

Chitin 및 Chitosan이 생체내 카드뮴 축적에 미치는 영향 - 키틴, 키토산 및 Dithiocarbamate Chitosan이 메기 간장과 신장내 카드뮴 축적에 미치는 영향 -

유일수 · 류문희* · 신철호**

이리농공전문대학 화학공업과 및 *식품공업과, **대한토목환경연구소

A Study on the Effect of Chitin, Chitosan and Dithiocarbamate Chitosan against Cadmium Accumulation in Liver and Kidney of Catfish

Il Soo You, Moon Hee Ryu* and Chul Ho Shin**

Department of Chemical Engineering, Iri National College of Agriculture and Technology

*Department of Food Engineering, Iri National College of Agriculture and Technology

**Korea Soil Environmental Research, Seoul

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effects of chitin, chitosan and dithiocarbamate chitosan on the cadmium accumulation in liver and kidney of catfish. The experimental groups were divided into four independent groups which were one control group and three experimental groups by cadmium alone treatment or chitin, chitosan and dithiocarbamate chitosan which cadmium. In order to investigate the effects of chitin, chitosan and dithiocarbamate chitosan on the cadmium accumulation in liver and kidney of catfish, the cadmium concentration, the metallothionein level were measured. The results obtained were as follows:

1. The cadmium concentrations in liver and kidney of catfish in cadmium alone treatment group were similar to that of the chitin treatment group, but chitosan and dithiocarbamate chitosan treatment groups were significantly decreased.

2. The metallothionein levels in liver and kidney of catfish alone treatment group were similar to that of the chitin treatment group, but chitosan and dithiocarbamate chitosan treatment groups were significantly increased.

In conclusion, this study revealed the effect of chitin, chitosan and dithiocarbamate chitosan against cadmium accumulation in liver and kidney of catfish. It exhibited the highest effect at dithiocarbamate chitosan treatment group.

Keywords: Catfish, Cadmium, Liver, Kidney, Chitin, Chitosan, Dithiocarbamate chitosan, Metallothionein

I. 서 론

산업의 발달과 더불어 수요가 증가하고 있는 금속은 다양한 산업에 응용되고 있으며 그 중 카드뮴은

항부식작용, 전기도금, 페인트색소, 플라스틱 제조 등으로써 연간 소비량은 전 세계적으로 10,000-20,000 톤에 달하고 있다(Guthrie *et al*, 1980). 이와 같이 카드뮴은 산업활동 과정 중에 노출되어서 수질, 토양, 농작물, 어패류 및 인체에 농축되어 다양한 질병을 일으킨다(Kage *et al*, 1961; Pulido *et al*, 1966). 그 중 독 현상은 급성중독으로는 기도, 폐를 손상케하며 인

*이 논문은 1996년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

후부 통증, 기침, 두통, 어지럼증과 구토증 및 호흡곤란을 수반하고, 만성중독으로는 후각이상, 식욕부진, 반복성 설사, 위장 장애 및 체중감소등을 일으킨다(최규석과 류영환, 1990; Eaton and Toal, 1982).

중금속 해독제로는 $\text{Ca}_2\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 가 사용되는데 이것은 중금속과 강한 친화성 킬레이트제이지만 신장독성을 유발한다. 또한 해독제 Penicillamine은 위장관에서 잘 흡수되는 장점을 가지고 있으나, 백혈구 감소증, 재생불량성 빈혈등을 유발시킬 수 있는 것으로 알려졌다(Sillem and Martell, 1964; Pulido *et al.*, 1966).

N-acetyl-D,L-penicillamine 은 독성이 약하고 생체내 안정도가 큰 금속-thiol 화합물을 형성하여 금속의 배출을 촉진 시키며 재흡수에 의한 위의 손상을 나타내지 않는다고 보고 되었다(이영옥과 박서희, 1986; Gabard, 1976). 한국산 마늘은 diallyl-disulfide, propylallyl-disulfide, glutathione, thiola-cetic acid 및 vitamine B1 등이 풍부하게 함유되어 카드뮴 독성완화 작용이 있는 것으로 보고 되었다(이영옥과 박서희, 1986).

키틴 및 키토산은 게, 새우등의 갑각류 외골격이나 균류, 조류와 같은 고등식물등에 다량 함유되어 있는 천연 고분자로 폐수처리, 식품공업, 섬유공업, 화장품, 의약품등에 이용되고 있고, 또한 인체에 무해한 것으로 보고 되고 있으며, 항체가 형성되지 않고 부작용이 없어 의료용 신소재로 많은 연구가 진행 중이다(김무용 등, 1988; Bough, 1975a,b). 키틴을 탈아세틸화하여 얻을 수 있는 키토산은 유리 1차 아미노기가 증가되어 중금속에 우수한 흡착능을 갖는 것으로 보고된 바 있다(Hall and Yalpani, 1980; Maruca *et al.*, 1982).

본 실험에서는 게를 산, 알칼리 처리하여 얻은 키틴과 키틴을 탈아세틸화하여 얻은 키토산 및 키토산을 알칼리성에서 CS_2 로 처리하여 얻어진 di-thiocarbamate chitosan을 이용하여 메기 장기내 카드뮴의 제거효과와 metalothionein량을 측정하여 카드뮴 제거효과를 조사하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 메기

메기는 전북 완주군 이서면 반교리 메기 양식장에서 구입하여 20일 동안 실험실에서 적응시킨 후 실험

재료로 이용하였다. 실험수로 사용한 수질상태는 수온을 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 pH는 6.5~7.0로 유지하였다. 또한 실험수조에 충분한 산소공급을 위하여 폭기시키면서 용존산소량(DO)을 6.0~8.0 mg/l로 유지하였다.

2) Chitin 제조

시중에서 구입한 게의 껍질을 물로 세척하여 불순물을 제거한후 2N-HCl 용액에 12시간 침적시켜 탄산칼슘을 용출해내고 분쇄하였다. 24시간 실온에서 방치한 후 충분히 세척한 다음 15°C 이하 온도에서 4%-NaOH 수용액으로 24시간 동안 처리하여 단백질을 분해 제거하고 증류수로 세척하였다. 이와 같은 산과 알칼리 처리 작업을 5회 반복한 다음, 3% H_2O_2 -1N-HCl 수용액으로 6시간 동안 실온에서 방치하여 색소를 산화시키고, 알칼리 처리한 다음 증류수, 에탄올, 에테르 순으로 세척한 후 건조하여 순백색 키틴을 얻었다. 이것을 분쇄하여 80-100 mesh/Inch²의 키틴을 제조하였다.

3) Chitosan 제조

80-100 mesh/Inch²의 키틴을 110°C 에서 47%-NaOH 수용액으로 1시간 동안 처리하여 탈아세틸화시켰으며, 탈아세틸화도를 증가시키기 위하여 5회 반복 반응을 하여 키토산을 제조하여, 이것을 증류수로 충분히 세척한 다음 에탄올, 에테르 순으로 세척하여 70°C 에서 진공 건조시켰다.

4) Dithiocarbamate Chitosan 합성

키틴 분말 60 g을 40%-NaOH 수용액 1 l를 넣고 110°C 로 8시간 가열한 후 여과하여 증류수로 충분히 세척한 다음 메탄올 500 ml와 암모니아 100 ml를 분산시키고 CS_2 60 ml를 넣어 2일간 실온에 방치한 후 여과하여 메탄올, 증류수로 7회 반복 세척하여 실온에서 건조시켜 건조기(desicator)에 보관하였다.

5) Chitosan 확인

키토산의 제조방법에 의하여 제조한 키토산의 합성여부를 확인하기 위하여 IR의 스펙트럼(Fig. 1)을 측정하였으며, 그 결과 기준에 확인된 키토산의 스펙트럼과 동일함을 보였다.

2. 실험방법

1) 실험식이 및 처리

실험기간동안 수조내 수온은 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, pH는 6.5~7.0 및 용존산소량(DO)은 6.0~8.0 mg/l로 유지하였다. 실험군은 4개군으로 구분하여 각군에 5마리의 메기를 투입하였다. 실험수의 카드뮴 농도는 CdCl_2 를 이용하여 10 g/l가 되도록 하였다. 카드뮴과 키틴,

키토산 및 dithiocarbamate chitosan을 동시에 투여한 실험군에서의 키토산, 키토산 및 dithiocarbamate chitosan의 농도는 각각 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l 농도로 증가시키면서 실험을 실행하였으며 침전물이 생기지 않았고, 또한 수조내 용존산소량을 유지하기 위하여 폭기시켰다.

2) 메기 장기내의 카드뮴 농도 측정

메기의 장기를 적출하여 0.5 g을 취하여 킬탈 플라스크에 넣고 여기에 Conc. HNO₃ 5 ml와 Conc. H₂SO₄ 10 ml를 가한 다음 100°C Hot plate 상에서 유기물을 분해 시켰으며, 이때 분해액의 색이 황색-무색이 될 때까지 Conc. HNO₃를 가하였다. 이와같이 유기물의 분해와 완료된 시료를 DDTC-MIBK 추출방법에 의하여 중금속을 추출후 원자흡광분광도계(Varian spect. AA-30)로 Wave length 217 nm, Lamp current 10 mA, Slit 0.7 nm에서 중금속 함량을 측정하였다.

3) 메기 장기내 Metallothionein(MT)량 측정

조직중의 MT은 장기를 0.5 g 취하여 생리적 식염수로 세척한 후 0.25M 설탕용액(sucrose, Sigma)를 가하면서 Teflon glass homogenizer를 이용하여 조직을 균질화되도록 하였으며 4°C에서 20분간 원심분리하였다. 이 조직액 0.2 ml에 0.03M tris-HCl(pH 8.0) 완충용액을 첨가한 후 10 ppm의 CdCl₂ 1 ml로 포화시키고 실온에서 5분간 배양하였다. 여기에 rat RBC hemolysate 0.2 ml를 가하여 소량의 Cd과 MT를 제외한 모든 bioligand를 제거하고 Cd-bound hemoglobin을 100°C 수욕탕에 1분간 정치시켜 변성시킨 후 1,000 g을 원심분리하여 상층액을 취하였다. 이상의 rat RBC hemolysate 첨가와 열처리 및 원심분리 과정을 3회 반복하여 얻은 시료의 카드뮴농도를 측정하는데 이용하고, 최종적인 MT농도 계산은 카드뮴 6 g 원자와 1M의 MT분자량 6,050과 결합하는 것으로 환산하여 조직 g당 mgMT 농도를 구하였다.

III. 결과 및 고찰

카드뮴은 용광로, 용해로, 농축실 등과 같은 금속 제련과정 중에 노출되어 수질, 토양, 농작물, 어패류 등에 농축되어, 먹이사슬에 의하여 최종소비자인 인체에 축적되어 metallothionein의 합성이 이루어지지 않아 중독을 일으키는 것으로 보고되고 있다. 중금속은 metallothionein 형성에 영향을 주며, 특히 카드뮴 2가 금속은 metallothionein형성에 중요한

요인으로 작용한다고 보고되고 있다. 독성을 가진 카드뮴의 대사기전은 세포막을 구성하는 단백질 중 중금속과 친화력이 높은 thiol(-SH)기와 결합하여 그 독성이 완화되는 것으로 보고되고 있다. metallothionein은 cysteine을 가지고 있어 카드뮴 독성을 완화 시키는 것으로 알려졌다.

본 실험에서 나타난 결과에서 메기의 장기내 카드뮴 제거효과가 키토산에서 가장 낮은 것은 키토산내에는 카드뮴과 착물을 형성할 수 있는 리간드가 적기 때문인 것으로 생각된다. 키토산은 키토산을 탈아세틸화하여 금속과 안정한 착물을 형성할 수 있는 아미노기를 증가시켰기 때문에 메기의 장기내 카드뮴의 제거효과가 향상된 것으로 사료된다. 키토산 유도체인 dithiocarbamate chitosan은 thiol(-SH)기가 있어서 카드뮴과 킬레이트결합을 형성하여 메기 장기내 카드뮴 제거효과가 더욱 증가되는 것으로 사료된다. 또한 메기 장기내 metallothionein량이 키토산 처리군에서는 대조군과 거의 차이를 보이지 않는 것은 메기 장기내 카드뮴의 제거효과가 낮은 것과 밀접한 상관성이 있는 것으로 생각된다. 반면에 키토산 및 dithiocarbamate chitosan을 처리한 군에서는 키토산으로 처리한 군에 비하여 metallothionein량이 높아지는 것을 볼 수 있는데 이는 metallothionein량이 증가할수록 메기 장기내 카드뮴 제거효과가 큰 것을 알 수 있었다.

1) 메기 간장 및 신장내 카드뮴의 농도

수조내에서 메기를 12주 동안 사육하면서 카드뮴의 농도를 10 µg/l로 폭로시킨 결과 메기간장내 카드뮴의 농도는 2.89 mg/kg(3주), 3.87 mg/kg(6주), 4.89 mg/kg(9주), 5.32 mg/kg(12주)으로 투여기간이 길어질수록 카드뮴의 농도는 증가하였다. 카드뮴과 키토산을 동시에 투여한 군에서는 키토산의 양을 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l으로 증가시키면서 투여했으나 메기 간장내 카드뮴 농도는 대조군과 별 차이가 없었다. 그러나 200 mg/l 키토산 및 dithiocarbamate chitosan과 카드뮴 동시 투여군에서는 각각 2.76 mg/kg(3주)~5.15 mg/kg(12주), 2.57 mg/kg(3주)~4.69 mg/kg(12주)로 메기의 간장내에서 카드뮴의 함량이 감소하는 것을 볼 수 있었다 (Table 1-3).

또한 메기의 신장내 카드뮴의 농축량은 3.11 mg/kg(3주)~5.67 mg/kg(12주)으로 폭로기간이 길어질수록 증가하는 것으로 나타났으며, 카드뮴과 키토산 동시 투여군에서는 간장에서와 마찬가지로 키토산의

Table 1. The cadmium concentration in liver of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l chitin diet (unit : mg/kg, Mean±SD)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	2.89±0.98	3.87±0.76	4.89±1.05	5.32±0.88
Cadmium with 50 mg/l chitin	2.89±0.73	3.80±0.57	4.83±0.83	5.33±1.20
Cadmium with 100 mg/l chitin	2.80±0.91	3.81±0.32	4.77±0.52	5.22±0.39
Cadmium with 200 mg/l chitin	2.77±0.37	3.72±0.68*	4.78±0.59	5.17±0.92*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 2. The cadmium concentration in liver of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l chitosan diet (unit : mg/kg, Mean±SD)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	2.89±0.98	3.87±0.76	4.89±1.05	5.32±0.88
Cadmium with 50 mg/l chitosan	2.81±0.56	3.79±0.58	4.75±0.83	5.28±0.56
Cadmium with 100 mg/l chitosan	2.80±0.87	3.68±0.71	4.66±0.52	5.23±0.49
Cadmium with 200 mg/l chitosan	2.76±0.66	3.59±0.61*	4.60±0.49*	5.15±0.68*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 3. The cadmium concentration in liver of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l dithiocarbamate chitosan diet (unit : mg/kg, Mean±SD)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	2.89±0.98	3.87±0.76	4.89±1.05	5.32±0.88
Cadmium with 50 mg/l dithiocarbamate chitin	2.71±0.52	3.69±0.77	4.75±0.82	4.98±0.83
Cadmium with 100 mg/l dithiocarbamate chitin	2.65±0.68	3.79±1.02	4.62±0.51*	5.02±0.63*
Cadmium with 200 mg/l dithiocarbamate chitin	2.57±0.60*	3.51±0.71*	4.31±0.89*	4.69±0.78*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 4. The cadmium concentration in trunk kidney of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l chitin diet (unit : mg/kg)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	3.11±0.85	3.96±1.07	5.22±0.96	5.67±1.27
Cadmium with 50 mg/l chitin	3.13±0.52	3.91±0.49	5.11±0.43	5.61±0.73
Cadmium with 100 mg/l chitin	2.98±0.71	3.90±0.85	5.15±0.87	5.60±0.35
Cadmium with 200 mg/l chitin	2.98±0.39	3.92±0.69	5.09±0.73*	5.55±0.99*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

양을 증가 시키면서 투여하여도 카드뮴 농도는 대조
군과 별 차이가 없었다. 그러나 20 mg/l 키토산과 카

드뮴을 동시에 투여한 군에서는 각각 2.77 mg/kg
(3주)~5.39 mg/kg(12주)로 감소하였고, dithiocar-

Table 5. The cadmium concentration in trunk kidney of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l chitosan diet (unit : mg/kg)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	3.11±0.85	3.96±1.07	5.22±0.96	5.67±1.27
Cadmium with 50 mg/l chitosan	3.00±0.78	3.78±0.63	5.02±0.43	5.54±0.93
Cadmium with 100 mg/l chitosan	2.83±0.84	3.71±0.35*	4.90±0.87*	5.41±0.52*
Cadmium with 200 mg/l chitosan	2.77±0.72*	3.69±0.98*	4.90±0.75*	5.39±0.41*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 6. The cadmium concentration in trunk kidney of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l dithiocarbamate chitosan diet (unit : mg/kg)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	3.11±0.85	3.96±1.07	5.22±0.96	5.67±1.27
Cadmium with 50 mg/l dithiocarbamate chitin	2.87±0.97	3.77±0.82	5.00±0.92	5.49±0.78*
Cadmium with 100 mg/l dithiocarbamate chitin	2.86±0.37	3.60±0.52*	4.82±0.38*	5.37±0.36*
Cadmium with 200 mg/l dithiocarbamate chitin	2.67±0.68*	3.57±0.76*	4.80±0.73*	5.31±0.86*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 7. Metallothionein levels in liver of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l chitin diet (unit : mg/g)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	0.77±0.11	0.73±0.09	0.66±0.15	0.63±0.09
Cadmium with 50 mg/l chitin	0.77±0.20	0.74±0.18	0.68±0.09	0.65±0.10
Cadmium with 100 mg/l chitin	0.75±0.12	0.75±0.08	0.67±0.15	0.65±0.11
Cadmium with 200 mg/l chitin	0.76±0.18	0.75±0.11	0.69±0.12*	0.66±0.07*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 8. Metallothionein levels in liver of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l chitosan diet (unit : mg/g)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	0.77±0.11	0.73±0.09	0.66±0.15	0.63±0.09
Cadmium with 50 mg/l chitosan	0.80±0.09	0.77±0.18	0.69±0.11	0.66±0.10
Cadmium with 100 mg/l chitosan	0.79±0.99	0.79±0.08	0.70±0.09*	0.67±0.11
Cadmium with 200 mg/l chitosan	0.79±0.13	0.82±0.17*	0.70±0.15*	0.71±0.09*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

bamate chitosan과 카드뮴 동시 투여군의 12주 집단에서 50 mg/l 투여군의 카드뮴 농도는 5.49 mg/kg이였으나 200 mg/l 투여군에서는 5.31 mg/kg으로 dithiocarbamate chitosan의 투여량이 증가할수

Table 9. Metallothionein levels in liver of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l dithiocarbamate diet (unit : mg/g)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	0.77±0.11	0.73±0.09	0.66±0.15	0.63±0.09
Cadmium with 50 mg/l dithiocarbamate chitosan	0.81±0.09	0.77±0.13	0.70±0.12	0.69±0.14
Cadmium with 100 mg/l dithiocarbamate chitosan	0.82±0.12	0.78±0.08	0.69±0.06	0.70±0.11*
Cadmium with 200 mg/l dithiocarbamate chitosan	0.85±0.08*	0.82±0.11*	0.73±0.15*	0.73±0.08*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 10. Metallothionein levels in trunk kidney of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l chitin diet (unit : mg/g)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	0.23±0.03	0.21±0.05	0.20±0.02	0.19±0.03
Cadmium with 50 mg/l chitin	0.24±0.04	0.21±0.07	0.21±0.03	0.20±0.05
Cadmium with 100 mg/l chitin	0.23±0.06	0.23±0.03	0.22±0.05	0.22±0.04*
Cadmium with 200 mg/l chitin	0.25±0.05*	0.22±0.05	0.22±0.03	0.21±0.05

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 11. Metallothionein levels in trunk kidney of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l chitosan diet (unit : mg/g)

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	0.23±0.03	0.21±0.05	0.20±0.02	0.19±0.03
Cadmium with 50 mg/l chitosan	0.25±0.06	0.23±0.05	0.22±0.05	0.21±0.05
Cadmium with 100 mg/l chitosan	0.26±0.07	0.26±0.07*	0.23±0.08*	0.22±0.06*
Cadmium with 200 mg/l chitosan	0.27±0.05*	0.25±0.05*	0.24±0.07*	0.24±0.08*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

Table 12. Metallothionein levels in trunk kidney of catfish treated orally with 10 µg/l cadmium chloride and 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l dithiocarbamate chitosan diet (unit :

Treatment	3 week	6 week	9 week	12 week
Cadmium only	0.23±0.03	0.21±0.05	0.20±0.02	0.19±0.03
Cadmium with 50 mg/l dithiocarbamate chitosan	0.26±0.05	0.24±0.05	0.23±0.07	0.22±0.06*
Cadmium with 100 mg/l dithiocarbamate chitosan	0.25±0.06	0.25±0.07*	0.24±0.06*	0.22±0.05*
Cadmium with 200 mg/l dithiocarbamate chitosan	0.27±0.05*	0.27±0.05*	0.26±0.07*	0.25±0.07*

*Significant difference from cadmium only treatment group at P < 0.05

록 메기의 신장내 카드뮴의 함량이 감소하는 것을 볼 수 있었다(Table 4-6).

2) 메기의 간장과 신장내 metallothionein량 메기 간장내 metallothionein량은 카드뮴 단독으로

3주 투여한 군에서 0.77 mg/kg이었으나 투여기간이 6주(0.73 mg/g), 9주(0.66 mg/g), 12주(0.633 mg/g)로 폭로기간이 길어질수록 metallothionein량이 감소하였고, 또한 신장내에서는 3주(0.23 mg/g)~12주(0.19 mg/g)로 간장에서와 마찬가지로 폭로기간이 길어질수록 metallothionein량이 감소하였다. 키틴의 양을 50 mg/l, 100 mg/l, 200 mg/l 로 증가시키면서 투여했으나 메기 간장과 신장내 metallothionein량은 대조군과 별 차이가 없었다. 카드뮴과 키토산 및 dithiocarbamate chitosan을 동시에 투여한 군에서 메기의 간장 및 신장내의 metallothionein량은 키틴 투여군에 비하여 증가하는 것을 볼 수 있었다(Table 7-12).

IV. 결 론

카드뮴 단독 투여군에서의 메기 간장과 신장내 카드뮴의 농도와 카드뮴과 키틴, 키토산 및 dithiocarbamate chitosan을 혼합하여 12주간 사육하여 메기 간장과 신장내 카드뮴의 농도 및 metallothionein량을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 카드뮴의 농도

카드뮴 단독 투여군의 메기 간장과 신장내 카드뮴의 농도는 폭로기간이 길 수록 증가하였으며, 키틴을 혼합하여 투여했을 때는 카드뮴 제거효과가 거의 없었으나 키토산을 혼합하여 투여했을 때는 카드뮴의 축적량이 약간 감소하였다. 반면에 dithiocarbamate chitosan은 혼합비율을 증가시킬수록 카드뮴의 제거 효과는 더욱 증가하였다.

2. Metallothionein량

카드뮴 단독 투여군의 간장과 신장내의 metallothionein량은 투여 기간이 길어 질수록 감소하였으며, 키토산을 혼합하여 투여한 군에서는 키틴을 혼합하여 투여한 군에서 보다 metallothionein량이 증가하였다. 특히 dithiocarbamate chitosan을 투여한 군에서는 metallothionein량이 현저하게 증가하였다.

결론적으로 키틴은 메기 간장과 신장내 카드뮴의 제거효과가 낮은 것으로 생각되며, 키토산과 dithiocarbamate chitosan은 메기 간장과 신장내 카드뮴의 제거효과가 크다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1) 김용무, 최규석, 정택상, 김척기: Chitosan의 황유도 체계 킬레이트 고분자의 합성 및 금속이온 흡착특성

에 관한 연구. 한국 고분자 학회지, **12**, 86-98, 1988.
 2) 김운택: Chitosan 및 Dithiocarbamate Chitosan을 지지체로 이용한 고분자성 Tetracycline의 개발에 관한 연구. 부산대학교 박사학위논문, 1-107, 1993.
 3) 이병철: 흰쥐에서 만성 납중독이 뇌의 Biogenic Amine함량에 미치는 영향. 연세의대 학위논문집, 225-241, 1988.
 4) 원종훈: 한국산 어패류 중의 수은, 카드뮴, 납, 구리의 함량, 한수지, **6**(1), 31-42, 1979.
 5) 최규석, 류영완: 활성화된 Chitosan계 분리용 소재의 제조와 금속이온분리능에 관한 연구. 고분자학회지, **14**(4), 404-416, 1990.
 6) Bill Meyer, F. W., Textbook of polymer science. Wiley Inter. science. New Work, 1-252.
 7) Bough, W. A.: Coagulation with Chitosan acid to recovery of by-productions from agg-breaking wastes. *Poultry sci.*, **54**, 354-359, 1975a.
 8) Bough, W. A.: Reduction suspended solids in vegetable scanning waste effulents by coagulation with Chitosan. *J. Food sci.*, **40**, 782-801, 1975b.
 9) Eaton, D. L. and Toal, B. F.: Evaluation of Cd/henolobin affinity assay for the rapid determination of metallothionein in biological tissues. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **66**, 134-136, 1982.
 10) Hall L. D, yalpani M. Enhancement of the metal chelating properties of chitin and chitosan. *Carbohydrate Research*, **83**, 15-17.
 11) Kage J. H. R, and Vallee B. L.: Metallothionein: A cadmium and zinc-containing protein from equine renal cortex. *J. Biol Chem.*, **236**, 2435-2442, 1961.
 12) Kostonis, F. N. and Klaassen, C. D. ; Toxicity and distribution of cadmium administered to rats at sublethal doses. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **41**, 667-671.
 13) Maruca R., Suder B. J. and Wightman J.: Interaction of heavy metals with chitin and chitosan III, Chromium. *J. of Applied*, 1982.
 14) Meyer, W, E., Lewis, D. H., Vanderneer, R. K. and Lofgren, C. S.: Polymer containing Pendent Insecticides, "Proceedings of the controlled Release of Bioactive Materials Symposium", Fort Lauderdale, Florida, 171, 1981.
 15) Muzzarelli, R. A. A. and Tanfani, F.: The production of chitosans of superior quality, *J. Appl. Biochem.*, **3**, 316-321, 1981.
 16) Muzzarelli, R. A. A. and Tanfani, F.: N-(o-carboxybenzyl)chitosan, N-carboxy-methyl chitosan and Dithiocarbamate chitosan: New chelating Derivatives of chitosan, *Pure & Appl. Chem.*, **54**(11), 2141-2149, 1982.
 17) Pulido P., Kagi, Vallee B. L.: Isolation and some properties of human metallothionein. *Biochemistry*, **5**, 1768-1777, 1966.