

## 키틴 막 전극의 양이온에 대한 감응 연구

최분홍 · 윤영자  
숭실대학교 화학과  
(1997. 12. 20 접수)

### Potentiometric Response of Chitin-based Membrane Electrode to various Metal cations

Bun-Hong Choi, Young-Ja Yun

Department of Chemistry, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

(Received December 20, 1997)

**요 약:** 이온 운반 물질로 키틴(poly-[1→4]-β-acetyl-D-glucosamine)을 사용하고, 지지체(matrix)로 Poly(vinyl chloride)(PVC)를, 가소제로는 Dioctyl sebacate(DOS)를 사용하여 키틴 막 전극을 제작하였다. 얇은 조각 형태의 키틴을 막자사발로 갈아 100 메시(mesh)의 체에 거른 후, 이때 모아진 일정 크기의 미세 가루를 사용하였다. 키틴 막 전극을 지시 전극으로 사용하여 금속 양이온들의 감응전위를 알아본 결과, 특히 Cd<sup>2+</sup>와 Cu<sup>2+</sup>에 대한 감응전위를 기울기(mV/decade)는 바탕 전해질이 pH 4 acetate buffer에서 각각 34.9 mV/decade, 34.0 mV/decade로 다른 금속 양이온들에 비하여 크게 나타났다. 또한 pH 영향을 조사해 본 결과, pH 2~12 범위에서 전위값이 일정하게 유지되었다.

**Abstract:** Membrane electrode based on chitin(poly-[1→4]-β-N-acetyl-D-glucosamine) was prepared by mixing uniformly grounded of chitin (100 mesh) with PVC and DOS. We investigated the potential response of chitin membrane electrode to metal ions. It was observed that the response slopes for Cd<sup>2+</sup>(34.9 mV/decade) and Cu<sup>2+</sup>(34.0 mV/decade) were larger than those for other ions in pH 4 acetate buffer. The potentiometric response of chitin electrode to varying pH was nearly constant in the pH range of 2~12.

**Key words:** Ion selective membrane electrode, Chitin

### 1. 서 론

키틴은 셀룰로오즈 다음으로 지구상에서 가장 많이 존재하는 천연 고분자 물질로서 갑각류의 껍질, 곤충의 표피, 연체 동물의 껍질과 뼈, 진균류의 세포벽에서 발견되며, 특히 계와 가재의 외골격은 키틴 생산을 위한 원료로서 오랫동안 관심이 집중되어 왔다.<sup>1,2</sup>

키틴은 현재 까지 혈액 응고 방지제, 상처 치료 촉진제, 인공 피부 개발, 크로마토그래피의 충전제, 중금속 흡착제, 화장품 재료, 기능성 건강 드링크제, 토양 개량제, 이온 교환 막 등의 기능성 막 제작 등으로 다양한 연구와 개발이 진행되어 왔으며,<sup>2,3</sup> 작용기를 변형시킨 유도체의 합성과, 응용이 활발히 진행되고 있

다.<sup>4,5</sup> 키틴의 acetamido기와 2개의 hydroxyl기, 키토산의 amino기와 2개의 hydroxyl기는 매우 중요한 역할을 하는 작용기로서 하전을 띠는 물질, 특히 금속 양이온에 대해 뛰어난 킬레이트 능력과 흡착 능력을 나타낸다.<sup>6-11</sup> 생체공학 분야에서 키틴을 이용한 기능성 막<sup>12</sup>은 다양한 형태로 개발되어 왔는데, 이 기능성 막은 적절한 용매로 녹여 필름 형태로 성형한 뒤, 응고시켜 제작한다. 이 기능성 막은 특정 물질만 통과시키는 성질을 갖는데, 최근에는 운반체 수송 분리막, 촉매 기능 분리막 등이 연구되고 있다. 나아가 키틴에 있는 hydroxyl기에 여러 가지 원자단을 도입하면 더욱 다양한 기능성 분리막을 제작할 수 있다. 이와같이 키틴을 이용한 기능성 막이 다양한 형태로

개발되어 왔지만, 이온 선택성 전극의 선택성 막으로 쓰인 경우는 아직까지 보고된 바가 없다.<sup>2</sup>

최근에는 특정 이온에 대해 선택성을 갖는 이온 선택성 막을 전극에 장착시키는 형태가 많은 관심으로 연구되어지고 있으며,<sup>13,14</sup> 전기적으로 중성을 띠고, 친유성을 갖는 ion complex 물질은 ionophore로서 작용함이 알려져 왔다.<sup>16-21</sup> 이들 중성 운반체들은 선택적으로 수용액으로부터 소수성 막 안으로 이온들을 뽑아 내고 운송하는 능력을 갖는데, 산소와 질소와 같은 전자 주개 원자를 포함하고 있는 키틴은 금속 양이온에 감응하는 막 전극의 ionophore로서 매우 기대되는 물질이다.<sup>14-22</sup>

본 실험에서는, 아직까지 이온 선택성 막 전극의 ionophore로 사용된 적이 없는 키틴을 이용하여 키틴 막 전극을 제작하였고, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 전이 금속에 대한 감응전위를 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시 약

키틴(poly-[1→4]-β-N-acetyl-D-glucosamine)은 Sigma사로부터 구입한 practical grade를 사용하였다. 가소제로 사용된 DOS는 Fluka사로부터 구입하였다. 이들은 모두 더 이상의 정제 없이 사용하였다. PVC는 Junsei사의 것을 사용하였다. 이 밖의 모든 시약은 분석용 특급 시약을 사용하였고, 모든 용액의 제조에는 탈 이온수(3차 증류수, 비저항 18.2 MΩ·cm)를 사용하였다.

### 2.2. 전극의 준비

키틴 막 전극은 다음과 같이 제작되었다. 먼저 flake 형태의 키틴을 막자사발로 갈아서 고운 가루로 만든 후, 100 mesh의 체에 걸러 일정 크기의 미세 입자를 모은다. 이렇게 준비된 키틴 100 mg과 PVC 66 mg, 가소제(ex: DOS) 132 mg을 test tube안에서 1 ml의 THF로 혼합한다. 이 때, PVC가 쉽게 굳으므로 Vortex를 사용하여 재빨리 섞는다. 키틴이 고루 분포된 콜로이드 용액을 직경 20 mm의 평평한 유리 링에 붓는다. 이 때 사용한 용매는 실온에서 약 15시간 동안 서서히 증발시킨다. 제조된 막은 직경 5 mm의 원형으로 잘라 내어 Phillips 전극체(IS-561; Glasblaerei Möller, Zürich.)의 tip에 장착시켜 지시전극

으로 사용한다. 감응 실험 전에 지시전극은 미리 바탕 전해질에 2시간 정도 담귀 놓는다.

### 2.3. 감응 전위 측정

제작된 키틴 막 전극은 0.1 M KCl을 내부 기준용액으로 사용하였고, 외부 기준전극은 Orion co.의 double junction Ag/AgCl(model 90-02)을 사용하였다. 또한 감응전위를 측정하기 전에 미리 2시간 동안 바탕 전해질(pH 4, acetate buffer)에 담가 놓았다.

감응전위 측정은 다음과 같은 전지 식으로 표현되어 진다.

$$\text{Ag/AgCl} \mid 0.1 \text{ M KCl} \mid \text{membrane} \mid \text{test solution} \mid 10\% \text{ KNO}_3 \mid \text{saturated AgCl} \mid \text{AgCl/Ag}$$

NO<sub>3</sub> 로 고정시킨 알칼리, 알칼리 토금속 그리고 전이 금속 이온 용액을 10<sup>-3</sup>M~1 M의 농도로 준비하고, 200 ml의 바탕 전해질에 10<sup>-6</sup>M~10<sup>-1</sup>M이 되도록 미리 계산된 양을 묶은 농도 순으로 연속적으로 첨가하면서 이때에 측정되는 전위값을 조사하였고, 모든 실험은 실온(25°C)에서 이루어졌다. 각 농도에서의 측정은 100초 동안 이루어 졌으며, 감응전위는 컴퓨터와 연결된 high impedance input voltmeter를 통해 측정되었고, 데이터는 1초 간격으로 컴퓨터에 입력, 저장하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 키틴의 최적 양

키틴 막을 제조하기 위하여 사용되는 직경 20 mm의 유리 링(glass ring)에, 고루게 분포되는 키틴의 최적 양을 알아보기 위하여 각각 2 mg, 10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg, 80 mg, 100 mg으로 양을 다르게 하여 막을 제조하였다. 이들 막을 5 mm의 원형으로 잘라서 전극체(electrode body)에 장착시키고, 내부 용액을 0.1 M KCl로 하여 키틴 막 전극을 제작한 뒤, 금속 양이온에 대한 감응전위를 조사한 결과, 100 mg의 키틴 막 전극이 가장 안정하고 재현성이 있는 반응을 보였다. 즉, 100 mg의 키틴 막 전극은 실험 후 여러 번의 씻음으로 안정화 될 때 바탕 전해질로부터 얻어진 안정화된 전위값이 비교적 고르게 나타났으나, 그 밖의 키틴 함량의 막 전극은 사용 후 얼마 지나지 않아 Table 1에서와 같이 전위값이 측정 시마다 떨어지는 경향을 보였고, 이 현상은 키틴의 양이 적을 수록 심

Table 1. Reproducibilities of the background potential change of chitin membranes. Each electrode was washed 10 times and pre-soaked in pH 4 acetate buffer. (at 25 °C)

Using times	1	2	3	4	5	6	7	8
Chitin (mg)								
10	60 mV	30	-40	-52	-63	-69	-75	-85
20	60	45	-27	-41	-50	-60	-56	-54
30	66	50	-27	-38	-47	-57	-57	-53
40	80	70	2	-12	-25	-40	-43	-42
50	78	74	80	82	73	70	70	71
80	54	68	60	58	53	50	50	50
100	48	48	54	53	49	48	48	48

하게 나타났다. 또한 100 mg 이상을 사용하였을 때는 20 mm 유리 링 크기에 비하여 양이 너무 많아 매우 두터운 막이 형성되었고, 결국 유연성이 떨어지게 되어 쉽게 부서지는 현상을 보였다. 따라서 막내에 고르게 분포되는 키틴의 최적의 양은 100 mg으로 결정하였다.

3.2. 가스제의 영향

막 성분의 고른 분포와 유연성을 주기 위해 사용되는 가스제는 DOA, DBS, DOS, o-NPOE등이 있다. 본 실험에서는 DOS를 가스제로 하여 키틴 막 전극을 제작하였다. DOS는 전자를 줄 수 있는 산소 원자를 포함하고, 감응 이온을 감싸 줄 수 있는 구부러진 형태의 유기 물질이므로, PVC와 DOS만으로 이루어진 blank membrane을 제조하여 가스제 자체가 금속 양이온에 대하여 나타내는 감응전위를 조사하였다. 그 결과, Fig. 1, Fig. 2와 같이 바탕 전해질이 pH 4 acetate buffer일 때 금속 양이온들에 대해서 약간의 감응전위를 보였지만, 주목할 만큼의 큰 감응의 변화는 없었다. 따라서 본 실험에서의 금속 양이온에 대한 감응전위는 키틴 막에 의한 감응임을 알 수 있었다.

3.3. pH 영향

키틴 막 자체가 pH 변화에 따라 어떠한 영향을 받는지를 알아보기 위해 pH 영향을 조사하였다. 산으로는 0.1 M HCl, 염기로는 NaOH 5 M, 1 M, 0.1 M 용

액을 제조하여 한 방울씩 적가하면서 pH를 1부터 13까지 변화시키고, 그 변화에 따른 전위값을 기록하였다. 그 결과 Fig. 3에서 보여지듯이 pH 2~12 사이에서 전위값이 큰 변화 없이 일정하게 유지되었고, 이 pH 영역에서 키틴 막 전극이 사용 가능함을 알 수 있었다.

3.4. 바탕 전해질의 영향

알칼리 금속 양이온 용액은 자체의 농도 변화에 따르는 pH가 5~7 부근으로 나타났고, 알칼리 토금속과 전이 금속 양이온 용액은 농도 변화에 따르는 pH가 2~5 부근으로 나타났다. 따라서 비교적 안정하고 일정한 pH를 갖는 바탕 전해질에서의 감응전위를 측정하기 위하여 다양한 완충용액을 제조하여 사용하였다. pH 4, pH 5는 acetate buffer를 사용하였고, pH 6의 phosphate buffer를, 그리고 pH 7.2, pH 8은 Tris-HCl buffer, pH 9는 ammonium buffer를 사용하였고, 또한 탈이온수(비저항 18.2 MΩ·cm)를 사용하여 보았다. 그 결과 Fig. 4에서와 같이 완충용액을 바탕 전해질로 사용한 경우는 pH 4인 acetate buffer 일 때만 농도 변화에 따르는 감응전위가 뚜렷하게 나타났고, pH 7.2, pH 8, pH 9인 완충용액이 바탕 전해질 일 때는 금속 이온에 대한 감응전위가 제대로 이뤄지지 않고, 전이 금속과는 착물을 이루거나, 침전을 형성하는 결과를 보이며, 감응전위 기울기의 크기가 작게 나타남을 알 수 있었다. 탈이온수가 바탕 전해질인 경우에는 pH 4 acetate buffer에서 보다는 모든 금속 양이온에 대해서 감응전위 크기가 전체적으로 더 크게 나타났다. 그 이유는 탈이온수에는 완충을 이루는 이온들이 없기 때문에 키틴 막 전극은 측정하려는 금속 양이온에만 감응을 할 수 있게 되고, 결국 감응전위가 다른 경우 보다 약간 크게 나타나는 것이다.

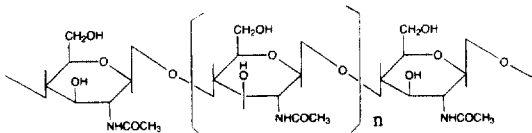


Fig. 1. Structure of chitin.

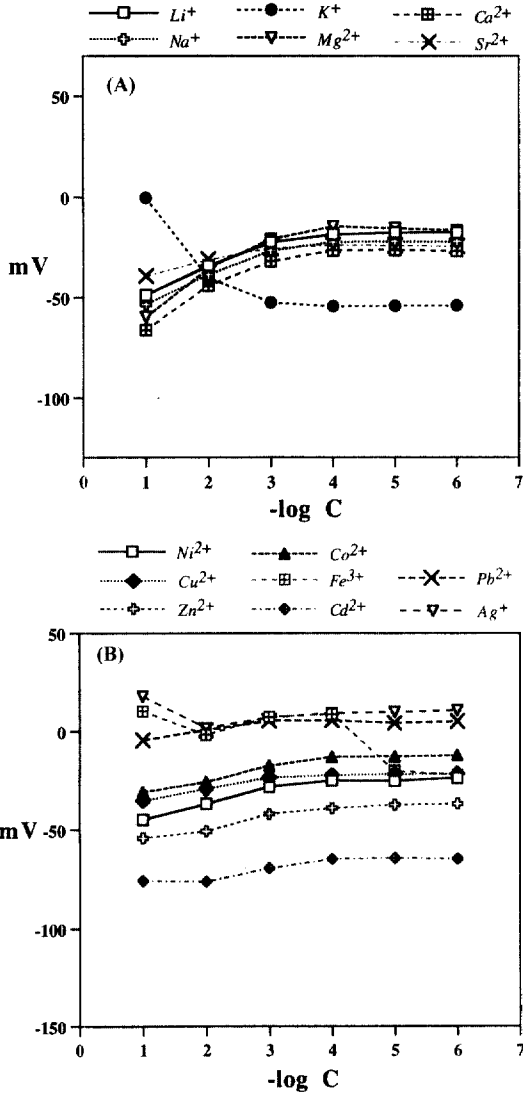


Fig. 2. (a) Responses of DOS plasticized blank PVC membrane to alkali, alkaline earth metal ions. The background electrolyte employed was pH 4 acetate buffer. (at 25 °C), (b) Responses of DOS plasticized blank PVC membrane to transition metal ions. The background electrolyte employed was pH 4 acetate buffer. (at 25 °C)

3.5. 감응전위 경향 및 감응전위 기울기

감응전위가 잘 이루어지는 바탕 전해질(pH 4 acetate buffer와 탈이온수)에서 금속 양이온들의 감응전위 기울기를 비교하였다. 금속 양이온의 농도를  $10^{-6} M \sim 10^{-1} M$ 로 변화시키면서 감응전위를 측정하였을 때, 선형적인 감응전위를 나타내는 농도 범위에서의 최소 농도를 감응 한계로 하였고, 컴퓨터를 이용

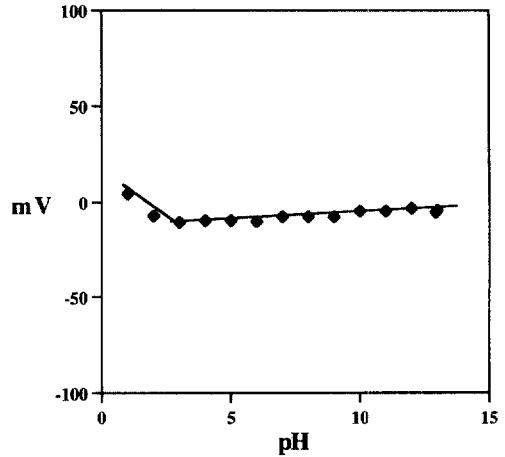


Fig. 3. The potential response of chitin membrane electrode to pH change. (at 25 °C)

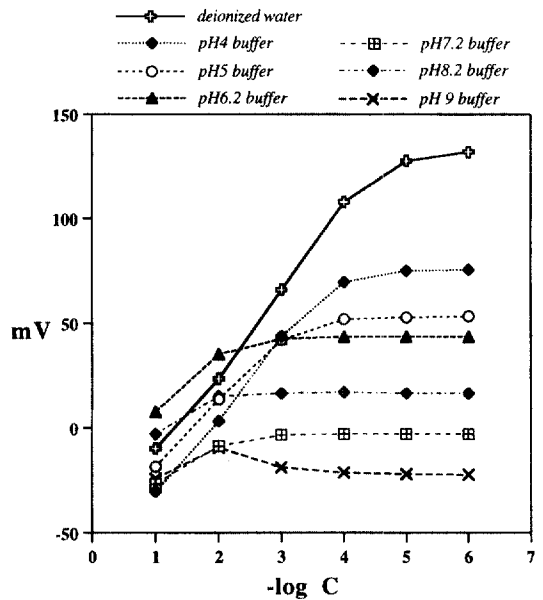


Fig. 4. The effect of background electrolytes on potential response. The potential response was measured for  $Cu^{2+}$ . (at 25 °C)

하여 이 범위에서의 각 농도를 X축, 이 때의 감응전위들을 Y축으로 하는 선형 기울기식을 구하여 각각의 금속 양이온에 대한 감응전위 기울기를 알아보았다. 이론적으로 대략 1가 이온 일 때 59.2 mV/decade, 2가 이온 일 때 29.6 mV/decade, 3가 이온 일 때 19.7 mV/decade이다. Fig. 5과 Table 2에서 보여지듯이 1가 금속 양이온의 기울기는 이론상의 값과는 다르게

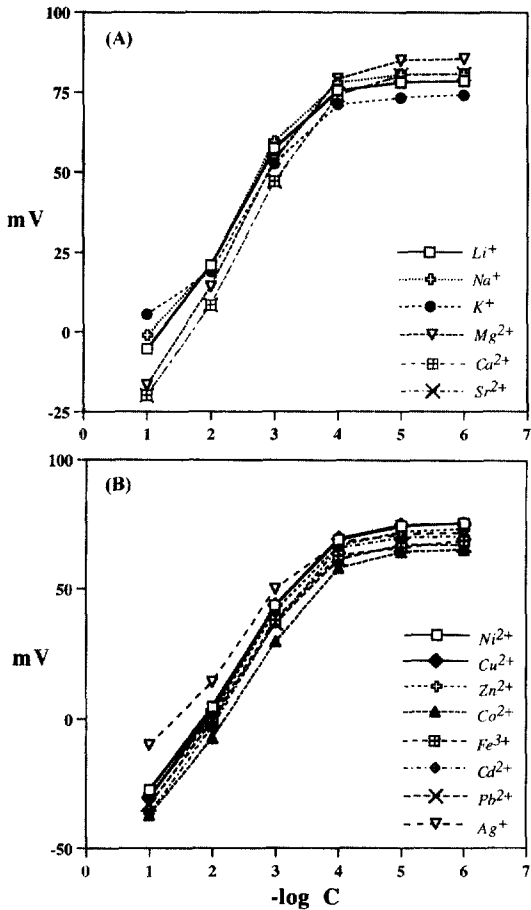


Fig. 5. (a) The potential response of chitin membrane electrode to alkali, alkaline earth metal ions. The background electrolyte employed was pH 4 acetate buffer. (at 25 °C), (b) The potential response of chitin membrane electrode to transition metal ions. The background electrolyte employed was pH 4 acetate buffer. (at 25 °C)

매우 적은 기울기(25.0 mV/decade~30.0 mV/decade)를 보였다. 특히 K<sup>+</sup>의 경우는 측정 시 가장 적은 감응 전위 기울기를 나타내었고(22.9 mV/decade), 2가 금속 양이온의 경우는 Fig. 5a, b, Table 2에서 보여지듯이 알칼리 토금속이나, 전이 금속 모두에 대해 감응전위 기울기가 크게 나타났으며(30.0 decade/mV~35.0 mV/decade), 감응 한계는 모든 이온들의 경우에 대해서 대략 10<sup>-4</sup> M이었다.

다음으로 바탕 전해질로서 탈이온수(비저항 18.2 MΩ·cm)를 이용하였을 때의 감응 한계는 Fig. 6(a) 과 Fig. 6(b), Table 3에서 보여 지듯이 대략 10<sup>-5</sup> M

Table 2. The response slopes of chitin membrane electrode for various metal ions in pH 4 acetate buffer. The detection limit was about 10<sup>-4</sup> M in all cases. (at 25 °C)

metal ions	slope (mV/decade)	metal ions	slope (mV/decade)
Li <sup>+</sup>	27.8	Cu <sup>2+</sup>	34.0
Na <sup>+</sup>	27.5	Zn <sup>2+</sup>	33.1
K <sup>+</sup>	22.9	Co <sup>2+</sup>	32.3
Mg <sup>2+</sup>	32.7	Fe <sup>2+</sup>	31.5
Ca <sup>2+</sup>	32.2	Cd <sup>2+</sup>	34.9
Sr <sup>2+</sup>	30.6	Pb <sup>2+</sup>	32.2
Ni <sup>2+</sup>	32.7	Ag <sup>+</sup>	27.1

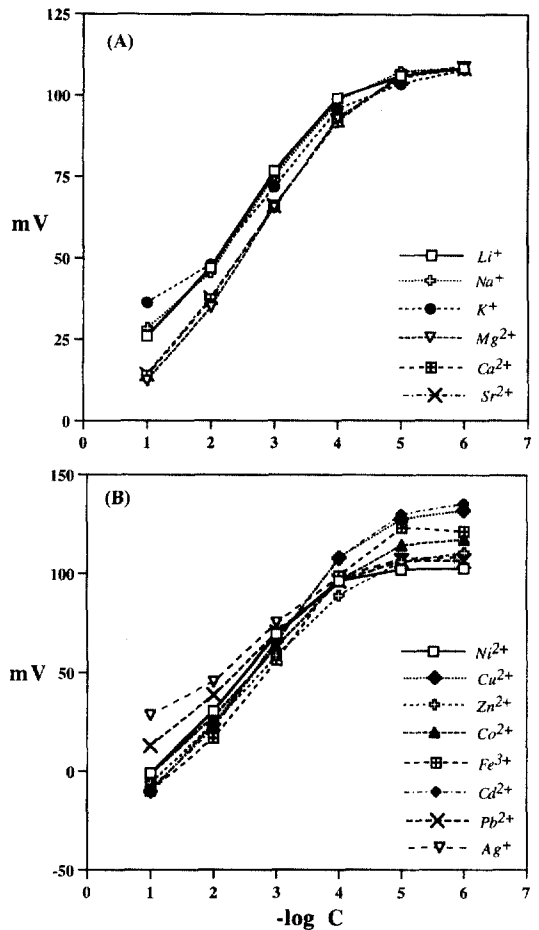


Fig. 6. (a) The potential response of chitin membrane electrode to alkali, alkaline earth metal ions. The background electrolyte employed was deionized water. (at 25 °C), (b) The potential response of chitin membrane electrode to transition metal ions. The background electrolyte employed was deionized water. (at 25 °C)

**Table 3.** The potential response slopes of chitin membrane electrode for metal ions in deionized water. The detection limit was about  $10^{-4}$  M in all cases. The values in the parentheses were the detection limit was about  $10^{-5}$  M. (at 25 °C)

metal ions	slope (mV)	metal ions	slope (mV)
Li <sup>+</sup>	25.0	Cu <sup>2+</sup>	39.6 (35.9)
Na <sup>+</sup>	24.1	Zn <sup>2+</sup>	32.1 (28.9)
K <sup>+</sup>	20.0	Co <sup>2+</sup>	32.8 (34.8)
Mg <sup>2+</sup>	27.2	Fe <sup>2+</sup>	35.7 (30.0)
Ca <sup>2+</sup>	26.2	Cd <sup>2+</sup>	39.4 (36.4)
Sr <sup>2+</sup>	26.4	Pb <sup>2+</sup>	27.7 (24.5)
Ni <sup>2+</sup>	34.1(27.2)	Ag <sup>+</sup>	24.0

로 pH 4 acetate buffer에서 보다 더 민감한 감응을 나타내었다. 따라서 Table 3에서 감응전위 기울기를 구할 때의 감응 한계는 모든 양이온들에 대해서  $10^{-4}$  M 까지의 감응전위 값을 사용하였으며, 전이 금속 이온에 대해서는  $10^{-5}$  M에서의 감응전위 값을 사용한 감응전위 기울기도 표현하였다. 이렇게 해서 구해진 감응전위 기울기는 전이 금속 이온에 대한 감응전위 기울기가 pH 4 acetate buffer에서 보다 탈이온수에서의 값이 더 큰 반면, 알칼리, 알칼리 토금속에서의 감응전위 기울기는 탈이온수의 경우에 오히려 더 작게 나왔다. 즉, K<sup>+</sup>의 경우는 탈이온수에서의 감응 전위 기울기가 20.0 mV/decade로 pH 4 acetate buffer에서 보다 2.9 mV/decade가 줄어 든 현상을 보였고, Cd<sup>2+</sup>과 Cu<sup>2+</sup>은 각각 4.0 mV/decade, 5.0 mV/decade 정도 커진 결과가 나타났다.

Fe<sup>3+</sup>의 경우는 수용액 상에서 바로 환원이 되거나 다른 착물을 형성하기 때문에 2가 전이 금속 이온과 큰 차이없는 감응전위 기울기를 보였다.

위의 결과를 살펴보면, 키틴 막 전극은 알칼리, 알칼리 토금속, 전이 금속 이온들에 대하여 모두 감응하는 것으로 나타났다. 그러나 1가 금속 양이온의 경우는 감응전위 기울기가 이론상의 기울기인 59.2 mV/decade 보다 작은 값으로 나타남에 반하여, 2가 금속 양이온의 감응전위 기울기는 이론상의 기울기인 29.6 mV/decade에 접근하는 경향을 보였기 때문에, 키틴 막 전극은 2가 금속 양이온 선택 전극으로 활용할 수 있는 가능성이 있음을 알 수 있었다.

### 3.6. 감응 시간

전극이 측정 이온에 대해서 얼마나 빠르게 감응하

**Table 4.** The potential response time using chitin membrane electrode. The response range of metal ions  $10^{-4}$  M ~  $10^{-1}$  M, and the response time was average in each concentration. (at 25 °C)

metal ions	ave. responding time (sec.)	metal ions	ave. responding time (sec.)
Li <sup>+</sup>	13.3	Cu <sup>2+</sup>	11.8
Na <sup>+</sup>	10.3	Zn <sup>2+</sup>	14.3
K <sup>+</sup>	9.30	Co <sup>2+</sup>	16.0
Mg <sup>2+</sup>	15.3	Fe <sup>2+</sup>	15.5
Ca <sup>2+</sup>	13.3	Cd <sup>2+</sup>	13.3
Sr <sup>2+</sup>	11.3	Pb <sup>2+</sup>	16.0
Ni <sup>2+</sup>	16.3	Ag <sup>+</sup>	16.3

는가는 매우 중요하다. 기존에 시판되고 있는 전극(금속 전극, 유리 막 전극)은 대부분의 경우에 30초 이내의 감응 시간을 갖는다. 빠르게는 5초 이내에 감응이 이루어지는 전극도 있지만, 이런 전극은 극히 드물며 실제로는 5초 이내에 감응이 이뤄지지 못한다. 본 실험에서는 측정 대상 이온들의 감응전위 측정시 각 농도에서의 감응을 100초 동안 측정하여 1초 간격으로 전위값들을 컴퓨터에 입력, 저장 하고, 그 데이터를 출력하여 전위값이 처음 감응 시간으로부터 일정한 수치로 나오기 시작하는 시간까지를 각 이온들에 대한 키틴 막 전극의 감응 시간으로 판단하였다. 그 결과, 키틴 막 전극이 각각의 금속 양이온에 대해서 일정한 감응전위로 안정화되는 감응 시간은 Table 4에서 보여지듯이 1가, 2가 금속 양이온에 대해 모두 20초 이내로 나타나므로, 비교적 신속한 감응이 이뤄짐을 알 수 있었다.

### 3.7. 재현성

키틴 막 전극의 재현성을 알아보기 위해, 사용 기간에 따르는 감응전위의 변화를 조사하였다. 33일, 14일, 1일 동안 사용한 전극(이 전극들의 사용 횟수는 기록되지 않았고, 사용후 경과한 시간만을 고려)을 이용하여 전이 금속에 대한 감응전위 기울기 변화를 조사한 결과, Table 5에서와 같이 감응전위 기울기는 사용 기간에 따라 약  $\pm 1.00$  mV/decade 정도의 변화가 있었지만 거의 무시할 수 있는 변화로서 감응전위 기울기가 안정하게 유지됨을 알 수 있었다. 또한 3개의 전극(33일, 14일, 1일 동안 사용한 전극)이 모두 Cd<sup>2+</sup>와 Cu<sup>2+</sup>에 대해 높은 감응전위 기울기 경향을 나타내며, 다른 전이 금속 이온들의 감응전위 기울기도 비교

Table 5. The potential response slope for transition metal ions following terms used of chitin membrane electrode. The background electrolyte was pH 4 acetate buffer, and the detection limit was about  $10^{-4}$  M in all cases. (at 25 °C)

1 day		14 days		33 days	
metal ion	slope (mV/decade)	metal ion	slope (mV/decade)	metal ion	slope (mV/decade)
Ni <sup>2+</sup>	32.7	Ni <sup>2+</sup>	34.5	Ni <sup>2+</sup>	33.6
Cu <sup>2+</sup>	34.0	Cu <sup>2+</sup>	36.8	Cu <sup>2+</sup>	35.0
Zn <sup>2+</sup>	33.1	Zn <sup>2+</sup>	34.5	Zn <sup>2+</sup>	34.1
Co <sup>2+</sup>	32.3	Co <sup>2+</sup>	33.7	Co <sup>2+</sup>	33.4
Fe <sup>3+</sup>	31.5	Fe <sup>3+</sup>	32.7	Fe <sup>3+</sup>	31.4
Cd <sup>2+</sup>	34.9	Cd <sup>2+</sup>	35.9	Cd <sup>2+</sup>	35.4
Pb <sup>2+</sup>	32.2	Pb <sup>2+</sup>	33.9	Pb <sup>2+</sup>	34.7
Ag <sup>+</sup>	27.1	Ag <sup>+</sup>	27.0	Ag <sup>+</sup>	27.2

적 일치하는 경향을 보였으므로, 키티막 전극이 재현성을 갖음을 알 수 있었다. 따라서 키티막 전극은 사용한 후에 증류수로 10회 이상 깨끗하게 씻고, pH 7 buffer나 탈이온수에 보관하면 1개월 가량 사용 가능함을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 키티막이 중금속 제거를 위한 흡착제로 널리 쓰이는 점을 이용하여, 키티막 이온 선택성 물질(ionophore)로 한 키티막 전극을 제작하였고, 금속 양이온들에 대한 감응전위를 조사하였다.

1. 직경 20 mm 유리 링 안에서 막 성분의 최적 조성은 키티막 100 mg, DOS 132 mg, PVC 66 mg이었다.

2. 키티막 전극은 pH 2~12 범위에서 사용 가능하였다.

3. 바탕 전해질은 pH 4 acetate buffer와 탈이온수(비저항 18.2 MΩ·cm)가 가장 적합하였다.

4. 키티막 전극에 대한 이온들의 감응전위에서, 2가 전이 금속 이온 농도 변화에 따르는 감응전위 기울기가 다른 금속 이온들보다 크게 나타났다.

5. 감응 시간은 모든 경우에 대해서 20초 이내로 비교적 빠른 감응을 나타내었다.

6. 사용 후 전극을 깨끗이 씻은 후 완충용액에 보관하면, 약 1개월 정도 사용 가능하였다.

위에서와 같이, 본 실험실에서 지금까지 전극의 이온 선택성 물질(ionophore)로 사용되지 않은 키티막을 이용하여 처음으로 제조한 키티막 전극은 금속 양이온 선택 전극으로 활용할 수 있는 가능성을 보여 주었다.

#### 감사의 글

본 연구는 교육부의 1996년 기초과학연구소 학술연구 조성비(BSRI-97-3448)와 1997년 숭실대학교 교내 학술연구비의 지원에 의하여 이루어진 연구이며, 연구비 지원에 진심으로 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. S. P. Colowick, N. O. Kiplan, "Method in Enzymology (Natural chelating polymer)", **161** (1988).
2. T. D. Rathke and S. M. Hudson, *J. M. S - Rev. Macromol. Chem Phys.*, **C34(3)**, 375-437 (1994).
3. E. Onsoyen and O. Skaugrud, *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, **49**, 395-404 (1990).
4. S. Takashi, H. Takao and N. Akira, *Agric. Biol. Chem.*, **45(10)**, 2191-2195 (1981).
5. B. Yoshinari, H. Hiroyuki, and K. Yoshinobu, *Chemistry Letters*, 117-120 (1994).
6. H. Shighiro, S. Naomi, Y. Setsuko and K. Shigemi, "Industrial polysaccharides: Genetic Engineering, Structure/property Relations and Applications", 163-176 (1987).
7. K. Kurita, "Industrial polysaccharides: Genetic Engineering, Structure/property Relations and Applications", 337-346 (1987).
8. D. Brady, A.D. Stroll, L. Starke and J. R. Duncan, *Biotechnology and Bioengineering*, **44**, 297-302 (1994).
9. R. A. A. Muzzarelli, *Talanta*, **18**, 853-858 (1971).
10. I. Blazquez, F. Vicente and B. Gallo, *Journal of Applied Polymer science*, **33**, 2107-2115 (1987).
11. K. Naoji, *Journal of Applied Polymer science*, **64**, 819-822 (1997).
12. R. P. Buck, J. C. Thompson and O. R. Melroy, "A complication of ion-selective Membrane Electrode

- Literature*", 175-239.
13. M. S. Frant, J. Ruzicka, T. S. Light, C. C. Young, *Journal of Chemical Education*, **74**(2), 159-182 (February 1997).
  14. P. Oggenfuss, W. E. Morf, U. Oesch, D. Annann, E. Pretsch and W. Simon, *Analitica Chimica Acta*, **180**, 299-311 (1986).
  15. R. P. Buck and E. Lindner, *Pure & Appl. Chem.*, **66**(12), 2527-2536 (1994).
  16. L. X. Sun, T. Okada, J. P. Collin and H. Sugihara, *Analytica Chimica Acta*, **329**, 57-64 (1996).
  17. G. C. Petrucelli, E. Y. Kawachi, L. T. Kubota and C. A. Bertran, *Analytical Communications*, **33**, 227-229 (July 1996).
  18. E. Malinowaka, *Analyst*, **115**, 1085-1087 (August 1990).
  19. S. Kamata and K. Onoyama, *Anal. Chem.*, **63**, 1295-1298 (1991).
  20. Z. Brzöka, *Analyst*, **113**, 891-893 (June 1988).
  21. K. M. O'Connor and G. Svehla, *Analytical Proceedings Including Analytical Communication*, **30**, 137-139 (March 1993).
  22. R. P. Buck, T. M. Nahir, V. V. Cosofert, E. Lindner and M. Erdosy, *Analytical Proceedings Including Analytical Communication*, **31**, 301-312 (October 1994).