

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
HIZLANDIRILMIŞ PROJE
KESİN RAPORU

Hg(II)-SEÇİCİ PVC ELEKTROT HAZIRLANMASI VE ANALİTİK
UYGULAMALARI

Proje Yürütücüsü: Yard. Doç. Dr. ESİN CANEL

Proje Numarası: 2005-0705003HPD

Başlama Tarihi: Ağustos 2005

Bitiş Tarihi: Ağustos 2006

Rapor Tarihi: Eylül 2006

Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Ankara -2006

I. Projenin Türkçe ve İngilizce Adı ve Özetleri

Hg(II)-Seçici pvc elektrot hazırlanması ve analitik uygulamaları

Preperation of Mercury (II)-selective PVC Electrode and Their Analytical Application

I.1 ÖZET

Hg(II)-SEÇİCİ PVC ELEKTROT HAZIRLANMASI VE ANALİTİK UYGULAMALARI

Bu çalışmada, makrosiklik bileşikler sınıfından olan *p-ter*-butilkaliks[4]arenler ve kriptandlar kullanılarak cıva(II)-seçici PVC membran elektrotların hazırlanması, performans özellikleri ve analitik uygulamaları rapor edildi. Önerilen bu elektrotların membran bileşimi iyonofor, plastikleştirici, PVC ve iletkenlik artırıcı değiştirilerek optimize edildi. Elektrotların potansiyometrik cevabı üzerine plastikleştiricinin, polimerin, iletkenlik artırıcının, numune çözeltilerinin pH'larının, iç dolgu çözeltilerinin ve membran kalınlıklarının etkileri araştırıldı. Elektrotların Hg(II) iyonlarına karşı seçiciliğini tayin etmek için $1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-7}$ M aralığında cıva çözelti serileri hazırlandı ve çözeltilerin pH değerleri 2,0-2,5'a ayarlandı. Potansiyel ölçümler yapılarak kalibrasyon eğrileri elde edildi ve bu eğrilerden cıva(II) iyonu için eğim değerleri süper-Nernstian olarak belirlendi. Hazırlanan elektrotların farklı iyonlara karşı cevabı araştırıldı ve sabit bozucu yöntemi ile bu iyonların seçicilik katsayıları tayin edildi. Bu elektrodun çeşitli analitiksel uygulamalarda cıva(II) iyonları için indikatör elektrot olarak kullanılabileceği tespit edildi.

I.2 ABSTRACT

PREPERATION OF MERCURY (II)-SELECTIVE PVC ELECTRODE AND THEIR ANALYTICAL APPLICATION

The construction, performance and application of mercury(II)-selective PVC membrane electrodes based on macrocyclic compounds of *p-tert*-butylcalix[4]arenes and kriptands are reported in this study. The membrane composition for all proposed electrodes is optimized by changing the amounths of ionophore, plasticizer, PVC and lipophilic additive. The influences of the plasticizer, polymer, lipophilic additives, pH of test solutions, internal filling solutions and thickness of membrane on the potentiometric response of electrodes were investigated. A series of mercury solutions with molar concentrations between 1×10^{-2} – 1×10^{-7} M were prepared to determine the sensitivity of the electrodes towards Hg(II) ions, and the pH values of these solutions were adjusted to pH:2,0-2.5. The calibration curves were obtained from the potential data from which the slope of the curves for the mercury(II) ion as a super-Nernstian was determined. The response of the electrodes towards different ions was investigated and the selectivity coefficients were determined by the fixed interference method. It was determined that this electrode could be used as an indicator electrode for mercury(II) ions in various analytical applications.

II. Amaç ve Kapsam

Bilinen en tehlikeli metal kirleticilerden biri cıvadır. Bir metalin tehlikeli olabilmesi demek, çevreyi kirletme ihtimalinin büyük ve kullanılma yerlerinin çok olması demektir. Bu da maddenin insan sağlığı açısından önemini ortaya koyar.

Cıva, gerek doğal olaylar, gerekse insan aktiviteleri sonucu hava, su, toprak olmak üzere bütün çevreye yayılır. İnsan aktiviteleri sonucu çevreye yayılan cıvanın insan ölümleri de dahil birçok zararlı etkisi tespit edilmiştir.

Bugün, insanlar cıvanın zararlarından haberdardır ve birçok alanda cıvanın kullanımı yasaklanmıştır. Bununla birlikte, bazı endüstrilerdeki insanlar için cıvaya maruz kalma hala mesleğe ait bir tehlikedir ve cıva çevreye verilir. Bu nedenle, klinik analizlerde ve çevresel bulguların kaydedilmesinde cıva iyonunun belirlenmesine duyulan ihtiyaç, bu analitin ölçümü için çok sayıda metodun kullanılmasına neden olmaktadır.

Dünya çapında, çevresel kirliliğin azalmasına duyulan ihtiyaç artmaktadır. Özellikle içme sularının, lağım ve diğer örneklerin kontrolü oldukça pahalı analitik metotları gerektirir. Cıva(II) gibi birçok toksik madde için düşük alt tayin sınırlı ve yüksek seçicilikli kimyasal sensörlere talep artmakta ve bu konudaki çalışmalara her geçen gün bir yenisi eklenmektedir.

Analitik kimyada bir türün matriks ortamında doğru ve kesin tayini çok önemlidir. Numunelerde mevcut eser türlerin tayini için genellikle çok pahalı ve karmaşık cihazlar kullanılmaktadır. Halbuki elektrotlarla tayin, hem daha pratik hem de daha ucuz olmaktadır. Bu durumda çok sayıda türe duyarlı ve seçici elektrotların hazırlanması ve çeşitli matriks ortamında türlerin tayininin yapılabilmesi için yöntem geliştirilmesi oldukça önemli hale gelmektedir.

Elektroanalitik kimyanın en önemli araştırma alanlarından birisi de, makrosiklik bileşikleri kullanarak iyon-seçici membran elektrotların (İSE) geliştirilmesidir. İSE esasına dayanan potansiyometrik sensörlerin potansiyeli, deney çözeltisinde elektrodun

duyarlı olduğu iyonun aktivitesine bağlıdır ve bu sensörler çevre ve klinik analizlerinde rutin olarak kullanılmaktadır. Makrosiklik bileşik içeren İSE membranları nötral taşıyıcılı sıvı-membran elektrotlar sınıfına dahildir. Dünyadaki pek çok araştırma enstitüsü bu tip yeni iyon-seçici elektrotları geliştirmek için teorik ve deneysel çalışmalar yapmakta ve bunların analitik kimyada uygulamaları için gayret göstermektedir. Birçok araştırmacı bu alanda önemli çalışmalar yapmışlardır.

Bu çalışmada, yeni sentezlenen ve önceden iyonofor olarak kullanılmamış olan bazı makrosiklik bileşikler, iyonofor olarak kullanılarak Hg(II)-seçici PVC membran elektrot yapılmaya çalışılmıştır. Hazırlanana nötral taşıyıcılı membran elektrotların, cıva iyonuna duyarlı olup olmadıkları araştırılmıştır. Potansiyometrik sensör olan böyle elektrotlar hazırlanırken, membrandaki nötral taşıyıcı iyonoforun, plastikleştiricinin, polimerik maddenin, iletkenlik arttırıcının hem cinsi hem de yüzdesi değiştirilerek Nernst cevabı verecek elektrot membranı hazırlanmaya çalışılmıştır. Bu tip elektrotların membranı, iyonofor yanında polimerik madde, plastikleştirici ve iletkenlik arttırıcı gibi bir matriks içermektedir. Matriks içinde bulunan bu bileşenlerin cinsinin ve oranlarının, membranın performansına etkisi oldukça fazladır. Bu nedenle özellikle iletkenlik arttırıcıların ve plastikleştiricilerin elektrotların performanslarına etkileri incelenmiş ve hazırlanan bu elektrodun çalışma derişim aralığı, cevap süresi, ömrü gibi çeşitli parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. Hazırlanan elektrodun cıva iyonları dışında diğer iyonlara duyarlılığı tespit edilerek çeşitli yöntemlerle bu katyonlar için elektrodun seçicilik katsayıları hesaplanmıştır. Ayrıca ve performans özellikleri belirlenen Hg(II)-iyon seçici elektrodun analitik uygulamaları yapılmıştır.

III. Materyal ve Yöntem

III.1 Kullanılan Cihazlar

Bu çalışmada, aşağıda belirtilen cihaz ve malzemeler kullanılmıştır:

1. ORİON 940 Model iyonmetre (Daha önceki projelerden alınmıştır).
2. ORİON 960 Model otomatik Titrator (Daha önceki projelerden alınmıştır, Bu proje kapsamında tamiri yapılmıştır).
3. Oda sıcaklığında çift temaslı Orion Marka Ag/AgCl referans elektrot (9700BN) kullanıldı. Referans elektrodun dolgu çözeltileri; iç dolgu çözeltisi 900002 ve dış dolgu çözeltisi 900003 katalog numaralı çözeltilerdir. pH ölçümleri Ingold (10.402.3311) marka kombine cam pH elektrodu kullanılarak yapıldı (Daha önceki projelerden alınmıştır).

III.2 Kullanılan Kimyasal Maddeler

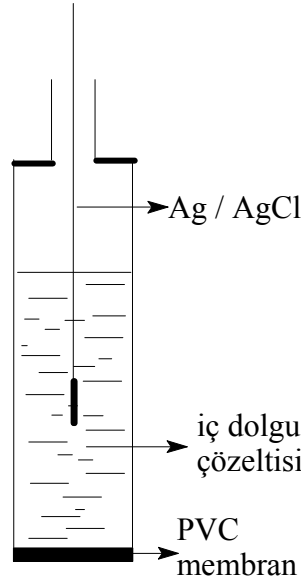
- Çalışmada hazırlanan cıva iyon-seçici elektrotlarda kullanılan makrosiklik bileşikler Selçuk üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü ve Karadeniz-Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü tarafından sentezlenmiş, saflaştırılmış ve yapıları aydınlatılmıştır.
- Bu proje kapsamında kimyasal madde alımı yapılmamış, çalışma grubumuzun devam eden ve sonlanan projelerinden alınan kimyasal maddeler kullanılmıştır. Bu kimyasal maddeler Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler, temin edildikleri firmalar ve saflık dereceleri

Kullanılan kimyasal Maddeler	Temin edildiği firma	Saflık dereceleri
Asetik asit	Merck	%100
Amonyum sülfat	Merck	%99
2-Nitrofeniloktiletler	Fluka	%99
Bakır nitrat	Merck	%99
Bis(2-etilhekzil)sebakat	Fluka	%97
Borik asit	Merck	%99,5-101
Cıva klorür	Merck	%99
Cıva nitrat	Merck	%99
Çinko nitrat	Merck	%99
Dibütil ftalat	Fluka	Selectophore
EDTA	Merck	%99
Fosforik asit	Merck	%85
Gümüş nitrat	Aklar Kimya	Analitik saflıkta
Hidroklorik asit	Birpa	%30-33
Kadmiyum nitrat	Merck	%99
Kalsiyum nitrat	Merck	%98
Karboksilli PVC	Fluka	Selectophore
Kobalt nitrat	Merck	%99
Kurşun nitrat	Merck	%99,5
Lityum hidroksit	Riedel-De-Haen	%99
Magnezyum nitrat	Merck	%98
Mangan sülfat	Merck	%99
Nikel nitrat	Merck	%99
Poli(vinil klorür)	Fluka	Selectophore
Potasyum klorür	Merck	%99,5
Potasyum nitrat	Merck	%99
Potasyum sülfat	Analar	Analitik saflıkta
Potasyumtetrakis(<i>p</i> -klorfenilborat)	Aldrich	%98
Sodyum hidroksit	Merck	%99
Sodyum nitrat	Fluka	%99
Sodyum sülfat	Merck	%99,5
Sodyumtetrafenilborat	Merck	%99,5
Stronsiyum nitrat	Riedel-De-Han	%99
Tetrautilamonyum tetrafenilborat	Fluka	Selectophore
Tetrahidrofuran	Merck	%99,9

III.3 İyon-Seçici Elektrotların Yapımı

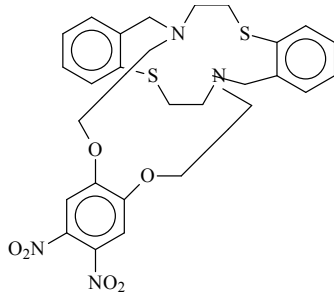
İyon-seçici elektrot membranı hazırlamak için uygun miktarlarda iyonofor ve plastikleştirici 5 mL tetrahidrofuranda çözüldü. Bu karışımın üzerine yavaş yavaş gereken miktarda polimer destek(PVC) ilave edildi. Oluşan homojen karışım cam plaka üzerine tutturulmuş çapı 35 mm olan cam bir diske döküldü ve tetrahidrofuranın buharlaşması için yaklaşık 24 saat oda sıcaklığında bekletildi. Elde edilen polimer membranlardan 7 mm'lik bir kısım kesilerek çapı 5 mm, boyu 100 mm olan cam bir borunun ucuna tutturuldu. Hazırlanan elektrotların her birine iç dolgu çözeltisi dolduruldu. Bu çözeltiye gümüş klorür ile kaplanmış gümüş tel daldırıldı.



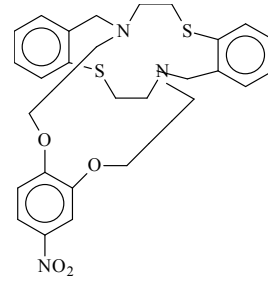
Şekil 1. İyon-seçici PVC membran elektrodun şeması

IV. Araştırma Bulguları

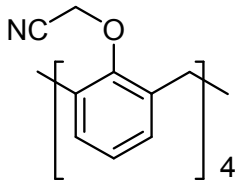
Çalışmada makrosiklik bileşik olarak formülleri Şekil 2’te verilen kriptantlar ve kaliksarenler kullanılmıştır. Yapılan kaynak araştırmaları kaliksarenlerin ve kriptantların bazı metal iyonlarının ekstraksiyonunda başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmada ekstraksiyon amaçlı kullanılan bu bileşiklerin iyon-seçici elektrot yapımında da kullanılabileceği gösterilmek amacıyla yapılmıştır. Bu nedenle, kullanılan makrosiklik bileşiklerin uygun boyut ve yükteki geçiş ve ağır metal iyonlarına cevap veren PVC membranlarda uygun nötral taşıyıcı olarak davranıp davranmadığı araştırılmıştır.



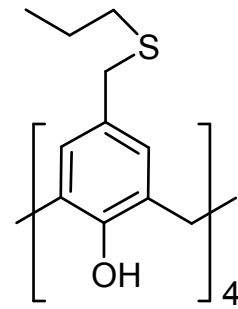
İyonofor (I)



İyonofor(II)



İyonofor (III)

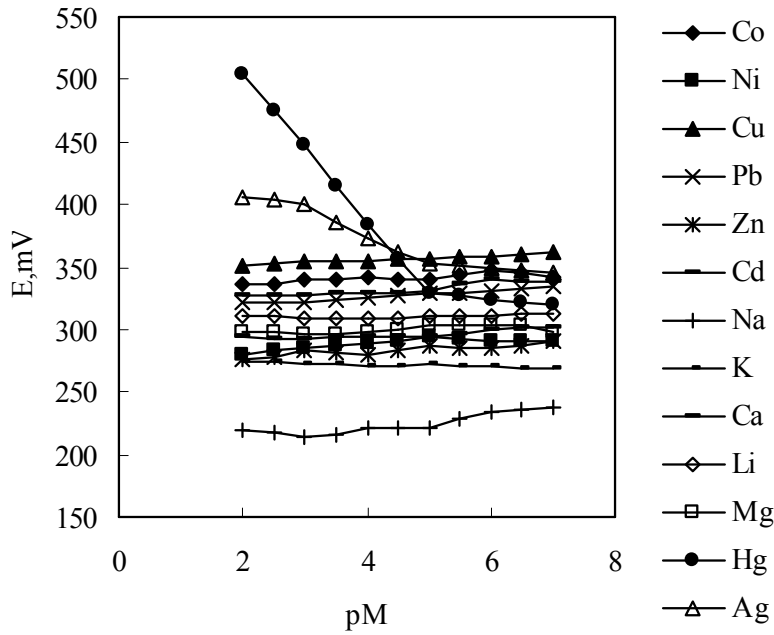


İyonofor (IV)

Şekil 2. Cıva(II)-seçici elektrot yapımında kullanılan makrosiklik bileşikler

Çalışmada öncelikle, Şekil 1’de formülleri verilen maddeler kullanılarak %2 makrosiklik bileşik %29,7 PVC, %68,3 plastikleştirici ve %75 mol (nötral taşıyıcıya göre) iletkenlik artırıcı içeren membranla hazırlanan elektrotlar kullanılarak bu elektrotların sodyum(I), potasyum(I), gümüş(I), lityum(I), kurşun(II), kalsiyum(II), stronsiyum(II), magnezyum(II), nikel(II), çinko(II), bakır(II), kadmiyum(II), kobalt(II), cıva(II) katyonlarına cevapları araştırıldı.

Şekil.3’de görüleceği gibi metal iyonlarının derişimi 1×10^{-2} - 1×10^{-7} M aralığında değiştirildiğinde Hg(II) ve Ag(I) iyonları hariç diğer metal iyonlarına karşı elektrodun duyarlı olmadığı belirlendi. Bu nedenle hazırlanan elektrotların Ag(I) ve Hg(II) iyonlarına cevabı üzerine yoğunlaştı. Elektrotların bu iyonlara cevabı üzerine parametrelerin etkileri incelendi.

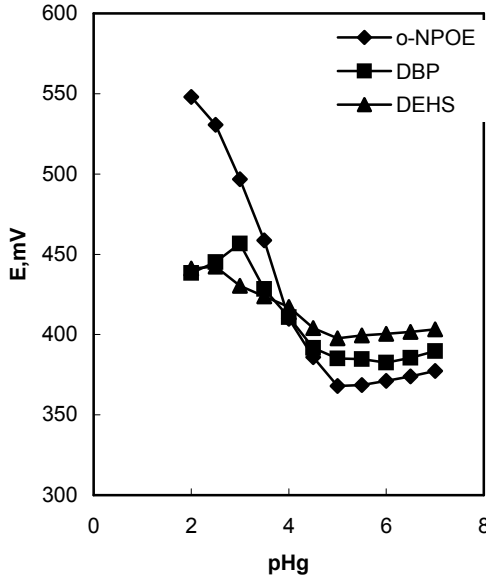


Şekil 3. Hg(II)-seçici çeşitli katyonlara duyarlılığı (İyonofor I)

Plastikleştiricinin ve İletkenlik Artırıcının Elektrot Cevabına Etkisi

Plastikleştirici tipinin membran elektrotların performansı üzerine etkisinin büyük olduğu bilinmektedir. Plastikleştiricinin yapısı membran fazın dielektrik sabitine etki etmekte ve iyonofor moleküllerinin metal iyonlarını bağlamadaki hareketliliğini değiştirmektedir.

Plastikleştirici olarak 2-nitrofeniloktil eter (o-NPOE), bis(2-etilhekzil)sebakat (DEHS) ve dibütil ftalat (DBP); iletkenlik artırıcı olarak ise potasyum tetrakis(para-klorofenil)borat (KTPClPB) kullanıldı. Bu plastikleştiriciler içinde en uygun olanı 2-nitrofeniloktil eter' dir (Şekil. 4).



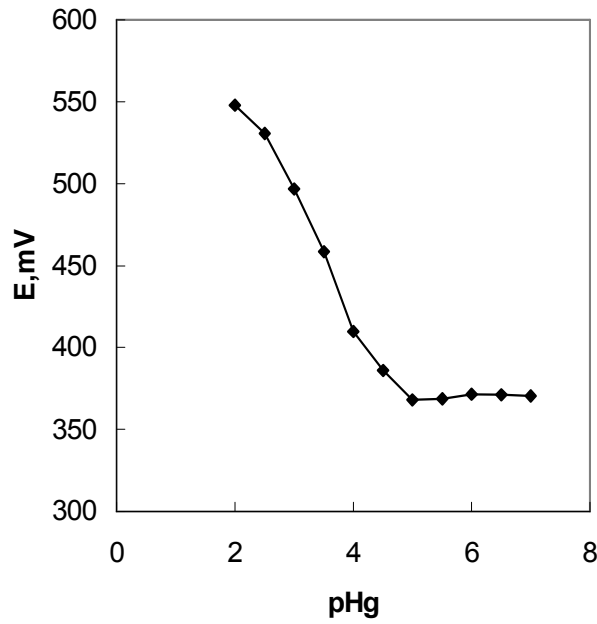
Şekil.4 İyonofor I esaslı Hg(II)-seçici plastikleştiricinin etkisi. (İyonofor I)

pH'nın Elektrot Cevabına Etkisi

Farklı iyonoforlar kullanılarak hazırlanan cıva(II) iyon-seçici elektrotlara pH'nın etkisi Hg(II) konsantrasyonu 1×10^{-2} M iken pH 2,0 - 7,0 aralığında değiştirilerek incelendi. pH 2,0–3,0 aralığında sabit kaldığı halde daha yüksek pH değerlerinde çözeltide Hg(II) iyonunun hidroksi komplekslerinin oluşumundan dolayı potansiyelde belirgin bir azalma görüldü. Bu nedenle çalışmalarımız çözeltilerin pH'ları 2,0 ile 2,5 arasına ayarlanılarak yapıldı.

Elektrodun Çalışma Aralığı ve Eğimi

Cıva nitrat çözeltileri kullanılarak hazırlanan bir seri kalibrasyon çözeltisi ile her bir elektrot için kalibrasyon grafikleri çizildi. Bu tip kalibrasyon eğrilerinin doğrusal kısımlarından elektrodun çalışma aralığı ve doğrusal kısmın eğiminden ise elektrodun eğimi belirlendi. Buna göre $1.0 \times 10^{-2} \text{ M} - 1.0 \times 10^{-5} \text{ M}$ çalışma aralığında 59.3 ± 0.6 mV/pHg bir eğim elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil.5. İyonofor I esaslı Hg(II)-seçici elektrodunkalibrasyon grafiği

Elektrodun Cevap Süresi ve Ömrü

Cıva nitrat kullanılarak hazırlanan, cıva bakımından derişimi $1,0 \times 10^{-2} - 1,0 \times 10^{-7} \text{ M}$ aralığında olan kalibrasyon çözeltilerine, hazırlanan elektrot ve referans elektrot daldırıldıktan sonra çözelti karıştırılırken potansiyelin kararlı hale gelmesi için gerekli süre kaydedildi. Seyreltik çözeltilerde elektrodun cevap süresi 30–40 saniye iken, daha derişik çözeltilerde bu sürenin 20–30 saniyeye kadar düştüğü görüldü.

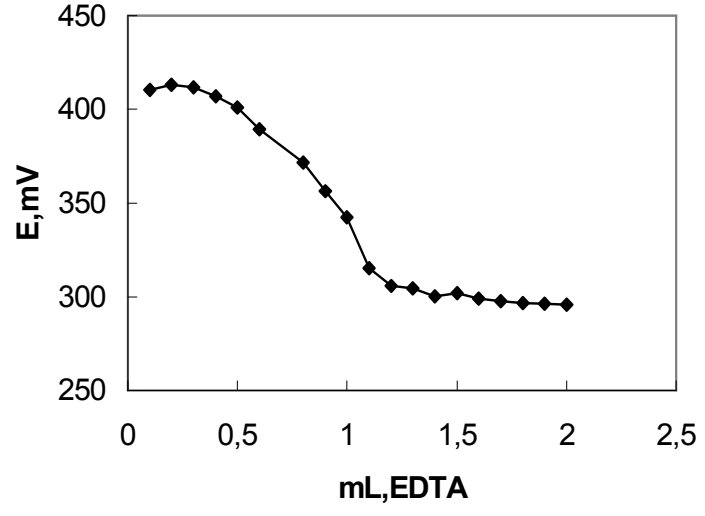
Elektrodun ömrünün belirlenmesi işlemi ise, hazırlanan elektrot kullanılarak 30 gün boyunca kalibrasyon çözeltilerinin potansiyellerinin okunması ve kalibrasyon eğrileri çizilerek eğimin belirlenmesi ile yapıldı. 30 gün sonunda elektrodun eğiminin yavaş yavaş düştüğü gözlemlendi.

Elektrodun Seçiciliği

Cıva için duyarlı olduğu belirtilen ve eğimi, çalışma aralığı, ömrü ve cevap süresi tayin edilen elektrodun; potasyum, sodyum, lityum, kurşun, kalsiyum, stronsiyum, magnezyum, nikel, çinko, bakır, kadmiyum, kobalt katyonlarına cevap verip vermediği araştırıldı. Seçicilik katsayılarının tayini için sabit bozucu yöntemi kullanıldı. Bu eğrilerden Ag(I) hariç diğer tüm katyonlar için seçicilik katsayısının yaklaşık 10^{-2} olduğu tespit edildi. Seçicilik katsayısının değerinin düşük olması hazırlanan elektrodun pek çok katyon yanında Hg(II)'e seçici davrandığını göstermektedir.

Elektrodun Analitik Uygulaması

Hazırlanan cıva(II)-seçici elektrodun, pratik kullanımı test edildi ve uygun bir titrant olan EDTA ile Hg⁺² çözeltisinin titrasyonu için indikatör elektrot olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırıldı. Bu amaçla 2×10^{-2} M cıva nitrat çözeltisi 0,1 M EDTA ile titre edildi. Elde edilen titrasyon eğrisi Şekil 6'de verildi. Titrasyon eğrisinden de görüleceği gibi, hazırladığımız elektrodun cıvanın EDTA ile potansiyometrik titrasyonda indikatör elektrot olarak kullanılabilmesi söylenebilir.



Şekil 6. Cıva(II) iyon-seçici elektrot kullanılarak Hg^{+2} çözeltisinin EDTA ile titrasyonu.

V. Sonuçlar

Elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiŐtir.

Sonuç olarak;

- İyonofor I'in kullanıldığı iyon-seçici elektrotların asidik ortamda cıva(II) iyonlarına duyarlı olduğu,
- EDTA ile yapılan titrasyonlarda indikatör elektrot olarak kullanılabilceği,
- Hazırlanan elektrodun literatürde verilen pek çok cıva(II)-seçici PVC membran elektrotlar arasında seçiciliği ve cevap süresi yönünden alternatif olabileceği,
- Çalışma sonucu belirlenen bileŐimde PVC mikro Hg-elektrot hazırlanmasının mümkün olabileceği söylenebilir.

NOT: Sadece iyonofor (I) kullanılarak yapılan bu alıŐma, İyonofor (II), İyonofor (III) ve İyonofor (IV) ile de yapılmıŐ fakat makul sonuçlar elde edilememiŐtir. Bu iyonoforlarla ilgili çalışmalar devam etmektedir.

VI. Kaynaklar

- Bagheri M., Mashhadizadeh M.H., Razei S., Momeni A. 2003. Hg⁺²-Selective Membrane Potentiometric Sensor Based on a Recently Synthesized Mercapto Compound. *Electroanalysis*, 15, 1824.
- Baiulescu, G.E., Ciocan N. 1977. Construction and Analytical Applications of An Extractive Electrode Sensitive to Mercury(I). *Talanta*, 24, 37-42.
- Baiulescu, G.E., Coşofret V.V. 1976. A Liquid State Hg⁺²- Sensitive Electrode. *Talanta*, 23, 677-678.
- Brzozka Z., Pietraszkiewicz M. 1991. Mercury Ion-Selective Polymeric Membrane Electrodes Based on Substituted Diaza Crown Ethers. *Electroanalysis*, 3, 855-858.
- Fakhari A.R., Ganjali M.R., Shamsipur M. 1997. PVC-Based Hexathia-18-crown-6-tetraone Sensor for Mercury(II) Ions. *Anal. Chem.*, 69, 3693-3696.
- Grupta V.K., Jain S., Khurana U. 1997. A PVC Pentathia-15-crown-5 Membrane Potentiometric Sensor for Mercury(II). *Electroanalysis*, 9, 478.
- Hassan S.S.M., Saleh M.B., Gaber A.A.A., Mekheimer R.A.H., Kream N.A.A. 2000. Novel Mercury(II) Ion-Selective Polymeric Membrane Sensor Based on Ethyl-2-benzoyl-2-phenylcarbamoyl Acetate. *Talanta*, 53, 285-293.
- Javanbakht M., Ganjali M.R., Eshghi H., Sharghi H., Shamsipur M. 1999. Mercury(II) Ion-Selective Electrode Based on Dibenzo-diazathia-18-crown-6-dione. *Electroanalysis*, 11, 81.
- Lai M.T., Shih J.S. 1986. Mercury(II) and Silver(I) Ion-Selective Electrodes Based on Dithia Crown Ethers. *Analyst*, 111, 891-895.
- Lu J., Tong X., He X. 2003. A Mercury(II) Ion-Selective Electrode Based on a Calixarene Derivative Containing The Thiazole Azo Group. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 540, 111-117.
- Mahajan R.K., Kaur I., Lobana T.S. 2003. A Mercury(II) Ion-Selective Electrode Based on Neutral Salicylaldehyde Thiosemicarbazone. *Talanta*, 59, 101-105.
- Marin L.P., Sanchez E.O., Miranda G.M., Perez P.A., Chamaro J.L., Valdivia H.L. 2000. Mercury(II) Ion-Selective Electrode. Study of 1,3-diphenylthiourea as Ionophore. *Analyst*, 125, 1787-1790.

- Marin L.P., Valdivia H.L., Perez P.A., Sanchez E.O., Miranda G.M., Lozano O.G., Chamaro J.L., Orozco J.T., Morales L.C. 2001. Response Mechanism of a Neutral Carrier Hg(II) polymeric Membrane Ion-Selective Electrode. SEM and EDAX Study. *Analyst*, 126, 501-504.
- Mashhadizadeh M.H., Momeni A., Razavi R. 2002. Cobalt(II)-Selective Membrane Electrode Using a Recently Synthesized Mercapto Compound. *Anal. Chim. Acta*, 462, 245.
- Mashhadizadeh M.H., Sheikhshoae I. 2003. Mercury(II) Ion-Selective Polymeric Membrane Sensor Based on a Recently Synthesized Schiff Base. *Talanta*, 60, 73-80.
- Mazloun M., Amini M.K., Baltork I.M. 2000. Mercury Selective Membrane Electrodes Using 2-mercaptobenzimidazole, 2-mercaptobenzothiazole, and Hexathiacyclooctadecane Carriers. *Sensors and Actuators B*, 63, 80-85.
- Singh A.K., Bhattacharjee G., Singh R. 2004. Mercury(II)-Selective Membrane Electrode Using Tetrathia-diazacyclotetradeca-2,9-diene as Neutral Carrier. *Sensors and Actuators B*, 99, 36-41.
- Somer G., Kalaycı Ş., Ekmekçi G. 2001. Preparation and Application of Iodide - Mercury Selective Membrane Electrode Based on Ion Exchangers. *Sensors and Actuators B*, 81, 122-127.
- Szczepaniak W., Oleksy J. 1986. Liquid-State Mercury(II) Ion-Selective Electrode Based on N-(O,O-Diisopropylthiophosphoryl)thiobezamide. *Analytica Chimica Acta*, 189, 237-243.
- Tsurubou S., Umetani S., Komatsu Y. 1999. Quantitative Extraction Separation Systems of Alkali and Alkaline earth Metal Ions Using Cryptands as Ion-Size Selective Masking Reagents. *Anal. Chim. Acta.*, 394, 317- 324.
- Yang X., Hibbert D.B., Alexander P.W. 1998. Flow Injection Potentiometry by Poly(vinyl chloride)-Membrane Electrodes With Substituted Azacrown Ionophores for The Determination of Lead(II) and Mercury(II) Ions. *Analytica Chimica Acta*, 372, 387-398.

a) Mali Bilanço ve Açıklamaları:

Proje Bütçesi	2,5000 YTL
Ek Ödenek	-
TOPLAM:	2.183 YTL
Kimyasal Madde ve Sarf Malzemesi için para harcanmıştır.	

b) Proje kapsamında makina ve teçhizat tamiri yapılmıştır.

c) –

d) Sunumlar:

Özlem Kaplan, Ayça Demirel Özel, Esin Canel, Shahabuddin Memon, Mustafa Yılmaz, Esmâ Kılıç, 25,26,27,28-Tetra-Siyanometoksi Kaliks[4]Aren Kullanılarak Cıva İyon-Seçici Elektrot Yapımı , XX. Ulusal Kimya Kongresi, 04-08 Eylül 2006 Kayseri, (Sözlü Sunum).

Çalışma devam etmektedir. Sonuçlanan kısımları yayına hazırlanmaktadır.