan도 chitin 및 cellulose와 마찬가지로 DMAc solution(6% LiCl)에 1.5% 정도로 용액화하였다. 또한 bead원액의 혼합비율은 각각 1.5% chitin용액, chitin과 cellulose가 1 : 0.5로 혼합된 chitulose용액, chitin과 cellulose가 0.75 : 0.75로 혼합된 chitulose용액, cellulose와 chitin이 1 : 0.5로 혼합된 chitulose용액,

1.5% cellulose용액 및 1.5% chitosan용액으로 각각 제조하였다.

(4) Bead의 제조

적당 용매에 용액화 시킨 chitin, cellulose, chitosan 및 chitulose용액을 주사기 안에 넣고 용매제거제인 methanol이 들어있는 beaker안에 magnetic stirrer를 교반하면서 chitin, cellulose, chitosan 및 chitulose용액을 떨어뜨리게 되면 둥근모양의 bead가 생성된다(Fig. 4).

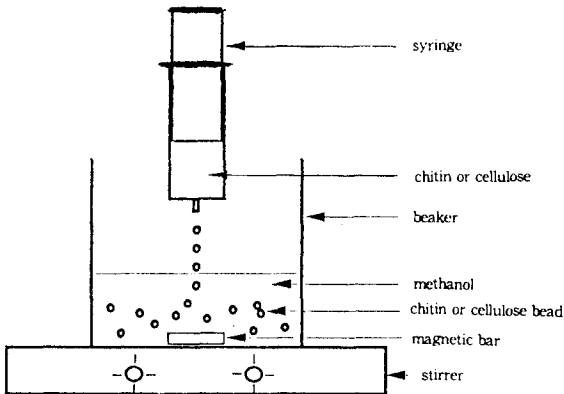


Fig. 4. Apparatus for formation of cellulose and chitin beads.

(5) 중금속이온의 흡착실험

1) pH 조정

중금속이온의 흡착도에 대한 pH의 영향을 보기 위하여 증류수를 이용하여 pH를 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9로 조정하였다. 이때 pH를 조정하기 위해서 0.01 N HCl과 0.01 N NaOH를 사용하였다.

2) 최적 응집 조건의 결정

Chitin, cellulose, chitosan 및 chitulose bead의 최적 응집 조건을 결정하기 위하여 jar test를 행하였다.

3) Jar test 조건

가) Chitin, cellulose 및 chitosan의 powder와 bead의 중금속이온 흡착도를 비교하기 위하여 중금속이온 2mg/l 용액 100ml에 powder는 2g, bead는 10ml(105°C 항온, 0.25g dry weight)를 주입한 후 jar test를 이용하여 반응조건을 가능한 한 동일하게 하기 위해 다음과 같이 혼합하였다. 즉 jar test장치를 각각 80rpm으로 1시간에서 24시간 동안 작동하여 jar test실험을 반복한다.

나) 각 흡착제들의 흡착시간에 따른 흡착효율의 변화를 실험하기 위하여 중금속이온 2mg/l 용액 100ml에 각각의 bead를 10ml(105°C 항온, 0.25g dry weight)씩 주입한 후 jar test를 이용하여 반응조건을 가능한 한 동일하게 하기 위해 다음과 같이 혼합하였다. 즉 jar test장치를 각각 80rpm으로 1시간에서 24시간 동안 작동하여 jar test실험을 반복한다.

다) 각 흡착제들의 pH 변화에 따른 흡착능의 변화를 실험하기 위하여 중금속 이온농도 20mg/l인 시료 100ml에 chitin, cellulose, chitosan 및 chitulose bead 10ml(105°C 항온, 0.25g dry weight)을 주입한 후 jar test를 이용하여 반응조건을 가능한 한 동일하게 하기 위해 다음과 같이 혼합하였다. 즉 jar test장치를 각각 80rpm으로 1시간에서 24시간 동안 작동시킨다. 또한 pH를 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9로 조정한 후 jar test실험을 반복한다.

4) 중금속 잔존 농도 측정

시료 100ml를 jar test실험한 후 여지를 통해 여과시킨 후 시료중 중금속 잔존 농도를 측정하기 위해 Table 1에 제시한 분석조건에 따라 Atomic Absorption Spectrophotometer

(Model: PERKIN-ELMER 1100 B)로 분석하였다. 반면 중금속 이온중에서 수은이온의 잔존 농도는 Mercury Analyzer(Model: NIC

SP-3A)를 사용하여 $100\mu\text{l}$ 의 시료양을 주입한 후, heating condition을 조절하여 분석하였다.

Table 1. Analytical conditions of atomic absorption spectrometry for some heavy metals.

Element	Slit width (nm)	Lamp current (ma)	C ₂ H ₂ Gas (ℓ /min)	Air (ℓ /min)	Energy	Wave length (nm)
Cd	0.7	4-8	2.0	7.0	42	228.8
Fe	0.2	30	2.5	7.0	59	248.7
Cr	0.2	25-30	4.0	7.5	58	357.9
Pb	0.2	10-12	2.0	8.0	58	217.0
Mn	0.2	20-30	2.0	7.0	65	279.5
Cu	0.7	15-25	2.0	7.0	72	324.8
Zn	0.7	15-20	2.0	8.0	60	213.9

III. 결과 및 고찰

1. 흡착제의 powder와 bead형태의 중금속이온 흡착 제거 효율의 비교

(1) Cu이온에 대한 흡착 제거 효율의 비교

Chitin, cellulose 및 chitosan bead에 의한 중금속이온 흡착제거율 30%, 77%, 89%를 100으로 나타내었을 때 chitin의 경우 powder에 의한 흡착제거율은 58% 정도로 나타났으며 cellulose와 chitosan의 경우에는 각각 23%, 21% 정도의 낮은 흡착제거율을 나타내었다(Fig. 5). 이것은 powder가 bead보다 표면적은 넓지만 순수도가 떨어지기 때문이라고 여겨져, 중금속의 흡착은 흡착제의 표면적보다 재료의 순수도가 흡착효과에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

(2) Pb이온에 대한 흡착 제거 효율의 비교

Chitin, cellulose 및 chitosan bead에 의한 중금속이온 흡착제거율 67%, 97%, 90%를

100으로 나타내었을 때 chitin의 경우 powder에 의한 흡착제거율은 38% 정도의 낮은 흡착제거율로 나타났으며 cellulose의 경우에도 25% 정도의 낮은 흡착제거율을 나타내었으며 chitosan의 경우에는 다른 흡착제에 의한 흡착제거율 보다는 높은 77% 정도로 나타났다(Fig. 6). 이것은 chitosan이 흡착도가 크며 순수도가 비교적 높아 bead와 powder의 차이가 크지 않은 것으로 여겨졌다.

이상의 결과로 볼때 powder에 의한 중금속이온 흡착제거율보다 bead에 의한 중금속이온 흡착제거율이 높게 나타났는데 이것은 bead의 표면이 다공성으로 구성되어 있어서 중금속이온 흡착제거율이 powder보다 크게 나타났다고 여겨졌다.

2. 흡착제의 종류와 시간에 따른 변화

(1) Hg이온에 대한 흡착 제거 효율

1% chitin과 0.5% cellulose가 혼합된 chitin cellulose bead가 흡착시간 6시간 정도에서 94%의 Hg이온 흡착제거율이 나타났으며 1.5%

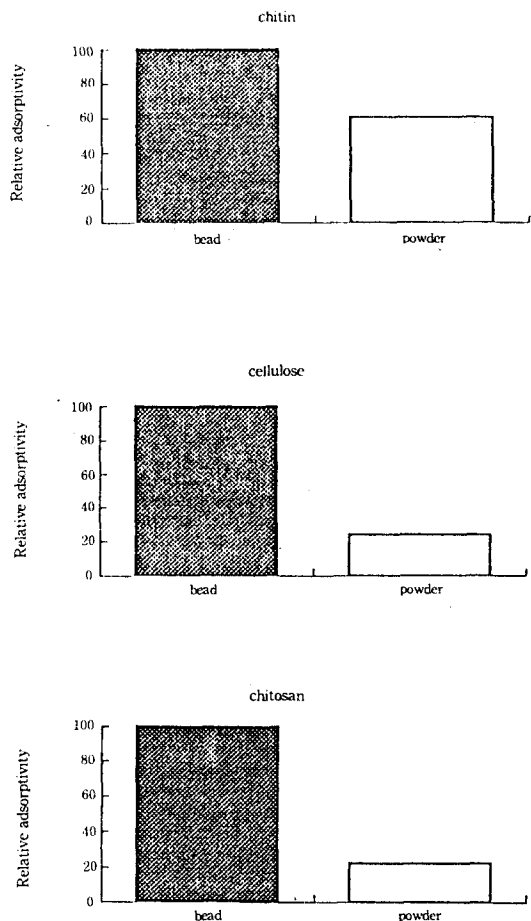


Fig. 5. The adsorptivity of Cu ion by chitin bead and powder, cellulose bead and powder, chitosan bead and powder.

Initial concentration of ions : 2mg/ℓ
 Solution volume : 100ml
 Powder weight : 2g
 Bead volume : 10ml(0.25g dry weight)

cellulose bead는 흡착시간 3시간 이후로 급격한 증가를 보이다가 흡착시간 6시간 정도에서 92%의 Hg 이온 흡착제거율이 나타났다. 또한 0.75% chitin과 0.75% cellulose가 혼합된 chitulose bead는 흡착 시간 10시간 정도에서 다른 흡착제에 비해서는 낮은 57%의 흡착제

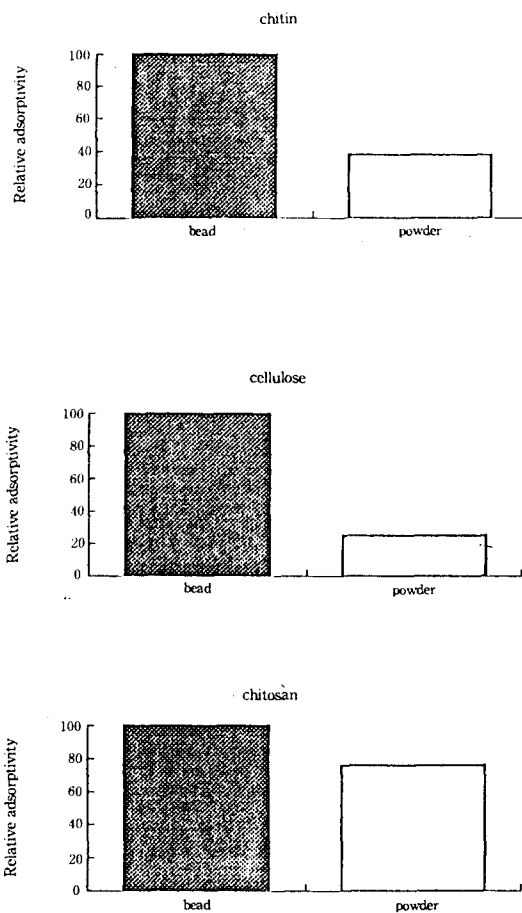


Fig. 6. The adsorptivity of Pb ion by chitin bead and powder, cellulose bead and powder, chitosan bead and powder.

Initial concentration of ions : 2mg/ℓ
 Solution volume : 100ml
 Powder weight : 2g
 Bead volume : 10ml(0.25g dry weight)

거율을 나타냈다(Fig. 7). 따라서 Hg 이온 흡착에 소요되는 시간은 6시간 정도면 충분하다고 여겨졌다.

(2) Cu 이온에 대한 흡착 제거 효율
 Chitosan bead가 흡착 시간 1시간 정도에서

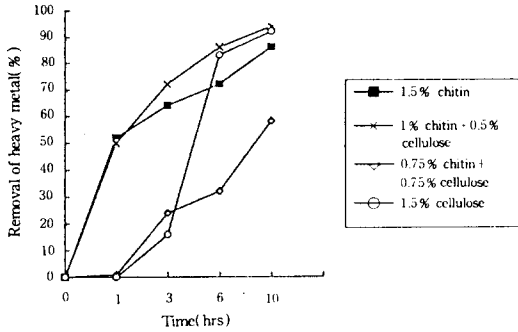


Fig. 7. The adsorptivity of Hg ion by various compositions of chitulosе beads.
Initial concentration of ions : 2mg/l
Solution volume : 100ml
Bead volume : 10ml(0.25g dry weight)

89%의 Cu 이온 흡착제거율이 나타났으며 1.5% cellulose bead와 0.75% chitin과 0.75% cellulose가 혼합된 chitulosе bead가 역시 흡착 시간 1시간 정도에서 77% 정도의 Cu 이온 흡착제거율이 나타났다. 또한 1.5% chitin bead가 흡착시간 1시간 정도에서 다른 흡착제에 비해 낮은 흡착제거율인 30%를 나타냈다 (Fig. 8).

(3) Pb 이온에 대한 흡착 제거 효율

1.5% cellulose bead가 흡착 시간 1시간 정도에서 97%의 가장 높은 Pb 이온 흡착제거율이 나타났으며 chitosan bead와 1% cellulose와 0.5% chitin이 혼합된 chitulosе bead가 흡착 시간 1시간 정도에서 90% 정도의 Pb 이온 흡착제거율을 나타냈다. 그리고 1.5% chitin bead는 67%로써 다른 흡착제에 비해 낮은 Pb 이온 흡착제거율을 나타냈다 (Fig. 9).

(4) Mn 이온에 대한 흡착 제거 효율

Mn 이온에 대한 흡착제거율은 다른 중금속

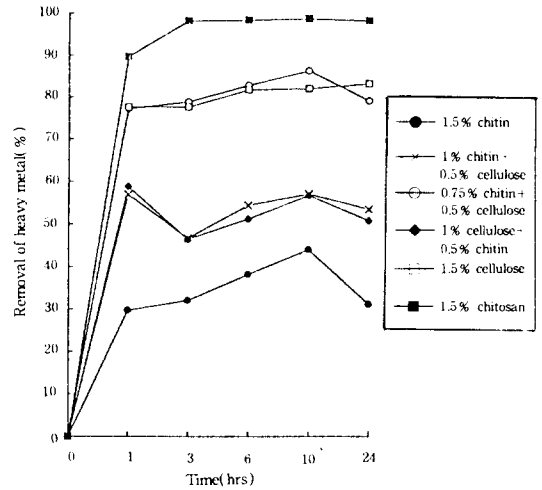


Fig. 8. The adsorptivity of Cu ion by various compositions of chitulosе beads.
Initial concentration of ions : 2mg/l
Solution volume : 100ml
Bead volume : 10ml(0.25g dry weight)

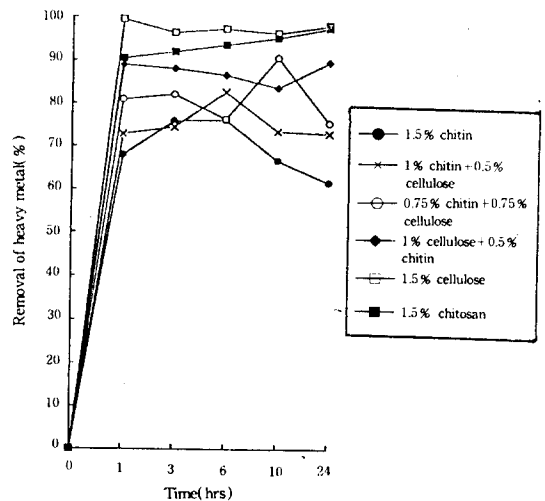


Fig. 9. The adsorptivity of Pb ion by various compositions of chitulosе beads.
Initial concentration fo ions : 2mg/l
Solution volume : 100ml
Bead volume : 10ml(0.25g dry weight)

이온에 대한 흡착제거율 보다 낮게 나타났다. Chitosan bead는 흡착 시간 1시간 정도에서 66%로 다른 흡착제에 비해 높은 흡착제거율을 나타냈으며 1% chitin과 0.5% cellulose가 혼합된 chitulose bead와 1.5% cellulose bead가 흡착 시간 1시간 정도에서 37% 정도의 흡착제거율을 나타냈다(Fig. 10). 이와같은 결과로 볼때 Mn 이온이 다른 중금속이온들에 비해 이온화되는 경향이 작아서 흡착제에 의한 흡착제거율이 낮게 나타난다고 여겨졌다.

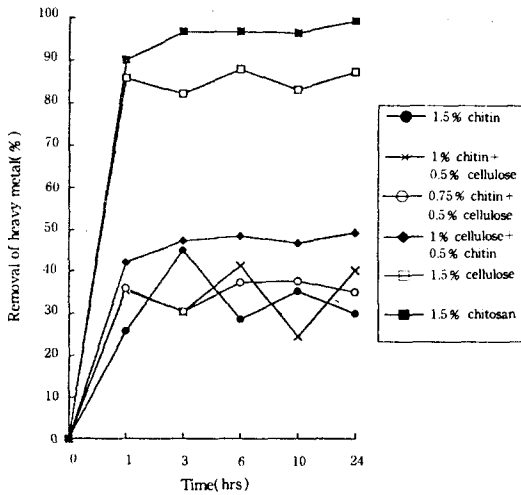


Fig. 10. The adsorptivity of Mn ion by various compositions of chitulose beads.
Initial concentration of ions : 5mg/l
Solution volume : 100ml
Bead volume : 10ml(0.25g dry weight)

(5) Zn 이온에 대한 흡착 제거 효율

1.5% cellulose bead와 chitosan bead가 흡착 시간 1시간 정도에서 각각 87%, 90%로 다른 흡착제에 비해 높은 흡착제거율을 나타냈으며 chitulose bead와 chitin bead는 49% 정도의 중금속이온 흡착제거율을 나타냈다 (Fig. 11).

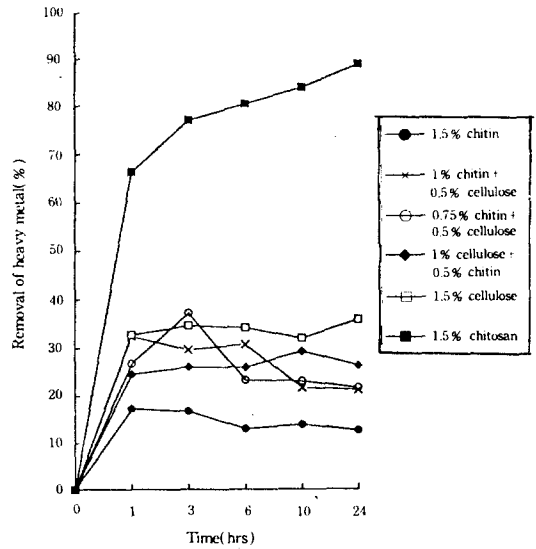


Fig. 11. The adsorptivity of Zn ion by various compositions of chitulose beads.
Initial concentration of ions : 2mg/l
Solution volume : 100ml
Bead volume : 10ml(0.25g dry weight)

이상의 결과를 종합하여 볼때 Hg 이온에 대한 흡착제거율 실험에서 흡착시간은 6시간 정도가 적당하며 Cu, Pb, Mn, Zn 이온에 대한 흡착제거율 실험에서는 흡착 시간 1시간 정도에서 흡착이 모두 이루어지는 것을 알 수 있었다. 또한 중금속 이온마다 흡착제의 흡착제거율이 다르게 나타났으나, 그 중에서도 chitosan bead와 1.5% cellulose bead에 의한 중금속 이온 흡착제거율이 가장 높게 나타났다. 중금속이온마다 흡착제거율이 다르게 나타나는 것은 중금속이온과 흡착제 종류간의 이온 결합의 차이에 의한 것으로 볼 수 있으며 bead의 종류에 따라서 그 표면이나 안쪽의 다공성 구조 형태의 차이가 일어나 그 흡착율의 변화가 나타났다고 볼 수 있다. 또한 흡착제 마다의 porous 형태의 차이에 의한 것이라고 사료된다. 또한 흡착 시간이 어느 정도 일정하

게 나타나는 것은 흡착제 표면에 중금속이온이 결합되는 것은 화학반응이 아니므로 흡착 시간이 일정하다고 볼 수 있었다.

3. pH의 변화에 따른 중금속이온 흡착도

(1) Cu 이온에 대한 흡착 제거 효율

1.5% chitin bead의 Cu 이온에 대한 중금속 흡착제거율에서 pH 7 정도에서 점차 증가함을 보이다가 pH 9에서 76%로써 가장 높은 흡착제거율을 나타냈고, 1% chitin과 0.5% cellulose가 혼합된 chitulosе bead에 의한 흡착제거율은 pH 7에서 pH 9 정도의 약알칼리성 용액에서 88%로써 높은 흡착제거율을 나타냈고, 0.75% chitin과 0.75% cellulose 혼합 bead인 chitulosе bead에 의한 흡착제거율에서도 pH 9 이상의 알칼리용액에서 82%의 흡착제거율을 나타냈고, 1% cellulose와 0.5% chitin 혼합 bead인 chitulosе bead에 의한 흡착제거율에서는 pH 7에서 점차 증가하여 pH 9 정도에서 95%로써 높은 흡착제거율을 나타냈다. 그리고 1.5% cellulose bead에 의한 Cu 이온에 대한 중금속이온 흡착제거율에서는 pH 7에서 pH 9 정도의 약알칼리용액에서 98%로써 높은 흡착제거율을 나타냈다. 또한, chitosan bead에 의한 Cu이온에 대한 흡착제거율에서는 pH 3에서 점차 증가하여 pH 5에서 92%로써 가장 높은 중금속이온 흡착제거율을 나타내며 pH 5 이상에서 일정한 흡착제거율을 나타냈다(Fig. 12).

(2) Pb 이온에 대한 흡착 제거 효율

1.5% chitin bead의 Pb이온에 대한 중금속 흡착제거율에서 pH 7 정도에서 가장 높은 13%로 나타났으며 다른 흡착제와 비교한 경우

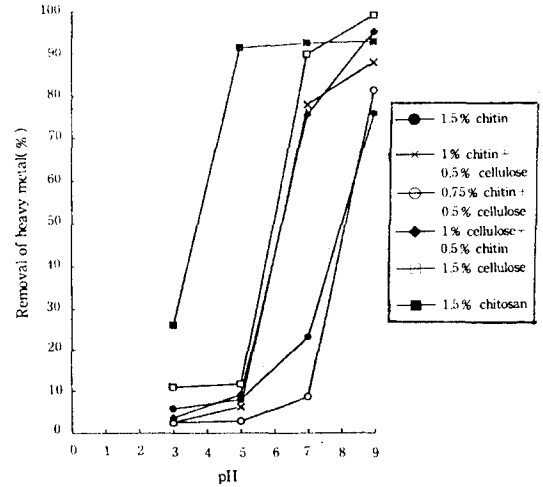


Fig. 12. The adsorptivity of Cu ion on variation of pH condition with various compositions of chitulosе beads.

Initial concentration of ions: 2mg/ℓ

Solution volume: 100ml

Bead volume: 10ml(0.25g dry weight)

낮은 흡착제거율을 나타냈다. 또한, 1% chitin과 0.5% cellulose가 혼합된 chitulosе bead에 의한 흡착제거율은 pH 5에서 점차 증가하여 pH 7에서 92%로써 가장 높은 흡착제거율을 나타냈고, 0.75% chitin과 0.75% cellulose 혼합 bead인 chitulosе bead에 의한 흡착제거율에서도 pH 9 이상의 알칼리용액에서 49%의 흡착제거율을 나타냈고, 1% cellulose와 0.5% chitin 혼합 bead인 chitulosе bead에 의한 흡착제거율에서는 pH 5에서 점차 증가하여 pH 7에서 92%로써 높은 흡착제거율을 나타냈다. 그리고 1.5% cellulose bead에 의한 Pb 이온에 대한 중금속이온 흡착제거율에서는 pH 9 이상의 알칼리용액에서 75%로써 높은 흡착제거율을 나타냈다. 또한, chitosan bead에 의한 Pb이온에 대한 흡착제거율에서는 pH 3에서 76%로써 가장 높은 중

금속이온 흡착제거율을 나타내다가 점차 감소함을 나타냈다(Fig. 13).

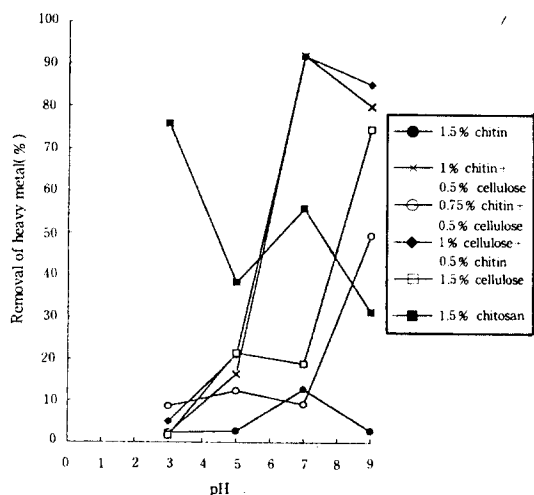


Fig. 13. The adsorptivity of Pb ion on variation of pH condition with various compositions of chitulosе beads.

Initial concentration of ions : 2mg/ℓ

Solution volume : 100ml

Bead volume : 10ml(0.25g dry weight)

따라서 chitin, cellulose와 chitulosе bead는 중성용액이나 알칼리성 용액에서 높은 중금속 이온 흡착제거율을 나타냈으나 chitosan bead는 pH 3에서 pH 5 사이인 산성용액에서 높은 중금속 이온 흡착제거효율을 나타냈다. Chitin, cellulose와 chitulosе bead는 pH가 낮으면 H_3O^+ 이온이 흡착제에 강력하게 흡착되어 다른 이온들의 흡착을 방해하기 때문에 pH가 낮을 때보다 pH가 높을 때 흡착이 용이하게 이루어진다고 볼 수 있으며 chitosan bead는 pH가 높을수록 아세트기가 떨어져 나간 부위에 OH^- 기가 결합함으로써 다른 중금속 이온들 간의 흡착을 방해하기 때문에 낮은 pH에서 중금속이온 흡착제거율이 높은 것이라고 여겨졌다.

IV. 결 론

본 연구에서는 chitin, chitulosе, cellulose 및 chitosan bead의 흡착제들에 대한 흡착특성을 연구하고 이들 흡착제들을 이용하여 Hg, Cu, Pb, Mn 및 Zn 이온에 대해 jar test 방법으로 흡착실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 흡착제의 powder와 bead 형태의 중금속 이온 흡착제거율의 비교 실험에서 Pb, Cu 이온에 대한 흡착제거율은 bead가 powder에 비해 2~5배 정도 높게 나타났다.

2. 흡착 시간 변화에 대한 중금속이온 흡착제거를 실험 결과 Hg의 경우 6시간 정도의 흡착 시간이 적당하였으며 Cu, Pb, Mn, Zn의 경우에는 1시간 정도의 흡착 시간이 적당하였으며 그 이후에는 큰 변화가 없었다.

3. 각각의 중금속이온 흡착제거를 실험 결과, Hg는 1% chitin과 0.5% cellulose가 혼합된 chitulosе bead와 1.5% cellulose bead가 각각 94%, 92%로 가장 높은 흡착제거율을 나타냈으며 Cu는 chitosan bead와 0.75% chitin과 0.75% cellulose가 혼합된 chitulosе bead가 각각 89%, 77%로 가장 높은 흡착제거율을 나타냈으며, Pb는 1.5% cellulose와 0.5% chitin이 혼합된 chitulosе bead가 각각 97%, 90% 정도의 가장 높은 흡착제거율을 나타냈으며, Mn은 chitosan bead가 66%로 가장 높은 흡착제거율을 나타냈으며, 또한 Zn은 1.5% cellulose bead와 chitosan bead가 각각 87%, 90%로 가장 높은 흡착제거율을 나타냈다.

4. pH의 변화에 따른 중금속이온 흡착도에 관한 실험에서 chitin, chitulosе 및 cellulose

bead는 pH 7에서 pH 9 정도의 알칼리성 용액에서 중금속이온 흡착제거율이 높게 나타났으며 chitosan bead는 pH 3에서 pH5 정도의 산성용액에서 중금속이온 흡착제거율이 높게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 정문식 등: 환경위생학, 신광출판사 188, 1984.
2. 이창기: 환경과 건강, (주)하서 183, 1993.
3. 환경처: 환경정책 기본법, 1991.
4. 최경수: 대한환경공학회지, 10: 2, 1988.
5. 연세대 환경공해연구소: 물 위기관리 2000, 1992.
6. 김광수: 공업용수의 이론과 실제, 기전연구사, 1985.
7. 이용하: 한국 화학회지 8, 23, 1977.
8. 김용무: polymer 9, 5, 1985.
9. Muzzarelli R.A.A, Chitin, Pergamon, Oxford. 1977.
10. Geoge A.F. and Kathryn E.T.: CHITIN AND CHITOSAN, Proceeding from the 4th international conference in Tromdheim, Norway, August 577, 1988.
11. Hiroshi S and Yoshiaki K: proceeding from the 4th International conforence on chitin and chitosan held in Tromdheim, Norway. 585, 1988.
12. 戸倉清一: キチン, キトサンの生理活性について別册フ-トクミカルキチン-キトサン科學, 食品化學新聞社 5: 11, 1987.
13. Juli K.M, and William R.K.: Jounal fo AWWA 76, 74, 1984.
14. Jean M.M, and Smithfield R.I: Method of forming a crosslinked chitosan polymer and product there of U.S.Patent. 5015293, 1991.
15. Tony C.Y. and Robert R.Z.: Ind. Eng. chein. Prod.Res. Dev. 23, 168, 1984.
16. Shigehiro H.: Proceeding from the 4th International conforence on chitin and chitosan held in Tromdheim, Norway, 37, 1988.
17. 한국생물협회: 한국생물협회지 15, 73, 1993.